



*Las Telecomunicaciones y la Movilidad
en la Sociedad de la Información*



Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información

Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información

Este libro es el resultado de los trabajos que sobre el tema objeto del estudio han elaborado diferentes áreas de Telefónica I+D. Su edición se realiza por iniciativa de AHCIET, bajo el patrocinio de CENTENNIAL y CANTV.

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma.

Según lo dispuesto en el Código Penal vigente no puede ser reproducido ninguno de los capítulos que forman su contenido de forma parcial o total, ni grabados en cualquier sistema de almacenamiento o transmitidos en forma alguna por cualquier procedimiento electrónico, mecánico o reprográfico, sin autorización previa y por escrito de Telefónica I+D o de AHCIET. Su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y multas a quienes intencionadamente reprodujeren o plagiaren, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

Las opiniones expresadas en el texto reflejan los puntos de vista personales de los autores, por lo que tanto la empresa en la que prestan sus servicios profesionales como las empresas patrocinadoras del libro eluden cualquier responsabilidad sobre las opiniones vertidas.

Edición: División de Relaciones Corporativas y Comunicación de Telefónica I+D
(e-mail: granado@tid.es).

Diseño de portada y gráficos: División de Servicios de Documentación de Telefónica I+D.

Maquetación e impresión: Albadalejo, S.L.

1ª edición: febrero de 2005.

I.S.B.N.: 84-89900-37-X

Deposito Legal: M-7090-2005

Índice

	<i>Página</i>
Presentación del Presidente de AHCJET	11
Agradecimientos del Secretario General de AHCJET	13
1. Introducción	15
1.1. CONCEPTOS BÁSICOS	15
1.2. CONTENIDO DEL LIBRO	17
1.3. AUTORES Y COLABORADORES	19
SECCIÓN I. PRINCIPALES ASPECTOS DE LA MOVILIDAD	21
2. Evolución de las comunicaciones hacia la movilidad	23
2.1. LA MOVILIDAD EN LAS COMUNICACIONES	23
2.1.1. Breve repaso histórico	23
2.1.2. Movilidad personal y del terminal	29
2.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS REDES MÓVILES	32
2.3. SITUACIÓN DE LOS MERCADOS EN EL ENTORNO INTERNACIONAL	35
3. Descripción de los sistemas actuales	41
3.1. INFRAESTRUCTURA DE RED MÓVIL GENÉRICA. LAS REDES 2G	41
3.2. LAS REDES 3G	45
3.3. EL SISTEMA UMTS	46
3.3.1. Núcleo de red	47
3.3.2. Red de acceso radio	50
3.3.3. Servicios 3G	58
3.4. OTROS SISTEMAS 3G: cdma2000	64
3.4.1. Arquitectura de la red troncal en cdma2000	66
3.4.2. Red de acceso radio en cdma2000	67
3.4.3. Principales diferencias entre WCDMA y cdma2000	68

	<u>Página</u>
3.5. OTRAS TECNOLOGÍAS PARA LA MOVILIDAD	72
3.5.1. <i>Redes de área personal inalámbricas</i>	73
3.5.2. <i>Redes de área local inalámbricas</i>	75
3.5.3. <i>Redes de área metropolitana</i>	79
3.5.4. <i>Redes ad-boc</i>	81
4. Servicios y aplicaciones	85
4.1. EL IMPACTO SOCIAL DE LA MOVILIDAD	85
4.1.1. <i>La movilidad social</i>	85
4.1.2. <i>La sociedad y el uso de los móviles</i>	91
4.2. APLICACIONES DE LA MOVILIDAD	94
4.2.1. <i>Servicios de comunicaciones interpersonales</i>	95
4.2.2. <i>Ocio y entretenimiento</i>	97
4.2.3. <i>Seguridad</i>	99
4.2.4. <i>Transporte</i>	100
4.2.5. <i>Seguros</i>	101
4.2.6. <i>Comercio electrónico móvil («m-commerce»)</i>	103
4.2.7. <i>Sanidad</i>	105
4.2.8. <i>Administración Pública</i>	107
4.2.9. <i>Servicios domóticos</i>	108
4.2.10. <i>Servicios de telemedida y telecontrol de dispositivos</i>	109
4.2.11. <i>Fuerza de ventas</i>	111
4.2.12. <i>Teletrabajo</i>	112
5. Estado de la estandarización	113
5.1. 3GPP	113
5.1.1. <i>3GPP Release 6</i>	115
5.2. OMA	117
5.3. 3GPP2	120
5.4. IEEE 802	120
5.4.1. <i>El estándar IEEE 802.11</i>	120
5.4.2. <i>El estándar IEEE 802.15</i>	121
5.4.3. <i>El estándar IEEE 802.16</i>	122
5.4.4. <i>El estándar IEEE 802.20</i>	122
5.4.5. <i>El estándar IEEE 802.21</i>	122
5.5. IETF	122
5.6. UIT	123
5.7. ETSI	125
5.8. LA ESTANDARIZACIÓN A MEDIO PLAZO	125
6. Evolución a la B3G	127
6.1. LAS RAZONES DEL CAMBIO A LA 3G	127
6.1.1. <i>Una nueva interfaz radioeléctrica</i>	128
6.1.2. <i>Una red troncal más flexible</i>	129
6.2. LIMITACIONES DEL SISTEMA UMTS	130
6.3. LOS SISTEMAS B3G	132
6.3.1. <i>El espacio de las telecomunicaciones personales</i>	133
6.3.2. <i>Evolución tecnológica hacia los sistemas B3G</i>	139

	<i>Página</i>
SECCIÓN II. PRINCIPALES TENDENCIAS TECNOLÓGICAS	141
II.I. Tendencias en infraestructura de red	143
II.I.I. RED DE ACCESO	143
7. Nuevas técnicas para la planificación y dimensionamiento de la red radio	143
7.1. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL EN LAS REDES MÓVILES	143
7.1.1. <i>Dimensionamiento de red</i>	145
7.1.2. <i>Planificación detallada</i>	146
7.1.3. <i>Optimización</i>	147
7.2. ¿QUÉ ESTÁ CAMBIANDO EN LA PLANIFICACIÓN DE LAS REDES MÓVILES?	148
7.3. ASPECTOS A ESTUDIAR EN LA PLANIFICACIÓN CONJUNTA DE REDES DE ACCESO	149
7.3.1. <i>Interferencias entre escenarios</i>	149
7.3.2. <i>Reutilización de emplazamientos</i>	149
7.3.3. <i>Variabilidad de la distribución de tráfico y la demanda de servicios</i>	150
7.3.4. <i>Continuidad de la cobertura y la capacidad</i>	151
7.3.5. <i>Gestión conjunta de los recursos radio</i>	152
7.4. TENDENCIAS EN LA OPTIMIZACIÓN DE RED	153
8. Calidad en las redes móviles	155
8.1. CONCEPTOS BÁSICOS	155
8.1.1. <i>Principales parámetros de medida de la calidad</i>	156
8.1.2. <i>Factores principales que afectan a la calidad de la señal radio</i>	158
8.2. MEDIDA DE LA CALIDAD	160
8.2.1. <i>Técnicas de medida</i>	160
8.2.2. <i>Sistemas y herramientas de medida</i>	161
8.3. GESTIÓN DE LA CALIDAD	163
8.4. PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN	165
8.4.1. <i>Validación del despliegue de red</i>	165
8.4.2. <i>Optimización de la red</i>	165
8.4.3. <i>Otros campos de aplicación</i>	166
9. Soluciones para entornos especiales	169
9.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	169
9.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	170
9.2.1. <i>Nodos B con cabeza de radiofrecuencia remota</i>	171
9.2.2. <i>Repetidores sobre fibra</i>	172
9.2.3. <i>Repetidores radio</i>	174
9.2.4. <i>Otras opciones de repetidores</i>	176
10. Nuevas tecnologías radio	179
10.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS RADIO	179
10.2. SUPERACIÓN DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LA PROPAGACIÓN MULTITRAYECTO: LA MODULACIÓN OFDM	180

	<u>Página</u>
10.3. MECANISMOS DE COMPARTICIÓN DEL ESPECTRO: COMBINACIÓN DE OFDM CON TÉCNICAS CDMA	183
10.4. SISTEMAS DE ANTENAS MÚLTIPLES: MIMO	184
10.5. MECANISMOS DE MEJORA CONTINUA EN LOS PROCESOS DE DETECCIÓN: SDR	187
10.6. SISTEMAS DE BANDA ULTRAANCHA: UWB	190
II.1.II. RED TRONCAL	193
11. Integración de infraestructuras mediante NGN	193
11.1. INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO NGN	193
11.1.1. Tendencias en IP	194
11.1.2. El mundo IP en la red móvil	195
11.1.3. Las distintas visiones del concepto NGN	196
11.2. EVOLUCIÓN DE LA RED HACIA EL CONCEPTO NGN	198
11.2.1. El punto de partida: La estructura de red clásica	198
11.2.2. Factores para el cambio	199
11.2.3. El fenómeno Internet	200
11.2.4. El proceso de evolución	201
11.3. ARQUITECTURA DE RED NGN	203
11.3.1. Definición de NGN	203
11.3.2. Requisitos fundamentales	204
11.3.3. Las piedras angulares del concepto NGN	204
11.3.4. Tecnologías habilitadoras	205
11.4. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LA NGN	209
12. Evolución al dominio IMS	211
12.1. MOTIVACIÓN Y PERSPECTIVAS	211
12.2. TENDENCIAS ALL-IP EN 3G e IMS	212
12.3. FUNDAMENTOS DE LOS SERVICIOS IP MULTIMEDIA	213
12.4. TECNOLOGÍAS, ARQUITECTURA Y FUNCIONES DE IMS	217
12.5. OPERATIVA DE IMS	221
12.5.1. Procedimiento de registro	221
12.5.2. Establecimiento de sesión	222
12.6. ESTADO ACTUAL Y EVOLUCIÓN DE IMS	224
13. La itinerancia en el acceso a las redes IP	227
13.1. TECNOLOGÍAS DE ACCESO A LAS REDES IP	227
13.1.1. El acceso inalámbrico 802.11b a las redes IP	228
13.2. ITINERANCIA EN ACCESOS TELEFÓNICOS	230
13.3. ITINERANCIA EN ACCESOS INALÁMBRICOS	231
13.4. MECANISMOS PARA LA ITINERANCIA IP EN LA RED MÓVIL	234
13.4.1. Movilidad en las redes celulares: GPRS y UMTS	234
13.4.2. Movilidad IETF en redes celulares	236
13.5. ESCENARIOS DE ITINERANCIA IP ENTRE REDES	237
13.5.1. Escenario de itinerancia GPRS	238
13.5.2. Escenarios de itinerancia WLAN-I	238
13.6. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA ITINERANCIA EN LAS REDES IP	241

	<i>Página</i>
II.II. Tendencias en servicios y aplicaciones	243
14. PoC como servicio de voz sobre IP en redes móviles	243
14.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE EL SERVICIO PoC	243
14.2. GENERALIDADES DE LA VOZ SOBRE IP EN LAS REDES MÓVILES	244
14.3. EL SERVICIO PoC	247
14.3.1. Motivación histórica	248
14.3.2. El servicio PoC desde el punto de vista del usuario	249
14.3.3. El servicio PoC desde el punto de vista del operador de red	251
14.3.4. Retos en el despliegue de PoC	257
15. Mensajería multimedia	259
15.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LA MENSAJERÍA MULTIMEDIA	259
15.2. ESTÁNDARES DE MMS	261
15.3. ARQUITECTURA Y ESCENARIOS DEL SERVICIO MMS	262
15.4. MODELO DE TARIFICACIÓN	264
15.5. INTEROPERABILIDAD, INTERCONEXIÓN E ITINERANCIA	265
15.6. APLICACIONES MMS	266
15.7. TERMINALES MMS	268
15.8. EVOLUCIÓN FUTURA: LA MENSAJERÍA MULTIMEDIA EN LAS REDES 3G	269
16. Servicios de “videostreaming” y videotelefonía	271
16.1. CONSIDERACIONES SOBRE LOS SERVICIOS DE TRANSMISIÓN DE VÍDEO	271
16.2. EL “VIDEOSTREAMING” MÓVIL	273
16.2.1. Tecnologías actuales de “videostreaming”	275
16.2.2. El estándar 3GPP de “videostreaming” móvil	276
16.2.3. Servicios móviles basados en “videostreaming”	280
16.3. LA VIDEOTELEFONÍA MÓVIL	280
16.3.1. Evolución histórica	282
16.3.2. El estándar 3GPP de videotelefonía UMTS	282
16.4. PERSPECTIVAS FUTURAS	284
16.4.1. El estándar de codificación de vídeo H.264	284
16.4.2. Convergencia entre “videostreaming” y videotelefonía	286
17. Interfaces multimodales	289
17.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LA MULTIMODALIDAD	289
17.2. MULTIMODALIDAD E INTERACCIÓN NATURAL	290
17.3. PROBLEMÁTICA GENERAL DEL DESARROLLO DE INTERFACES MULTIMODALES	293
17.4. DISEÑO DE INTERFACES MULTIMODALES	296
17.4.1. Componentes de un sistema de interacción multimodal	296
17.4.2. Modos de operación de un sistema de interacción multimodal	297
17.5. EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS MULTIMODALES	299
17.5.1. Reconocimiento audiovisual	299
17.5.2. Síntesis audiovisual	300
17.5.3. Verificación de locutor multimodal	301
17.5.4. Sistemas de gestión de diálogo multimodales	302

	<u>Página</u>
17.6. INICIATIVAS DE ESTANDARIZACIÓN DE LAS INTERFACES MULTIMODALES	303
18. Portales en entornos de movilidad	305
18.1. PROBLEMÁTICA DE LOS PORTALES MÓVILES	305
18.2. LENGUAJES DE MERCADO PARA PORTALES MÓVILES	307
18.3. ADAPTACIÓN DE LOS CONTENIDOS AL TERMINAL	310
18.4. NAVEGACIÓN EN MOVILIDAD	311
18.5. CONTENIDOS Y SERVICIOS PARA PORTALES MÓVILES	312
18.6. PERSONALIZACIÓN EN MOVILIDAD	314
19. Descarga de contenidos y gestión de derechos digitales	317
19.1. LA DESCARGA DE CONTENIDOS	317
19.2. LA GESTIÓN DE DERECHOS DIGITALES	320
19.2.1. Ciclo de vida de los derechos digitales	322
19.2.2. Clasificación de las soluciones de DRM	323
19.2.3. Tecnologías de DRM	324
19.2.4. Estándares de DRM	326
20. Servicios y plataformas de localización	329
20.1. LOCALIZACIÓN EN LA RED	329
20.2. TECNOLOGÍAS DE POSICIONAMIENTO	331
20.2.1. Técnica de localización basada en la identidad de celda	331
20.2.2. Técnica de mejora de la localización basada en celda	331
20.2.3. Técnicas basadas en modificación de los terminales	332
20.2.4. Técnicas basadas únicamente en la infraestructura de red	333
20.2.5. Técnicas híbridas	334
20.3. TECNOLOGÍAS DE RED UTILIZADAS PARA LOCALIZACIÓN	335
20.3.1. Elementos de la red GSM implicados en la localización	335
20.3.2. Elementos de la red UMTS implicados en la localización	338
20.4. SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN	339
21. Servicios M2M de telemedida y telecontrol en redes móviles	345
21.1. ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE LOS SERVICIOS M2M	345
21.1.1. Caracterización de las aplicaciones M2M	347
21.1.2. Identificación de las características de los servicios M2M	347
21.2. EL PAPEL DE LA RED MÓVIL EN LOS SERVICIOS M2M	348
21.2.1. Servicios de la red móvil aplicados a M2M	349
21.2.2. Localización mediante red móvil	351
21.3. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS LOCALES APLICADAS A LOS SERVICIOS M2M	351
21.3.1. Comunidades de máquinas	352
21.3.2. Comunicación local entre máquinas y usuarios	353
21.4. CASO DE APLICACIÓN DE LA ARQUITECTURA PARA SERVICIOS M2M	354
21.4.1. Factores que intervienen en los servicios M2M	354
21.4.2. Arquitectura propuesta	356

	<i>Página</i>
II.III. Terminales	359
22. Nuevos terminales móviles	359
22.1. <i>CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LOS TERMINALES MÓVILES</i>	359
22.2. <i>PANTALLAS EN COLOR</i>	359
22.3. <i>PROCESADORES Y MEMORIA</i>	361
22.4. <i>BATERÍAS</i>	363
22.5. <i>CÁMARAS</i>	363
22.6. <i>CAPACIDADES DE CONEXIÓN</i>	365
22.7. <i>CAPACIDADES PARA LA REPRODUCCIÓN MULTIMEDIA</i>	367
22.7.1. <i>Sonido polifónico</i>	367
22.7.2. <i>“Codecs” para la reproducción de audio y vídeo</i>	368
22.8. <i>OTROS DISPOSITIVOS</i>	368
22.8.1. <i>Dispositivos para WLAN</i>	369
22.8.2. <i>Dispositivos para localización</i>	369
22.8.3. <i>Dispositivos de almacenamiento externo</i>	370
22.9. <i>TENDENCIAS FUTURAS</i>	370
23. Nuevas plataformas para terminales móviles	373
23.1. <i>CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS NUEVAS PLATAFORMAS</i>	373
23.2. <i>EL SISTEMA OPERATIVO SYMBIAN</i>	375
23.2.1. <i>Las versiones 6 y 7 del SO Symbian</i>	375
23.2.2. <i>Las interfaces gráficas Series 60 y UIQ</i>	378
23.2.3. <i>La versión 8.0 del SO Symbian</i>	381
23.3. <i>LA PLATAFORMA J2ME</i>	381
23.3.1. <i>Arquitectura</i>	382
23.3.2. <i>La configuración CLDC</i>	382
23.3.3. <i>El perfil MIDP versión 1.0</i>	383
23.3.4. <i>El perfil MIDP versión 2.0</i>	386
23.4. <i>JAVACARD EN LA SIM</i>	386
23.5. <i>EL SISTEMA OPERATIVO PALM</i>	387
23.6. <i>EL SISTEMA OPERATIVO DE MICROSOFT PARA DISPOSITIVOS MÓVILES</i>	388
23.6.1. <i>El entorno Windows CE.NET</i>	389
23.7. <i>LOS SISTEMAS OPERATIVOS EMPOTRADOS: LINUX</i>	390
23.8. <i>TENDENCIAS FUTURAS</i>	391
24. Glosario de términos y acrónimos	393
25. Referencias	419

Presentación del Presidente de AHCJET

Constituye para mi una satisfacción dedicar estas breves palabras a la presentación de este libro, que constituye un fruto más de la larga trayectoria de colaboración entre Telefónica Investigación y Desarrollo y la Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones (AHCJET) en temas tan medulares como las comunicaciones móviles y la Sociedad de la Información.

Para las personas que estamos, de una u otra manera, ligados al sector de las telecomunicaciones, siempre existen motivos por los que este sector nos resulta de gran interés. Este libro en particular llega en unos momentos en donde nuestro sector encara una nueva etapa después de un periodo de transición en el que se han realizado ajustes de gran calado, cuyos resultados son las bases sobre las que se apoyarán operadores, suministradores y usuarios para afrontar esta nueva etapa.

También nuestra Asociación ha tomado en esta etapa decisiones importantes. La creación de la AHCJET Móvil como foro permanente de atención y realización de actividades y proyectos enfocados específicamente en las empresas operadoras de servicios móviles de Iberoamérica es uno de ellos. Por ello, esta obra viene a ser un punto de referencia de las cuestiones más importantes que estas empresas deben considerar. En este sentido, cuestiones como la evolución de las principales tendencias tecnológicas, las técnicas para una planificación óptima de las redes radio o las tecnologías y arquitecturas de red para nuevos modelos de negocio son un aporte de valor dentro de la iniciativa AHCJET Móvil.

Sin embargo, la obra tiene también un gran valor para el resto de operadoras miembros de nuestra Asociación que dedican su actividad a otros segmentos del sector de las telecomunicaciones, puesto que en el sector en general es claro que el camino a seguir pasa por la integración de diversas plataformas y tecnologías que permitan el ofrecimiento de una gama amplia de servicios a los usuarios. En este sentido, los agentes del sector están llamados a la realización de

acciones conjuntas que consigan efectos de suma positiva, con independencia de que se trate de fijos o móviles –en el caso de operadores– o plataformas de servicios para diferentes redes, en el caso de suministradores. Todo ello para acercar un poco más a los clientes al disfrute de servicios de telecomunicaciones con características de ubicuidad, transparencia tecnológica y facilidad de utilización.

En otro orden de cosas, nuestra Asociación, consciente de la importancia de favorecer e impulsar la incorporación de los ciudadanos a las múltiples ventajas de las comunicaciones avanzadas, viene trabajando desde hace años en el concepto de Sociedad de la Información. Este trabajo se ha materializado en la realización de cinco Foros de Ciudades Digitales, la participación en equipos internacionales de trabajo que abordan diversos aspectos de la Sociedad de la Información y en otras varias acciones que hoy día constituyen el aval de nuestra decisión. Igualmente en este ámbito la presente obra supone un aporte rico en elementos para la reflexión y el estudio.

La amplitud de conocimientos tratados en este libro, la calidad de las fuentes de información utilizadas y los varios enfoques de los planteamientos analizados considero son de gran interés también para todas las personas que están ligadas al sector en otras facetas distintas a la de la operación de redes y el ofrecimiento de servicios. Por la claridad en los planteamientos y por el tratamiento sistemático y profundo que se dan a los mismos, los profesionales del mundo académico y aquellas personas que hoy se encuentran en su periodo de formación universitaria también se beneficiaran de la lectura de esta obra. Igualmente, aquellos profesionales que en el ejercicio de su actividad diaria deben tomar las decisiones en las empresas del sector pueden encontrar en este libro materia de reflexión y contraste, ya que en la realización del mismo los autores han tenido el acierto y la habilidad de presentar la materia en diversos planos de consideración que están presentes en la actividad de las empresas del sector.

Para terminar, deseo hacer explícita mi felicitación a los autores de esta obra por su interesante e importante aporte al fondo de conocimiento del sector, lo que sin duda, es un nuevo paso en el camino que las empresas deben recorrer en su andadura por el mismo.

Luis Di Benedetto
Presidente de AHCJET

Agradecimientos

Para la Secretaría General de AHCJET constituye una satisfacción poder recoger año tras año los frutos de una excelente y productiva relación entre Telefónica I+D y AHCJET.

Los textos producidos hoy día sirven a un colectivo de instituciones y profesionales del sector de las telecomunicaciones latinoamericanas, que a juzgar por los comentarios que nos llegan, tanto formales como informales, se puede decir que han creado un contenido rico y actualizado, e incluso algo que va más allá de todo ello: el establecimiento de un estilo propio para comunicar estas materias.

El binomio tecnología e impacto en el negocio de las telecomunicaciones se puede considerar en la actualidad como exitoso. Telefónica I+D reúne un excelente conocimiento de estas dos componentes que hacen que el fruto de la colaboración entre AHCJET y Telefónica I+D sea un éxito anunciado. Desde aquí mi agradecimiento al Presidente y al Consejero Delegado de Telefónica I+D, D. Carlos Díaz-Guerra Álvarez y D. Isidoro Padilla González.

Nuestra Asociación ha desarrollado procesos y utilidades específicas para sus miembros operadores de los servicios móviles en Iberoamérica, potenciando para ello la dinámica de AHCJET Móvil. Estimamos que este libro se constituirá en un referente destacado de estos servicios. Para su edición hemos contado con el apoyo efectivo de CENTENNIAL DOMINICANA, gracias a las gestiones de D. Raúl Salvado, Presidente de CENTENNIAL y Presidente de la Comisión de AHCJET Móvil.

También CANTV de Venezuela, que es miembro veterano de AHCJET, ha contribuido con su patrocinio a hacer posible esta publicación impresa, por lo que deseo expresar nuestro agradecimiento a esta empresa y en especial a las personas que lo propiciaron, Da. Eloína Pérez y Da. Nyurka Rodríguez.

Asimismo creo justo reconocer la labor realizada por las personas de Telefónica I+D que han hecho posible materialmente esta publicación y expresar

mi agradecimiento de forma especial a los miembros del Comité de Redacción encargado de coordinar su contenido, y sobre todo agradecer al extenso número de autores el esfuerzo y tiempo empleado en la redacción de los diferentes capítulos.

A todos, gracias.....

Y ya tenemos título para el próximo año, a trabajar...

Francisco Gómez Alamillo
Secretario General AHCET

1.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Dos de los principales motores de la Sociedad de la Información han sido, sin duda, Internet y las comunicaciones móviles. Dejando a un lado la evidente influencia de Internet en la Sociedad de la Información, el cambio que ha producido en el sector de las telecomunicaciones la introducción de la movilidad ha sido crítico, no sólo por la extensión de la posibilidad de la comunicación en cualquier momento y en cualquier lugar, sino por la propia personalización en la naturaleza de la comunicación entre individuos.

Sin embargo, la introducción de la movilidad e Internet en la vida cotidiana ha sido muy lenta, ya que pasaron varias décadas desde la concepción de ambas tecnologías (en los años 60 del pasado siglo para Internet y en los 40 para las comunicaciones celulares) y su desarrollo técnico hasta su incorporación conjunta como elemento constitutivo de la sociedad. Aquellos que hablan del *boom* de Internet o de los móviles no consideran generalmente el lento proceso que tuvo lugar en ambos casos para la maduración de los aspectos técnicos, económicos y sociológicos, previos a su despliegue generalizado.

Una consideración clave es la distinción entre la disponibilidad de la tecnología que facilita la implantación de un producto y la adopción masiva de la aplicación de la misma; generalmente lo segundo suele ser fruto de la ruptura de alguna barrera tecnológica secundaria, no necesariamente relacionada con la tecnología de base. Tal es el caso, por ejemplo, de la mejora en las baterías recargables y sobre todo del desarrollo de los chips de bajo consumo de energía, que fueron avances que se revelaron básicos para el despliegue de la telefonía móvil.

Se produce, en cualquier caso, un efecto de realimentación positiva, siguiendo el ciclo de vida clásico de los productos: tras la adopción temprana de la tecnología viene la adopción masiva, lo que conlleva un incremento de la producción y el subsiguiente alcance de las economías de escala. Una consecuencia

habitual es la de mayores inversiones en tecnología, una nueva reducción de costes y, en un buen número de casos, la transformación en un bien común (*utility*).

En el caso de las comunicaciones móviles es de destacar la sucesión de fases bien diferenciadas, denominadas generaciones, de manera que:

- La 1ª generación fue la telefonía móvil automática analógica, el TMA en España. En sus comienzos fue únicamente un producto elitista, para determinados sectores de la sociedad y nichos profesionales, y supuso el germen de lo que serían posteriormente las comunicaciones móviles. Presentaba escasas prestaciones y altos costes.
- La 2ª generación fue la telefonía móvil digital, el GSM, que introdujo la digitalización total de la red y los terminales. No se logró la introducción de los datos más que en una pequeña medida (mensajes cortos), pero sí se lograron economías de escala asociadas a la mayor capacidad proporcionada por la tecnología y la adopción de la misma por un gran número de operadoras en todo el mundo.
- La 3ª generación, en proceso de llegada, supondrá definitivamente la apertura a nuevas posibilidades de servicios y aplicaciones, basados en las capacidades nativas de las nuevas tecnologías (UMTS y CDMA2000, básicamente).

Por otro lado, la evolución de los modelos de negocio ha influido tanto o más que las tecnologías mencionadas, pues de la situación inicial de monopolios en los operadores de telecomunicación se ha pasado a la introducción de nuevos operadores en competencia, y sobre todo se han establecido nuevos roles: los operadores móviles virtuales, los proveedores de contenidos móviles, etc. Ha tenido una fuerte influencia en ello la pujanza económica y sobre todo la regulación en la apertura de los mercados.

La aparición de nuevas tecnologías (nuevas arquitecturas y dispositivos) y la consolidación de otras anteriores (por ejemplo las redes IP) ha facilitado la evolución natural desde la voz hacia los datos, hecho que se conoce mejor con el término de multimedia. Esto ha permitido la creación de medios más potentes y novedosos y de nuevos canales de relación entre personas o entre personas y sistemas.

Desde el punto de vista de los operadores de telecomunicación, es lo que se conoce como el paso del monocultivo al multicultivo¹. Este paso conlleva la redefinición del papel del operador, la creación de nuevos servicios, la estimulación de su consumo y la renovación de las redes.

Precisamente las redes que soportan dichos servicios son, asimismo, objeto de debate y evolución, habiéndose producido la pugna entre estándares, algunas veces de forma ajena a las estrictas consideraciones tecnológicas (o no totalmente relacionada con ellas) o a la lucha de grupos de influencia, e incluso a la lucha entre mercados. Se habla en general del predominio de Estados Unidos en las tecnologías relacionadas con Internet; del predominio de Europa en las relacionadas con las comunicaciones celulares de segunda generación y de una situa-

¹ Javier Aguilera: *Seminario sobre nuevas perspectivas en las comunicaciones móviles*. UIMP, septiembre 2003.

ción incierta en las tecnologías relacionadas con la tercera generación, donde las operadoras y suministradores asiáticos vienen pisando muy fuerte.

El futuro sigue siendo incierto aunque con multitud de líneas abiertas: la llamada 4G estará formada por la integración de las redes bajo el paradigma de estar basadas completamente en los protocolos de Internet (TCP/IP), la promesa de las nuevas redes de acceso radio inalámbricas (IEEE 802.11, 16 y 20, y Flash OFDM) y las redes 3,5 G (como HSDPA, CDMA 1xEVDO, etc.), coexistiendo de forma más o menos coordinada con las tecnologías preexistentes, con los nuevos servicios y con unos terminales cada vez más fascinantes y versátiles (convertidos en ordenadores por su concepción, arquitectura y por la flexibilidad que aportan a la introducción de nuevos servicios). Sólo queda por saber si todas esas nuevas posibilidades tomarán cuerpo en realidades adoptadas masivamente.

Las nuevas problemáticas que se avecinan, como, por ejemplo, la gestión de los contenidos, la evolución de las redes celulares hacia redes de nueva generación (NGN), la pugna con las tecnologías de acceso radio no específicamente móviles (UMTS versus WiFi o WiMAX), la eterna búsqueda de la aplicación ideal o *killer application* (generadora de flujos de caja masivos), o el conjunto de capacidades básicas o *killer features* (que permitirá a cada usuario hacerse su *killer application* a medida), hacen que el sector todavía tenga por delante un margen de evolución importante.

1.2. CONTENIDO DEL LIBRO

En el marco complejo y cambiante descrito en el apartado anterior, este libro pretende aportar una visión sobre la influencia que la movilidad ha tenido y previsiblemente va a tener, desde el punto de vista de los profesionales de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), en las telecomunicaciones, siempre vista desde la perspectiva de las tecnologías implicadas. Quedan, por tanto, fuera de los objetivos del libro juzgar o analizar los condicionantes sociológicos, regulatorios o económicos, si bien, en algunos casos, es muy vaga la frontera existente entre estos aspectos y los puramente tecnológicos.

En los diferentes capítulos de este libro se presenta una panorámica tecnológica de las comunicaciones móviles, tanto en lo que se refiere a su perspectiva histórica como al estado del arte de las tecnologías. No se ha buscado hacer un manual exhaustivo sobre todos los aspectos de las comunicaciones móviles, ya que existen muchas y excelentes referencias disponibles, sino mostrar el panorama desde una cierta distancia, no dejando por ello de realizar un detallado análisis de todas aquellas tecnologías involucradas, que, vistas en perspectiva, dan al observador la cualidad de entender el conjunto, situando cada cosa en su lugar.

El libro está estructurado en dos grandes secciones, que guían al lector a través de la panorámica de las comunicaciones móviles:

- **La primera sección** presenta un repaso general de los principales aspectos de la movilidad en las comunicaciones. Para ello aborda aspectos

genéricos, de modo que se pueda dar al lector una visión general sobre las problemáticas que la movilidad introduce en la provisión de los servicios de telecomunicaciones, así como de las aplicaciones que esa faceta de la movilidad aporta a dichos servicios, constituyendo un elemento esencial de la Sociedad de la Información en los escenarios en que se desarrolla.

Esta sección comienza con una introducción histórica, pasando a continuación a realizar la descripción de los principales sistemas móviles y de las principales aplicaciones que son posibles mediante la movilidad, así como aquellas que pueden ser mejoradas.

La sección finaliza realizando un repaso de los principales organismos que estandarizan aspectos relacionados con las comunicaciones móviles y ofrece una visión de lo que pueden llegar a ser los sistemas que están más allá de la tercera generación.

- **La segunda sección** presenta el estado del arte de aquellas tecnologías que son más relevantes desde el punto de vista de la movilidad, aportando la visión de numerosos profesionales inmersos en el día a día de los avances tecnológicos específicos.

Esta sección se ha estructurado siguiendo la división clásica de red, servicios y terminales, de manera que:

- En el apartado dedicado a las tecnologías asociadas a las infraestructuras de red se describen las diversas problemáticas de estas tecnologías, las cuales condicionan el despliegue de los servicios.

Comienza con un análisis de la infraestructura de red (donde se describen los conceptos básicos relacionados con la 3G+ y la 4G) y del despliegue de las nuevas tecnologías radio (describiendo su planificación y dimensionamiento).

Finaliza con la descripción de la integración realizada en las redes fijas y móviles mediante las arquitecturas de nueva generación y la utilización generalizada de las tecnologías IP, detallándose sus particularidades.

- En el apartado dedicado a los servicios, los cuales son proporcionados siempre desde la óptica de las tecnologías involucradas, se analizan tanto los servicios clásicos que se basan en las comunicaciones persona a persona (que se apoyen bien en la voz o bien en un medio enriquecido con vídeo o imágenes), como los servicios más avanzados que aprovechan bien características intrínsecas de la movilidad (es el caso de la localización) o bien nuevos modelos de negocio surgidos a raíz de la integración con Internet (descargas de contenidos, comunicaciones máquina a máquina, etc.).

- Por último, en el apartado dedicado a los terminales (verdadera puerta de entrada para los usuarios y que ha experimentado una revolución en los últimos años, mayor incluso que la evolución experimentada por los ordenadores personales) se repasan las nuevas plataformas que están en lucha por el predominio del mercado. También se

detalla la integración realizada en los dispositivos accesorios a los propios terminales móviles.

Al final del libro se detallan las referencias bibliográficas de apoyo en los diferentes temas tratados, con objeto de que el lector interesado pueda ahondar en las tecnologías de su interés.

1.3. AUTORES Y COLABORADORES

El contenido de este libro recoge el conocimiento y esfuerzo conjuntos de diversos grupos técnicos pertenecientes a Telefónica I+D.

El **Comité de Redacción** encargado de coordinar el contenido ha estado formado por:

- Alejandro Becerra González
- Ignacio Berberana Fernández de Murias
- José Jiménez Delgado
- Luis Ranchal Muñoz

El **Equipo de Autores** encargado de elaborar los diferentes capítulos ha estado compuesto por:

- Miguel Álvarez Calvo
- María Teresa Aparicio Peña
- Ernesto Aranda Almansa
- David Bartolomé Sedano
- Ignacio Berberana Fernández de Murias
- Omar Briones Vilar
- Francisco Javier Chamorro Pérez
- Ismael Cortázar Múgica
- Javier Espinosa Ruiz
- Silvia Fernández Postigo
- Ignacio Javier Franco Martín
- Eduardo Fullea Carrera
- Raquel García Pérez
- Beatriz González Rodríguez
- Héctor González Sanchís
- César Gutiérrez Miguélez
- Luis Miguel Gutiérrez Prieto
- Luis Alfonso Hernández Gómez
- José Antonio Hernández González
- Javier Hurtado Martínez
- José Jiménez Delgado
- Javier Llobet Lorente
- José Enrique López García
- Joaquín María López Muñoz
- Jesús Mariño Auñón
- Luis Emilio Martín Rebollo

- David Moro Fernández
- Jorge Munuera Andreo
- Pedro Luis Muñoz Organero
- Antonio Orgaz Climent
- José Antonio Rodríguez Fernández
- Rafael San José Antona
- Antonio Javier Sánchez Esguevillas
- Jorge Serna Pozuelo
- Emilio Javier Torres Mateos
- Enrique Vélez Tarilonte
- Luis Villarrubia Grande
- Wsewolod Warzanskyj García

Otras personas que han colaborado en la elaboración del libro han sido:

- Salvador Olmedo Botia
- Carlos Sastre Vaca
- José Luis Roízo Vidales
- Alejandra Salvador García-Cano
- José Manuel Robledo Tiedra

SECCIÓN I. PRINCIPALES ASPECTOS DE LA MOVILIDAD

2

Evolución de las comunicaciones hacia la movilidad

La introducción de la movilidad en las telecomunicaciones no solo ha supuesto el desarrollo de un nuevo segmento económico de una gran pujanza, sino que ha modificado otros aspectos de nuestra vida, como la forma de relacionarnos con los demás, los hábitos y costumbres o la forma en la que se trabaja. Y todo ello en un plazo de tiempo muy breve, que no llega a los veinte años. Sin embargo, no parece probable que dispongamos de tiempo para poder asimilar tanto cambio, ya que, posiblemente, nos encontremos en el comienzo de un nuevo salto tecnológico, cuyas consecuencias a día de hoy son todavía imprevisibles. El objetivo de este libro es presentar algunos de los desarrollos y avances tecnológicos que conducen a este nuevo salto, pero parece obligado, antes de abordarlos, repasar, aunque sea brevemente, cómo ha sido el camino que ha llevado a la situación actual y cuál es esta.

En este capítulo se recogen algunos aspectos históricos del desarrollo de las telecomunicaciones móviles, así como las funcionalidades básicas necesarias para soportarlas. También se repasan las tecnologías actualmente utilizadas por las redes que soportan estos servicios móviles. Finalmente, se aportan algunos datos para poder evaluar la importancia social y económica que el sector ha alcanzado en todo el mundo.

2.1. LA MOVILIDAD EN LAS COMUNICACIONES

2.1.1. Breve repaso histórico

La posibilidad de poder comunicarse en cualquier momento y desde cualquier lugar que se necesite o se desee, independientemente de que el usuario se encuentre en un lugar fijo o en movimiento, ha sido desde siempre uno de los principales objetivos de cualquier sistema de telecomunicaciones. Durante muchos años este deseo estuvo presente en múltiples manifestaciones de la cultura popular (como, por ejemplo, el famoso teléfono reloj que aparece en los

dibujos de animación Dick Tracy o el comunicador de la serie de televisión Star Trek). Hoy en día se han convertido en realidad muchas de estas expectativas, y en algunos casos incluso se han superado.

La movilidad en las telecomunicaciones ha estado asociada, fundamentalmente, a la utilización de la transmisión por radio en el acceso frente a la utilización de cables o fibra óptica. Esto no quiere decir que todos los sistemas de telecomunicaciones que utilicen la transmisión radio en el acceso sean móviles. Tal es el caso, por ejemplo, de los denominados bucles de abonado inalámbricos, que no son sistemas móviles. La provisión de la movilidad, como se verá más adelante, implica el soporte a un conjunto de funcionalidades adicionales, que requieren de la red una cierta inteligencia, superior a la necesaria para soportar las comunicaciones fijas.

Los dos desarrollos tecnológicos que han hecho que sea posible, más que ningún otro, el soporte de la movilidad en las telecomunicaciones (otras tecnologías básicas para las telecomunicaciones actuales, como el láser, no han tenido prácticamente ningún impacto en el soporte de la movilidad) son:

1. *El propio desarrollo de las comunicaciones radio*, iniciado por Marconi, De Forest, Tesla y otros a principios del siglo pasado, pero cuyos fundamentos teóricos fueron establecidos por Maxwell y Hertz en el siglo diecinueve. Las primeras comunicaciones vía radio fueron las del servicio telegráfico, por parte de Marconi en 1896. La primera transmisión de voz vía radio se debe también al inventor italiano, en 1916. Marconi recibió el premio Nóbel de física en 1909 (compartido con Karl Ferdinand Braun) por su desarrollo de la telegrafía inalámbrica; en 1943, sin embargo, su patente de la radio fue revocada en favor de Nikola Tesla.

Las primeras aplicaciones de las comunicaciones radio estuvieron ligadas a las comunicaciones marítimas (y por tanto móviles). El hundimiento del Titanic, en 1912, supuso un gran impulso para el desarrollo de la radiotelegrafía inalámbrica. Los primeros sistemas de telefonía inalámbrica fueron instalados en Detroit en 1921 para el departamento de policía; se trataba de una red unidireccional para la distribución de información. En 1932 se instaló en Nueva York la primera red bidireccional también para la policía (estas redes operaban en la banda de 2 MHz). Hoy en día las comunicaciones móviles siguen siendo un instrumento fundamental para soportar el desempeño de sus funciones por parte de los servicios públicos (razón por la que, para muchos de ellos, se reservan segmentos específicos del espectro). Otro sector que ha impulsado enormemente el desarrollo de los sistemas radio ha sido el de la defensa. Algunas tecnologías, como el CDMA, hoy utilizadas por los móviles, nacieron para soportar las comunicaciones militares.

2. *La aparición del transistor*, desarrollado en los laboratorios Bell en 1947 por parte de John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley (por esta invención compartieron el premio Nóbel de Física en 1956), que constituye la base de toda la microelectrónica actual.

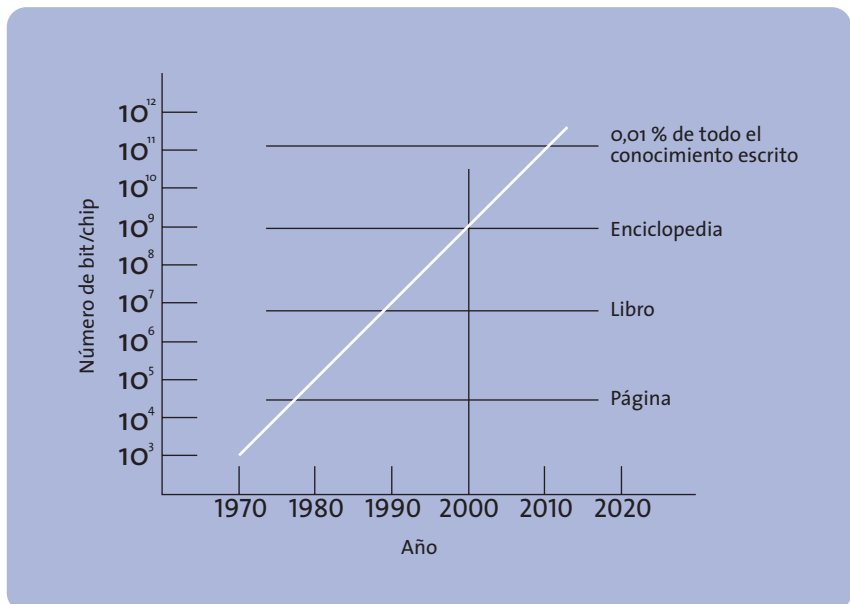
Aunque también podría argumentarse que el invento de mayor impacto sea el circuito integrado, comúnmente conocido como chip, patentado con el nombre de circuito sólido en febrero de 1959 (pese a suponer toda una revolución, no procuró ningún premio a Jack Kilby, el ingeniero que lo creó en Texas Instruments). Esto es debido a que, para soportar la movilidad más allá del área de cobertura de un transmisor individual, es necesario un nivel de inteligencia superior al requerido por las redes fijas. Mientras que es posible operar una red de telecomunicaciones fijas por medios mecánicos (y así ha ocurrido durante muchos años), esto no es posible para una red móvil. Por esta razón las primeras redes de telefonía móvil automática no aparecieron hasta prácticamente la década de los 80.

Por otro lado, las comunicaciones móviles digitales no habrían podido desarrollarse sin los efectos beneficiosos de la denominada Ley de Moore (ver la **Figura 2-1**). Esta ley (que no es tal en sentido estricto, sino una predicción que a lo largo de los años se ha ido cumpliendo con sorprendente precisión) establece que la capacidad de procesado de los circuitos integrados (en realidad, Moore hablaba de su capacidad de almacenamiento) se dobla cada año y medio, al tiempo que disminuye su precio.

Las comunicaciones móviles son especialmente intensivas en procesado, tanto en lo que se refiere al soporte a la movilidad por parte de la red como en lo que afecta al procesado que realizan los terminales, especialmente en las comunicaciones móviles digitales. En la **Figura 2-2** se relaciona la complejidad de procesado y el tipo de comunicaciones que se soportan.

Como puede observarse, en la tecnología móvil GSM el 95 por ciento de la complejidad procede del procesado de los protocolos que soportan las comu-

Figura 2-1:
Ley de Moore



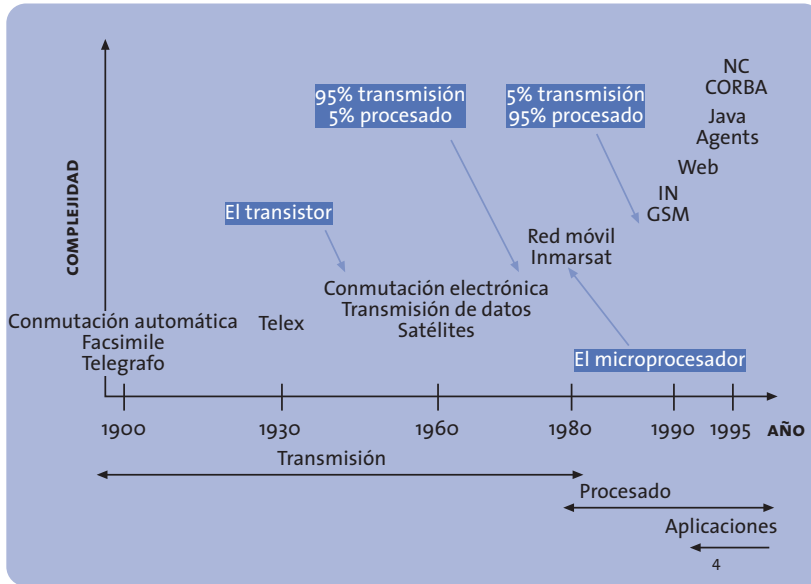


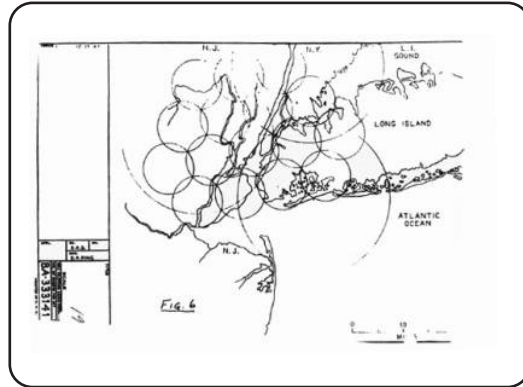
Figura 2-2:
Relación entre
complejidad y sistemas

nicaciones, mientras que la transmisión de la información supone solo un 5 por ciento (esto se traduce en que el 95 por ciento de las especificaciones técnicas de GSM están relacionadas con aspectos relativos al procesado de los protocolos que soportan las distintas funcionalidades, y solo un 5 por ciento a aspectos relacionados con la transmisión de información).

Sin el espectacular desarrollo de la microelectrónica, las comunicaciones móviles, tal y como las conocemos actualmente, no hubieran tenido la posibilidad de existir. Por ejemplo, para poder realizar todos los procesos de la interfaz radio de un terminal (modulación, desmodulación, etc.) en tiempo real fue necesario recurrir en el año 1987 a un superordenador Cray de una universidad noruega. Cinco años más tarde, sin embargo, esos mismos algoritmos y procesos se implementaban en el microprocesador de un terminal móvil. En este sentido, la especificación de GSM tuvo la virtud de proponer soluciones tecnológicas inviables en el momento de su publicación pero que los avances técnicos hicieron posible en el momento del despliegue de las redes. Del mismo modo, los progresos en microelectrónica han permitido la reducción en el tamaño de los terminales así como la incorporación de nuevos elementos a los mismos (como son las cámaras de fotos digitales o los dispositivos Bluetooth).

Pero si hay un hecho significativo en la historia de las comunicaciones móviles, este es el desarrollo del concepto de reutilización celular de las frecuencias. Dicho concepto lo propuso por primera vez en 1947 un ingeniero de los laboratorios Bell, Douglas H. Ring (ver la **Figura 2-3**). Hasta entonces las transmisiones móviles se realizaban con la máxima potencia para proporcionar un área de cobertura lo más extensa posible. Sin embargo, el concepto de red celular proponía dividir el espectro disponible en varios canales, limitar la potencia de los transmisores y extender la cobertura instalando un número mayor de éstos. La clave reside en reutilizar la misma frecuencia en aquellos transmisores que estén

Figura 2-3:
Esquema de la primera propuesta de una red radio celular

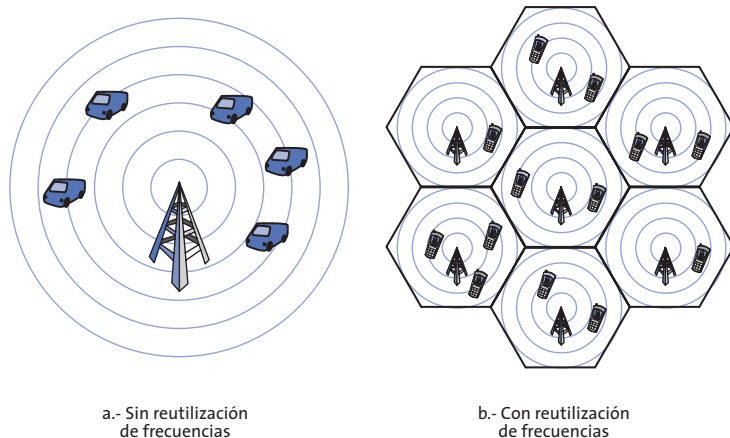


lo suficientemente alejados entre sí para no interferirse. A la zona cubierta por un transmisor se le denominó célula.

La aplicación del concepto de red celular presenta varias ventajas (ver la Figura 2-4). Por un lado, aumenta la capacidad de las redes. Por otro, permite que los transmisores portátiles requieran una menor potencia, por lo que su coste, tamaño y peso se reduce. También complica la gestión de la movilidad, haciendo necesario el soporte al proceso de traspaso si se quiere mantener la conexión cuando el usuario se desplaza por la zona de cobertura entre las distintas células.

La primera red celular de telefonía móvil pública la instaló la operadora japonesa NTT en 1979, y se denominó NAMTS. Esta red no soportaba el traspaso de la conexión; la primera red móvil en hacerlo fue la red NAMTS instalada en Australia en 1981. En realidad, los laboratorios Bell habían completado la especificación del sistema AMPS (en la que se basaba el sistema NAMTS) en 1976, pero la FCC no asignó el espectro necesario hasta 1980, y la primera red celular de Estados Unidos no empezó a operar hasta 1983. Existían algunas diferencias técnicas entre la red de NTT y la red del sistema AMPS, como es la utilización de canales de 25 kHz en la primera frente a los de 30 kHz de la segunda o el uso de un canal de señalización de solo 300 bit/s en la primera frente a los 10 kbit/s utilizados en la segunda. El resultado fue que la percepción de la calidad era muy pobre. Hay que indicar que durante la primera fase de desarrollo de las comuni-

Figura 2-4:
Redes móviles



caciones móviles Estados Unidos fue el país que más contribuyó a su evolución y popularización (relativa).

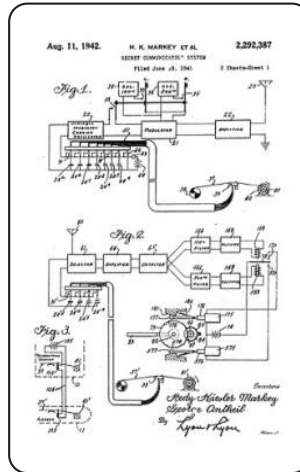
El concepto de red celular es también utilizado por otro tipo de redes radio no necesariamente móviles, como son las redes MMDS, LMDS, WiMAX y WiFi, o incluso las redes de satélite. La principal dificultad que acarrear desde el punto de vista técnico estas redes es la necesidad de planificar las frecuencias, labor que puede resultar muy compleja (desafortunadamente las áreas de cobertura de las células en escenarios reales no tienen el aspecto hexagonal que se utiliza en los análisis teóricos), pues si dos células que están próximas entre sí utilizan las mismas frecuencias serán susceptibles de que se produzcan interferencias en recepción, tanto en los terminales como en la red. La planificación de frecuencias intenta, mediante la adecuada asignación de frecuencias a cada célula, minimizar estas interferencias.

Un desarrollo tecnológico que libera de la necesidad de realizar la planificación de frecuencias es la utilización de técnicas de espectro ensanchado para soportar el acceso múltiple en la interfaz radio. Esta aplicación del espectro ensanchado al acceso múltiple se denomina *Code Division Multiple Access* (CDMA, también conocido por su acrónimo en minúscula *cdma*). El fundamento teórico del espectro ensanchado fue formulado por Claude Shannon en la década de los cuarenta (aunque ya en 1924 Alfred Goldsmith había solicitado una patente para un sistema que, en esencia, aplicaba los conceptos de espectro ensanchado a la modulación en frecuencia, FM). Shannon estableció en su célebre teorema que era posible intercambiar, para una tasa binaria, ancho de banda y relación señal interferencia. Es decir, que era posible transmitir una determinada información con un nivel de señal muy próximo al de ruido, e incluso menor que éste, si se utilizaba un ancho de banda lo suficientemente elevado. La primera aplicación de esta tecnología se produjo en las comunicaciones militares, ya que era un medio eficaz para evitar las interferencias de banda estrecha. Es una anécdota muy conocida el hecho de que un tipo de técnica de espectro ensanchado, salto en frecuencia o *frequency hopping*, fue patentado por la actriz Hedy Lamarr, con la ayuda del compositor George Antheil, como un sistema para evitar la interceptación de las comunicaciones entre submarinos (el entonces marido de Hedy Lamarr era un importante fabricante de armamento). La oficina de patentes otorgó la patente número 2.292.387 el 11 de agosto de 1942 (ver la **Figura 2-5**), pero impidió su publicación.

Las técnicas de espectro ensanchado se han utilizado y se utilizan en múltiples sistemas de comunicaciones. La primera aplicación comercial de este tipo de tecnología se realizó en 1980 y fue la utilización de la técnica de secuencia directa por Equatorial Communications en los transpondedores de sus satélites geoestacionarios. Actualmente, el GPS es el sistema de satélites más conocido que utiliza espectro ensanchado.

A finales de los años 80 varias compañías norteamericanas, como Milicom y Qualcomm, propusieron a la FCC la aplicación del espectro ensanchado al acceso múltiple en los sistemas móviles. El resultado, después de varios años de trabajo y experimentación, fue el estándar IS-95, publicado en 1993, siguiendo básicamente

Figura 2-5:
Detalle de la patente del sistema de salto en frecuencia de Hedy Lamarr y George Antheil



camente la propuesta de Qualcomm (que controla de una forma casi absoluta la evolución de este estándar). La primera red comercial la desplegó en 1995 Hutchison Telecom en Hong Kong, seguida al año siguiente por la que desplegó PrimeCo (posteriormente Verizon Wireless) en 14 ciudades de Estados Unidos.

El sistema de acceso múltiple CDMA es la base de los sistemas de tercera generación, como es el caso de UMTS y cdma2000, y de otro tipo de sistemas como las redes de área personal Bluetooth. Las redes WiFi 802.11b utilizan técnicas de espectro ensanchado para proteger la información y minimizar las interferencias, pero el acceso al medio se realiza en el dominio del tiempo (no son, por tanto, sistemas CDMA).

De cara al futuro, y como se verá en capítulos posteriores, se plantea la utilización de nuevas técnicas de modulación (como puede ser OFDM) o de diversidad (como pueden ser los sistemas multiantena), que permitirán a las comunicaciones móviles seguir evolucionando y acercando la realidad a las expectativas enumeradas al comienzo de esta sección.

2.1.2. Movilidad personal y del terminal

Aunque la movilidad en las telecomunicaciones ha estado generalmente asociada a la utilización del medio de transmisión radio, desde las redes fijas (cableadas) se ha podido soportar un cierto grado de movilidad, especialmente desde la introducción de las centrales digitales, con funciones como el desvío de llamada. Sin embargo, lo normal es considerar que un usuario accede a los servicios de telecomunicaciones fijas desde un único punto de acceso (el número de teléfono, por ejemplo, identifica un punto de terminación de la red, no a un usuario). La introducción de la inteligencia de red (*Intelligent Network*, IN) como plataforma para la provisión de servicios avanzados dio lugar a que se empezara a distinguir entre dos tipos de movilidad:

1. *La movilidad personal*. Este tipo de movilidad tiene como objetivo soportar el acceso de los usuarios a los servicios de telecomunicacio-

nes ofrecidos por distintos tipos de redes y de terminales, y por los dispositivos de acceso a las mismas. Se basa en la utilización de un identificador personal, no ligado a un terminal o punto de acceso concreto, y en la existencia de un perfil del usuario en el que se recogen sus preferencias y el tipo de servicios a los que está suscrito. En teoría, la movilidad personal puede darse tanto en las redes fijas como en las móviles. Un posible ejemplo de utilización es el empleo de terminales móviles cuando no está accesible ningún terminal fijo, y el uso de éstos últimos allí donde estén disponibles, bajo la premisa de que los servicios fijos son más baratos que los móviles o que estos últimos no pueden soportar algunas aplicaciones, como la transmisión de datos a alta velocidad.

La movilidad personal se intentó estandarizar como el servicio UPT (*Universal Personal Telecommunications*) en organismos como ITU-T o ETSI. Aunque ha habido progreso en la definición de sus características generales (véase, por ejemplo, la recomendación F.850 de la ITU-T), no se ha alcanzado un nivel de detalle suficiente como para que se produzcan implementaciones comerciales del servicio. Sin embargo, ha sido el propio éxito de las comunicaciones móviles el que ha convertido finalmente en irrelevante el esfuerzo desarrollado para definir la movilidad personal.

2. *La movilidad del terminal.* Este otro tipo de movilidad está asociada a la utilización de la radio como medio de transmisión en la red de acceso. Sin embargo, no todas las redes de acceso basadas en radio soportan el mismo nivel de movilidad (de hecho, existen redes radio que no soportan ningún nivel de movilidad, como pudieran ser los bucles de abonado sin hilos, en los que el usuario recibe el mismo tipo de servicios que a través de la red fija). Entre los niveles de movilidad que se pueden distinguir están:

- *La movilidad local.* Es la que soporta, por ejemplo, un teléfono inalámbrico o un punto de acceso WLAN. Permite al usuario acceder a los servicios desde distintas posiciones siempre que éstas estén dentro del área de cobertura de la estación base o punto de acceso.
- *La movilidad “nómada”.* Es la que permite acceder a los servicios desde distintos puntos de acceso de una red, que no tienen porque estar necesariamente próximos o existir solape entre sus áreas de cobertura. Este sería el caso de algunos operadores que ofrecen acceso público a Internet desde distintos puntos (por ejemplo, T-Mobile con las cafeterías de la cadena Starbucks).
- *La movilidad celular.* Es la que permite la transferencia de la conexión entre diferentes puntos de acceso de una misma red. Esta puede abarcar desde una planta de un edificio hasta un país entero.

- *La movilidad global.* Es la que permite la movilidad entre distintas redes de distintos operadores, bien utilizando la misma tecnología, o bien empleando otra diferente.

Se identifican tres funcionalidades básicas para el soporte de la movilidad (tal y como se proporciona en las redes móviles actuales):

1. *La itinerancia (roaming)*, que permite a un usuario acceder a los servicios desde redes de distintos operadores o proveedores de servicios (siempre y cuando existan acuerdos entre ellos). Es frecuente distinguir entre itinerancia nacional e internacional (en función de que las redes que ofrecen el servicio pertenezcan a operadores del mismo o de distintos países) e itinerancia entre redes que utilizan distintas tecnologías (lo que implica la utilización de terminales duales).
2. *El traspaso (o handover)*, que es el proceso que permite el mantenimiento de la conexión cuando cambia el punto de acceso a la red debido al movimiento del terminal. Existen distintos tipos de traspasos en función de los criterios utilizados; por ejemplo, quién se encarga de controlar el proceso (¿el móvil o la red?), el proceso implica o no una ruptura de la conexión en algún instante de su ejecución (¿el traspaso es duro o suave?) o cuáles son los elementos de la jerarquía de red implicados en el proceso.
3. *El soporte a la localización.* Esta funcionalidad se divide, a su vez, en otras dos:
 - a. *La funcionalidad de localización*, que es el procedimiento que emplea la red para localizar el punto de acceso más adecuado para el establecimiento de la conexión cuando hay una llamada dirigida al terminal.
 - b. *La funcionalidad de actualización de la localización*, que es el procedimiento mediante el que la red se mantiene informada de cual es la localización aproximada de los usuarios.

Asociados con estos dos procesos se definen unas agrupaciones de células denominadas áreas de localización, caracterizadas por un identificador único. La red transmite la identidad del área de localización a través de unos canales de señalización común, de manera que todos los terminales móviles que están encendidos escuchan periódicamente estos canales en la célula que les proporciona mejor cobertura y verifican si ésta corresponde a un área de localización distinta a la de la última verificación. Si es así, informan a la red de este cambio. La red almacena este dato en una base de datos asociada al usuario, empleándolo para redirigir hacia el área de localización correspondiente las llamadas dirigidas a dicho usuario. Por su parte la red radio informa de la llamada entrante al móvil a través de un canal de mensajería (*paging*), que se transmite en todas las células del área de localización.

Una de las razones del éxito de GSM como sistema móvil se debe a que fue la primera red que facilitó la itinerancia internacional. Actualmente, es lo más próximo a lo que se podría denominar un móvil universal. Aún así, debido a la

diferente asignación de frecuencias en los servicios móviles para cada área geográfica (850 MHz y 1.900 MHz en América y 900 MHz y 1.800 MHz en Europa), solamente los terminales tetrabanda podrían ser utilizados en todos los países que soportan este estándar (siempre que existan acuerdos de itinerancia entre operadores, claro está). Además, hay zonas geográficas no sólo en áreas remotas, sino también en países industrializados como Japón y parte de Estados Unidos, en las que no existe cobertura.

Durante algún tiempo se pensó que la mejor solución para conseguir este “comunicador universal” era la telefonía móvil por satélite. La aparición de los satélites de órbita baja (una tecnología de origen militar) hacía pensar que se trataba de una solución que, al menos desde el punto de vista técnico, permitiría dar una cobertura global. De hecho, existían sistemas de satélite, como Inmarsat, que soportaban las comunicaciones en el mar, aunque los terminales necesarios no podrían calificarse de móviles. En la década de los años 90 empezaron a entrar en operación varios sistemas móviles por satélite, como Iridium o Globalstar. Sin embargo, se tardó poco tiempo en comprobar que esta solución no resultaba viable por diversas razones (fundamentalmente por problemas de cobertura en interiores, por terminales demasiado voluminosos y, sobre todo, por los precios excesivamente elevados de los servicios). Tras distintas peripecias, estos sistemas sobreviven con un nicho de mercado mucho más limitado de lo que se preveía en los planes de negocio originales. Con los satélites ya construidos es poco probable que otros sistemas, como ICO, entren en operación.

2.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS REDES MÓVILES

La situación actual de las redes móviles se caracteriza por la utilización de dos criterios de clasificación: el tipo de generación al que pertenecen (analógica, digital y multimedia), y el tipo de tecnologías y estándares que se emplean en los diferentes países. Dependiendo del país, es posible que coexistan sistemas pertenecientes a dos o tres generaciones distintas todavía en servicio.

La primera generación de las redes móviles corresponde a las comunicaciones basadas en tecnología analógica, centrada en el soporte a los servicios de voz y a los servicios de datos de muy baja tasa binaria (por ejemplo, la mensajería). Desde el punto de vista tecnológico, esta generación se caracteriza por estar basado en soluciones propietarias desarrolladas por suministradores como Ericsson, NTT, Motorola o AT&T. Este tipo de redes llegó a contar con 20 millones de usuarios a principios de la década de los noventa.

La inexistencia de un estándar fue una de las razones que impulsaron el desarrollo de los sistemas de 2ª generación, especialmente en Europa, caracterizados por la utilización de tecnología de transmisión digital y por el soporte a los servicios de datos con velocidades binarias relativamente bajas (desde 9,6 kbit/s a 14,4 kbit/s). Su estudio y definición se inició a principios de los años 80, y las primeras redes comerciales aparecieron a principios de los 90. En esta fase se propusieron diferentes estándares para distintos tipos de aplicaciones. De este modo, sólo en Europa, se desarrollaron los siguientes estándares:

- El estándar GSM para telefonía celular.
- El estándar DECT para telefonía inalámbrica.
- El estándar CT2 para telefonía inalámbrica.
- El estándar TETRA para telefonía móvil de uso privado o trunking.
- El estándar ERMES para mensajería.
- El estándar MOBITEX para servicios de datos.

En Estados Unidos surgieron otros estándares de segunda generación, como TDMA y cdmaOne, en los que era un requisito básico la posible coexistencia con la tecnología analógica. Sin embargo, su expansión ha sido mucho menor durante la década de los noventa, debido probablemente al esquema de tarificación utilizado, en el que pagaba el usuario móvil que recibía la llamada, y al hecho de que no había un operador que proporcionara cobertura en todo el país.

Otro hecho que diferencia la situación de Estados Unidos, y los países que siguen su reglamentación, con la de Europa, fue la decisión de la FCC de subastar en el año 1994 los 140 MHz de espectro comprendidos entre 1.850 y 1.990 MHz para soportar los denominados servicios de comunicaciones personales o PCS (esta subasta, y su éxito en términos económicos, sentaron un precedente que tuvo pésimas consecuencias al ser imitado posteriormente en los procesos de asignación de espectro para los sistemas de tercera generación en muchos países europeos). Estos servicios no estaban ligados a la selección de una tecnología concreta. Al subastarse por áreas geográficas, dividiendo la superficie del país en 51 *Major Trading Areas* (MTAs) y 493 *Basic Trading Areas* (BTAs), no se crearon operadores que proporcionaran cobertura nacional. Eso sí, el gobierno americano consiguió recaudar 10.000 millones de dólares en el proceso (aunque la quiebra de una de las empresas que obtuvo más espectro, NextWave, daría lugar a una segunda subasta y a un embrollo jurídico que se ha resuelto recientemente).

La necesidad de unificar los distintos sistemas móviles descritos anteriormente (la mensajería, la telefonía inalámbrica, la telefonía celular y la telefonía móvil vía satélite), para resolver los problemas de compatibilidad entre los estándares de las distintas regiones geográficas y para definir unos sistemas con una eficiencia espectral más alta (ante la que se preveía escasez de espectro a corto plazo), impulsaron la investigación y el desarrollo de los sistemas de tercera generación. En un principio, el enfoque que se promovió desde instituciones como la UIT o la Comisión Europea era que los nuevos sistemas 3G constituyeran el acceso inalámbrico a las redes de servicios integrados de banda ancha y que el soporte de la movilidad se basara en la utilización de las capacidades de la red inteligente. Es decir, se tendía hacia una convergencia entre las comunicaciones fijas y móviles. Para aumentar la eficiencia espectral se optó por considerar diversas variantes de CDMA y TDMA. Sin embargo, los temores del principal operador japonés, NTT DoCoMo, de que a medio plazo no dispondría de espectro suficiente en su red 2G PDC para atender la creciente demanda, aceleraron el desarrollo de WCDMA. Por otro lado, la explosión de Internet hizo que en la evolución de la red troncal se contemplara como objetivo último el disponer de una red "todo IP".

Tabla 2-1: Tecnologías que utilizan los sistemas móviles de las distintas generaciones

	1G	2G	2,5G	3G
Europa	NMT, TACS	GSM900 & 1800, DECT	GPRS	UMTS (WCDMA), EDGE
Estados Unidos y Latinoamérica	AMPS	TDMA, cdmaOne, GSM850 & 1900	CDMA2000 1xRTT, GPRS	EDGE, CDMA2000 1xEV-DO
Japón	IMTS	PHS, cdmaOne, PDC	CDMA2000 1xRTT	FOMA, WCDMA, CDMA2000 1xEV-DO
China		GSM, cdmaOne	CDMA2000 1xRTT	TD-SCDMA

La **Tabla 2-1** muestra una clasificación de los distintos sistemas en función de la generación a la que pertenecen.

La evolución técnica de los sistemas móviles se dirige a conseguir que soporten simultáneamente mayores tasas binarias y mayor movilidad. Para ello, el enfoque técnico se orienta, más que hacia el desarrollo de nuevas interfaces radio, hacia la convergencia entre los distintos tipos de redes radio que atienden a los servicios y requisitos existentes actualmente. En la **Figura 2-6** se representa la visión de Ericsson respecto de esta posible evolución.

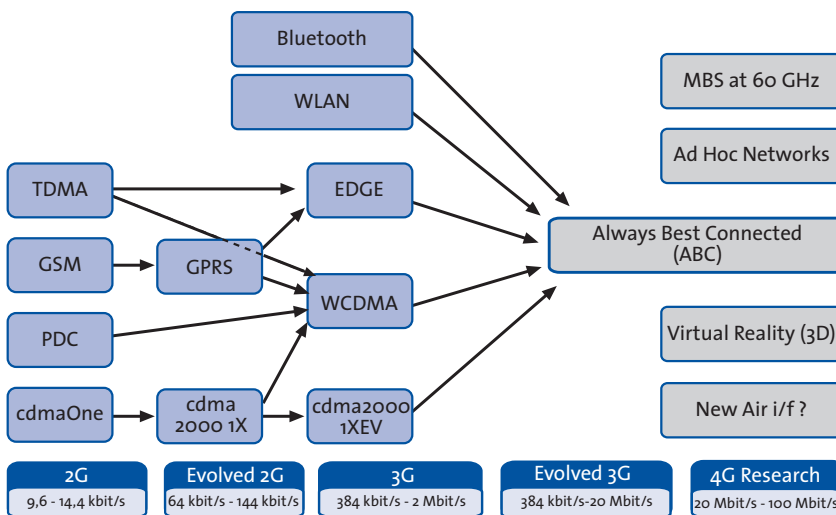


Figura 2-6: Evolución de las tecnologías hacia 4G

Ad-hoc Networks: Redes Ad-hoc
 Always Best Connected: Siempre con la mejor conexión
 Virtual Reality: Realidad virtual

New Air i/f: Nueva interfaz radio
 Evolved 3G: 3G evolucionado
 4G Research: Investigación 4G

Tabla 2-2:
Distribución de usuarios
por tecnología

	Ene03	Abr03	Jul03	Oct03	Ene04	Feb04	Mar04
GSM	805,8	847,3	895,2	935,2	1006,5	1024,3	1046,8
W-CDMA	0,159	0,455	1,4	1,9	3,0	3,4	4,3
CDMA	148,3	157,9	162,3	174,1	190,2	194,4	199,1
PDC	60,3	61,7	62,3	62,5	62,0	62,2	62,4
US TDMA	108,4	110,4	112,2	109,2	109,4	110,2	111,2
Total de usuarios digitales	1123,7	1177,7	1232,8	1278,8	1388,0	1411,6	1440,0
Total de usuarios analógicos	28,1	25,1	23,2	20,7	19,0	18,3	16,5
Total de usuarios móviles	1151,8	1202,8	1256,0	1299,5	1407,0	1429,9	1456,5

Fuente: GSM Association

2.3. SITUACIÓN DE LOS MERCADOS EN EL ENTORNO INTERNACIONAL

La diferente situación de los mercados en los distintos continentes se deriva, entre otras razones, de los distintos roles que las comunicaciones móviles juegan en función del nivel de bienestar económico. Así, en muchos países poco desarrollados, las redes móviles sustituyen a las fijas como redes básicas de comunicaciones. En los países más ricos, los servicios móviles tuvieron primero un nicho de mercado específico, sobre todo entre los usuarios profesionales, aunque en pocos años se ha extendido a todos los niveles de la sociedad. En un principio, estos servicios, sin embargo, no eran sustitutos de otros servicios de telecomunicaciones, sino que tenían su propio nicho de mercado. Últimamente, con la bajada de las tarifas, sí se está produciendo un efecto de sustitución fijo-móvil.

En la tabla **Tabla 2-2** se muestra la distribución del número de usuarios para cada tecnología, según la GSM Association.

Por otro lado, en la **Tabla 2-3** se recogen las ventas de terminales en función de las distintas familias tecnológicas (GSM engloba tanto a los propios terminales GSM, como a los terminales EDGE y WCDMA; mientras que CDMA engloba a los terminales cdmaOne y cdma2000).

Algunas predicciones son incluso más optimistas. Según los analistas del Bank of America, en el año 2004 se venderán 650 millones de terminales y en 2005 730 millones. Según Trikon Technologies, en el año 2006 se alcanzará la cifra de 1.000 millones de terminales vendidos en todo el mundo.

Tabla 2-3:
Número de terminales
vendidos por tipo de
tecnología (en millones)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
GSM	229,6	256,0	279,9	349,3	418,9	480,1	533,3	578,4	618,5	657,5
TDMA	42,0	41,5	40,7	36,8	20,8	13,3	8,5	6,1	3,9	2,1
CDMA	52,3	62,9	76,0	94,4	117,5	133,1	149,3	160,6	171,9	181,2
Otros	58,9	48,2	38,7	42,7	38,5	35,2	29,8	24,2	17,0	11,2
Total	382,7	408,5	435,3	523,3	595,7	661,8	720,9	769,4	811,2	852,0
Porcentaje de sustitución (%)	31,4	29,1	28,2	29,8	32,9	35,2	36,7	37,0	37,2	36,8

Fuente: Strategy Analytics

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CDMA	13,7	15,4	17,5	18,0	19,7	20,1	20,7	20,9	21,2	21,3
TDMA	11,0	10,1	9,4	7,0	3,5	2,0	1,2	0,8	0,5	0,2
GSM	60,0	62,7	64,3	66,8	70,3	72,5	74,0	0,8%	76,2	77,2
Otros	15,4	11,8	8,9	8,2	6,5	5,3	4,1	3,1	2,1	1,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Strategy Analytics

En la **Tabla 2-4** se muestran los porcentajes de los terminales vendidos por tipo de tecnología.

Desglosados estos datos por regiones se observa que las áreas con mayor potencial de crecimiento son, lógicamente, aquellas en las que la penetración móvil es más baja: la región del Pacífico en Asia, el este de Europa y Latinoamérica. El mercado asiático es ya el más importante en el mundo en lo que se refiere al número de usuarios, existiendo países como China e India donde se experimentan unas tasas de crecimiento muy elevadas (por ejemplo, en 2003 se vendieron en estos dos países 74 y 17 millones de móviles, respectivamente). Además, en muchos de los países de este entorno, el móvil actúa como sustituto de las comunicaciones a través de la red fija, llevando las telecomunicaciones a zonas en las que estas no existían anteriormente.

En la **Tabla 2-5** se muestran las ventas de móviles por regiones.

Los móviles continúan siendo uno de los artículos de electrónica de consumo que más se venden. Para comprobar la magnitud de estas cifras basta comparar con las de otros productos de consumo masivo. La venta total de PCs (tanto de sobremesa como portátiles) en el mundo durante 2003 fue de unos 170 millones de unidades. El número de PDAs vendidas en el mundo durante ese mismo año fue de 12,6 millones de unidades, según IDC. Uno de los productos de electrónica de consumo de más éxito de los últimos años, el reproductor de MP3 iPod de Apple, vendió menos de un millón de unidades en el primer trimestre de 2004 (lo que fue considerado por todos los analistas como un gran éxito).

La introducción de los servicios de datos móviles se está haciendo también de forma acelerada en muchos mercados gracias al soporte de las comunicaciones en modo paquete. En GSM esto se ha realizado mediante la introducción de GPRS; y en CDMA con la actualización a cdma2000 1xRTT y 1xEV-DO. En el mapa mostrado en la **Figura 2-7** se identifican las zonas geográficas en las que se disponía de este tipo de servicios.

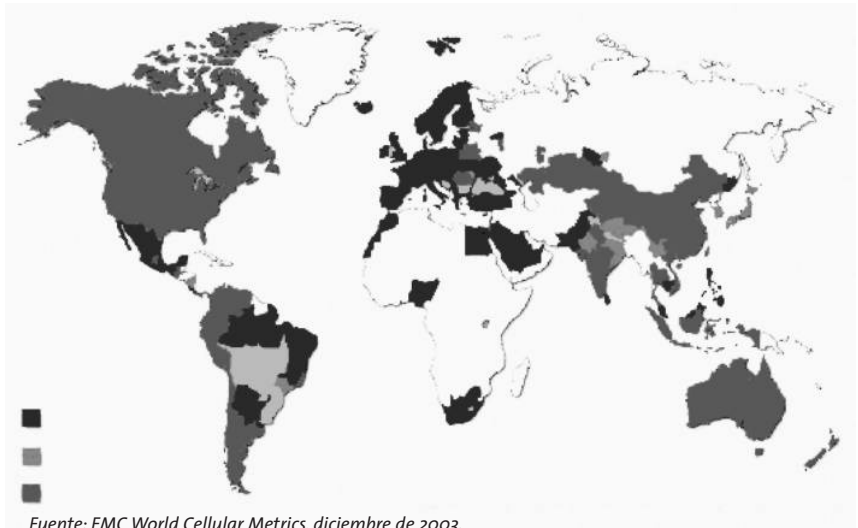
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Norteamérica	68,7	77,3	83,8	103,3	121,5	132,9	142,9	145,2	144,3	142,3
Europa Occidental	125,5	109,3	102,4	121,3	134,2	142,1	149,1	154,7	159,2	162,7
Asia Oriental, Sudoriental y Central	125,8	154,1	168,8	200,1	230,2	257,7	280,6	307,1	328,9	353,2
Latinoamérica	32,4	30,5	30,8	35,7	39,5	48,3	58,3	63,9	71,6	75,9
Europa Central y del Este	12,6	18,1	24,6	32,1	37,5	38,5	40,9	42,9	44,9	47,9
Resto del mundo	17,8	19,2	24,9	30,6	34,7	42,4	49,1	55,5	62,2	70,0
Total	382,7	408,5	435,3	523,3	595,7	661,8	720,9	769,4	811,2	852,0

Fuente: Strategy Analytics

Tabla 2-4:
Porcentaje de terminales vendidos por tipo de tecnología

Tabla 2-5:
Número de terminales vendidos por región (en millones)

Figura 2-7:
Soporte a las
comunicaciones móviles
de datos



Fuente: EMC World Cellular Metrics, diciembre de 2003.

En estos momentos puede afirmarse que GSM es la tecnología móvil dominante, con más de 1.000 millones de usuarios en más de 200 países de todo el mundo, lo que supone un 72 por ciento del mercado móvil mundial. GSM es también la tecnología que utilizan un mayor número de operadores, más de 200, y la única que se utiliza en todos los continentes.

En **Tabla 2-6** se muestra la distribución del número de usuarios en función de las zonas geográficas.

La tecnología CDMA IS-95 y sus posteriores evoluciones también ha experimentado un importante crecimiento durante los últimos años (ver la **Figura 2-8**), especialmente en la zona del Pacífico de Asia y en Latinoamérica (no así en Europa occidental, donde no está reconocido como un estándar oficial). Esta tecnología ha cuidado siempre la compatibilidad “hacia atrás”, la posibilidad de que sobre el mismo espectro puedan coexistir terminales de distintas versiones del estándar soportados por una misma infraestructura de red. Esta exigencia ha veni-

Tabla 2-6:
Distribución por
regiones de los usuarios
GSM

	Ene03	Abr03	Jul03	Oct03	Ene04	Feb04	Mar04
Mundo árabe	24,9	26,8	29,2	31,9	34,8	35,6	36,4
Asia Oriental y Sudoriental	306,5	325,9	345,3	357,5	375,2	381,2	389,2
África	25,8	27,8	30,4	29,6	36,7	37,9	39,2
Asia Central y Oriental	6,8	7,3	7,8	8,8	11,0	11,3	11,7
Europa	387,4	397,9	406,1	416,3	433,9	437,9	442,3
Rusia	16,1	18,1	25,0	29,5	35,3	36,9	40,2
India	11,2	13,5	15,9	19,1	22,9	23,9	24,8
Norteamérica	19,3	21,0	24,2	27,9	33,7	34,8	36,1
Sudamérica	7,8	9,0	11,3	14,6	23,0	24,8	27,1
Total	805,8	847,3	895,2	935,2	1006,5	1024,3	1047

Fuente: GSM Association

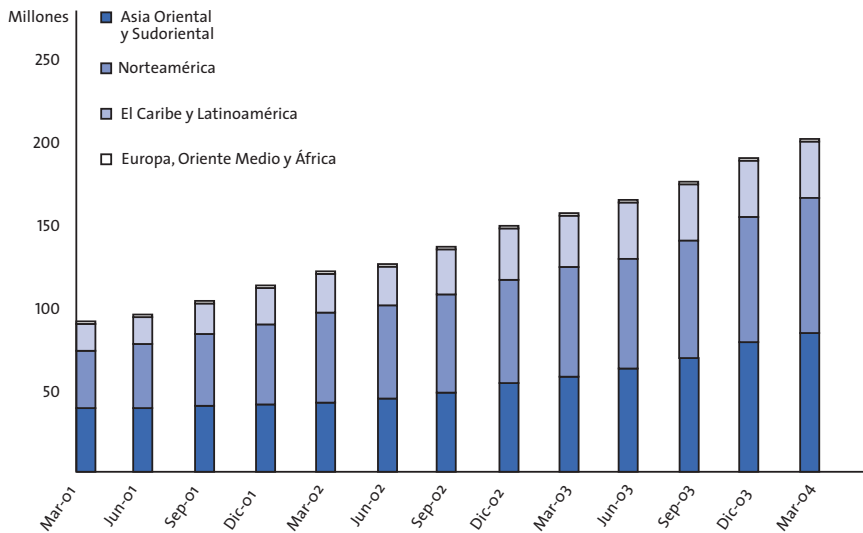


Figura 2-8: Distribución por regiones de los usuarios CDMA

Fuente: CDG

do motivada por la escasez de nuevo espectro para los sistemas de tercera generación.

En Europa existe la posibilidad de que se abra una vía de penetración de esta tecnología en la banda de 450 MHz (utilizada hasta hace relativamente poco por los primeros sistemas móviles analógicos).

El proceso de desarrollo de las redes UMTS en Europa ha sufrido una ralentización por dos factores: los problemas económicos que el elevado coste de

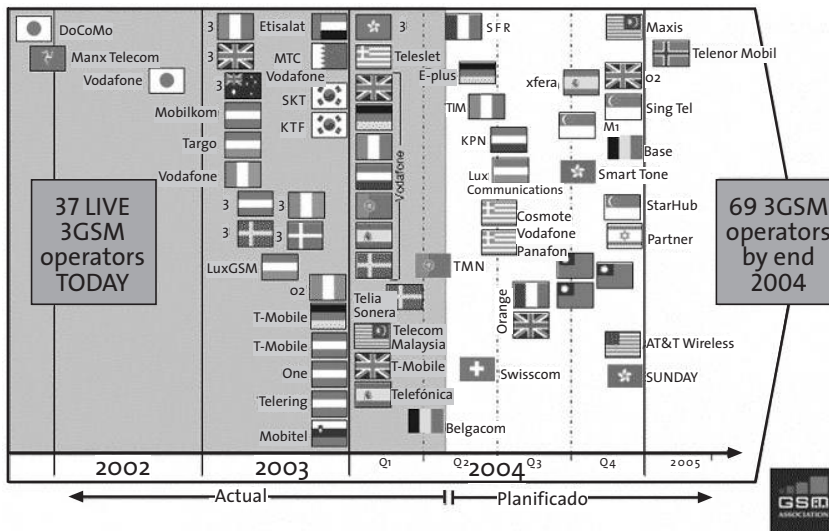


Figura 2-9: Lanzamientos realizados y previstos de las redes UMTS

37 LIVE 3GSM operator TODAY: 37 operadores activos actualmente
 69 3GSM operator by end 2004: 69 operadores para finales de 2004

Fuente: GSM Association

las licencias ha supuesto a los operadores para utilizar el espectro asignado a estos sistemas (sólo en el Reino Unido se llegó a pagar más de 21.000 millones de libras esterlinas) y los retrasos en los que ha incurrido el desarrollo de esta tecnología. La primera red operativa se lanzó en Japón por parte de NTT DoCoMo, que comercializó el sistema con el nombre de FOMA en el año 2001. En Europa, las primeras redes comerciales (aunque en realidad se trataba más bien de redes experimentales) se lanzaron en la isla de Man y en Montecarlo. Aunque en principio se preveía que la introducción de la tercera generación podría ser una vía para que entraran en el mercado más operadores, en la práctica ha sucedido que, con la excepción de tres, el operador del grupo Hutchison, no se han implantado nuevos operadores que no dispusieran de licencia para los sistemas 2G.

En la **Figura 2-9** se representan los lanzamientos realizados y previstos para las redes UMTS de todo el mundo.

Como resultado de todos estos lanzamientos, las redes 3G están empezando a experimentar el mismo tipo de crecimiento explosivo que se observó con las redes 2G diez años atrás. A finales del primer trimestre de 2004, en una estimación conservadora, había 4,2 millones de usuarios de UMTS en el mundo, fundamentalmente concentrados en Japón, donde NTT DoCoMo contaba con más de 3 millones de usuarios de su sistema FOMA. En septiembre de 2004 se estimaba que el número de usuarios UMTS había alcanzado la cifra de 10 millones.

El éxito de los sistemas de comunicaciones móviles, cuyas aplicaciones y características principales se comentan en los próximos capítulos, se debe en parte a la existencia de unas soluciones tecnológicas estandarizadas, es decir, aceptadas y abiertas a la comunidad de fabricantes y operadores.

Los primeros sistemas de comunicaciones móviles, los sistemas analógicos, eran diferentes para cada país, por lo que no se lograban economías de escala. A partir de la introducción del sistema GSM se puede empezar a hablar de una solución única y común, primero europea y luego, progresivamente, mundial.

Sin embargo, a pesar de su éxito, los avances tecnológicos y de concepto que supuso la introducción del sistema GSM van siendo superados poco a poco. En este capítulo se repasan las razones tecnológicas y de mercado que justifican la aparición de nuevos sistemas y también se pasa revista a las innovaciones técnicas que suponen.

3.1. INFRAESTRUCTURA DE RED MÓVIL GENÉRICA. LAS REDES 2G

La infraestructura de red, independientemente del estándar utilizado, debe incorporar los elementos necesarios para poder gestionar de forma eficiente la movilidad a la que se hacía referencia en el capítulo anterior, así como para garantizar un acceso seguro (ya que se está utilizando un medio que se comparte entre varios usuarios). Una infraestructura de red móvil genérica, independientemente de la tecnología de acceso utilizada, contará con una serie de elementos básicos como son:

- *Las estaciones móviles*, que permiten al usuario conectarse a la red. Pueden ser teléfonos, tarjetas de red o incluso dispositivos embebidos.
- *Las estaciones base*, que son el equipamiento fijo distribuido geográficamente para cubrir el área a la cual se pretende dar el servicio. Controlan el enlace radio entre el usuario y la red, constituyendo, por tanto, las puertas de acceso de los usuarios a la misma.

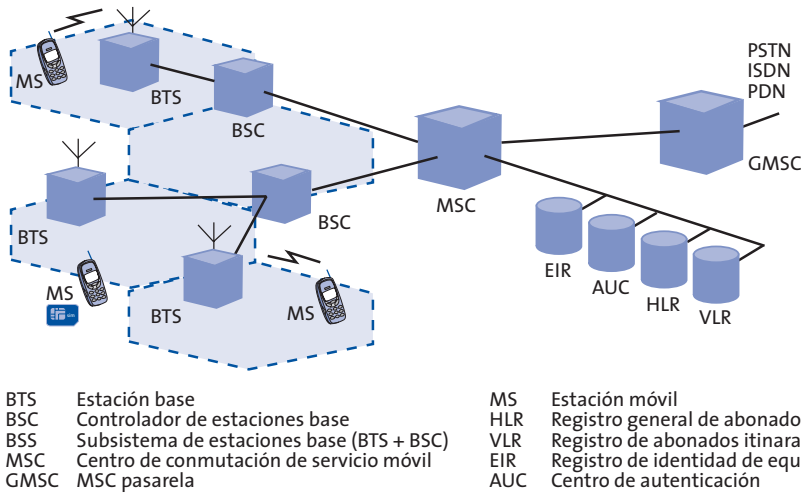


Figura 3-1:
Arquitectura de
red GSM

- *Los sistemas de control y conmutación de las estaciones base.* Además de las funciones clásicas de control de llamada, controlan la conmutación de la conexión entre distintas estaciones base, de forma que la movilidad del usuario sea gestionada de forma transparente a éste.
- *Las bases de datos para la gestión de la movilidad.* Permiten la localización de los usuarios en la red móvil, así como el mantenimiento y distribución de la información del perfil correspondiente a cada uno (incluyendo aspectos de autenticación y tarificación).

En la **Figura 3-1** se muestra un ejemplo de esta arquitectura de red genérica, aplicada al sistema GSM¹.

Como ya se indicó en el **capítulo 2**, las redes móviles actuales son mayoritariamente digitales (2G y posteriores). Las principales ventajas de dicha digitalización se resumen en los siguientes aspectos:

- Mayor eficiencia espectral (modulaciones más eficientes) y mejor protección frente a interferencias.
- Posibilidad de utilización de codificaciones de fuente más eficientes. El ejemplo más típico es la voz, que en el caso de GSM se implementa mediante un *codec* de 13 kbit/s, permitiendo una importante ganancia de capacidad respecto de las redes analógicas.
- La digitalización del enlace radio aumenta la seguridad de las comunicaciones, además de facilitar la introducción de mecanismos adicionales de cifrado.
- Posibilidad de ofertar nuevos servicios, aprovechando la naturaleza digital del enlace. Un ejemplo muy simple son los mensajes cortos (SMS), que utilizan los canales de señalización para transmitir información de usuario. Otro ejemplo es precisamente el servicio GPRS (*General Packet*

¹ Los sistemas basados en la tecnología de acceso CDMA presentan una arquitectura de red similar, aunque el nivel de estandarización de las interfaces entre los elementos de red es más bajo.

Radio Service), desarrollado de forma mucho más sencilla gracias a la naturaleza digital intrínseca del GSM.

- Miniaturización de los terminales. Un último aspecto, pero no por ello menos importante, es que la digitalización de la red facilita la reducción del tamaño y el consumo de los componentes de los terminales de usuario, así como su integración (lo que a su vez redundará en una reducción del coste).

Para proporcionar el servicio, la red móvil se apoya en una señalización bastante compleja que en la red de acceso (el punto más crítico) se suele estructurar lógicamente en tres niveles de funcionalidad, denominados:

1. *Gestión de los recursos radio (Radio Resource Management)*. Es la funcionalidad que se encarga de la gestión de los recursos radio involucrados en la comunicación, tanto en lo relativo al propio intercambio de la información de usuario (por ejemplo, la voz en una llamada vocal) como en lo necesario para el mantenimiento de la relación entre el terminal y la red. Esta funcionalidad también permite soportar los procesos de traspaso.
2. *Gestión de la movilidad (Mobility Management)*. Esta funcionalidad se encarga de asegurar que, a pesar de la movilidad del usuario, la relación entre éste y la red se mantiene y la comunicación no se corta. Esto debe ser así tanto en situación de inactividad como durante una llamada o sesión de datos. Este nivel comprende los procesos que soportan la itinerancia y la gestión de la localización (que fueron descritos en el capítulo 2). También se encarga de gestionar aspectos relativos a la seguridad y a la asignación de identificadores temporales.
3. *Gestión de la conexión (Connection Management)*. Es la funcionalidad que realiza el establecimiento y liberación de las conexiones, haciendo uso de las facilidades que le proporcionan los niveles de gestión de la movilidad y de los recursos radio. Implica procesos como el análisis de la numeración, soporte al enrutamiento y a la tarificación, etc.

La evolución de los servicios desde la voz hacia los datos se ha producido de forma gradual, pasando del soporte de servicios limitados como los mensajes cortos (SMS) y las llamadas de datos (con utilización permanente de los recursos radio), a otros más eficientes y flexibles basados en técnicas de paquetes; en el caso de GSM se trata de la extensión del estándar denominada GPRS.

Para posibilitar el soporte de la movilidad en las comunicaciones de datos por paquetes se hace necesario utilizar mecanismos análogos a los de las comunicaciones de voz, aunque adaptados a la naturaleza discontinua de los servicios de datos y teniendo en cuenta el diferente manejo de los recursos radio.

Para hacer posible este tipo de movilidad, en general, hay que utilizar dos mecanismos:

1. *Los mecanismos de soporte a la movilidad diseñados para las redes de circuitos*, adaptados a las características de los servicios de datos, que son menos sensibles al retardo pero más sensibles a los errores. Este es el enfoque seguido, por ejemplo, en las redes GPRS (en la Figura 3-2 se muestra la arquitectura de red de GPRS).

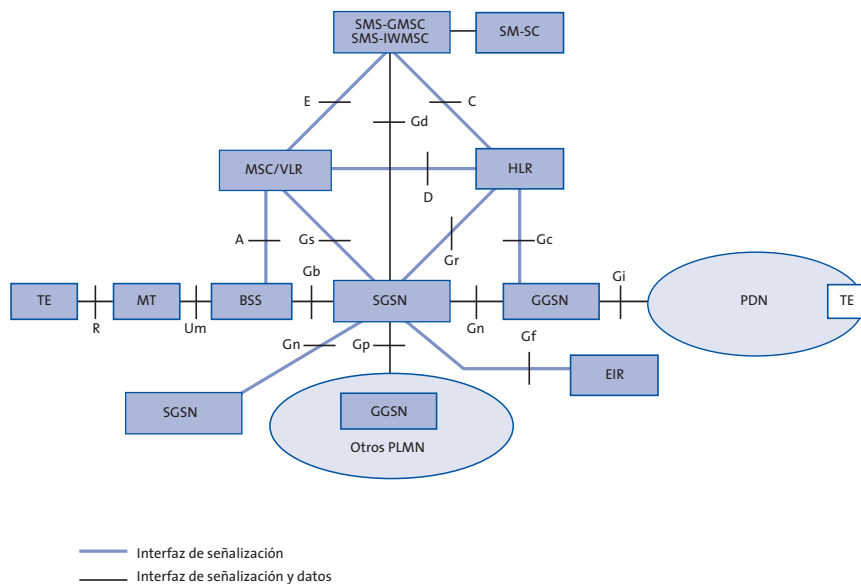


Figura 3-2:
Arquitectura de red
GPRS

En GPRS aparecen nodos adicionales de red, que realizan las funciones necesarias para proporcionar acceso móvil de alta velocidad a Internet y a otras redes de conmutación de paquetes. Los nodos más importantes son el SGSN (*Serving GPRS Support Node*) y el GGSN (*Gateway GPRS Support Node*). El primero constituye para el terminal móvil el punto de acceso al servicio de la red GPRS. El GGSN en cambio tiene como misión principal la conexión del terminal móvil a redes de datos externas para el acceso a sus servicios y aplicaciones basadas en IP. Desde el punto de vista de las redes externas, el GGSN es, además, un *router* conectado a una subred, ya que oculta la infraestructura de la red GPRS al resto de las redes.

Ambos nodos interactúan con el HLR para poder ofrecer movilidad también en las aplicaciones de datos. La movilidad para este tipo de aplicaciones se aprecia ligeramente más sencilla de tratar y garantizar, debido a la naturaleza de los servicios de datos, en lo que a retardo de transmisión o latencia se refiere (en general estas aplicaciones pueden soportar mayores retardos que los servicios de voz).

2. *Los mecanismos propios de los protocolos de enrutamiento*, como es el caso de Mobile IP (*Mobile Internet Protocol*). Esta opción se está utilizando en algunas redes móviles propietarias para datos o en las redes con el sistema cdma2000 (que se analizan con más detalle en una sección posterior de este capítulo).

Mobile IP es una extensión del protocolo IP, propuesto por el IETF (*Internet Engineering Task Force*). Este protocolo permite a los equipos móviles permanecer conectados a Internet independientemente de su ubicación, sin necesidad de tener que cambiar su dirección IP (que es el problema principal que presenta el protocolo IP en temas de

movilidad). Mobile IP hace que la movilidad sea algo transparente para las aplicaciones y los protocolos por encima de IP, como TCP.

La solución que aporta Mobile IP consiste en utilizar dos direcciones IP: una fija (lo que se denomina "*Fixed home address*"), y otra temporal ("*Care-of address*"), que varía en función del punto de conexión a la red. El funcionamiento de Mobile IP se basa en tres mecanismos cooperativos, cuyas funciones son:

- a. Descubrir la dirección temporal (*Care-of*).
- b. Registrar la dirección temporal.
- c. Encapsular la información hacia la dirección temporal.

En general, existe una diferencia conceptual entre los dos casos enumerados que se refiere al ámbito que se considera en cada uno de ellos, de manera que:

1. Cuando se trata la movilidad dentro de una red celular típica se habla de *micromovilidad* y se trata como en el primer caso.
2. Cuando se trata de gestionar la movilidad entre redes distintas o en una red con un enfoque no celular (por ejemplo, las redes inalámbricas tipo WLAN) entonces se adopta el segundo caso, y se habla de *macromovilidad*.

3.2. LAS REDES 3G

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (*International Telecommunication Unit*, ITU) [3.8], en cooperación con otros organismos de la industria de telecomunicaciones de todo el mundo, es quien define y aprueba los requisitos técnicos y los estándares, así como la utilización del espectro radioeléctrico, de los sistemas 3G bajo el programa IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications-2000*). El propósito final es facilitar la introducción de nuevas funcionalidades y proporcionar una evolución continua desde los sistemas de telecomunicaciones de segunda generación (2G) hacia la 3G.

La ITU exige a las redes IMT-2000 (3G), entre otros requisitos, que proporcionen una mayor capacidad de sistema y una mayor eficiencia espectral con respecto a los sistemas 2G, que soporten servicios de transmisión de datos con una velocidad mínima de transmisión de 144 kbit/s en entornos móviles (de exterior) y de 2 Mbit/s en entornos fijos (en interiores).

Basándose en estos requisitos, la ITU aprobó en el año 1999 cinco interfaces radio para la familia de estándares de IMT-2000, como parte de la recomendación ITU-R M.1457 [3.11], según se puede ver en la **Figura 3-3**.

Las cinco tecnologías que componen la familia IMT-2000 son:

1. El sistema IMT-DS (*Direct Sequence*). Es ampliamente conocido como UTRA FDD (*UMTS Terrestrial Radio Access FDD*), y más comúnmente como WCDMA.
2. El sistema IMT-MC (*Multicarrier*). Este sistema es la versión 3G del sistema IS-95 (también conocido como cdmaOne), y se suele denominar cdma2000.

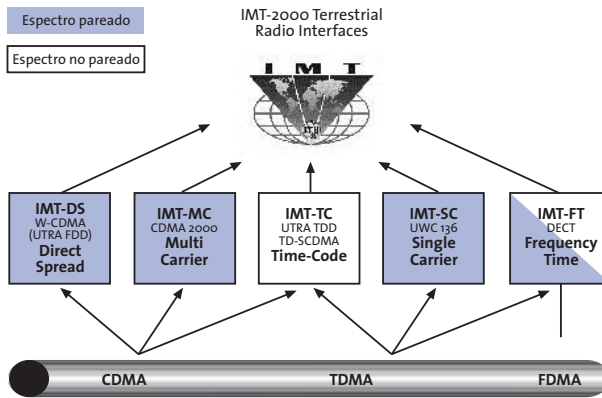


Figura 3-3:
Familia IMT-2000

3. El sistema IMT-TC (*Time Code*). Este sistema es el UTRA TDD. Se trata del modo UTRA que utiliza multiplexación por división en el tiempo.
4. El sistema IMT-SC (*Single Carrier*). Esencialmente se trata de una manifestación particularizada de GSM Fase 2+, conocido como EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*).
5. El sistema IMT FT (*Frequency Time*). Este sistema se conoce como DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*).

En la **Figura 3-4** se muestran los distintos sistemas de acceso múltiple, por división en el tiempo y/o en códigos.

En el punto siguiente se describe el sistema UMTS con cierto nivel de detalle. Posteriormente se describe también el sistema cdma2000 y se analizan las principales diferencias entre ambos.

3.3. EL SISTEMA UMTS

Este apartado se centra en la descripción del sistema UMTS de forma general, con la intención de ofrecer una visión de conjunto. Para profundizar en alguno de los aspectos que aquí se mencionan se recomienda la lectura de la referencia [3.1].

Las redes UMTS se componen en realidad de dos grandes subredes: la red de telecomunicaciones y la red de gestión. La primera se encarga de proporcio-

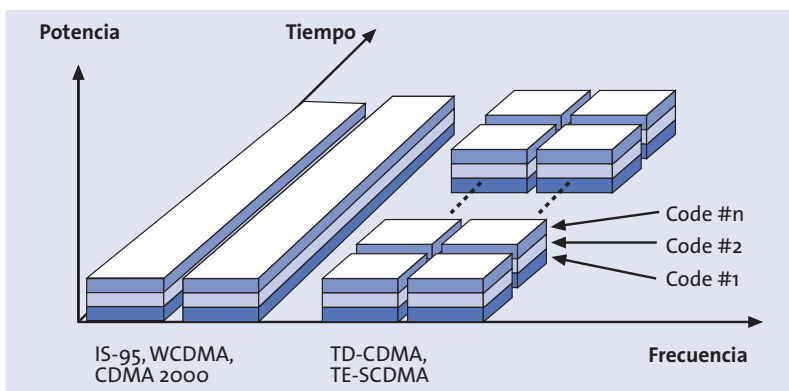
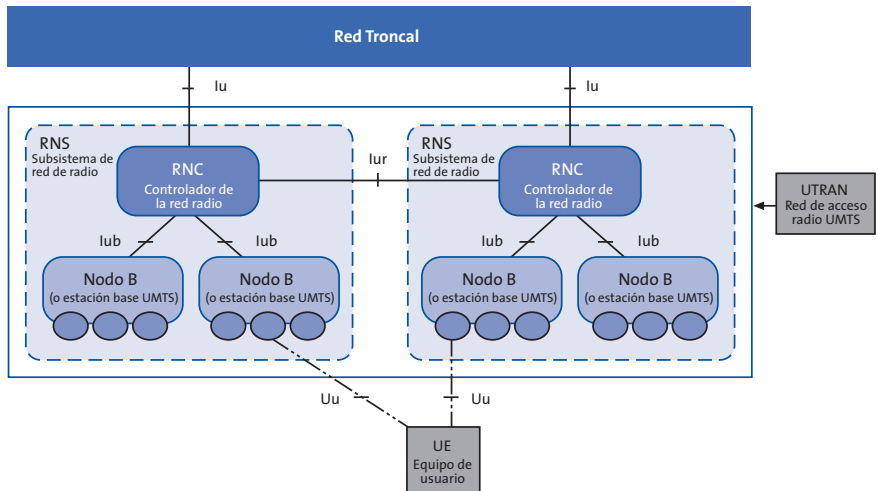


Figura 3-4:
Acceso múltiple por división en el tiempo y/o en códigos

Figura 3-5:
Arquitectura general de UMTS



nar la conexión extremo a extremo (con todo lo que ello implica); la segunda realiza la provisión de medios para la facturación y tarificación de los abonados, así como el registro y la definición de los perfiles de servicio, la seguridad y la operación de los elementos de red. Por sencillez, en adelante se hablará de "red UMTS" para designar la red de telecomunicaciones del sistema.

Una red UMTS se compone de los siguientes elementos (ver la **Figura 3-5**):

- El núcleo de red (*core network*).
- La red de acceso radio (UTRAN).
- Los terminales móviles.

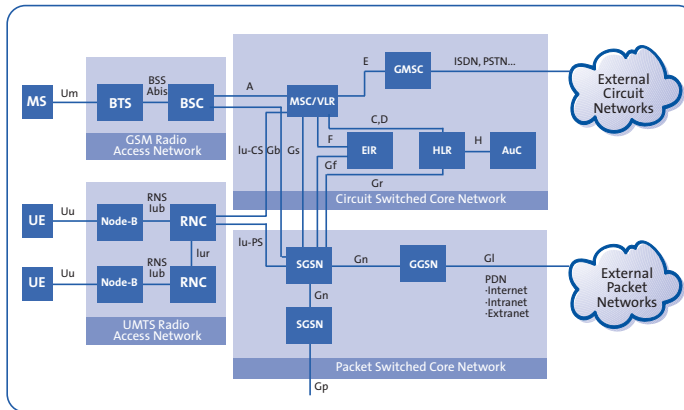
Otra clasificación del sistema UMTS puede realizarse en relación a que se encuentre ligado o no al acceso. El sistema ligado al acceso incluye todos los protocolos que requieren de la intervención de la red de acceso radio. Por su parte, el sistema no ligado al acceso abarca aquellos protocolos que conciernen al núcleo de red y al terminal móvil, sin que intervenga la red de acceso.

3.3.1. Núcleo de red

El núcleo de red incorpora funciones de transporte (de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación) y de inteligencia (aquí se incluye el encaminamiento, además de la lógica y el control de ciertos servicios, y la gestión de la movilidad).

En UMTS se ha buscado definir un núcleo de red universal, que pueda gestionar distintos tipos de red de acceso radio y conectarse a distintos tipos de redes fijas. En una primera fase se parte de la red troncal GSM, con lo que se busca minimizar costes y facilitar la evolución.

Como ocurría en GSM/GPRS, en la primera fase de UMTS el núcleo de red se ha dividido en dos dominios: el de conmutación de circuitos (*Circuit Switch*, CS) y el de conmutación de paquetes (*Packet Switch*, PS). A través del modo CS



GSM Radio Access Network: Red de acceso radio GSM
 UMTS Radio Access Network: Red de acceso radio UMTS
 Circuit Switched Core Network: Red troncal (conmutación de circuitos)
 Packet Switched Core Network: Red troncal (conmutación de paquetes)
 External Circuit Networks: Redes externas (por conmutación de circuitos)
 External Packet Networks: Redes externas (por conmutación de paquetes)

Figura 3-6:
Elementos funcionales
de la red troncal
(Release 99)

se encaminarían los tráficos de voz y datos en modo circuito, y el modo PS haría lo propio con el tráfico de datos en modo paquete.

Los elementos funcionales comunes a los dos dominios (ver la **Figura 3-6**) son:

- **El elemento HLR (Home Location Register).** Esta entidad funcional es una base de datos encargada de la gestión de los clientes. Hay varios HLR en una red móvil, dependiendo del número de clientes y de cuántos pueda manejar cada uno. Esta base de datos contiene informaciones tales como las relativas a los servicios contratados, la restricción de servicios (por ejemplo, limitaciones en la itinerancia), los servicios suplementarios (información acerca del estado de la llamada en curso y del número llamado), la localización del cliente (área de VLR), etc.
- **El elemento VLR (Visitor Location Register).** Es el registro en el que una red UMTS almacena datos temporales sobre los terminales móviles, que se encuentran momentáneamente en el área controlada por una MSC concreta. Cuando uno de estos terminales entra en una nueva área de localización comienza un procedimiento de registro, mediante el cual la MSC a cargo de dicha área toma nota del evento, y comunica a su VLR la identidad del área de localización en la que se encuentra el móvil. Si el móvil no estaba ya registrado en el VLR, éste y el HLR se intercambian la información necesaria para permitir gestionar los servicios que solicite dicho móvil.
- **El elemento AAA (Authentication, Authorization, Accounting).** Es una entidad que almacena los datos de cada cliente para permitir que el IMSI sea autenticado y se cifren las comunicaciones, en la parte radio, entre el terminal móvil y la red. Además, realiza las funciones de seguridad y tarificación para las comunicaciones en modo paquete.
- **El elemento EIR (Equipment Identity Register).** Es la entidad lógica responsable del almacenamiento en la red de los IMEIs (*International*

Mobile Equipment Identities, o identidades de los equipos terminales). Los equipos se asignan a una lista blanca, gris o negra, atendiendo a su situación como tales equipos. Es decir, que puedan operar sin restricciones en la red, que deban ser objeto de cierto seguimiento o que tengan prohibido el servicio, respectivamente.

- *El elemento SMS-GMSC (Short Messages Services Gateway MSC)*. Actúa como una interfaz entre el centro de servicios de mensajes cortos y la PLMN, para permitir que los mensajes cortos se entreguen a los terminales móviles desde el centro de servicios.
- *El elemento SMS Interworking MSC (Short Messages Services Interworking MSC)*. Actúa como una interfaz entre las MSC y el centro de servicios de mensajes cortos, para permitir que los mensajes cortos se envíen desde los terminales móviles al centro de servicios.

Los elementos particulares del dominio CS son:

- *El elemento U-MSC (UMTS Mobile-services Switching Centre)*, que constituye la interfaz entre el sistema móvil y las redes fijas. Realiza todas las funciones necesarias para manejar los servicios de conmutación de circuitos desde y hacia los terminales móviles. La principal diferencia entre una U-MSC y una central de conmutación clásica de una red telefónica fija es que la U-MSC debe tener en cuenta el impacto de la asignación de recursos de radio y la naturaleza móvil de los terminales. Ello supone que debe realizar los procedimientos de registro de localización y de traspaso.
- *El elemento U-GMSC (UMTS Gateway MSC)*. Cuando una red, al entregar una llamada a la PLMN (Public Land Mobile Network), no puede interrogar al HLR, la encamina hacia una U-GMSC, que es la que se encarga de interrogar al HLR correspondiente, y de dirigir, posteriormente, dicha llamada a la MSC de la que depende el móvil en cuestión.
- *El elemento IWF (InterWorking Function)*. Es una entidad funcional asociada a la U-MSC. El IWF proporciona la funcionalidad necesaria para permitir el interfuncionamiento entre una red UMTS y otras redes fijas (ISDN, PSTN y PDNs). Sus funciones dependen de los servicios y el tipo de la red fija. Incluso puede llegar a no tener función alguna cuando ambas redes sean compatibles.

Por último, los elementos específicos del dominio PS son:

- *El elemento U-SGSN (UMTS Serving GPRS Support Node)*, que es el nodo servidor de las comunicaciones en modo paquete. Almacena dos tipos de datos del terminal (necesarios para manejar las llamadas de datos, originadas y terminadas en el móvil): la información del terminal y la información de localización.
- *El elemento U-GGSN (UMTS Gateway GPRS Support Node)*, que es el nodo frontera de las comunicaciones en modo paquete. Almacena dos tipos de información (necesaria para manejar las llamadas de datos originadas y terminadas en el terminal): la identidad del terminal (IMSI y

cero o más contextos PDP²) y la información de localización (la dirección del nodo U-SGSN en el que el terminal está registrado).

Adicionalmente, para realizar el soporte de los servicios multimedia IP, se considera la inclusión de nuevos elementos de red, como son:

- *El elemento BG (Border Gateway)*. Es una pasarela entre una PLMN que soporta GPRS y una red de conexión entre PLMNS, utilizada para interconectar con otras PLMN que también soportan GPRS. El papel de la BG es aportar el nivel de seguridad apropiado para proteger a la PLMN y a sus terminales.
- *Los elementos SIP y H.323*. Son dos servidores que gestionan el control del servicio de voz sobre IP, así como los servicios multimedia.

La estrategia adoptada de dividir la red troncal en los dos dominios de conmutación descritos tiene la ventaja de que facilita al máximo la migración hacia las redes 3G a partir de las 2G, como ya se ha comentado anteriormente. Sin embargo, constituye a la vez un freno para el soporte de servicios más avanzados. Por ello, ya desde los comienzos del sistema se planteó la necesidad de evolucionar hacia conceptos más modernos y versátiles, asegurando, eso sí, la coexistencia e interoperabilidad de las redes 2G y 3G.

3.3.2. Red de acceso radio

La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el núcleo de red. En UMTS la red de acceso radio se denomina UTRAN, y se compone de un conjunto de sistemas de red radio o RNS (*Radio Network System*), constituidos a su vez por un controlador radio RNC (*Radio Network Controller*) y una serie de Nodos B (estaciones base) dependientes de él. El RNC se encarga de controlar a uno o varios Nodos B bajo su cargo.

Los elementos funcionales que constituyen la UTRAN se comunican entre sí a través de:

- La interfaz entre el núcleo de red y el RNC: I_u
- La interfaz entre dos RNCs: I_{ur}
- La interfaz entre un RNC y un Nodo B: I_{ub}
- La interfaz radio o aire (entre un Nodo B y un terminal móvil): U_u

En los apartados siguientes se hace una exposición general de los conceptos básicos de la interfaz radio. Para obtener información detallada de las otras interfaces de la red de acceso radio se recomienda la lectura de [3.1].

Interfaz radio (U_u)

Si en el núcleo de red el sistema UMTS ofrece un enfoque evolutivo, tratando de construir las redes 3G sobre lo ya existente en la 2G, la situación en el tramo radioeléctrico presenta un enfoque revolucionario.

² Un contexto PDP consiste en la información necesaria para identificar una conexión concreta, incluyendo dirección IP asignada al terminal, atributos de calidad de servicio, tipo de servicio portador, etc.

Desde la perspectiva europea, se ha optado por una ruptura prácticamente total con lo que había antes. Se ha recurrido a una técnica de acceso múltiple, como es DS-CDMA (*Direct Sequence-Code Division Multiple Access*), diferente de TDMA (*Time Division Multiple Access*), empleada en la mayoría de los sistemas de 2G.

Descripción de la técnica de acceso DS-CDMA

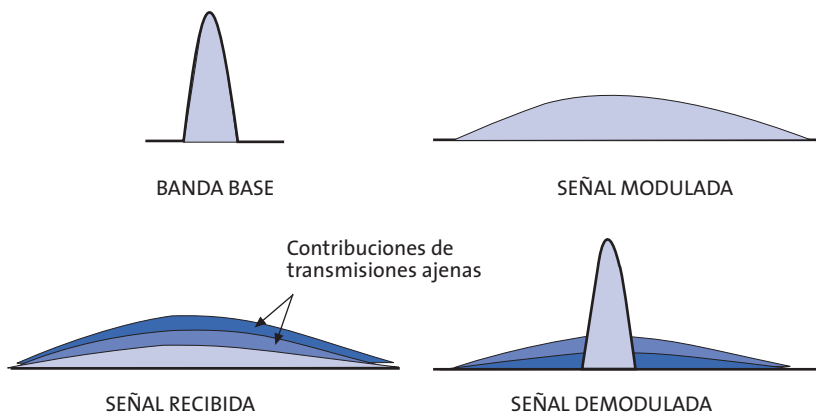
El acceso múltiple por división en código (CDMA) es una tecnología de acceso múltiple, en la cual los usuarios se distinguen entre sí por unas secuencias de código únicas para cada uno de ellos, lo que significa que todos los usuarios pueden transmitir al mismo tiempo utilizando la misma frecuencia portadora.

DS-CDMA va un paso más allá en la tecnología CDMA. Se trata de una solución perteneciente a un grupo más extenso de técnicas, conocidas como de espectro ensanchado. Todas ellas generan, a partir de la señal en banda base, una señal moduladora de un ancho de banda mucho mayor que el de la señal en banda base, empleando un código de expansión espectral que permite la separación entre diferentes comunicaciones que comparten una misma portadora. Esta operación ofrece una importante ventaja como es la mejora de la inmunidad frente a desvanecimientos selectivos en frecuencia.

En el caso de la técnica DS-CDMA, el ensanchamiento se consigue multiplicando la señal digital en banda base por una secuencia conocida por los dos extremos en la comunicación. Dicha secuencia posee una velocidad mucho mayor que la de banda base. El producto modula a una portadora, con lo que se consigue una señal modulada cuyo ancho de banda es sustancialmente mayor que el ancho de banda original. En recepción se multiplica la señal desmodulada por la misma secuencia, lo que permite la recuperación de la señal de banda base.

Esta operación restaura el ancho de banda de la señal útil en recepción, pero en cambio ensancha la de cualquier señal interferente de banda estrecha que pudiera recibirse, reduciendo la cantidad de energía de ésta que interfiere con la señal útil (ver la **Figura 3-7**).

Figura 3-7:
Concepto de la técnica
DS-CDMA



Por tanto, para el acceso múltiple se separan cada uno de los canales con códigos ortogonales entre sí, de forma que conocidos esos códigos es posible recuperar la señal original. Para adaptar la señal original al canal se utilizan dos tipos de códigos: los códigos de canalización y los de *scrambling*.

Los códigos de canalización facilitan la gestión de los recursos radio y su administración entre las diferentes células y usuarios, mientras que los códigos de *scrambling* sirven para producir el ensanchamiento adicional de la señal hasta el nivel requerido.

Componentes FDD y TDD

La interfaz radio UMTS se estructura sobre la base de dos componentes: el componente FDD (*Frequency Division Duplex*) y el componente TDD (*Time Division Duplex*). Estos componentes se muestran en la **Figura 3-8**.

En el caso de FDD el acceso múltiple se realiza por división en código y en frecuencia, utilizando dos portadoras distintas: una para el enlace ascendente y otra para el descendente. En el modo TDD el acceso múltiple se hace por división en código y en tiempo: existe una única portadora e intervalos temporales de transmisión, que se reparten entre distintos usuarios y, a su vez, entre los dos sentidos de transmisión (ascendente y descendente). El número de intervalos temporales asignados a cada uno de los sentidos del enlace es configurable.

En la **Tabla 3-1** se recogen las características técnicas de los modos de funcionamiento del sistema UMTS (FDD y TDD).

En el entorno de operación de UMTS, el modo TDD se considera más adecuado para proporcionar servicios de datos en entornos microcelulares o de interiores, y no tanto para entornos macrocelulares, por distintas razones:

- Debido a la necesidad de disponer de sincronización entre las estaciones base.
- Debido a los problemas originados por las interferencias no controlables.

En efecto, el hecho de que coincida el enlace ascendente en una estación con el descendente de otra vecina puede producir interferencias, no solo de estación base a móvil y de móvil a estación base (como sucede en los sistemas TDD), sino también entre estaciones base y entre móviles asignados a distintas estaciones base. En la **Figura 3-9** se refleja esta situación.

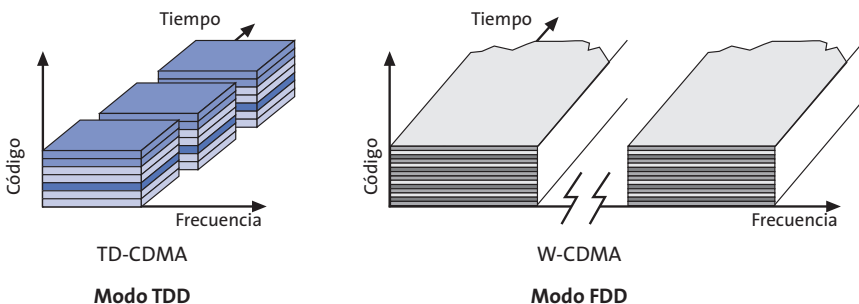


Figura 3-8:
Comparación entre
FDD y TDD

Tabla 3-1:
Características técnicas de los modos de funcionamiento del sistema UMTS (FDD y TDD)

Parámetro	FDD	TDD
Banda de frecuencia	1.920 MHz - 1.980 MHz (enlace ascendente) 2.110 MHz - 2.170 MHz (enlace descendente)	1.900 MHz - 1.920 MHz y 2.010 MHz - 2.025 MHz (banda no pareada)
Mínimo ancho de banda necesario	2 x 5 MHz	5 MHz (1,6 MHz para 1,28 Mchip/s)
Reutilización de frecuencia	1	1
Codificación de voz	Codecs AMR (4,75 kHz - 12,2 kHz, GSM EFR = 12,2 kHz) y SID (1,8 kHz)	Codecs AMR (y GSM EFR)
Codificación de canal	Códigos convolucionales. Turbo-códigos para datos de alta velocidad. Se necesita duplexor (separación de 190 MHz) Soporta conexiones asimétricas	Códigos convolucionales. Turbo-códigos para datos de alta velocidad. La trama TDMA consiste en 15 intervalos de tiempo (T) Cada TS puede transmitir o recibir No necesita duplexor Soporta conexiones asimétricas
Receptor	Rake	Detección conjunta (Rake en el móvil)
Modulación	QPSK	QPSK
Tasa de chip	3,84 Mchips	3,84 Mchip/s ó 1,28 Mchip/s
Ganancia de procesado (varía dependiendo de la tasa binaria de información)	Enlace ascendente: Potencias de 2, desde 4 hasta 256 Enlace descendente: Potencias de 2, desde 4 hasta 512	Enlace ascendente y descendente: Potencias de 2, desde 1 hasta 16
Longitud de trama	10 ms (38.400 chips)	10 ms
Número de slots/trama	15	15
Tipos de "handover"	Soft, softer (hard, si hay más de una frecuencia portadora FDD)	Hard
Control de potencia	Periodo: 1500 Hz Tamaño de paso: 0,5, 1, 1,5 y 2 dB (variable) Alcance: 80 dB (enlace ascendente), 30 dB (enlace descendente)	Periodo: 100 Hz ó 200 Hz (enlace ascendente), 800 Hz (enlace descendente) Tamaño de paso: 1 dB, 2 dB y 3 dB (variable) Alcance: 65 dB (enlace ascendente), 30 dB (enlace descendente)
Potencia de pico en el terminal móvil	Clase 1: +33 dBm (+1 dB/-3dB)=2 W Clase 2: +27 dBm Clase 3: +24 dBm Clase 4: +21 dBm	Clase 1: +33 dBm (+1 dB/-3 dB)=2 W Clase 2: +27 dBm Clase 3: +24 dBm Clase 4: +21 dBm
Número de códigos únicos de identificación de estación base	512/portadora	512/portadora
Spreading factor (capa física)	4...256 (UL), 4...512 (DL)	1, 2, 3, 8, 16

Este tipo de interferencias es común a otros sistemas con *duplexación* en el tiempo. Sin embargo, son más acusados en el sistema UMTS TDD en el que se utiliza un patrón de reutilización 1/1.

Una forma de controlar este tipo de interferencias es requerir que todas las estaciones base que constituyen la red (que deben estar sincronizadas) transmitan con la misma división de intervalos y la misma asignación a cada uno de ellos a los enlaces ascendente y descendente. Esto, obviamente, reduce la flexibilidad

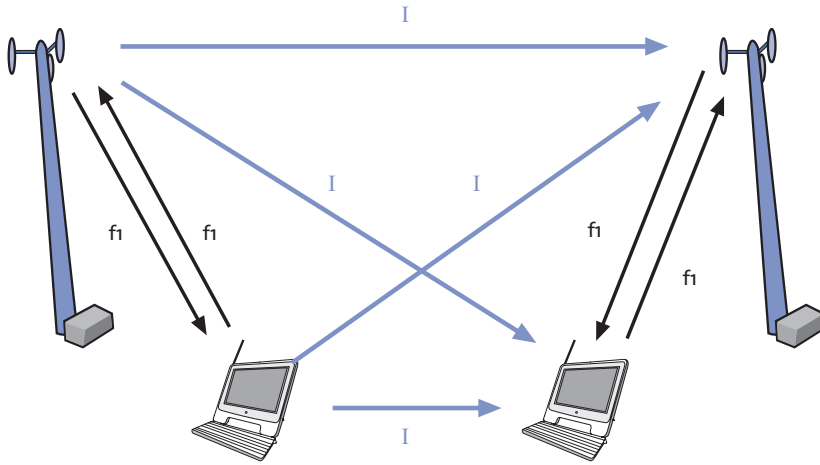


Figura 3-9:
Interferencias en los sistemas TDD

del sistema para asignar recursos en los distintos sentidos de la comunicación (solo serían posibles asignaciones a largo plazo, sin distinciones entre células).

Estructura del protocolo radio

Uno de los aspectos que comparten las dos componentes de UMTS (FDD y TDD) es la estructura del protocolo radio, que se establece conforme al modelo de capas OSI (ver la **Figura 3-10**). Del total de capas, son tres las que intervienen en el protocolo radio: la capa física (L1), la de enlace de datos (L2) y la de red (L3). Además, la estructura se complementa con una división vertical en dos planos, denominados respectivamente de control (C) y de usuario (U). El plano de control contiene los aspectos ligados a la señalización de sistema, mientras que el plano de usuario abarca los relativos al trasvase de información de tráfico entre usuarios.

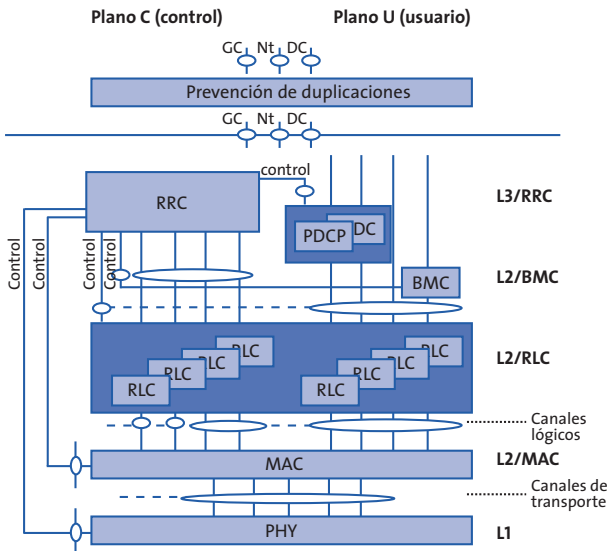


Figura 3-10:
Planos de control y de usuario de la interfaz radio

De acuerdo con el modelo OSI, y en líneas generales, la capa física es la encargada de los procesos necesarios para transmitir la información sobre el medio correspondiente, en este caso, el radioeléctrico.

La capa 2, de enlace de datos, tiene la misión genérica de ofrecer, a partir del recurso de transmisión que pone a su disposición la capa física, un servicio de transmisión libre de errores a la capa superior. Normalmente, y así ocurre en UMTS, esta capa se desglosa en varias subcapas. Y en este caso, el desglose es distinto según sea el plano C o U que se considere.

Empezando por su parte inferior, la primera subcapa de datos es la de control de acceso al medio o MAC (*Medium Access Control*). Básicamente alberga los protocolos relativos a la gestión del acceso a los recursos por los que los usuarios compiten en un sistema multiacceso, mediante mecanismos de acceso aleatorio, en el caso de UMTS.

Por encima de la subcapa MAC se encuentra la RLC (*Radio Link Control*), encargada en términos generales, de ofrecer un servicio de transmisión de datos para la capa de red.

Por encima de la subcapa RLC la porción de la capa 2 que pertenece al plano C no contiene más subcapas. Sin embargo, en el plano de usuario se sitúan dos subcapas más: la BMC y la PDCP. La subcapa BMC (*Broadcast/Multicast Control Protocol*) contiene el protocolo que regula la transmisión de la información relativa a los servicios de difusión general o multidifusión sobre la interfaz radio, siempre bajo el modo transparente o sin acuse de recibo de la subcapa RLC.

La subcapa PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*) es aplicable solo al dominio del modo paquete. Este protocolo tiene un doble cometido: comprimir los paquetes procedentes de la capa superior (para mejorar la eficiencia espectral) y aislar al resto de los protocolos UTRAN de la necesidad de cambios (por causa de la introducción de nuevos protocolos de red en modo paquete).

Por encima de la capa 2 se encuentra la capa 3 o de red. Su cometido es conseguir que los paquetes de información alcancen su destino. En el caso de la interfaz radio, también se sitúan en ella diversos procesos de control del enlace. Se subdivide en tres subcapas: gestión de los recursos radio o RRM (*Radio Resource Management*), control de llamadas o CC (*Call Control*) y gestión de la movilidad o MM (*Mobility Management*). De las tres subcapas, los elementos de la red de acceso radio (RNC y Nodo B) únicamente actúan sobre la primera (RRM), ya que las otras dos (MM y CC) son transparentes para ellos.

Procedimientos básicos que realiza la red de acceso

Para el funcionamiento óptimo de un sistema móvil es necesario que existan un conjunto de funciones para controlar la red de acceso radio y todos los terminales que la utilizan en cada momento. Todas las funciones disponibles, excepto el traspaso entre sistemas (hacia GSM), resultan esenciales y, por consiguiente, necesarias para el correcto funcionamiento del sistema WCDMA. Estas funciones son:

■ *El control de potencia*

El control de potencia regula la potencia transmitida por el terminal móvil y la estación base, con la finalidad de reducir la interferencia y permitir así aumentar el número de usuarios sobre la misma portadora, es decir, aumentar la capacidad del sistema.

El objetivo del control de potencia consiste en que la estación base reciba el mismo nivel de potencia de todos los servicios de usuario que esté cursando, independientemente de la ubicación física del usuario, o lo que es lo mismo, de la distancia entre el abonado y la estación base.

Si el nivel de potencia de un terminal es mayor de lo necesario para dar la calidad de servicio requerida, se consumirán recursos en exceso (la potencia total a repartir entre los usuarios dentro de una estación de base está limitada) y se generará a la vez más interferencia a los otros usuarios. Por el contrario, si el nivel de potencia es muy bajo, la calidad de la conexión será muy pobre.

WCDMA tiene un control de potencia rápido que actualiza los niveles de potencia 1.500 veces cada segundo. Para garantizar un buen funcionamiento, el control de potencia se aplica en los dos enlaces (ascendente y descendente).

■ *Las funcionalidades “soft” y “softer handover”*

Con estas funcionalidades el terminal puede comunicarse simultáneamente con dos o más células de dos o más estaciones base, manteniendo la continuidad y calidad de las conexiones a medida que el usuario se desplaza de una célula a otra. Esta flexibilidad repercute en una reducción notable del número de llamadas caídas, muy importante para los operadores móviles.

En las situaciones de *soft* y *softer handover* el terminal ajusta su nivel de potencia al de la estación base que requiere del terminal la menor cantidad de potencia para transmitir.

La diferencia entre *soft* y *softer handover* radica en el número de estaciones base a las que el móvil permanece conectado simultáneamente (ver la **Figura 3-11**). En *soft handover* el móvil está conectado a varias

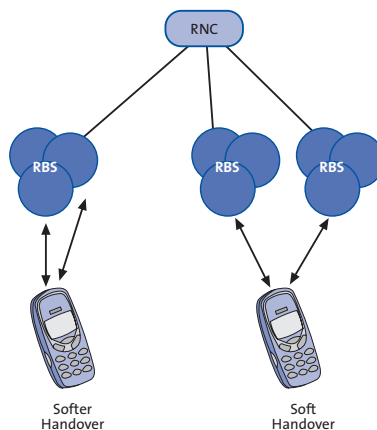


Figura 3-11:
Las funcionalidades “soft”
y “softer handover”

células de distintas estaciones base, mientras que en *softer handover* las múltiples células a las que puede estar conectado el móvil pertenecen a la misma estación base.

En una red móvil UMTS bien diseñada, entre el 30 y el 40 por ciento de los usuarios estarán en *soft* o *softer handover*.

■ *El “handover” entre sistemas*

Cuando WCDMA se estandarizó, uno de los aspectos clave era garantizar la reutilización de las inversiones actuales en la mayor medida posible. Un ejemplo era el traspaso entre las nuevas redes (WCDMA) y las existentes (GSM), ya sea provocado por motivos de cobertura, de capacidad, o bien por requisitos del servicio ofrecido.

El traspaso entre sistemas por motivos de cobertura se considera muy importante al inicio del despliegue de las redes UMTS, ya que los operadores móviles irán ampliando sus redes UMTS poco a poco, en zonas donde ya tienen infraestructura de red GSM. El traspaso en sentido contrario, es decir, de GSM a WCDMA, también puede tener un efecto benéfico en el reparto de carga de los sistemas.

Una función relacionada con el traspaso entre sistemas es el funcionamiento del modo comprimido, que se describe con detalle en el capítulo 7.

■ *El “handover” entre frecuencias (intrasistema)*

La necesidad de realizar traspasos entre frecuencias surge en aquellas regiones con alta demanda de usuarios, donde es necesario utilizar varias portadoras WCDMA de 5 MHz.

Este tipo de traspasos tiene un conjunto de implicaciones muy similar al de los traspasos entre sistemas, como es, por ejemplo, la funcionalidad del modo comprimido.

■ *El control de admisión*

Esta funcionalidad se emplea para evitar que el sistema se sobrecargue y, sobre todo, para poder proporcionar la cobertura y calidad esperadas. Cuando un usuario intenta acceder a la red, el sistema de control de admisión estima la carga de la red y, en función de la nueva fracción de carga estimada, el usuario será admitido o por el contrario se le denegará la conexión.

■ *El control de la congestión*

Aunque la función de control de admisión funcione correctamente, la sobrecarga del sistema puede llegar a producirse, por ejemplo, en aquellas situaciones en las que los abonados se mueven de una zona a otra de la red.

Si se produce un exceso de carga en el sistema, hay cuatro acciones que se pueden llevar a cabo. En primer lugar se debe activar el control de congestión para reducir la tasa binaria de las aplicaciones que no son en tiempo real (y pueden admitir mayores retardos).

En segundo lugar, si la reducción de la tasa binaria de la acción anterior no es suficientemente efectiva para reducir la carga, el control de admisión puede forzar ciertos traspasos *intra* o *entre frecuencias*, y de

este modo tratar de que otras portadoras con menos carga pasen a cursar más tráfico.

La siguiente medida sería el traspaso hacia GSM, y si, aún así, se sigue detectando un exceso de carga, no queda más remedio que finalizar algunas conexiones, para proteger la calidad de las conexiones restantes en el sistema.

■ La sincronización

Uno de los requisitos de estandarización del sistema WCDMA fue evitar la dependencia con sistemas externos para obtener la sincronización entre estaciones base. La sincronización se ha conseguido mediante un mecanismo en el cual, el terminal móvil, cuando sea necesario, mide el *offset* de sincronización entre las células, e informa de ello a la red. Adicionalmente existe la posibilidad de utilizar una fuente externa, como por ejemplo un GPS, para sincronizar los nodos.

3.3.3. Servicios 3G

En los sistemas tradicionales como GSM se ha estandarizado el conjunto completo de servicios portadores, teleservicios y servicios suplementarios ofrecidos a los usuarios. Sin embargo, para UMTS, el 3GPP define un conjunto de herramientas y capacidades de red que permiten el desarrollo de aplicaciones de usuario de manera flexible además de proporcionar un entorno de servicios personalizados. Esto permite que los usuarios puedan moverse entre redes y puedan cambiar de terminal sin percibir una degradación de los servicios.

Los servicios de telecomunicación básicos se dividen en dos categorías genéricas denominadas:

1. *Servicios portadores*, que son servicios de telecomunicación que ofrecen la capacidad de transmisión de señales entre puntos de acceso.
2. *Teleservicios*, que son servicios de telecomunicación que ofrecen la capacidad completa de comunicación entre usuarios, incluyendo las funciones del terminal, y respetando unos protocolos establecidos por

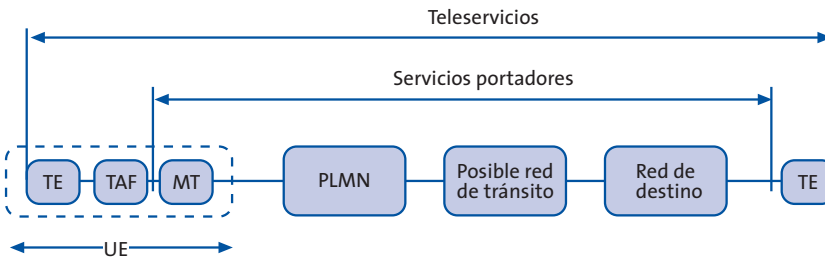


Figura 3-12: Servicios de telecomunicación básicos ofrecidos por una PLMN

UE: Terminal móvil
 MT: Terminación móvil
 TE: Equipo terminal
 TAF: Función de adaptación del terminal

Fuente: 3GPP [3.2]

acuerdo entre los operadores de red.

La comunicación entre puntos de acceso implica la existencia de una red pública de comunicaciones móviles (PLMN), una o más redes de tránsito y una red destino, como se muestra en la **Figura 3-12**.

SERVICIOS PORTADORES

Los servicios portadores ofrecen la capacidad de transferir información entre puntos de acceso realizando funciones de las capas bajas de la torre OSI. Estos servicios se pueden negociar y pueden ser utilizados por las aplicaciones de manera flexible.

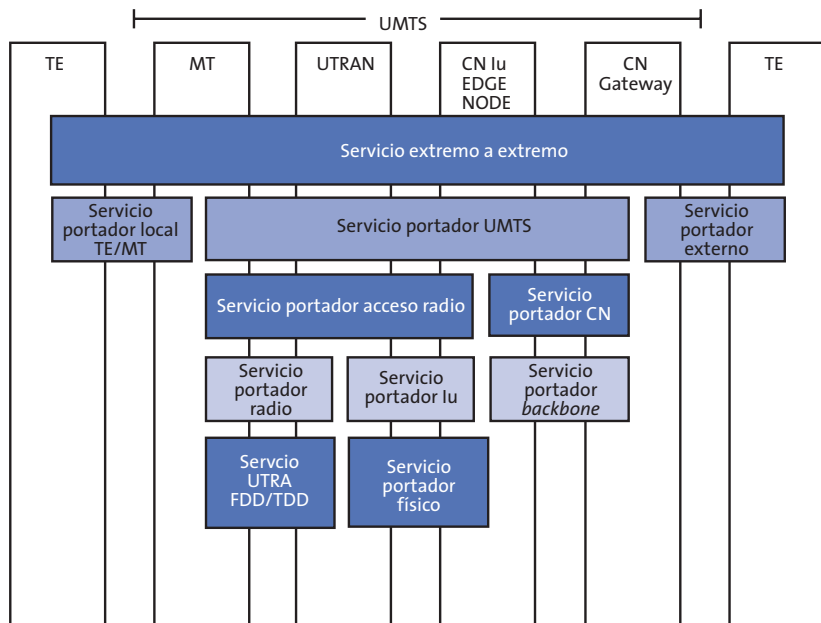
Desde el punto de vista de los usuarios, los servicios se consideran extremo a extremo, es decir, desde un equipo terminal (TE) a otro equipo terminal. Un servicio extremo a extremo debe tener una cierta calidad de servicio (QoS) que se ofrece al usuario a través de las diferentes redes. En UMTS, es el servicio portador el que ofrece la calidad de servicio solicitada mediante la utilización de diferentes clases definidas en la especificación TS 23.107 del 3GPP [3.4].

El servicio portador en UMTS se divide en dos: el servicio portador de acceso radio (RAB) y el servicio portador del núcleo de red. La relación entre los servicios portadores se muestra en la **Figura 3-13**.

El servicio portador de acceso radio se caracteriza por un número de atributos como clases de tráfico, velocidad máxima (kbit/s), velocidad garantizada (kbit/s), tasa de error SDU (*Service Data Unit*), BER residual, retardo de transferencia, etc.

Realizando una primera aproximación, los parámetros que se consideran en la propuesta realizada por la GSMA [3.5] son cuatro:

Figura 3-13:
Arquitectura de la QoS en UMTS



Clases de tráfico	Clase conservación	Clase Streaming	Clase interactiva	Clase Background
Características fundamentales	Conserva la relación de tiempo entre las entidades de información origen y destino (retardo muy reducido)	Conserva la relación de tiempo entre las entidades de información origen y destino (existe retardo pero constante)	Patrón de petición de respuesta. Sin pérdidas de información.	El destino no espera datos en un cierto tiempo. Sin pérdidas de información.
Ejemplo de aplicación	Voz, vídeo, etc.	Facsimil Streaming de audio y vídeo	Navegación Web	Descarga de e-mail en background

Tabla 3-2:
Clases de tráfico

1. Las clases de tráfico.
2. El SSD (*Source Statistics Descriptor*).
3. La velocidad máxima.
4. El BER residual.

En la **Tabla 3-2** se detallan las diferentes clases de tráfico.

Independientemente de la consideración de la calidad de servicio a proporcionar, y en función de la red de conmutación utilizada, los servicios portadores se pueden clasificar, además, en:

- Servicios portadores basados en conmutación de circuitos.
- Servicios portadores basados en conmutación de paquetes.

A continuación se describen los diferentes tipos de servicios portadores.

Servicios portadores basados en conmutación de circuitos

Según la naturaleza de la información que transmiten se pueden agrupar en dos categorías de servicios:

1. Los servicios de información digital no restringida, UDI (*Unrestricted Digital Information*). Tienen capacidad para transferir cualquier patrón de bits, incluidas largas cadenas de ceros o unos, sobre un canal digital.
2. Los servicios de audio de 3,1 kHz. Realizan una representación digital de la información de datos en la banda vocal. Son utilizados para interconexión con ISDN o PSTN.

Todos los servicios portadores basados en conmutación de circuitos poseen un conjunto de atributos comunes que se muestran en la **Tabla 3-3**.

ATRIBUTO	VALOR
Modo de transferencia de la información	Circuito
Establecimiento de la conexión	Bajo demanda
Simetría	Bidireccional simétrica
Configuración de la comunicación	Punto a punto

Tabla 3-3:
Atributos y valores comunes de los servicios portadores basados en conmutación de circuitos

Servicios portadores basados en conmutación de paquetes

Estos servicios han sido heredados de las especificaciones de GPRS. Los servicios pueden agruparse en:

- *Servicios punto a punto (PTP)*. Están agrupados a su vez en servicios orientados a conexión y servicios no orientados a conexión.
- *Servicios punto a multipunto (PTM)*. En este caso la transmisión de paquetes desde un único origen es recibida por múltiples usuarios pertenecientes a un determinado grupo. En función de la naturaleza de los grupos de destino se distinguen dos tipos de servicios denominados:
 - a. *Point to Multipoint Group Call (PTM-GC)*.
 - b. *IP Multicast (IP-M)*.

En la especificación TS 22.060 del 3GPP [3.3] se enumeran algunos teleservicios que podrían definirse sobre estos servicios portadores, como, por ejemplo, los servicios de acceso a bases de datos, los servicios de mensajería, los servicios de acción a distancia, los servicios de distribución de información (noticias, previsión meteorológica, etc.), los servicios de despacho, servicios de conferencia, etc.

Servicios portadores recomendados por la GSMA

La asociación GSMA, a través de su grupo ISG (*IMT-2000 Steering Group*), encargado de los aspectos relacionados con 3G, ha elaborado un repertorio básico de servicios portadores UMTS. El objeto de dicho repertorio es garantizar la interoperabilidad entre las redes, dado el elevado número de posibles servicios portadores que permite la norma. Este repertorio no pretende limitar la flexibilidad de las especificaciones, sino que busca, en primer lugar, facilitar los procesos de pruebas de terminales, manteniendo un coste y una complejidad razonables, y en segundo lugar, facilitar la itinerancia entre las redes. La identificación de conjuntos específicos de servicios portadores no supone ninguna restricción para los operadores en cuanto a la definición de servicios portadores distintos de los aquí mencionados.

En la **Tabla 3-4** se muestran los servicios portadores recomendados por el ISG-GSMA con casos prácticos de aplicación, incluyendo una posible asignación de servicios a distintos tipos de servicios portadores de acceso radio (RAB).

TELESERVICIOS

Los teleservicios ofrecen la capacidad completa de comunicación por medio de equipos terminales, funciones de red y, posiblemente, funciones ofrecidas por centros dedicados. Un teleservicio puede ser visto como un conjunto de capacidades de las capas altas que utilizan capacidades de las capas bajas.

El 3GPP cita en [3.6] de forma genérica los servicios multimedia como teleservicios soportados en UMTS. Sin embargo, el estándar no especifica servicios concretos, sino mecanismos y herramientas que permiten definir servicios a medida, tanto por operadores como por proveedores de servicios. Así, la *Release 99*

Portador de acceso radio				BER residual	Servicios
Clase de tráfico	SSD	Velocidad máxima, kbit/s	CS/PS		
Conversación	Voz	UL: 4,75-12,2 DL: 4,75-12,2	CS	5×10^{-4} 1×10^{-3} 5×10^{-3}	Voz AMR
Conversación	Desconocido	UL: 64 DL: 64	CS	1×10^{-4} ó 1×10^{-6}	UDI 1B, 64k 3G-324M
Conversación	Desconocido	UL: 32 DL: 32	CS	1×10^{-4} ó 1×10^{-6}	32k 3G-324M
Streaming	Desconocido	UL: 28,8 DL: 28,8	CS	1×10^{-3}	FAX PIAFS 32 kbits/s
Streaming	Desconocido	UL: 57,6 DL: 57,6	CS	1×10^{-3}	Módem, FTM, PIAFS 64 kbit/s
Streaming	Desconocido	UL: 0 DL: 64	PS	1×10^{-3} ó 1×10^{-4}	Streaming de vídeo unidireccional
Streaming	Desconocido	UL: 0 DL: 128-384	CS o PS	1×10^{-3} ó 1×10^{-4}	
Interactiva o Background	N/A	UL: 32-384 DL: 8-2048	PS	1×10^{-3} ó 1×10^{-4}	Paquete

UL: Enlace ascendente
DL: Enlace descendente
CS: Conmutación de circuitos
PS: Conmutación de paquetes

sólo define dentro de este conjunto genérico de servicios multimedia, el servicio de mensajería multimedia.

Uno de los requisitos fundamentales que se exigió a UMTS fue el de soportar todos los servicios definidos en GSM. Estos se definen en [3.2].

Teleservicios heredados de GSM

A excepción de los servicios de GPRS, todos los servicios de GSM están basados en conmutación de circuitos. El conjunto de servicios de GSM que deben ser soportados en UMTS (ver [3.2]) consta de:

- Servicio de voz. En este caso debe haber interoperabilidad con las redes del tipo PSTN o ISDN, lo que significa que debe incluir unidades para

Atributo dominante	Categoría de teleservicio		Teleservicio individual	
Información de usuario	Nº	Nombre	Nº	Nombre
Voz	1	Transmisión de voz	11	Telefonía
			12	Llamadas de emergencia
Mensaje corto	2	Servicio de mensajes cortos	21	SMS MT/PP
			22	SMS MO/PP
			23	Cell Broadcast
Fax	6	Transmisión de Fax	61	Alternar voz y fax grupo 3 (Transparente y no transparente)
			62	Fax automático grupo 3 (Transparente y no transparente)
Voz	9	Servicio de llamada en grupo	91	Servicio de llamadas en grupo
			92	Servicio de difusión de voz

Tabla 3-4:
Ejemplo de relación entre servicios y servicios portadores de acceso radio (RAB)

Tabla 3-5:
Categorías de teleservicios

generación y detección de tonos DTMF. Se debe utilizar el *codec* de voz AMR.

- Llamadas de emergencia.
- Servicio de mensajes cortos punto a punto.
- Servicio de mensajes cortos de difusión (*cell broadcast*).

En la **Tabla 3-5** se presentan los servicios basados en conmutación de circuitos definidos en UMTS y que han sido heredados de GSM, tal y como aparecen en [3.6].

Acceso a Internet

El acceso a Internet/intranet es un mecanismo que utiliza uno o más servicios portadores de UMTS para acceder a redes externas, y no es en sí un servicio propiamente dicho. En el estándar se recoge que UMTS deberá proporcionar un acceso a Internet, que está optimizado para:

- La transmisión de tráfico IP sobre la interfaz radio de UMTS.
- La utilización de protocolos y algoritmos de cifrado sobre la interfaz radio.
- La interoperabilidad de los mecanismos de QoS.

Servicio de mensajería multimedia

El servicio de mensajería multimedia es un nuevo servicio definido en el entorno de 3G, aunque también es aplicable a operadores 2G. De hecho ha sido lanzado por la mayoría de estos operadores.

SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Los servicios suplementarios se utilizan para complementar y personalizar el uso de los servicios básicos de telecomunicación (servicios portadores y tele-servicios). En la especificación TS 22.004 del 3GPP [3.7] se enumeran estos servicios. Solamente el servicio de multillamada (*multicall*) es particular de UMTS.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPACIDADES DE SERVICIO

Un aspecto nuevo de UMTS es la definición de una arquitectura de servicios abierta (OSA, *Open Service Architecture*). Esta arquitectura permite la creación de nuevos servicios y aplicaciones para el usuario final mediante la utilización de las capacidades de servicio.

La estandarización de una interfaz OSA entre aplicaciones y capacidades de servicio permite la incorporación de un nuevo agente en la cadena de valor, los proveedores de servicios.

Las funcionalidades ofrecidas por la red se denominan SCF (*Service Capabilities Features*) y se accede a ellas a través de la interfaz OSA. Estas funcionalidades son ofrecidas por unos servidores denominados SCS (*Service Capabilities Servers*).

Autenticación	Cubre, además de los casos contemplados en GSM, otros derivados de la aparición del rol de proveedor de servicios (autenticación aplicación externa-red y autenticación usuario-aplicación).
Autorización	La autorización es el paso que sigue a la autenticación. Determina qué le está permitido hacer al usuario o a la aplicación. En el caso de las aplicaciones, el acuerdo de nivel de servicio (SLA, <i>Service Level Agreement</i>) determinará qué características de las capacidades de servicio están disponibles para la aplicación y cuáles no.
Registro	Permite al operador la posibilidad de registrar de manera automática las nuevas características que no están incluidas en el marco de OSA. De este modo, las aplicaciones externas podrán acceder a ellas.
Consulta de capacidades de servicio	Ofrecen a las aplicaciones la posibilidad de identificar el conjunto completo de capacidades de servicio de las cuáles están autorizados a hacer uso.
Notificación	Ofrecen a las aplicaciones la posibilidad de activar, desactivar y recibir notificaciones de eventos generados en la red.

Tabla 3-6:
Principales mecanismos básicos de OSA

Los principales mecanismos básicos de OSA a través de los cuales las aplicaciones pueden acceder a los recursos de la red se resumen en la **Tabla 3-6**.

Algunos de estos mecanismos se invocan una única vez (por ejemplo, el acuerdo de nivel de servicio SLA) mientras que otros son invocados en múltiples ocasiones (por ejemplo, la suscripción de un usuario a una aplicación concreta).

Por el contrario, otra serie de mecanismos o características no se encuentran incluidos en el marco de OSA. Se trata de las funcionalidades proporcionadas a las aplicaciones por los servidores de capacidad de servicio, para permitir el acceso a los recursos de la red. En la **Tabla 3-7** se describen de manera resumida las más importantes.

3.4. OTROS SISTEMAS 3G: cdma2000

El sistema cdma2000 representa una familia de tecnologías que incluye:

- *El sistema cdma2000 1x*. Este sistema define un conjunto de mejoras básicas en la capa física para mejorar la capacidad y permitir ofrecer servicios de datos de no muy alta tasa binaria. Puede llegar a duplicar la capacidad de usuarios de voz de las redes cdmaOne. Ofrece unas velocidades máximas de transmisión de paquetes de datos de 307 kbit/s en entornos móviles.
- *El sistema cdma2000 1xEV*. En este sistema se incluye:
 - El cdma2000 1xEV-DO (*Data Only*), que proporciona una velocidad de transmisión de datos de hasta 2,4 Mbit/s y soporta aplicaciones como la transferencia de ficheros de MP3 y videoconferencia.

Tabla 3-7:
Características de acceso a funciones de red para servicios no consideradas en el marco de OSA

Control de sesión	Ofrecen la posibilidad de establecer, mantener, modificar y liberar capacidades portadoras entre diferentes entidades. Se entiende como sesión desde una sencilla llamada de voz hasta la más compleja conferencia multimedia.
Seguridad y privacidad	Proporcionan a las aplicaciones externas la posibilidad de recibir de manera segura la información generada por el usuario (voz, imagen, texto, etc.) mediante cifrado. La seguridad y privacidad pueden extenderse a la propia información de la señalización intercambiada (como es el caso del transporte de señalización asociada a una llamada sobre TCP/IP, utilizando para ello redes de datos públicas)
Traducción de direcciones	Ofrecen a las aplicaciones la posibilidad de acceder al usuario final, independientemente del tipo de numeración asociada a la red de transporte utilizada, ya sea IP, ATM, X.25, etc.
Localización de usuario	Proporcionan a las aplicaciones información relacionada con la posición del usuario, información caracterizada por las coordenadas de la misma, la precisión con la que se obtuvo y la referencia de tiempo en la que se obtuvo. El acceso por parte de las aplicaciones a este tipo de información debe estar autorizado por el usuario.
Estado del usuario	Ofrecen a las aplicaciones la información sobre el estado del mismo de acuerdo con la información manejada en la red: - Información de estado (ocupado, apagado, fuera de cobertura, etc.) - Notificación de cambio de estado (como el registro en la red de un usuario concreto)
Capacidades del terminal móvil	Proporcionan a las aplicaciones la información correspondiente a la funcionalidad soportada por el terminal móvil, entendiendo por terminal móvil la combinación del terminal y la tarjeta USIM.
Transferencia de información	Ofrecen a las aplicaciones la posibilidad de notificar a la red la existencia de información disponible y pendiente de entrega a un usuario determinado. Comprende: - Envío de notificación de información, especificando el medio de entrega (SMS, voz, fax, USSD, <i>cell broadcast</i> , OTA-SIM Application Toolkit, etc.) - Solicitud de recepción de la notificación de envío de información
Gestión del perfil del usuario	Proporcionan a las aplicaciones la posibilidad de acceso al perfil del usuario para gestionar aspectos generales del usuario, como pueden ser la configuración del terminal o del idioma a utilizar para las notificaciones, e incluso la gestión de aspectos relacionados con el perfil asociado a un servicio concreto.
Tarificación	Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de utilizar los recursos de red necesarios para la tarificación correcta del usuario, así como la notificación de eventos relacionados con la tarificación del mismo.

- El cdma2000 1xEV-DV (*Data Voice*), que ofrece servicios multimedia que integran simultáneamente voz y paquetes de datos a alta velocidad, alcanzando velocidades de hasta 3,09 Mbit/s.
- *El sistema cdma2000 3x*, que se refiere a la opción original de *multi-carrier* (MC). Esta tecnología implica la utilización de tres portadoras "1x" (de 1,25 MHz de ancho de banda cada una) para incrementar la velocidad binaria y utilizar una banda de 5 MHz. Sin embargo, recientemente ha perdido su posible hueco en el mercado debido al empuje de la tecnología 1xEV.

3.4.1. Arquitectura de la red troncal en cdma2000

En la **Figura 3-14** se muestra la arquitectura de red del sistema cdma2000 1x.

El dominio de conmutación de circuitos en cdma2000 1x utiliza los mismos elementos que la red troncal de GSM alrededor del MSC, aunque difiere en el protocolo de gestión de la movilidad, ya que en cdma2000 1x se emplea el protocolo especificado en la norma ANSI-41 [3.10].

Debido a que los servicios de datos en IS-95 se implementan como pequeñas conexiones de conmutación de circuitos, es necesario incluir un elemento de interfuncionamiento (*Inter Working Function, IWF*) entre Internet y el MSC. Sin embargo, esta solución es inviable para servicios de datos de mayores tasas binarias (manejadas en 3G).

Los elementos adicionales necesarios en cdma2000 1x son:

- El punto de unión con los entornos privados IP, que se denomina *Packet Data Serving Node (PDSN)*. Se trata del punto de terminación del protocolo de enlace PPP (*Point-to-Point Protocol*) y está conectado al subsistema de estación base (BSS) a través de la interfaz R-P (*Radio-Packet*). El PDSN es responsable también de la gestión de la movilidad y actúa como un *Foreign Agent (FA)* para la funcionalidad de *Mobile IP (MIP)*.
- El servidor AAA (*Accounting, Authentication and Authorization*) basado en RADIUS (*Remote Authorization Dial-In Service*), que contiene la información de provisión de paquetes de datos de los abonados. Se utiliza para labores de autenticación.

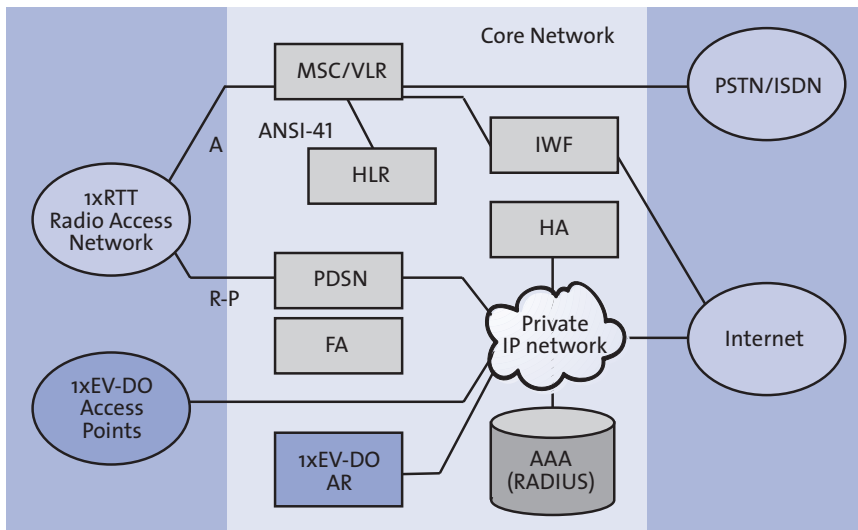


Figura 3-14: Infraestructura de la red troncal cdma2000 1x

Radio Access Network: Red de acceso radio
 Access Points: Puntos de acceso
 Core Network: Red troncal
 Private IP network: Red IP privada

- La función de control de paquetes (*Packet Control Function*, PCF), que es uno de los nuevos elementos necesarios en el BSS para soportar la conmutación de paquetes de la interfaz R-P.

En cdma2000 1xEV-DO no se hace uso de la interfaz R-P, por lo que también se necesitan otros elementos de red, como es el caso del *router* de acceso (AR) cdma2000 1xEV-DO.

Otros equipos necesarios para desplegar la capa jerárquicamente superior de cdma2000 1xEV-DO son los puntos de acceso (*Access Points*, AP), que emplean el esquema de acceso TDM en el enlace descendente y el CDMA en el ascendente.

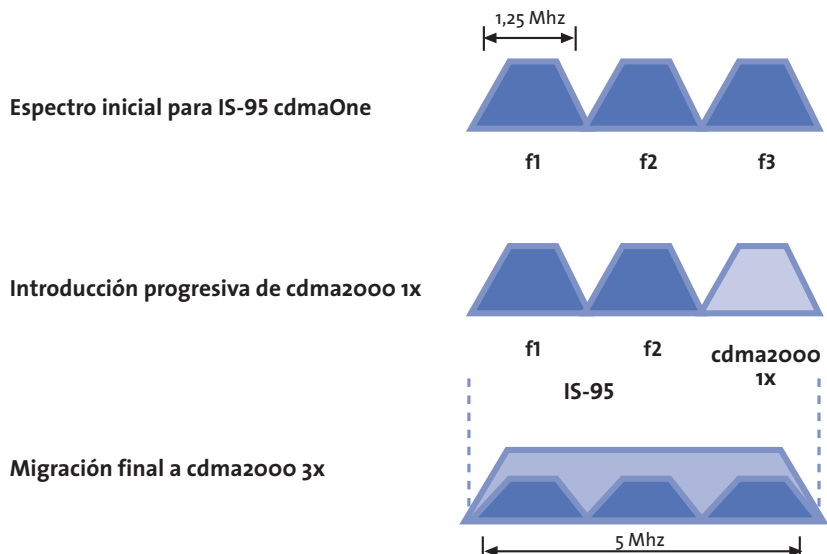
3.4.2. Red de acceso radio en cdma2000

Los sistemas cdma2000 1xEV (DO y DV) mantienen la compatibilidad en los requisitos de espectro con los sistemas cdma2000 1x y cdmaOne, por lo que aquellos operadores con licencias para operar cdmaOne y suficiente espectro, pueden conseguir que sus sistemas evolucionen de 2G a 3G sin necesidad de adquirir nuevas licencias.

En la **Figura 3-15** se muestran las posibilidades iniciales de evolución del espectro y cómo se compartiría con otros modos de acceso para permitir una transición gradual.

El primer sistema comercial que se lanzó mundialmente con la tecnología cdma2000 1x fue el del operador móvil SK Telecom (en Corea) en octubre de 2000. Desde entonces el sistema se ha seguido desplegando en algunos países de Asia, América del Norte y del Sur, y en Europa. En el año 2002 SK Telecom y KT Freetel lanzaron el sistema cdma2000 1xEV-DO.

Figura 3-15:
Evolución del espectro
IS-95 a cdma2000



El sistema cdma2000 se ha beneficiado de la amplia experiencia adquirida durante los años de operación de los sistemas cdmaOne. Además, por tratarse de una evolución natural, en la que se comparte el mismo principio en la tecnología de acceso, la transición ha sido mucho más suave que en el caso del sistema GSM. Como resultado, cdma2000 es una tecnología muy eficiente y robusta.

3.4.3. Principales diferencias entre WCDMA y cdma2000

En este apartado se presentan las principales diferencias existentes en la red de acceso radio y en la red troncal de los sistemas WCDMA y cdma2000.

Diferencias en la red de acceso radio

Tanto el estándar IS-95 (cdmaOne) como el cdma2000 comparten una serie de características comunes que los diferencian con el acceso radio UMTS. Entre ellas se pueden destacar las siguientes [3.9]:

- *La tasa de chip (chip rate)*. WCDMA utiliza un ancho de banda y una tasa de chip más de tres veces superior al de la familia cdma2000. Esto proporciona al sistema WCDMA mayor diversidad por multirayecto, especialmente en entornos urbanos con células de pequeño tamaño, con lo que en principio se combaten mejor las atenuaciones y se mejora la cobertura. El mayor ancho de banda también es una ventaja en lo que a la cobertura de servicios de alta tasa binaria (384 kbit/s y superior) se refiere.
- *La sincronización entre estaciones*. Las estaciones base en IS-95 y cdma2000 deben estar sincronizadas a través de GPS, mientras que en UMTS no se requiere sincronización. Entre las ventajas de los sistemas sincronizados están la mayor simplicidad en los algoritmos de selección de celda, menor tiempo de traspaso, y la mayor facilidad en la elección de códigos con buenas propiedades de ortogonalidad. Su mayor inconveniente es el derivado de la necesidad de GPS para la sincronización, lo que complica el despliegue sobre todo para interiores.
- *Los diferentes códigos de "scrambling"*. En el caso de cdmaOne y cdma2000, debido a que las estaciones base están sincronizadas entre sí, los códigos de *scrambling* son más eficientes (se consigue una mayor ortogonalidad entre ellos), y, además, su generación es más sencilla que en el caso del UMTS.
- *El acceso múltiple por división en el tiempo (TDM) en 1xEV-DO*. Este sistema utiliza multiplexación en el tiempo en el enlace descendente, es decir, en cada instante de tiempo solo un usuario es atendido. Esta solución permite asignar la potencia máxima, necesaria para garantizar altas tasas binarias en el canal descendente. El funcionamiento es diferente al de los sistemas cdmaOne y cdma2000 1x.

- *La mezcla de servicios.* El cdma2000 1xEV-DO es una solución únicamente para aplicaciones de datos, diseñada como una capa que está situada jerárquicamente por encima de los sistemas cdma2000 1x (necesita una portadora de 1,25 MHz aislada para servicios de datos). WCDMA, sin embargo, es muy flexible y puede combinar servicios de voz y datos. La tecnología cdma2000 1xEV-DV se desarrolló para solucionar este inconveniente.
- *El control de potencia.* La importancia de un adecuado control de potencia radica en que la decodificación de la señal original, conocido el código, realiza la señal original, quedando el resto de las señales como ruido blanco. No obstante, si la potencia asociada al resto de las señales es muy grande, el ruido enmascarará la señal original, que no se podrá recuperar. El objetivo del control de potencia es que todos los canales se transmitan con la potencia mínima para ser decodificados correctamente a la vez que aportan el menor nivel interferente al resto. Es de destacar que IS-95 no tiene control de potencia rápido en el enlace descendente, característica que se ha incluido ya en las primeras fases de cdma2000, si bien la frecuencia a la que actúa el control de potencia es 800 Hz, frente a 1.500 Hz en el caso de UMTS.
- *La configuración de canales.* En el caso de IS-95 y cdma2000 se dispone de un único canal común que envía la información de piloto para todas las estimaciones necesarias en los algoritmos de acceso, traspaso, etc. Por el contrario, en UMTS, además de un piloto común, cada canal de tráfico tiene un canal de señalización asociado en el que también se transmite un piloto no compartido.
- *La potencia de los canales comunes.* Debido a la diferencia existente en la configuración de los canales y a la distinta ganancia de procesamiento, varía la potencia necesaria en los canales comunes y de señalización. En concreto, en algunos estudios se estima que para cdma2000 un 20 por ciento de la potencia total en el enlace descendente debe estar dedicada a estos canales, mientras que para UMTS sería un 10 por ciento.

Diferencias en la red troncal

La arquitectura de red prevista para cdma2000 también distingue entre los dominios de conmutación de circuitos y de paquetes. Mientras que en el diseño del primero se ha buscado la interoperabilidad con las redes CDMA de segunda generación IS-95, en el segundo ha predominado la reutilización de protocolos existentes para redes IP antes que la reutilización de la infraestructura de conmutación de paquetes de GPRS. Así, se utiliza Mobile IP (para soportar la movilidad), IPSec (para seguridad) o AAA (*Authentication, Authorization and Accounting* para acceso a la red).

Aunque funcionalmente son equivalentes, las MSCs y HLRs de cdma2000 se basan en la utilización de diferentes protocolos de señalización y formatos de datos. Desde el punto de vista de la conmutación de paquetes, el elemento cen-

tral es el PDSN (*Packet Data Serving Node*), que se conecta al sistema de estaciones base a través de la interfaz R-P (*Radio Packet*) y termina el protocolo PPP con el terminal móvil. El PDSN es también responsable de la gestión de la movilidad, actuando como *Foreign Agent* (FA) para Mobile IP. También se necesita un *Home Agent* (HA) para terminar los túneles IP y mantener la sesión Mobile IP. En el BSS se requiere una nueva funcionalidad, denominada PCF (*Packet Control Function*), para soportar los nuevos servicios en modo paquete y la interfaz R-P.

Si la red incorpora la extensión únicamente para datos 1xEV-DO, es necesario incorporar un nuevo elemento en la red denominado *Access Router* (AR), que incorpora las funcionalidades de control necesarias para soportar este tipo de servicios.

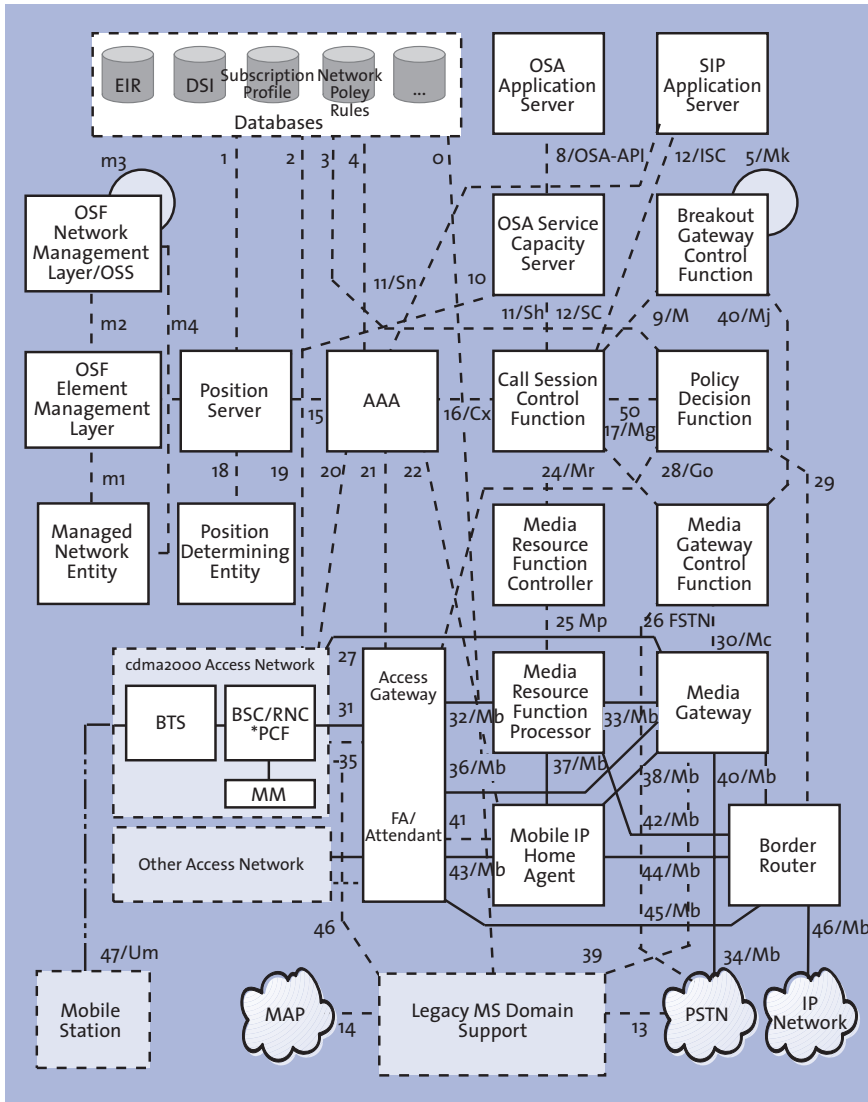


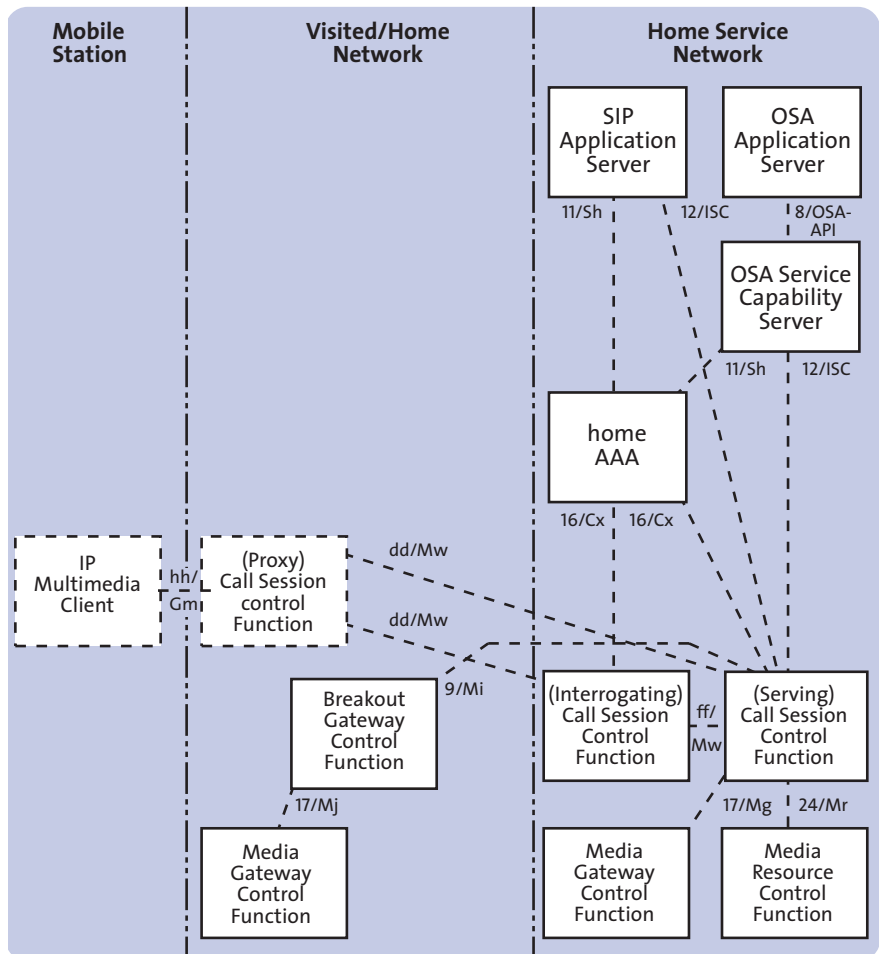
Figura 3-16: Arquitectura de red "todo IP" de 3GPP2

El cdma2000 también plantea su evolución hacia una red “todo IP”, y en esa vía se ha realizado un esfuerzo de convergencia con el modelo de 3GPP. La arquitectura de red “todo IP” de 3GPP2 se representa en la **Figura 3-16**.

En esta arquitectura aparecen una serie de elementos nuevos. Así, el *Access Gateway* incorpora las funcionalidades del PDSN y del AR, incluyendo el soporte al FA de Mobile IP. También se incorporan los elementos necesarios para soportar servicios multimedia a través de lo que se denomina *IP Multimedia Domain*, que es funcionalmente equivalente al IMS de UMTS. En la **Figura 3-17** se presentan los elementos funcionales propios del IMD para el plano de control.

3GPP y 3GPP2 han cooperado para maximizar el número de elementos e interfaces compatibles en *IMS Release 6* e *IMD Revisión 3*, alineándose también con los estándares de IETF (en la figura anterior aparecen las interfaces identificadas según la nomenclatura de 3GPP2 y 3GPP). Este esfuerzo implica que, aunque el plano de transporte no llegue a converger, el plano de control entre ambos tipos de redes tiende a converger en una solución “todo IP”.

Figura 3-17:
Plano de control del IP
Multimedia Domain



3.5. OTRAS TECNOLOGÍAS PARA LA MOVILIDAD

Tal como se ha descrito en el **capítulo 2**, existen otras tecnologías con las que se pueden implementar redes de comunicaciones con movilidad restringida (local o nómada).

En concreto, se presentan divididas en cuatro categorías denominadas:

1. *Redes de área personal inalámbricas*. Son redes que soportan las comunicaciones en el entorno próximo de una persona o de un dispositivo. Normalmente se asume que la distancia máxima entre dos nodos de la red es de unos diez metros, pero, como ocurre con otras redes, es posible sacrificar calidad o tasa binaria para extender el rango de cobertura. Estas redes soportan distintas topologías, desde simples enlaces punto a punto (por ejemplo, se han propuesto tecnologías para implementar un conector USB inalámbrico), hasta topologías en estrella o en malla.
2. *Redes de área local inalámbricas*. Originalmente diseñadas como alternativas a las redes de área local cableadas, han tenido un éxito inesperado motivado por diversas causas, entre ellas el propio boom de Internet, la facilidad de instalación y despliegue, y los precios muy asequibles de los dispositivos debido a la simplicidad de la tecnología. Este éxito ha motivado su auge y la adopción de estas redes para el establecimiento de “*hot spots*” primero y de redes con cobertura más extensa después.
3. *Redes de área metropolitana*. Surgidas como una evolución de las tecnologías para bucle de usuario inalámbrico (de gran implantación sobre todo en áreas rurales y en países en vías de desarrollo), las redes inalámbricas de área metropolitana surgen también como una opción para la provisión de comunicaciones en condiciones de movilidad o semimovilidad. Su aparición en coincidencia con el auge de las redes WLAN ha provocado que se especule con las oportunidades que pueden ofrecer en competencia o complementariedad con las tecnologías puramente móviles.
4. *Redes móviles ad-hoc (MANET)*. Son aquellas que están constituidas por tecnologías de comunicaciones de corto alcance y que se apoyan en enlaces formados por saltos entre dispositivos próximos hasta el punto de acceso a la red fija. La principal característica de estas redes es la ausencia de cualquier tipo de estructura de red, pues se constituyen dependiendo de la disponibilidad de repetidores próximos (que son los propios dispositivos de comunicación). El origen de este tipo de redes son las comunicaciones tácticas militares, que no pueden depender de una infraestructura estable (con el mismo concepto de autoconfiguración del que nació la propia Internet). En general, este tipo de redes puede utilizarse sobre una infraestructura de red de área personal, local o metropolitana, pero sus primeras aplicaciones se prevén para redes del primer tipo.

A continuación se describen con algo más de profundidad las tecnologías mencionadas.

3.5.1. Redes de área personal inalámbricas

Se trata de redes que permiten la interconexión de dispositivos en el área que rodea a la persona o al dispositivo, con un alcance máximo que se estima en torno a los diez metros. Se soportan tasas binarias variables, que comprenden desde decenas de kilobit por segundo hasta centenares de megabit por segundo (WPAN de nueva generación). La potencia de transmisión que emplean es muy baja (típicamente 1 mW), aunque actualmente también se contempla la utilización de dispositivos de mayor potencia. Operan en bandas de espectro que no precisan licencia, toda vez que su coordinación resultaría prácticamente inviable.

Los principales estándares actuales para este tipo de redes son Bluetooth, HomeRF (abandonado) y Zigbee.

Redes Bluetooth

Es el tipo de red de área personal más extendido. Tiene su origen en una iniciativa que en 1994 lanza Ericsson para estudiar un sistema de comunicación inalámbrica entre teléfonos y sus accesorios. Debe su nombre a Harald Bluetooth, un rey vikingo que unió pacíficamente los pueblos de Dinamarca y Noruega.

Sus principales características son:

- Opera en la banda de 2,4 GHz con una tasa binaria de 720 kbit/s.
- Utiliza salto en frecuencia (*Frequency Hopping*, FH), que divide el espectro disponible en 79 canales. Los transceptores saltan de un canal a otro siguiendo una secuencia pseudoaleatoria determinada por el nodo maestro con una tasa de 1.600 saltos por segundo.
- Utiliza modulación GFSK (modulación FM con un filtrado *gaussiano*).
- Dispone de *duplexación* en el tiempo TDD.
- Soporta hasta ocho dispositivos en una picorred (un maestro y siete esclavos). Los dispositivos de una picorred están sincronizados en tiempo y en frecuencia. El maestro es el dispositivo que inicia la conexión y marca la sincronización, mientras que los esclavos son los dispositivos con los que se conecta el maestro. Una vez establecida la conexión, se pueden intercambiar los roles maestro-esclavo.
- Las picorredes pueden combinarse para formar lo que se denominan “*scatternets*”.
- La potencia de transmisión está comprendida entre 0 dBm (dispositivos de clase 3) y 20 dBm (dispositivos de clase 1).
- El control de potencia es obligatorio para los dispositivos de clase 1, y opcional para el resto.

Las especificaciones de Bluetooth se desarrollan a través de Bluetooth SIG, que es una asociación comercial compuesta por empresas líderes en telecomuni-

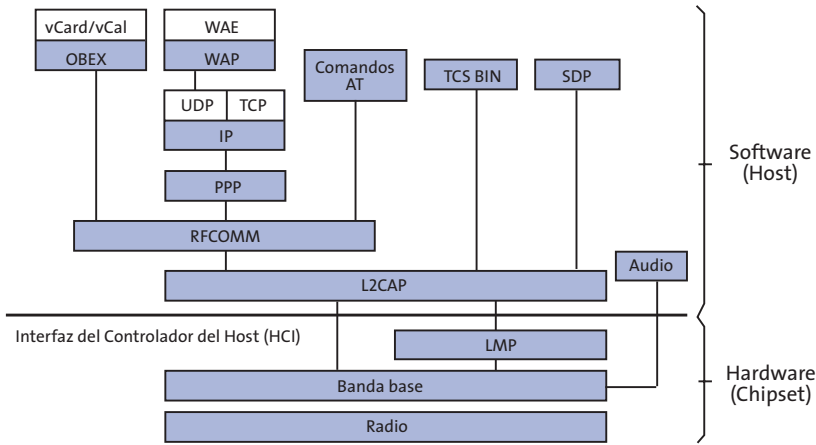


Figura 3-18:
Torre de protocolos de Bluetooth

caciones, computación y redes (como Ericsson, Intel, Nokia o Motorola, entre otros). Estas especificaciones comprenden tanto la descripción del hardware y los protocolos como la definición de un marco para aplicaciones. Constan de dos volúmenes: Núcleo (*Core*) y Perfiles (*Profiles*). Actualmente está disponible la versión 1.2, que incorpora, entre otras mejoras, medidas para combatir las interferencias entre redes Bluetooth y redes WLAN que operan en la misma banda.

La torre de protocolos de Bluetooth se representa en la **Figura 3-18**.

Lo más reseñable es la separación entre los protocolos implementados directamente en el hardware y aquellos otros implementados vía software. Entre ambos se define una interfaz (HCI, *Host Controller Interface*) para la comunicación entre ambos niveles. Es también reseñable que además de los protocolos propios de Bluetooth (como el SDP, *Service Discovery Protocol*, para el descubrimiento de servicios disponibles), se incluyen otros estándares, como puedan ser los propios del conjunto de protocolos TCP/IP (UDP, TCP, IP y PPP).

En estos momentos hay millones de dispositivos que incorporan Bluetooth para soportar la conectividad inalámbrica, desde teléfonos móviles a impresoras, ratones y teclados inalámbricos, PDAs, auriculares, etc.

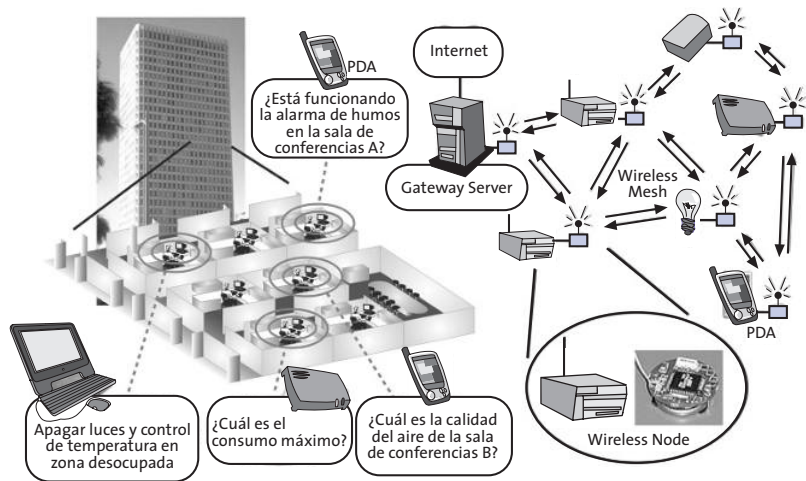
Redes Zigbee

El estándar Zigbee proporciona servicios similares a los de Bluetooth, pero orientados a la interconexión de dispositivos autónomos, como puedan ser sistemas de medida o de control. Por ello, ha predominado en su diseño el bajo consumo de energía y la capacidad para formar redes de mayor tamaño que en Bluetooth, a costa, eso sí, de soportar tasas binarias menores. Zigbee es el nombre adoptado por una alianza comercial para promocionar la adopción del estándar IEEE 802.15.4 (de forma similar a como actúa la WiFi Alliance respecto de los estándares 802.11x).

Sus principales características técnicas son:

- Sus tasas binarias de 250 kbit/s y 20 kbit/s.
- Su topología en estrella, con posibilidad de *peer to peer*.

Figura 3-19:
Escenario de aplicación
de Zigbee



- Dispone de 255 dispositivos por red.
- Dispone de acceso al canal CSMA/CA.
- Su bajo consumo de potencia.
- Su alcance de 10 metros.
- Su banda de operación dual: 2,4 GHz y 868/915 MHz.

Un escenario típico de aplicación de una red Zigbee es el que se representa en la Figura 3-19.

3.5.2. Redes de área local inalámbricas

Las redes locales inalámbricas basadas en la tecnología IEEE 802.11 (b, g, a) están experimentando una rápida popularización y un crecimiento espectacular.

Inicialmente esta tecnología se concibió para eliminar cableado en el interior de los edificios (hogares, oficinas, etc.), pero pronto algunos usuarios observaron que había determinados puntos en las ciudades, edificios, etc., donde se podía acceder a una conexión (en ocasiones de forma clandestina, sin autorización del dueño del acceso).

Paralelamente se vieron las grandes expectativas de los nuevos negocios que posibilita esta tecnología. Desde la presencia directa en este campo de los ISP y operadores tradicionales a la aparición de nuevas entidades como los WISPr (*Wireless ISP roaming*), que ofrecen acceso inalámbrico en distintos lugares interconectados mediante las redes de los operadores tradicionales.

Se acuñó así el concepto de *“hot spot”* como lugar que ofrece acceso a Internet y a otros servicios de datos a clientes eventuales utilizando dispositivos inalámbricos.

La idea subyacente consiste en convertir en *“hot spot”* gran cantidad de zonas públicas, tales como aeropuertos, hoteles, centros comerciales, cafeterías, transportes públicos, etc., convirtiéndose de hecho en una alternativa a las redes

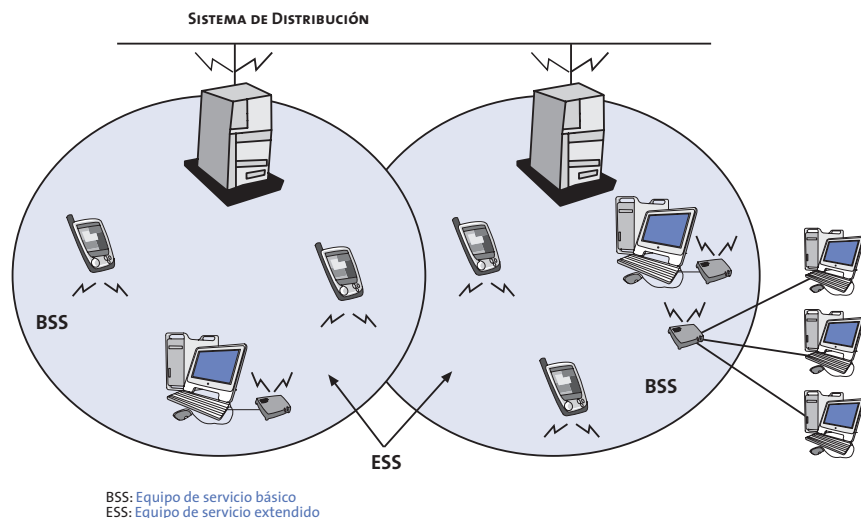


Figura 3-20:
Topología de una red
IEEE 802.11

móviles de datos, pudiendo incluso competir en ciertos segmentos de las comunicaciones de voz mediante las tecnologías VoIP.

Redes IEEE 802.11

Una red inalámbrica 802.11 está basada en una arquitectura celular en la que el sistema se divide en células llamadas BSS (*Basic Service Set*). Cada célula está controlada por una estación base llamada AP (*Access Point*).

Un sistema puede constar de una o varias células; en el caso pluricelular los diferentes AP se conectan entre sí mediante un backbone llamado DS (*Distribution System*), típicamente Ethernet, aunque en algunos casos también puede ser inalámbrico (ver la **Figura 3-20**).

Todo este conjunto de células interconectadas se ve como una única red desde los protocolos de las capas superiores, y se llama ESS (*Extended Service Set*). Cada ESS tiene un identificador conocido como SSID, que debe ser el mismo en todos los AP del ESS.

El protocolo 802.11 puede utilizarse para soportar la conexión inalámbrica de puntos de acceso, de forma que el sistema de distribución se vuelve inalám-

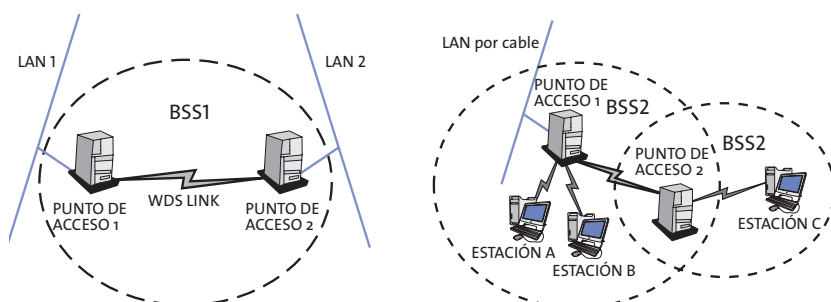


Figura 3-21:
Modos de funcionamiento
de APs con WDS

brico. Esta opción recibe el nombre de WDS (*Wireless Distribution System*). Los AP que soportan WDS pueden actuar con dos funciones: bridge inalámbrico o repetidor (ver la **Figura 3-21**).

Capas IEEE 802.11

El protocolo 802.11 define (como cualquier 802.x) la capa física y la capa MAC, suponiendo que por encima hay una capa LLC 802.2 (ver la **Figura 3-22**).

Hay distintas posibilidades para la capa física dependiendo del tipo de red (a, b, g, h), e incluso distintas opciones dentro del mismo tipo. Actualmente el tipo más común es el 802.11b, cuyas características de la capa física son:

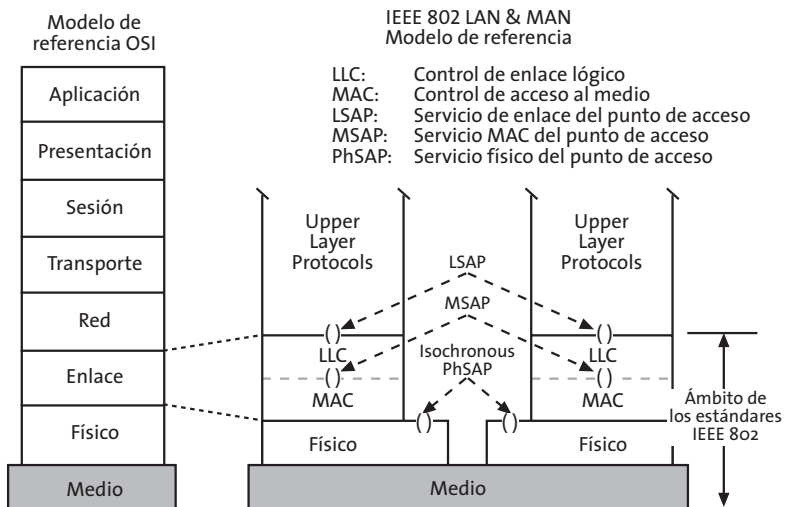
- La banda de frecuencia de 2,4 GHz.
- El DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*).
- La codificación CCK (para las velocidades de 5,5 y 11 Mbit/s).

La capa MAC, además de la funcionalidad típica de estas capas, realiza funciones que normalmente se implementan en capas superiores: fragmentación, retransmisión de paquetes, y asentimientos (ACKs). Esto es así debido a las características de los enlaces radio, con errores altos, que aconsejan un tamaño pequeño de los paquetes, pero debiéndose preservar desde el punto de vista de las capas superiores los paquetes de 1.518 bytes típicos de Ethernet.

El método de acceso es CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*), similar al popular CSMA/CD pero que no detecta colisiones, dado que:

- Se evita la necesidad de emitir y escuchar al mismo tiempo, ya que encarece mucho los productos radio.
- Existe el problema de “*hidden station*”, en el que dos estaciones, que no se escuchan entre ellas, colisionan al acceder al AP que escucha a las dos. Para su resolución se prevé el mecanismo denominado RTS/CTS.

Figura 3-22:
Pila de protocolos de las redes IEEE 802



Fuente: IEEE

Seguridad

La seguridad en las redes inalámbricas presenta una problemática especial debido a varios factores, como son:

- Que el usuario no puede estar seguro de que el punto de acceso al que se conecta pertenezca realmente a la organización que opera el *hot spot*. Podría tratarse de un punto de acceso falso instalado en las proximidades con propósitos fraudulentos.
- Que al utilizarse radio, la comunicación puede estar siendo escuchada por un tercero que disponga de un receptor adecuado.

Estos factores hacen que la seguridad sea un elemento muy importante, que hoy por hoy no está bien resuelto en muchas redes.

La seguridad se subdivide en dos aspectos, denominados:

1. *Autenticación*. Se debe permitir que el usuario esté seguro del punto de acceso al que se conecta y que el sistema identifique al usuario sin comprometer la seguridad futura. Por ejemplo, no sería admisible radiar una palabra de paso sin cifrar, pues alguien que estuviera escuchando tendría desde ese momento libre acceso al sistema.
2. *Privacidad*. Los datos intercambiados no deben poder ser interpretados por terceros que los escuchen.

El estándar IEEE 802.11 incorporó desde el principio un campo en la capa MAC para indicar si se utilizaba cifrado (WEP) o no.

WEP (*Wired Equivalent Privacy*) es un mecanismo que trata de aportar seguridad (autenticación y privacidad) limitada de una forma simple. Este mecanismo presenta debilidades importantes, como son:

- Que el punto de acceso no se autentica ante el cliente.
- Que un tercero puede escuchar la respuesta cifrada y tratar de descubrir la clave compartida en un sistema informático. Las claves originales de WEP son excesivamente cortas, aunque hoy en día muchos fabricantes suministran equipos que permiten utilizar claves más largas.

En definitiva, la seguridad aportada por WEP es escasa e inadecuada para muchos propósitos.

Para remediar esto, muchos sistemas acuden a la especificación IEEE 802.1x, que indica como ejecutar EAP (*Extensible Authentication Protocol*), que es esencialmente un protocolo de transporte que puede ser usado con distintos tipos de autenticaciones, conocidas como métodos EAP, sobre una capa de enlace.

Sin embargo, el uso de estos procedimientos requiere *software* específico en los clientes, todavía no muy difundido, y su uso es problemático en el entorno de *hot spot*.

Quizá uno de los mejores métodos de seguridad disponible hoy en día es el uso de VPN IPSec para acceder a la red local de la empresa desde un *hot spot*, usando un enlace esencialmente inseguro pero una capa de red segura tal como IPSec. Este enfoque sigue requiriendo *software* específico en los clientes y un terminador de túneles en la empresa (o en la red del ISP), pero no involucra a los *hot spots*, que son de los que realmente se es cliente esporádico, y, por tanto, difícilmente se tendrá instalado *software* adecuado a sus características.

3.5.3. Redes de área metropolitana

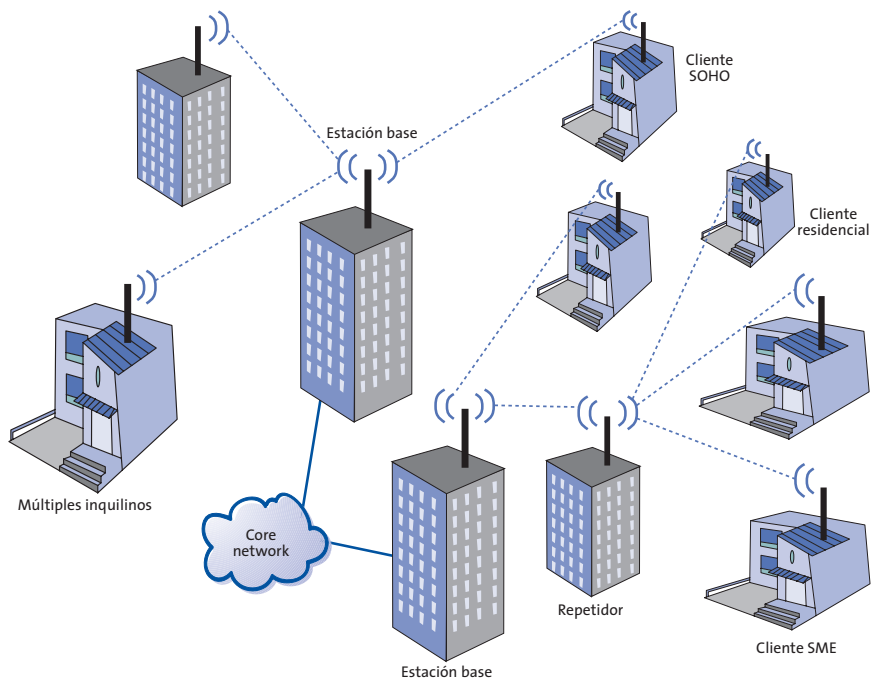
El instituto IEEE-SA (*Institute of Electrical and Electronics Engineers - Standards Association*) constituyó el grupo de trabajo IEEE 802.16 para especificar la interfaz aire de las redes inalámbricas de área metropolitana (*wireless MAN*). El estándar se publicó el 8 de abril de 2002. Existe una nueva versión, denominada 802.16-2004, que actualiza las anteriores versiones 802.16, 802.16a y 802.16c.

IEEE 802.16 engloba la conexión de la “última milla”, o “primera milla” según se quiera, en las redes metropolitanas de área local inalámbricas. El objetivo final es proporcionar acceso a la red desde los hogares, las pequeñas empresas, los centros comerciales, etc., como una alternativa a las conexiones tradicionales por cable. Pretende cubrir el hueco existente en el mercado entre las redes de área local inalámbricas (WLAN) y las redes móviles mucho más extensas (WAN).

El estándar 802.16 soporta una arquitectura punto a multipunto en la banda de 10 a 66 GHz, alcanzando tasas binarias de hasta 120 Mbit/s. A esas frecuencias la transmisión debe realizarse con visión directa, por lo que los tejados de los edificios resultan ser el emplazamiento óptimo para la ubicación de las estaciones base y de abonado. La estación base se conecta a la red troncal (ya sea a la red telefónica pública o a Internet) y transmite por la interfaz radio, alcanzando distancias de hasta 50 km, por lo cual puede cubrir un gran número de estaciones de abonados, posiblemente cientos (ver la **Figura 3-23**).

La capa de control de acceso al medio (MAC) de 802.16 soporta muchas especificaciones diferentes de capa física, para bandas de frecuencia reguladas y

Figura 3-23:
Visión de una red de
área metropolitana



sin regular (con y sin licencia). La capa MAC de 802.16 en cada estación base distribuye dinámicamente el ancho de banda disponible en los enlaces ascendente y descendente entre las estaciones de abonado mediante acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA). Esta es una mejora importante respecto a la capa MAC de 802.11, que utiliza mecanismos de sensibilidad de canal, lo que no suele ofrecer un control efectivo del ancho de banda en el enlace radio.

Para poder dar acceso al servicio en situaciones donde no hay visión directa entre el transmisor y el receptor a más baja frecuencia, IEEE publicó en enero de 2003 el estándar 802.16a, que soporta una arquitectura en forma de malla. 802.16a opera en las frecuencias con y sin licencia entre 2 y 11 GHz, utilizando la técnica de multiplexación ortogonal en frecuencia (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, OFDM), de modo similar a 802.11a y 802.11g.

El siguiente paso del grupo de trabajo 802.16 ha consistido en añadir portabilidad y movilidad al estándar. En marzo de 2002 el grupo de trabajo comenzó el grupo de estudio 802.16e sobre acceso inalámbrico de banda ancha en entornos móviles (*Mobile Broadband Wireless Access*, BWA). Este grupo de estudio dirige diferentes temas relativos a la movilidad, incluyendo la conectividad desde los vehículos en movimiento que se encuentran dentro de la cobertura de una estación base.

También el estándar 802.20 especifica una nueva interfaz aire para acceso de banda ancha inalámbrica. Al igual que 802.16, este estándar pretende rivalizar con DSL y las conexiones por cable tradicionales (que ofrecen velocidades de 1 Mbit/s y superiores) en el ámbito de las redes metropolitanas.

Aunque a priori parecen estándares muy similares, existen algunas diferencias importantes entre ellos. La primera es que el 802.16e estudia la incorporación de la movilidad en las bandas de frecuencias entre 2 y 6 GHz con licencia, mientras que el estándar 802.20 abarca la operación del sistema en las bandas con licencia por debajo de los 3,5 GHz.

Otra diferencia más importante aún es que la especificación del estándar 802.16e se basa en un estándar ya existente, el 802.16a. Sin embargo, el 802.20 empieza desde cero. Esto significa que con una alta probabilidad los productos basados en 802.16e estarán en el mercado antes que las soluciones basadas en 802.20.

En cuanto a la aplicabilidad, el estándar 802.16e está más dirigido hacia los usuarios móviles que se desplazan caminando dentro del área de cobertura de la estación base, mientras que el 802.20 espera ofrecer altas tasas binarias de transmisión de datos también a usuarios móviles que viajen a velocidades de hasta 250 km/h. Se trataría de una alternativa para ofrecer estos servicios en trenes de alta velocidad, por ejemplo. Como se ve, también existe un cierto solape entre ambos estándares.

Para finalizar este apartado se incluye la **Tabla 3-8**, en la que se presenta una comparativa entre los estándares IEEE 802.16 (WMAN) e IEEE 802.11 (WLAN).

Tabla 3-8:
Comparativa entre
802.16 y 802.11

	802.11	802.16	Diferencias
Alcance	Por debajo de los 90 metros (deben añadirse nuevos puntos de acceso para extender la cobertura)	Hasta 48 kilómetros. El tamaño típico de la celda es de 6 a 9 kilómetros.	La capacidad física de los sistemas 802.16 tolera un mayor nivel de reflexión multirayecto, dispersión del retardo gracias a la implementación de una FFT de 256 en vez de la FFT de 64 de los sistemas 802.11
Cobertura	Optimizado para máximas prestaciones en interiores, corto alcance.	Máximas prestaciones en entornos exteriores sin visión directa (NLOS). Soporta de forma estándar las nuevas técnicas avanzadas de antena	Los sistemas 802.16 tienen una ganancia de sistema total superior, consiguiendo mayor penetración a través de obstáculos a distancias mayores.
Escalabilidad	Destinado a aplicaciones tipo LAN, se puede escalar de uno a decenas de usuarios, con un usuario por cada dispositivo (CPE). Los tamaños de canal son fijos (200 MHz)	Diseñados para soportar eficientemente de uno a centenares de dispositivos, con un número ilimitado de usuarios por cada dispositivo. Los tamaños de canal son flexibles de 1,5 MHz a 20 MHz.	El protocolo de acceso al medio (MAC) de los sistemas 802.11 usa un protocolo CSMA/CA, mientras que el correspondiente para los sistemas 802.16 usa TDMA dinámico. Los sistemas 802.11 pueden usarse únicamente en las bandas de frecuencia no reguladas (no sujetas a licencia). Sin embargo los sistemas 802.16 pueden usarse en cualquier frecuencia disponible, pues la existencia de canales múltiples permite un despliegue de tipo celular.
Tasa binaria	2,7 bit/s por Hz de pico. Hasta 54 Mbit/s en un canal de 20 MHz	5 bit/s por Hz de pico. Hasta 100 Mbit/s en un canal de 20 MHz	Se obtiene un uso más eficiente del espectro en los sistemas 802.16 gracias al empleo de modulaciones de orden superior junto a la corrección de errores flexible.
Calidad de servicio (QoS)	Sin soporte de mecanismos de calidad de servicio.	Mecanismos de QoS implementados en la capa de acceso al medio (MAC). Provisión de voz/video y niveles de servicio diferenciados.	Los sistemas 802.11: utilizan MAC basado en mecanismos de contención (CSMA/CA), que es básicamente Ethernet inalámbrico. Los sistemas 802.16: utilizan un MAC basado en TDMA dinámico con asignación de recursos bajo demanda.

3.5.4. Redes ad-hoc

Una red móvil ad-hoc (MANET, *Mobile Ad-hoc Network*), como ya se comentó anteriormente, consiste en una colección de terminales o nodos inalámbricos que dinámicamente pueden conectarse entre sí, en cualquier lugar y en cualquier instante de tiempo, sin necesidad de utilizar la infraestructura de red preexistente en la zona. Se trata de un sistema autónomo en el que los servidores móviles, conectados por enlaces inalámbricos, pueden moverse libremente y actuar simultáneamente como encaminadores (o *routers*). En principio, una red ad-hoc puede crearse sobre la infraestructura de transporte que proporcione una red de área personal, local o metropolitana.

En la **Figura 3-24** se muestra un ejemplo de redes inalámbricas con y sin infraestructura de red.

Las principales características de las redes ad-hoc son:

- **Los terminales autónomos.** En MANET cada terminal es un nodo autónomo, pudiendo funcionar a la vez como servidor, con su capacidad de procesamiento, y como encaminador (*router*).

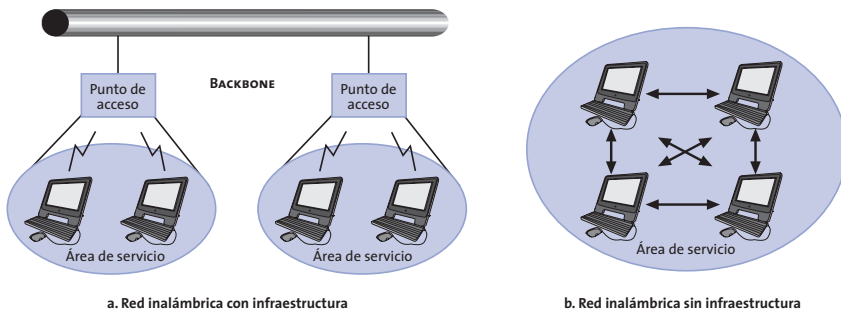


Figura 3-24:
Redes inalámbricas con
y sin infraestructura

- *Su funcionamiento distribuido.* Al no existir una infraestructura de red por debajo que sustente, centralice y controle las operaciones de red, el control y la gestión de la red se va a distribuir entre los terminales que la forman. De este modo los terminales que forman parte de una red ad-hoc deben colaborar entre ellos.
- *El encaminamiento multisalto.* Existen dos tipos básicos de algoritmos de encaminamiento en redes ad-hoc: multisalto y monosalto. Una red MANET monosalto es más sencilla desde el punto de vista de arquitectura e implementación; en cambio, cuenta con una menor funcionalidad y aplicabilidad.
- *La topología dinámica de la red.* Como los nodos del sistema son terminales móviles, la topología puede variar de un instante a otro de manera impredecible. Las redes MANET deben adaptarse en cada instante de tiempo al tráfico de los nodos de red móviles, así como a las condiciones de propagación y los patrones de movilidad. Los terminales móviles que constituyen la red ad-hoc establecen dinámicamente el encaminamiento de las conexiones entre ellos mientras se van desplazando de un lugar a otro.
- *La capacidad de enlace fluctuante.* Las altas tasas binarias de error que se pueden producir en una conexión inalámbrica podrían agravarse en una red ad-hoc, pues cada enlace extremo a extremo puede compartirse por diferentes sesiones. El canal de transmisión siempre se encuentra condicionado por los niveles de ruido, atenuación e interferencia que concurren en cada instante de tiempo y en cada lugar.
- *Los terminales móviles ligeros.* En la mayoría de los casos los nodos de las redes ad-hoc son dispositivos móviles con menor capacidad de procesamiento, pequeña capacidad de memoria y batería de baja capacidad. Estos dispositivos precisan algoritmos y mecanismos optimizados para la realización de las funciones computacionales y de comunicación.

El concepto de las redes ad-hoc tiene una creciente utilidad en aquellos entornos donde la infraestructura de comunicaciones es muy escasa, o no existe, o resulta muy costosa o inconveniente de desplegar y utilizar. Este tipo de redes permite a los dispositivos móviles mantener conexiones con la red así como facilitar la conexión y desconexión de dispositivos en el sistema.

Tabla 3-9:
Aplicaciones de las
redes ad-hoc

Aplicaciones militares	Estas redes se vienen utilizando en el campo militar desde los años 70, pues cuentan con la ventaja de poder mantener una red de información entre los soldados, los vehículos militares y los centros
Sector comercial	Las redes ad-hoc también pueden ser útiles en operaciones de emergencia, rescate y salvamento. Estas actividades tienen lugar en entornos donde no existe infraestructura de comunicaciones, o la que existe está dañada y no puede ser utilizada. Otros escenarios de aplicación comercial pueden ser las comunicaciones entre barcos.
A nivel local	Las redes ad-hoc permiten crear de forma autónoma una red multimedia esporádica formada por ordenadores personales y otros terminales móviles, para difundir y compartir información entre los participantes de una conferencia o entre los asistentes a un curso por ejemplo. Entornos similares donde las redes ad-hoc tendrán una gran variedad de aplicaciones y servicios serán las residencias de particulares, los estadios de fútbol, puertos marítimos, cafeterías, etc.
Redes de área personal (<i>Personal Area Network PAN</i>)	Una MANET de coerto alcance puede simplificar la intercomunicación entre distintos dispositivos móviles (como una PDA, un ordenador portátil y un teléfono móvil.)

Como se puede ver en la **Tabla 3-9**, son muchas y muy atractivas las aplicaciones de las redes ad-hoc. Sin embargo existen ciertos aspectos que exigen ser estudiados cuidadosamente antes de que las redes ad-hoc puedan extenderse y comercializarse a gran escala. Los principales retos a los que se enfrentan hoy en día las redes ad-hoc son los siguientes:

- *El enrutamiento de paquetes.* El constante cambio de la topología de red exige que el enrutamiento de los paquetes intercambiados entre dos nodos de la red sea un aspecto crítico. Además, debe tenerse en cuenta que la ruta entre dos nodos puede incluir múltiples saltos, lo que complica aún más la comunicación.
- *Su seguridad y fiabilidad.* Al tratarse de redes distribuidas en distintos terminales, debe prestarse especial atención a los distintos esquemas de autenticación y gestión de claves.
- *La calidad de servicio.* Otro reto importante será poder proporcionar diferentes niveles de calidad de servicio en un entorno en constante cambio.
- *El interfuncionamiento con las redes fijas.* Además de la comunicación interna dentro de la red ad-hoc, en la mayoría de los casos también se espera disponer de la interconexión entre la red ad-hoc y la red fija (principalmente basada en IP).
- *El consumo de potencia.* Para las tareas relacionadas con la comunicación dentro de las redes ad-hoc debe pensarse en mecanismos optimizados para reducir al máximo el consumo de potencia en los terminales ligeros.

El nicho de mercado de las redes ad-hoc está garantizado si los retos aquí expuestos se superan satisfactoriamente, ya que el campo de aplicaciones en un futuro inmediato es muy amplio.

4

Servicios y aplicaciones

En los anteriores capítulos se ha descrito la situación actual de las redes móviles a escala mundial en cada una de las diferentes zonas geográficas, así como los condicionantes de las tecnologías que las sustentan. Este punto es fundamental para poder entender las principales aplicaciones que ofrecen las comunicaciones móviles en aquellos sectores que hacen uso de los beneficios que ofrece la movilidad.

El análisis realizado en este capítulo de las principales aplicaciones móviles está enfocado a describir dos aspectos complementarios: el impacto que la movilidad tiene sobre la evolución de la dinámica social y la aplicación real de las tecnologías móviles a sectores específicos.

4.1. EL IMPACTO SOCIAL DE LA MOVILIDAD

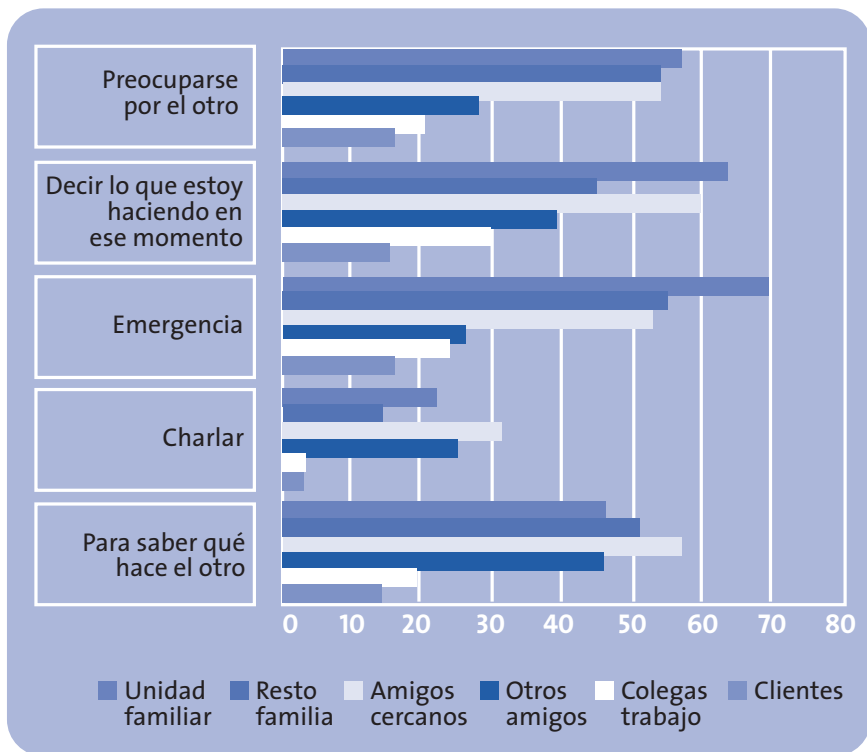
4.1.1. La movilidad social

EL EFECTO SOCIAL DE LA TELEFONÍA MÓVIL: LA CONECTIVIDAD SOCIAL

La introducción de la telefonía móvil no sólo ha resuelto el problema de la comunicación fuera del hogar y el trabajo. Hoy en día la telefonía móvil se ha hecho imprescindible en la vida de las personas, dando lugar a la telefonía personal [4.1].

Entre los cambios que ha producido la aparición de la telefonía móvil, uno de los más llamativos es el aumento de las relaciones sociales. El uso del teléfono móvil incrementa la frecuencia de los contactos entre las personas que ya se conocen. Tal y como puede apreciarse en la **Figura 4-1**, el uso del móvil se realiza principalmente con la familia y los amigos más cercanos, y es que, de un uso que inicialmente fue profesional, ha pasado a ser fundamentalmente personal.

Llama la atención que sea precisamente la unidad familiar la que más se comunica utilizando este medio. El tipo de comunicación que se realiza también

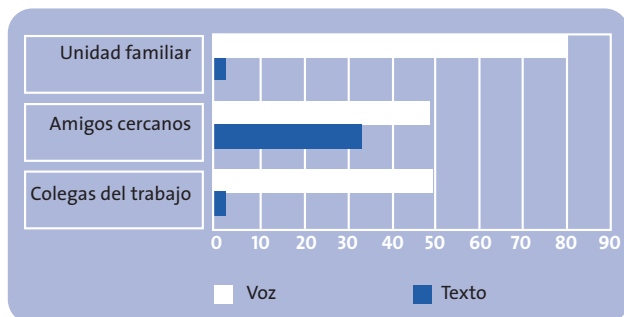


Porcentaje de personas que afirmaron que daban esos usos al móvil

Fuente: EITO 2003, DWRC Questionnaire 2002

varía dependiendo del grupo con el que se comunica. Así, por ejemplo, el uso de los mensajes de texto es más habitual entre los amigos más cercanos, mientras que las llamadas de voz lo son con la unidad familiar (ver la **Figura 4-2**).

Según varios estudios [4.1], a medida que vaya incrementándose el uso de los servicios “persona a máquina” relacionados con el acceso a información, se estimulará aún más esta conectividad entre personas. Por ejemplo, un usuario al recibir una noticia interesante querrá compartirla con sus familiares y amigos, y



Porcentaje de personas que afirmaron que daban esos usos al móvil

Fuente: EITO 2003, DWRC Questionnaire 2002

Figura 4-1:

El uso del móvil

Figura 4-2:

Uso de voz y texto

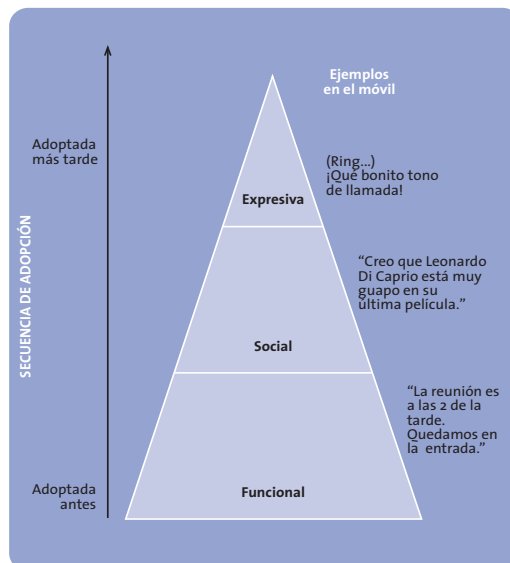
ello incrementará las comunicaciones persona a persona. Es decir, estas relaciones no disminuirán por el hecho de que aparezcan nuevos servicios que relacionen a las personas y a las máquinas, sino que harán más ricas las relaciones ya existentes.

EL MÓVIL COMO ELEMENTO PERSONAL

A partir de los primeros equipos de comunicación móvil que se instalaban en vehículos, el primer móvil verdaderamente portátil fue comercializado en 1983. Tenía un peso de 800 gramos, y unas dimensiones de 33 x 9 x 4,5 cm. Se denominaba familiarmente “el ladrillo”, y se convirtió en un codiciado artículo de lujo entre los ejecutivos y hombres de negocios que podían pagar los 3.000 euros que costaba. Hoy en día este terminal, tras sufrir numerosas transformaciones en peso, volumen y apariencia, se ha vinculado aún más al individuo. De hecho, los usuarios de teléfonos móviles establecen una relación más emocional con éstos que con cualquier otro dispositivo o tecnología relacionada con las comunicaciones y la informática. Esta actitud es debida a la relación de dependencia que se establece con el terminal. En este sentido, tal y como se comenta en un apartado posterior (ver la **Figura 4-6**), el uso de la comunicación móvil se ha convertido en un elemento de moda y estatus social.

Ésta es una evolución natural y bien estudiada en psicología (ver la **Figura 4-3**). En la secuencia de adopción de cada tipo de comunicación, en primer lugar se encuentra la mera etapa funcional, en la que el móvil se utiliza sólo para la comunicación laboral. En una segunda fase aparece ya un uso social, de una relación más estrecha ente las personas. Por último, aparece el uso expresivo, con el que además la persona transmite su identidad. El móvil ya ha llegado a esta última etapa y de ahí la importancia de la personalización de terminales, tonos de llamada y logos que dicen algo de nosotros, que nos definen frente a otros. Así,

Figura 4-3:
Evolución del uso de la comunicación



Fuente: Forrester

el móvil se convierte en un artículo tan imprescindible y personal para los usuarios que, en una encuesta reciente, un 72 por ciento de los entrevistados indicaron que preferían perder la cartera antes que el móvil. En la misma encuesta se indica que la dependencia ha llegado al extremo de que un 90 por ciento de los usuarios se siente “angustiado” si le falta el terminal [4.2].

LAS NUEVAS FORMAS DE COMUNICACIÓN

Las comunicaciones móviles están promoviendo nuevas formas de comunicación: los mensajes cortos, la mensajería instantánea, el envío de fotos, etc. Además, puesto que el terminal en sí mismo es un elemento diferencial de cada persona, los *logos* y los tonos son también una forma de comunicación de la identidad.

Mensajes cortos (SMS) y mensajes multimedia (MMS)

Uno de los aspectos relacionados con la comunicación entre personas que más han cambiado gracias a la introducción de las comunicaciones móviles es el uso de los mensajes cortos (SMS - *Short Message Service*), que se ha ido incrementando de una forma espectacular. Lo que inicialmente se inventó para informar, entre otras cosas, a los usuarios de las llamadas recibidas fuera de la cobertura, se ha convertido incluso en un sustituto puntual de la comunicación por voz.

Los SMS se pueden analizar como una nueva forma de comunicación, ya que:

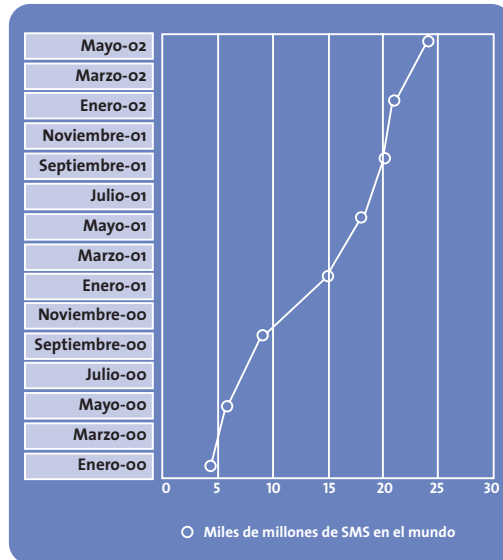
- A través de un SMS es más fácil decir “lo siento” o “te quiero”.
- Gracias a ellos se ha creado un lenguaje propio basado en el ahorro de signos y con códigos de grupo. Por ejemplo: “*qdt un rato+ mientras q t lo explican. xq nosotros iremos más tarde :-)*”.
- Es más económico y con características diferentes de la voz ya que es menos intrusivo (asíncrono).
- Puede combinarse con otros medios de comunicación, como televisión, radio, prensa o Internet, a los que dota de interactividad para su oferta de ocio y entretenimiento.

Según datos de 2002 (ver la **Figura 4-4**), mensualmente se intercambian más de 24.000 millones de SMS en el mundo, enviando cada usuario de teléfono móvil una media de 25 SMS al mes. El 90 por ciento del tráfico total de SMS se realiza de persona a persona (móvil a móvil), y el 10 por ciento restante incluye el tráfico que registran los servicios de datos de valor añadido (*logos*, melodías, concursos, etc.) y una pequeña parte registrada por los servicios profesionales [4.3].

Los datos de España ofrecen también una idea de cómo los SMS están arraigados entre los usuarios españoles, pues:

- Cada día se envían casi 20 millones de mensajes.
- El 15 por ciento de los usuarios de móviles en España envía más de 10 SMS al día.

Figura 4-4:
Mercado mundial
del SMS



Fuente: GSM association

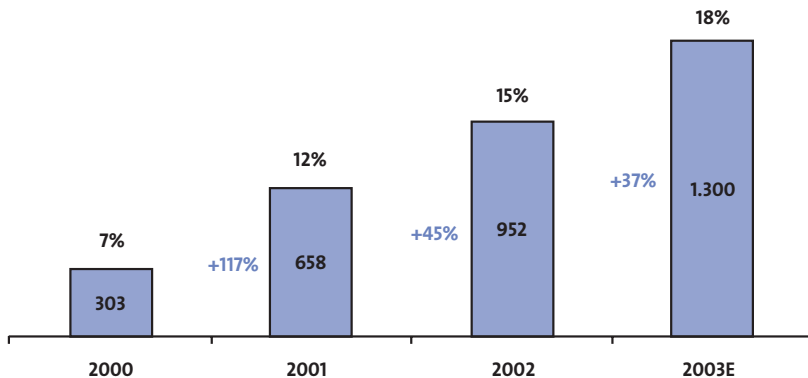
- Ocho de cada diez usuarios de móviles españoles hacen uso del SMS al menos una vez al día.
- Cada abonado envió más de 26 SMS al mes de media durante 2001, y la cifra subió a 37 SMS en 2002.
- Los servicios de mensajería SMS están penetrando en los adultos de edad media. Se ha producido un aumento de un 20 por ciento en el uso de estos mensajes en las personas con una edad comprendida entre los 35 y 54 años.

Las consecuencias a nivel de negocio son claras: los ingresos por SMS y MMS totalizan casi una quinta parte de los ingresos totales de las operadoras europeas (ver la **Figura 4-5** para el caso de España).

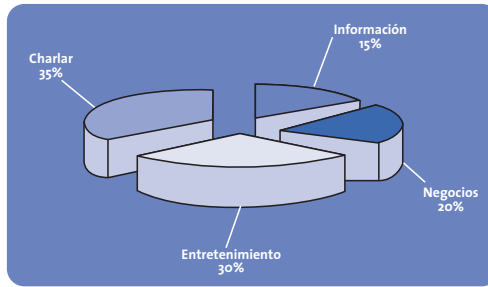
El uso que se hace de este servicio es principalmente para charlas con otras personas y como entretenimiento, tal como puede apreciarse en la **Figura 4-6**.

Es precisamente la posibilidad de facilitar la relación social la causa del éxito de este tipo de servicios. En la medida en que los terminales evolucionen y

Figura 4-5:
Evolución de los
ingresos de operadores
móviles en España por
SMS y MMS (valores
absolutos en millones
de euros y tanto por
ciento del total de
ingresos)



Fuente: GAPTEL



Fuente: Compañías de telefonía móvil españolas, 2003

Figura 4-6:
Uso del servicio SMS en España

simplifiquen su utilización, este tipo de servicios experimentará un auge aún más importante.

Los servicios de contenidos

Además de la voz y los mensajes cortos, que son los servicios más solicitados por los usuarios, el móvil abre la posibilidad de acceso a un conjunto de informaciones mucho más amplio. Dada la gran variedad y diversidad de estos servicios, y, en algunos casos, su especificidad, su provisión se realiza a través de agentes especializados.

La mayoría de los operadores de telefonía móvil ofrecen un gran número de nuevos servicios de información a través de otras entidades: meteorológicos, noticias, juegos, acceso a bancos, localización, información de tráfico, información turística, restaurantes, etc. De ellos, la descarga de tonos y *logos* es el ejemplo más claro de que la comunicación por el móvil se encuentra en la etapa expresiva, como ya fue descrito anteriormente. Se ha convertido en poco tiempo en otro gran éxito que ha creado todo un subsector económico de medianas empresas creadoras de contenidos. Es el primer ejemplo del impacto económico y dinamizador que las nuevas tecnologías móviles pueden producir en otros sectores.

Comunidades

Como evolución natural de la comunicación interpersonal se encuentran los servicios orientados a comunidades. Entre ellos los más notables son los juegos en red y los *chats*.

Si las descargas de juegos a terminales está suponiendo uno de los campos de aplicación de mayor demanda, las posibilidades que se abren con las variantes en red de dichos juegos son muy prometedoras: los juegos multijugador, las competiciones entre usuarios por las máximas puntuaciones, los juegos de rol, etc.

En cuanto a los grupos de conversación o *chats*, es evidente que su introducción en los móviles puede constituir una nueva fuente de generación de tráfico, en una primera fase vía SMS y posteriormente mediante su migración a servicios nativos de datos (GPRS o UMTS).

Tabla 4-1:
Perfil de los usuarios de
telefonía móvil

Tipo	Necesidades y usos	Funciones y servicios que proporciona el terminal móvil
Gran consumidor	Va a la moda y el teléfono móvil se considera como un accesorio más de estilo del mismo modo que lo son las gafas de sol o un bolso.	Comunicaciones: voz y envío de mensajes de texto. Diseño.
Amante del aire libre-aventurero	Además de la comunicación precisa de otras funcionalidades para desempeñar su actividad de ocio al aire libre.	Comunicaciones, manos libres, radio, termómetro, cuenta calorías, linterna, cronómetro, convertidor de monedas, GPS para servicios de localización y seguimiento de mapas, dispositivo muy resistente a golpes
Amante de la tecnología	Se trata de un tipo de usuario que está a la última en dispositivos electrónicos y se adapta rápidamente a su uso.	Comunicaciones, voz y acceso a mail, internet, mensajería multimedia y otros servicios, PDA, funcionalidad de juegos, sincronización con el PC, almacenamiento de datos, cámara, reproductor de MP3 y de vídeos, radio FM.
Padres a la moda	Usan el teléfono móvil pero les gusta que además sea un artículo a la última moda y que les facilite un poco más la vida.	Comunicaciones, Walkie-talkie de larga distancia (atender a los niños), radio FM, reproductor de MP3, cámara.
Aficionados a los videojuegos	Aprovechan cualquier ocasión para echar una partida.	Comunicaciones, voz y acceso a mail, internet y mensajería multimedia, funciones de un dispositivo de juegos portátil, facilidades para juego en red (tanto a través de internet como a través de tecnologías inalámbricas en un entorno más cercano), radio FM, reproductor de MP3.
“Magnates y millonarios”	Para este tipo de usuarios el móvil es un artículo más que puede ser de lujo (con oro, diamantes, etc).	Comunicaciones, y servicios avanzados. El dispositivo móvil tiene un diseño especial y está realizado en un material que lo convierte en un artículo de lujo.

El terminal y el estilo de vida

Esta relación más emocional de la que se viene hablando, en cierto sentido también relaciona estilo de vida e identidad. Los fabricantes de terminales y los operadores son conscientes de esto y en los últimos tiempos se está produciendo un movimiento claro de adaptación de los dispositivos de acceso al estilo de vida de las personas. Los dispositivos son vistos en mayor medida como una herramienta que cubre las necesidades al gusto de las personas más que como un simple medio para acceder a un conjunto de servicios. De hecho, los teléfonos (como ocurrió con los automóviles, los vídeos, etc.) comenzaron siendo de color negro y ahora se han abierto en una explosión de colores y diseños. Se crea así una relación compleja entre el modo de vida de un cliente y su terminal, como muestra la **Tabla 4-1**.

4.1.2. La sociedad y el uso de los móviles

En los apartados anteriores se ha dado cumplida cuenta de la utilidad que el móvil ha aportado a sus usuarios y cómo esta utilidad se ha manifestado en un aumento del consumo. El móvil ha incorporado seguridad a las vidas de las per-

sonas en un grado que sólo se percibe cuando no se dispone de él en cualquier situación apurada. A menudo aparecen historias en la prensa que describen cómo ciertas personas han salvado su vida gracias a una llamada desde un móvil en un derrumbe, en la montaña o en un accidente de tráfico. El móvil ha incorporado todos estos elementos positivos de cohesión a la sociedad, pero ha irrumpido con tanta rapidez que se debe considerar que las personas están todavía en una etapa de adaptación.

La aparición de nuevas tecnologías y nuevos servicios lleva aparejado siempre un impacto sobre las reglas sociales existentes. Se introduce realmente un “cuerpo extraño” en las reglas de conducta establecidas. De esta manera, es inevitable que exista inicialmente un periodo transitorio durante el cual la sociedad se va regulando de un modo desordenado hasta que se fijan las nuevas reglas y leyes definitivas que establecen el uso aceptable de la innovación. Esta situación se produce hoy en muchas de las aplicaciones móviles. A continuación se citan algunos de estos temas abiertos que son objeto de debate en la actualidad.

Derecho a la intimidad

La aparición de los móviles con cámaras digitales incorporadas, así como de los servicios multimedia, está produciendo cierta polémica. Cada vez son más los gobiernos municipales y nacionales, así como algunas empresas, que comienzan a restringir los lugares en los que pueden utilizarse. Por ejemplo, la comisión italiana para la protección de información confidencial publicó a mediados de marzo de 2003 una serie de normas que regulan la utilización de estos aparatos.

Sin embargo, esta problemática no es totalmente nueva, ya que hechos similares se producían con anterioridad a la aparición del móvil con cámara incorporada, con las propias cámaras tradicionales; la única diferencia que ha introducido el móvil es la extensión del problema.

La regulación de este tema avanzará de modo que, tal y como sucede actualmente con las cámaras tradicionales, su uso no estará permitido en ciertos recintos y lugares por diferentes razones: protección de derechos de propiedad intelectual, protección de obras de arte, protección de secretos, por razón de seguridad pública o seguridad nacional, etc.

Móviles y derechos musicales. La protección de datos

Con la irrupción del mercado de tonos, la industria de la música ve abierto un frente más en la batalla por los derechos de autor y el control de la distribución ilegal de música. En los últimos tiempos están apareciendo sitios web creados para facilitar el intercambio gratuito de tonos y contenidos multimedia para móviles. Para estas empresas el problema está en intentar encontrar la fórmula para limitar las copias ilegales y la utilización ilícita de las canciones sobre las que tienen derechos.

Sin embargo, el éxito de los tonos ha constituido, hasta el momento, una fuente de ingresos inesperada y abundante para las Sociedades de Autores.

Estas entidades, junto a las Agencias de Protección de Datos, juegan un papel muy importante en la formación de la opinión que es, en definitiva, quien decide los usos y la forma de utilización de las tecnologías. Evidentemente, su papel es importante por cuanto deben conjugar el retorno del esfuerzo a la creación, en el caso de las Sociedades de Autores, y el respeto a la intimidad con el uso y difusión de la información, que es un bien para todos.

Robo de móviles

Las compañías de telefonía móvil han ideado sistemas (en España están en funcionamiento desde junio de 2003) orientados a reducir el robo de teléfonos móviles. Este delito había crecido de modo incontrolado en todos los países desarrollados. La solución consiste en una lista negra común en la que se incluyen todos los teléfonos móviles robados con el fin de inutilizar su uso desde el mismo momento en que se denuncie su hurto, y que funciona de igual manera que ocurre con el robo de tarjetas de crédito.

Uso del móvil en el coche

Otro de los usos polémicos del móvil es su utilización mientras se conduce un automóvil. Según un reciente estudio de la DGT, las principales incidencias por usar el móvil mientras se conduce son desvíos de trayectoria (en un 57 por ciento), maniobras antirreglamentarias (en un 22,4 por ciento) y colisiones (en un 20 por ciento). A pesar de esto, un tercio de los usuarios españoles reconocen que usan el teléfono móvil al volante, y de ellos el 10 por ciento reconocen haber sufrido algún tipo de incidente mientras lo hacían.

Los gobiernos reconocen el peligro que reviste conducir y hablar por el teléfono móvil al mismo tiempo, al punto de que en muchos países, como es el caso de España, esto está prohibido. En este caso los dispositivos de “manos libres” son la solución tecnológica al problema.

Acceso a servicios de Internet

El desarrollo de Internet se ha visto comprometido por la adopción del modelo “todo gratis”, basado en la convicción de que la creación de audiencias llevaría a unos ingresos por publicidad que harían el negocio sostenible. Esto no ha ocurrido así, pero sí que ha dejado una inercia para la solicitud de gratuidad en todo lo que sea o parezca Internet. La telefonía móvil, por otra parte, siempre se ha desarrollado basada en el pago por el consumo, y esta lógica se ha aplicado también a los accesos a los nuevos servicios. Así, hay que pagar por acceder al correo, a la visualización de páginas web o por *chatear* a través del móvil. Esto contrasta fuertemente con el entorno de gratuidad, pero a la larga será una de las fortalezas de la telefonía móvil para poder proporcionar contenidos de calidad, ya que en el contexto “todo gratis” ninguna empresa puede sobrevivir, y menos invertir.

Sin embargo, éste es un proceso lleno de tensiones y que se enmarca en la extensión de la cultura de la gratuidad a otros ámbitos. Así, se multiplican las noticias de iniciativas sobre utilización de sistemas operativos y programas gratuitos basados en el sistema operativo Linux. También proliferan las referencias a entornos de acceso de radio gratuito, utilizando improvisadas redes WiFi creadas como redes ciudadanas. Todo esto crea una tensión en el desarrollo de los servicios de datos sobre el móvil y más aún en sus precios. Entender que ningún servicio de calidad y fiable puede construirse sobre la falta de ingresos es un proceso dialéctico que el móvil ha comenzado y que la propia Internet ya ha empezado a reconocer, y que se refleja en el paso a la modalidad "de pago" de muchos accesos a contenidos de calidad que antes eran gratuitos, como es el caso de los periódicos y enciclopedias en la red.

Autorregulación y ética en el uso del móvil

El móvil permite estar permanentemente conectado, y esto hace difícil separar vida privada y profesional. En este sentido es preciso que las empresas respeten más el derecho de los empleados a tener tiempo para sí mismos. Idealmente, deberían definir una política de horas de llamada fuera del trabajo y velar por que el personal se atenga a ella. Esta política más responsable y respetuosa de utilización del móvil no sólo mantendrá a los empleados más contentos y más motivados sino que, en definitiva, redundará en una mayor eficacia, pues es probable que los empleados que saben que no van a ser interrumpidos estén más disponibles para responder en los casos de emergencias concretas.

Por otro lado están los problemas de educación. Los usuarios de los móviles deben tomar conciencia del hecho de que ser interrumpido durante una reunión personal o un evento social, o tener que escuchar conversaciones en voz alta que no nos conciernen, es una fuente de disgusto para mucha gente. Los usuarios de los móviles deberían apagar sus teléfonos, conectando los buzones de voz, para evitar recibir llamadas en lugares inadecuados, por ejemplo, en cualquier lugar público donde haya gente cerca.

Vistas las nuevas tecnologías de los servicios móviles, como el servicio de mensajería simple (SMS), el desvío de llamada y el correo electrónico, y los aparatos que anuncian las llamadas mediante un vibrador discreto, los usuarios no tienen excusa para comportarse con mala educación. En los casos excepcionales en que verdaderamente hay que responder a las llamadas, deberían pedir disculpas antes de conectar el teléfono, y dirigirse luego a otro lugar más tranquilo en el que puedan atender la llamada en privado.

4.2. APLICACIONES DE LA MOVILIDAD

Las tecnologías de la información y de las comunicaciones están experimentando una evolución exponencial, tanto desde el punto de vista de la oferta de productos y servicios como desde la demanda. Este hecho es particularmente

significativo en el ámbito de las comunicaciones móviles y sistemas inalámbricos, que progresivamente se están integrando en el mundo Internet, dando lugar a una auténtica revolución. Las tecnologías inalámbricas están, por tanto, jugando un papel fundamental en la nueva Sociedad de la Información y del Conocimiento. Posibilitan la comunicación instantánea desde cualquier lugar, fijo o móvil.

De hecho, las empresas de contenidos y servicios para telefonía móvil generaron un volumen de negocio de 167 millones de euros durante el año 2003, y se espera un crecimiento a 230 millones de euros en 2004, lo que supone un aumento del 37,7 por ciento respectivamente, según un informe elaborado por la consultora DBK. El mercado ha comenzado realmente a tomar en cuenta los servicios móviles como un nuevo canal para la evolución del negocio.

Por otro lado, la automatización de procesos se ha convertido en una necesidad reiterada de aquellas empresas que buscan reducir costes y agilizar el negocio.

En este apartado se analizan cuáles son las principales aplicaciones desde el punto de vista de la movilidad, que se están abordando en determinados sectores como:

- El sector de las comunicaciones interpersonales.
- El sector del ocio y entretenimiento.
- El sector de la seguridad.
- El sector del transporte.
- El sector de los seguros.
- El sector del comercio electrónico.
- El sector de la sanidad.
- Las Administraciones Públicas.

La movilidad enfocada al campo empresarial permite dotar a los trabajadores de una mayor libertad, más allá de la mensajería electrónica. La fuerza de ventas y el concepto del teletrabajo pueden disponer de funcionalidades completas aunque no estén en su oficina, lo que aumentará la efectividad en las ventas de la empresa y permitirá nuevas formas de trabajo.

También se describe en este apartado un conjunto de servicios de movilidad que son aplicables a los sectores relacionados con:

- Los servicios domóticos.
- Los servicios M2M (*Machine to Machine*).
- La fuerza de ventas.
- El teletrabajo.

4.2.1. Servicios de comunicaciones interpersonales

El negocio tradicional de los operadores móviles se ha centrado en la comunicación interpersonal, tanto de llamadas de voz como de intercambio de mensajes SMS y MMS entre usuarios, o servicios como el chat que permiten la comunicación entre grupos de usuarios. Este plano de la comunicación todavía cuenta con un gran potencial de crecimiento.



Figura 4-7: Planos de la comunicación móvil

Fuente: Telefónica Móviles España

Actualmente, las comunicaciones personales suponen más del 96 por ciento de los ingresos de un operador tradicional. En los próximos años se alterará la tradicional estructura de las comunicaciones, perdiendo peso las interpersonales y situándose en un nivel comprendido entre el 80 y el 85 por ciento del total de ingresos del operador, si bien seguirán siendo su principal fuente de ingresos.

El resto de planos de la comunicación está todavía por desarrollar y, a diferencia de las comunicaciones interpersonales, necesita la aportación de contenidos externos y/o la colaboración con terceros agentes (ver la Figura 4-7).

En el caso de los servicios de datos, la Figura 4-8 muestra la importancia de las comunicaciones SMS persona a persona. Como curiosidad, cabe citar que el número de mensajes SMS cursados por las operadoras celulares europeas supera actualmente los 15.000 millones al mes [4.6].

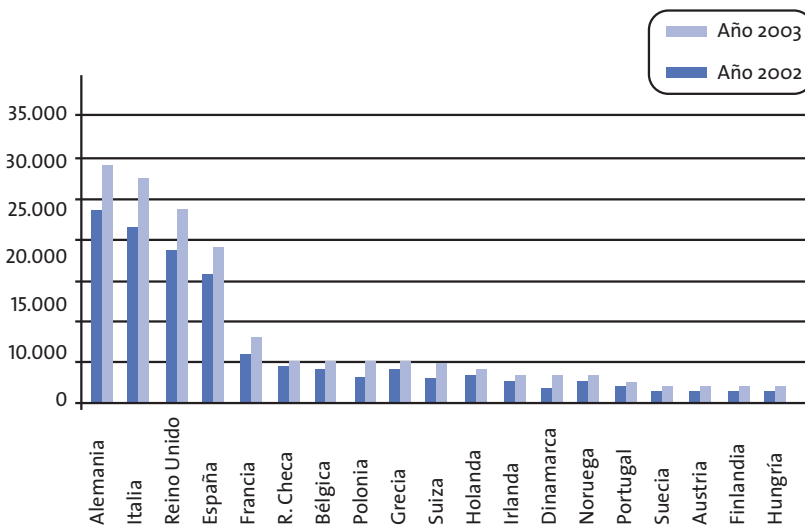


Figura 4-8: Mercado de SMS en Europa (en millones de mensajes).

Fuente: The Netsize Guide

4.2.2. Ocio y entretenimiento

El sector del ocio electrónico es uno de los mercados que con más rapidez adoptó el uso de las tecnologías móviles para ampliar su campo de explotación. El auge del uso lúdico de la tecnología SMS animó a proveedores, fabricantes y operadores móviles a ampliar la oferta de ocio electrónico, basándose en ulteriores avances tecnológicos como la tecnología de navegación móvil WAP (1997), y en el caso de Japón su equivalente *i-mode* (1999). Durante los últimos años han proliferado los servicios de descargas de tonos y *logos*, *chats* por SMS/WAP y juegos móviles sobre múltiples plataformas tecnológicas, como la iniciativa J2ME de Sun Microsystems.

Frecuentemente Japón ha liderado el avance en el sector del ocio electrónico, de la mano del operador NTT DoCoMo. A la introducción de *i-mode* le siguió en 2001 la tecnología *i-appli*, que permite la ejecución de aplicaciones con conectividad móvil en el propio terminal; más recientemente han proliferado los móviles dotados de cámara fotográfica y diversos servicios de valor añadido asociados a esta funcionalidad. Las iniciativas japonesas se han adoptado frecuentemente sobre tecnologías diferentes en Europa, aunque en este continente los resultados no han sido siempre tan alentadores. Es complicado explicar las razones de esta disparidad en las respuestas de los dos mercados: por un lado, la idiosincrasia de la sociedad japonesa es difícilmente extrapolable a otros países; otro posible factor es el peculiar modelo de asociación de NTT DoCoMo con los proveedores de servicios móviles, posibilitada por la posición hegemónica de este operador en Japón. En Estados Unidos, y por influencia también el resto del continente americano, la penetración de la telefonía móvil ha sido siempre más lenta; consiguientemente, tampoco se ha desarrollado tanto en esta zona geográfica el mercado del ocio electrónico.

Una clasificación de las áreas de aplicación en que se divide actualmente el mercado del ocio electrónico móvil es la siguiente:

- *Los servicios de ocio basados en SMS.* En este grupo se incluyen los juegos sobre mensajes de texto y los *chats*. Estos servicios evolucionan en la actualidad al uso de la tecnología MMS.
- *La descarga de tonos y logos.* La variedad de este tipo de aplicaciones en Europa es verdaderamente espectacular. Estos servicios permiten a los usuarios personalizar los móviles con distintos elementos gráficos y melodías de aviso de llamada (ver la **Figura 4-9**). Los fabricantes proporcionan diversas tecnologías, con frecuencia incompatibles entre sí, para la descarga y almacenamiento de objetos con una riqueza audiovisual cada vez mayor. Así, la tecnología EMS extiende SMS para permitir la incrustación de *logos* y tonos. *Download Fun*, por poner otro ejemplo, es una tecnología de descarga de objetos multimedia a través del protocolo WAP.
- *Los juegos móviles.* Los primeros juegos en teléfonos móviles no utilizaban las posibilidades de conectividad del terminal. Con la explosión del uso de SMS se comenzaron a desarrollar juegos muy simples sobre esta



Figura 4-9: Servicio “online” de descarga de tonos y “logos” de Telefónica Movistar

tecnología, y posteriormente sobre WAP. No es hasta la incorporación de plataformas abiertas para el desarrollo de aplicaciones ejecutadas en el terminal cuando comienzan a aparecer un número considerable de juegos mono y multijugador que aprovechan las capacidades de comunicación móvil del teléfono. Entre estas plataformas se pueden citar J2ME e *i-appli*, basadas en versiones miniaturizadas del lenguaje Java (ver la **Figura 4-10**). J2ME tiene actualmente una penetración notable en terminales de gama media y alta en Europa, mientras que *i-appli* se ha desplegado por parte de NTT DoCoMo principalmente en Japón, y a partir de 2003 también en algunos países europeos. Microsoft ha libe-



Figura 4-10: Splinter Cell, juego J2ME de Gameloft para el terminal N-Gage de Nokia

rado la versión Smartphone de su sistema Windows CE, orientado a teléfonos móviles. Otras plataformas de desarrollo de aplicaciones son el sistema operativo Symbian, el entorno de desarrollo BREW de Qualcomm, y la plataforma propietaria ExEn de la empresa In-fusio. Paralelamente al desarrollo de juegos móviles en el terminal, algunas empresas proveen plataformas de operador para coordinar las partidas simultáneas entre miles de usuarios. Estas plataformas, sin llegar al tráfico de las análogas para entornos fijos, pueden alcanzar tasas de uso de millones de transacciones al día.

4.2.3. Seguridad

Tradicionalmente, los sistemas de seguridad y televigilancia se han desplegado sobre redes fijas en entornos relativamente bien controlados, como edificios o redes estáticas de transporte, debido a una serie de factores como son:

- Que el ancho de banda requerido para la transmisión de vídeo es superior al que proporcionan las redes de datos móviles.
- Que las instalaciones fijas proporcionan altos grados de fiabilidad y seguridad.
- Que el coste de despliegue de una red fija de televigilancia en un entorno controlado no es alto.

Con el advenimiento de las redes 2,5/3G, las dificultades tecnológicas para el despliegue de sistemas de televigilancia móvil han disminuido, y proliferan en la actualidad las empresas que prestan servicios de televigilancia móvil o proveen equipamiento para este sector emergente. La tendencia al despliegue móvil amplía el campo de explotación del sector de la televigilancia en los siguientes sentidos:

- Los costes de instalación de una cámara de televigilancia con acceso móvil son muy bajos: no es preciso efectuar ningún cableado.
- La televigilancia móvil es la única opción en entornos protegidos o con restricciones a la instalación de infraestructura de comunicaciones: por ejemplo, parques naturales o zonas de obras.
- Es posible disponer de sistemas de televigilancia relocalizables, instalados en el sitio que más interese en cada momento (por ejemplo, la televigilancia en la ciudad).

Las limitaciones de ancho de banda que supusieron un obstáculo infranqueable en el pasado no son en la actualidad tan restrictivas, con redes de datos que pueden proporcionar unas decenas de kilobit por segundo. Aunque en muchos casos es difícil igualar los niveles de fiabilidad de las instalaciones convencionales, la popularidad de la televigilancia móvil va en aumento. En otras ocasiones, la tecnología móvil se aprovecha del hecho de que permite el acceso del cliente al sistema independientemente de donde se encuentre éste. Así, algunos sistemas permiten la visualización de una cámara de televigilancia (fija o móvil) desde una PDA o un teléfono móvil de altas prestaciones. El estándar del

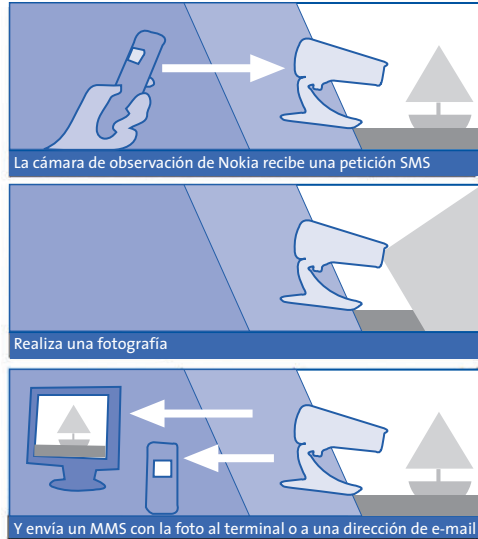


Figura 4-11:
Funcionamiento del
modelo Nokia
Observation Camera

3GPP de transmisión de vídeo para redes 3G proporcionará en el futuro inmediato una plataforma razonablemente estándar sobre la cual desarrollar sistemas de visualización remota de imágenes.

Los servicios de televigilancia móvil más frecuentes son:

- Las redes de televigilancia en exteriores: parques naturales, vigilancia de calles, infraestructuras viarias.
- La monitorización de tráfico. En este caso, es importante la movilidad del sistema por cuanto permite desplegarlo en el punto que interese en cada momento (retenciones, accidentes).
- La monitorización de obras y trabajos públicos.
- Los autobuses y el transporte público.
- Los sistemas de *backup* de las redes de televigilancia fija. Dado el bajo coste de despliegue, en ocasiones se requiere un sistema de televigilancia sobre tecnología móvil como complemento a otro preexistente con tecnología convencional.
- Los sistemas personales de televigilancia casera.
- Los subsistemas de acceso móvil a cámaras de televigilancia (ver la Figura 4-11). Estos subsistemas permiten monitorizar las imágenes de una cámara de televigilancia desde un dispositivo móvil (una PDA o un teléfono de altas prestaciones).

4.2.4. Transporte

El sector de la logística, por su propia naturaleza, se beneficia enormemente de las posibilidades brindadas por las tecnologías móviles para la comunicación entre agentes en ruta y dispersos geográficamente. En la actualidad, es completamente usual que los inventarios de almacén de una empresa se actualicen en tiempo real usando PDAs con acceso móvil, por ejemplo.

Además, las empresas de transporte y logística trabajan en un entorno operacional complejo, con múltiples posibilidades para la optimización de procesos: en última instancia, las tecnologías móviles no redefinen este marco operacional, pero sí ayudan a hacerlo más competitivo. En este sentido, los servicios de transporte y logística han adoptado con prontitud las nuevas tecnologías de movilidad surgidas en los últimos años, como son:

- Las comunicaciones de datos 2,5/3G. En los últimos años de la década de los 90, gran parte de los operadores móviles de Europa, Norteamérica y Japón han desplegado redes móviles de comunicaciones de datos con anchos de cobertura nacional. Aunque el ancho de banda ofrecido es bajo comparado con las redes fijas convencionales (hasta 50 kbit/s), la posibilidad de conectarse a los sistemas de gestión de la empresa ubicuamente desde dispositivos móviles tipo PDA o terminales telefónicos ha tenido un impacto inmediato en las operaciones de control de inventario, reparto, etc. Las redes 3G amplían aun más estas posibilidades, pues permiten la transferencia de contenidos más ricos, como por ejemplo fotografías u otros objetos multimedia.
- Las redes inalámbricas no celulares como WiFi, que, a menudo en conjunción con las redes celulares, sirven para dotar de cierta autonomía a los trabajadores y supervisores en un entorno relativamente reducido como un almacén.
- La red móvil, que cuenta con la facilidad de localizar la posición geográfica de un terminal telefónico basándose en la información provista por las estaciones base del entorno. Esta facilidad se explota en sistemas de gestión de flotas, pues permite monitorizar en tiempo real la distribución de las unidades de transporte de una empresa.
- Las tecnologías basadas en voz sobre IP o análogas, que también permiten reducir los costes de comunicación en empresas de logística donde los distintos empleados típicamente están dispersos a lo ancho de un país o de un continente. Recientemente está tomando fuerza la tecnología celular *push-to-talk*, que simula básicamente las capacidades de una estación de radiotransmisión de carretera, sin las limitaciones de entorno cercano de ésta.

Como se ha descrito, el sector logístico depende crucialmente de las tecnologías móviles para hacer más efectivos procesos operacionales previamente existentes (ver la **Figura 4-12**). En el ámbito de este sector concurren otro tipo de servicios que no están directamente relacionados, pero que presentan numerosas concomitancias, como, por ejemplo, los servicios de comercio electrónico, *machine to machine*, tele vigilancia, etc.

4.2.5. Seguros

Las compañías aseguradoras pueden ver en la aplicación de la tecnología móvil una potente herramienta para el desempeño de sus actividades. Poder rea-

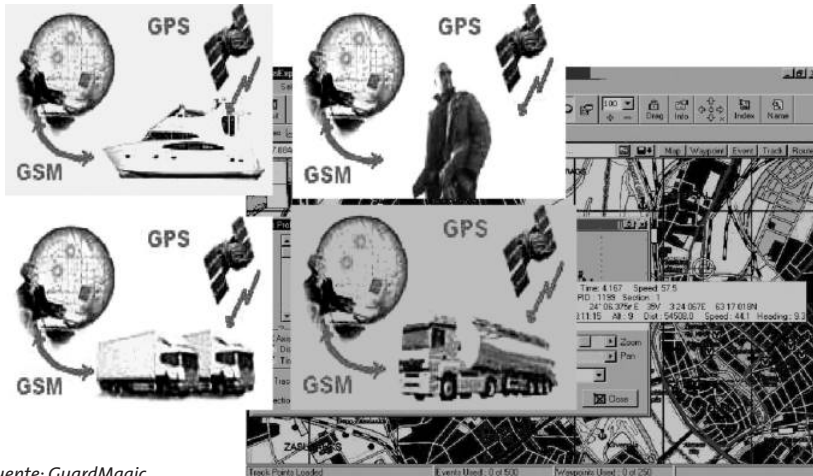


Figura 4-12:
Algunos ejemplos de
seguimiento y
localización

Fuente: GuardMagic

lizar la gestión de trámites de manera *online*, disponer de toda la potencia y funcionalidad de su infraestructura de sistemas con independencia de la ubicación, limitar la necesidad de introducir información de manera manual, o poder tramitar solicitudes in situ, son sólo algunas de las ventajas que potencian su uso.

Todas estas características en conjunción con la disponibilidad de terminales móviles avanzados, con potentes capacidades gráficas, con la incorporación de cámaras fotográficas de mayor resolución, de periféricos con costes reducidos como impresoras y escáneres, y con la disponibilidad de altas velocidades de acceso a través de GPRS y UMTS, habilitan un desarrollo del negocio sin restricciones.

Algunos ejemplos de servicios en los que la movilidad puede aportar ventajas en las compañías aseguradoras son:

- El servicio de seguimiento de siniestros y gestión de calidad, donde los procesos de comunicación se automaticen y permitan el alta de partes, la asignación de peritación y el envío de notificaciones que avisen de cambios en el estado de un parte a los diferentes agentes involucrados (asegurados, peritos, etc.). Disponer de terminales con cámaras incorporadas permitiría poder disponer de evidencias visuales asociadas a los partes.
- El servicio de notificaciones que informen de modo masivo a los asegurados (o a grupos selectivos) de cambios en la legislación vigente, o de cuando va a expirar su póliza y el coste de la renovación, o del término de un determinado trámite.
- El servicio de proximidad, mediante el cual se localiza al usuario y se le da información georreferenciada de los talleres concertados más cercanos (con teléfono de contacto, dirección, horario de apertura, y si dispone de grúa) y que le pueden prestar un servicio más rápidamente.
- El servicio asociado a la movilidad del cliente, que permita la evolución a un modelo de “pago por uso” basado en ofertar seguros con una parte del coste variable, en función del uso del coche (horario, kilometraje,

zonas de riesgo, kilómetros seguidos en un periodo de tiempo). El coche dispondría de un sistema GPS o bien de un sistema de triangulación basado en localización. Adicionalmente permitiría poder localizar vehículos en situaciones de siniestro o robo.

- El servicio de oficina móvil para los agentes de seguros, de modo que a la hora de visitar a potenciales clientes, puedan consultar de modo *online* toda la información asociada al contrato, e incluso puedan obtener copias impresas mediante el uso de impresoras portátiles.

Sistema e-peritaje de Telefónica I+D

El “Sistema e-peritaje”, desarrollado por Telefónica I+D, cubre los procesos de gestión de partes e incidencias, automatizando y dotando de movilidad las relaciones entre los diferentes agentes involucrados (clientes, gestores y peritos). Sus principales características son:

- *Su adaptación al dispositivo.* Una misma lógica de negocio es adaptada a diferentes dispositivos de acceso (PC, PDA, teléfono móvil, etc.) sin coste adicional.
- *La integración entre canales de comunicación.* El servicio hace un uso integrado y transparente de diferentes canales de acceso (navegador, SMS, *e-mail*).
- *Explota las últimas capacidades tecnológicas.* Al hacer uso de GPRS, dispone de una alta velocidad a la hora de acceder y transferir información, lo que permite realizar una completa gestión *online*, con un sustancial ahorro de tiempo.
- *La mejora en la calidad de servicio.* El servicio automatiza todo el proceso de gestión, manteniendo constantemente informado al asegurado del estado de su incidencia, mediante notificaciones SMS o *e-mail*.
- *Explota las características avanzadas del terminal.* El servicio hace uso de formularios intuitivos, dispone de cámara integrada, capacidades de mensajería, etc.

4.2.6. Comercio electrónico móvil (“m-commerce”)

La inmersión de la sociedad en las tecnologías de la información a través de Internet ha propiciado un cambio en la concepción del negocio, ya que las empresas han encontrado un importante marco para desenvolver el negocio sin limitaciones horarias y con un sustancial ahorro de coste basado en la autogestión de los clientes.

Dentro de este marco, el sector bancario ha sido probablemente el sector que mejor ha sabido enfocar y potenciar este canal de comunicación y negocio con sus clientes, mediante la banca digital. La práctica totalidad de los bancos y cajas de ahorros españoles han dado el salto a la Red en busca de nuevos canales de distribución para llegar hasta sus clientes con nuevos servicios bancarios mejorados y personalizados.

En una sociedad en la que el número de usuarios de telefonía móvil supera con creces al de usuarios de Internet e incluso al de abonados de líneas fijas, este canal está cobrando cada vez mayor importancia, y los bancos ya se encuentran inmersos en la cadena de valor.

Dentro de las posibilidades de uso de la tecnología móvil, aparte de potenciar el terminal como elemento de autogestión, abre otras alternativas como la seguida por Wincor Nixdorf, empresa que suministra tecnologías para banca y distribución, que recientemente ha presentado el primer cajero automático con UMTS. Al no necesitar cables, estos nuevos cajeros se podrán instalar en cualquier parte y también se podrán trasladar, por lo que se podrán ubicar de forma temporal en ferias, barcos, estaciones de esquí o en lugares de vacaciones.

Diversos ejemplos de servicios en los que la movilidad puede aportar ventajas en el comercio electrónico son:

- *El servicio de proximidad.* Permite la localización del usuario y la presentación de información georreferenciada de los cajeros o sucursales.
- *El servicio de notificaciones.* Proporciona información sobre las transacciones que superen un límite, las subidas de acciones, las notificaciones de ventas, el estado de la cartera de valores, etc.
- *El servicio de gestión de valores de mercado.*
- *El servicio de verificación de transacciones.* Permite ampliar el modelo a dos tipos de transacciones bancarias: las confiables, que son aquellas en las que el usuario ha dado su consentimiento y no necesita verificación, y las no confiables, que son aquellas en las que el usuario debe dar su validación *online* para aceptar el pago o el cobro.
- *El servicio de herramientas de trabajo colaborativo para "brokers".* Consta de varios sistemas de intercambio de información (*desktop* compartido) integrados entre varios canales (web, pda, móvil) que permiten intercambiar información (por ejemplo: notas, información de última hora, gráficas, etc.).
- *El servicio de pago de taxi vía móvil.* Mediante este servicio el taxista dispone de un terminal *Taxitronic*, en el que introduce el número de teléfono del cliente; instantes después, éste recibe la notificación del cargo que se le va a efectuar y lo autoriza con su número secreto personal, recibiendo luego confirmación con un mensaje de texto en su móvil. Este servicio está disponible actualmente para Radio Teléfono Taxi y Radio Mercedes Madrid a través de Mobipay.
- *El servicio de cajas de seguridad digitales.* Permite ampliar el concepto de cámara de seguridad a los bienes digitales.

En el entorno móvil actual existe una gran variedad de métodos de pago (tarjeta de crédito o débito, pago desde el móvil, tarjeta prepago, etc.), pudiendo el usuario seleccionar el que más se adecue a sus necesidades.

Los sistemas de pago en el entorno móvil podrían enmarcarse dentro de los siguientes grupos de facturación:

- *La facturación basada en un sistema de cartera electrónica prepago.* El usuario, para poder utilizar los servicios móviles, deberá comprar a

priori “créditos”, que se almacenarán en su cartera electrónica. Dichos créditos representan una moneda virtual que podrá gastarse en el uso de servicios; cada vez que el usuario utilice un servicio se le descontará de su cartera electrónica el número de créditos correspondientes al servicio. Una vez que haya gastado todos sus créditos, deberá realizar una nueva compra para recargar su cartera electrónica y poder seguir utilizando los servicios.

- *La facturación directa.* Mediante un sistema de facturación directa, se les ofrece a los usuarios una interfaz con pasarelas bancarias externas, pudiendo por tanto cobrarles directamente por los servicios que se les ofrece. Este tipo de facturación suele utilizarse para la compra de bienes físicos.
- *La facturación mixta.* Es un sistema de facturación que soporta los dos tipos de facturación anteriores.
- *La facturación de servicios premium.* Los servicios que utilizan este medio de pago son facturados por la operadora de telefonía móvil. La operadora cobra al usuario directamente en su factura telefónica en el caso de los teléfonos con contrato, o descontando de la tarjeta en los teléfonos prepago. Un porcentaje del coste del servicio es abonado por la operadora al proveedor del mismo. Dentro de este mecanismo de pago existen dos alternativas denominadas:
 - a. *WAP premium.* En este tipo de servicios, cuando el usuario llega a un contenido *premium* navegando mediante WAP, la operadora presenta entonces al usuario una página para solicitar la autorización del pago por ese contenido de valor añadido. Cuando el usuario acepta el cobro se tarifica el servicio.
 - b. *SMS premium.* Mediante este segundo tipo de servicios, el usuario envía un mensaje corto a un número definido como *premium* y recibe un mensaje de respuesta por parte del proveedor del servicio. En este caso, el primer mensaje es facturado por la operadora con un coste mayor que el mensaje normal, y el proveedor del servicio recibe un porcentaje del mismo.

4.2.7. Sanidad

Uno de los problemas con que se enfrentan los sistemas sanitarios públicos es el alto coste de los procesos asistenciales. Los nuevos tratamientos suponen gastos elevados y requieren una optimización de recursos humanos y materiales. En este contexto, el uso de las tecnologías de la información proporciona una nueva forma de atención socio-sanitaria, cuyos beneficios tanto económicos como de atención al paciente y su familia han de ser objeto de evaluación. La movilidad aparece, en este sentido, como una herramienta básica para permitir el acceso a la información allí donde se necesita.

El empleo de servicios de comunicación como la mensajería SMS o MMS permite aportar valor a los distintos agentes implicados en el sector sanitario:

empresas farmacéuticas, hospitales, organizaciones sanitarias, profesionales y pacientes. El envío de fotografías y vídeos podría tener un uso médico entre los profesionales del sector, permitiendo, por ejemplo, el envío de imágenes de un paciente con algún tipo de patología dermatológica.

En cualquier caso, la utilización de la mensajería móvil sin imagen ni sonido ya ha encontrado hueco en muchos hospitales. Por ejemplo, la Fundación Hospital Manacor ya cuenta con un sistema para interactuar con la red de información hospitalaria para acceder *online* a información sobre listas de espera, visitas de urgencias, camas disponibles o cualquier otro dato útil para la toma de decisiones en cualquier momento [4.4].

El envío de mensajes cortos a través del teléfono móvil es una tecnología efectiva para recordar las pautas de vacunación a los viajeros. El cumplimiento de las dosis en las vacunas de hepatitis A+B y de la A se incrementa hasta un 50 por ciento en los que reciben estos recordatorios, según un estudio impulsado por el Centro de Vacunación Internacional del Hospital Clínico de Barcelona y publicado en *Preventive Medicine* [4.5].

Ya están en marcha proyectos que se desarrollarán en los próximos años que unen a la ubicuidad en el acceso a la información, terminales potentes y de peso reducido, equipos inalámbricos de medida de constantes vitales y redes cada vez más integradas para la provisión de estos servicios. Algunos de estos servicios son:

- *La historia clínica de emergencias.* Permite que la historia clínica con los datos básicos de salud (administrativos, demográficos, alergias, medicación, antecedentes, enfermedades crónicas, etc.) esté accesible desde cualquier terminal en cualquier momento.
- *La teleasistencia domiciliaria.* Permite el seguimiento de pacientes o colectivos vulnerables mediante videoconferencia. Se pueden proveer ayudas médicas (medición de constantes vitales o control con cámara remota) o domóticas (control de presencia, actuadores, alarmas, etc.).
- *La agenda de paciente.* Permite el envío de datos referentes a actividades que debe llevar a cabo el paciente para mantener o mejorar su estado de salud (medicación, citas y revisiones, controles periódicos, campañas, etc.).
- *Los protocolos sanitarios o vías clínicas.* Mediante estos protocolos se establece un mecanismo para asegurar la calidad y la eficiencia en el uso de los recursos médicos. Los diferentes aspectos involucrados (tratamientos, medicación, pruebas diagnósticas, etc.) se establecen mediante terminales que permiten trabajar a pie de cama.
- *Las ambulancias de soporte vital básico teleasistido.* Se provee a la ambulancia de una unidad portátil dotada de los equipamientos y tecnologías adecuadas para proporcionar una comunicación inmediata e integral, mediante videoconferencia, entre la unidad de soporte vital básico teleasistido y un médico que se encuentra físicamente alejado (en el centro de control), y con recepción en tiempo real de las constantes vitales y datos de monitorización del paciente.

La utilización de plataformas móviles para la gestión de los pacientes que han de acudir a las consultas médicas es una experiencia casi residual en los hospitales españoles, pero que ha reportado muy buenos resultados en los centros donde se han usado. Los casos más significativos son los de los hospitales Carlos Haya, de Málaga, y Son Llátzer, de Palma de Mallorca, donde su implantación ha supuesto que se cumpla con casi el 80 por ciento de la agenda prevista, con los beneficios que eso supone.

Pero ésta no es la única utilidad de los SMS, ya que también se suelen utilizar para informar al cuerpo médico del estado del hospital. En Son Llátzer, por ejemplo, los jefes de servicio reciben a primera hora de la mañana en sus teléfonos móviles un mensaje que les informa del estado del centro y de su servicio: camas libres, camas ocupadas, altas y consultas previstas. Con esta información pueden planificar mejor su actividad diaria [4.5].

4.2.8. Administración Pública

Las Administraciones Públicas no son ajenas a este movimiento tecnológico de la movilidad. Cada vez se impulsa más el concepto de “ventanilla virtual” en todos los departamentos públicos.

Mientras el portal de acceso a Internet de la Administración permite ofrecer servicios y contenidos a la sociedad, y se convierte en un escaparate al público, los servicios basados en el concepto de movilidad facilitan el trabajo tanto al personal funcionario como a los ciudadanos.

La posibilidad de ofrecer diversos servicios en cualquier lugar (sin tener que desplazarse a las oficinas de la administración) facilita las labores para los ciudadanos. Asimismo, los servicios basados en la movilidad permiten la agilización de algunos procedimientos que pueden ser más costosos si se realizan de forma tradicional.

Algunos ejemplos de servicios en los que la movilidad ofrece una ventaja sustancial en las Administraciones Públicas son:

- El envío y pago de multas de tráfico.
- La presentación de la declaración de la renta.
- La recepción de información local y nacional de interés público.
- El intercambio de documentos oficiales.
- El padrón municipal.
- El censo electoral.
- El voto electrónico.

Para las Administraciones Públicas, la movilidad de sus servicios puede ser un canal que les permita ahorrar costes, mejorando la prestación del servicio y aportando una mayor comodidad y un ahorro de tiempo y dinero para el ciudadano. A finales del año 2003 había más de 300.000 personas que disponían de un certificado electrónico, el cuál permite la identificación, la firma de las transacciones y la garantía de integridad de los documentos. La Administración Electrónica será uno de los motores más importantes para el desarrollo de la Sociedad de la Información en los próximos años.

Recientemente, varios gobiernos han apostado por la accesibilidad a los sistemas de información de las administraciones desde cualquier lugar. Los objetivos principales de esta iniciativa son:

- Acercar la Administración Pública al ciudadano mediante iniciativas como la movilidad.
- Compartir medios y tecnología con la ciudadanía.
- Acometer los cambios entre los funcionarios para optimizar el uso de la tecnología y facilitar con ello la comunicación con el ciudadano.
- Impulsar el software libre como elemento de estandarización de la sociedad de la información, para conseguir que las tecnologías y la comunicación estén al alcance de todos con independencia de su lugar de residencia y su poder adquisitivo.

Para conseguir estos objetivos, se está fomentando la accesibilidad fija e inalámbrica en todo el territorio nacional, de forma que todos los ciudadanos puedan trabajar con las administraciones de una forma remota. Determinadas iniciativas como la firma electrónica implantada por el Gobierno acercan día a día esta tecnología a los ciudadanos.

4.2.9. Servicios domóticos

Las nuevas tecnologías de la información han encontrado un ámbito de explotación particularmente fructífero en el campo de la domótica (ver la **Figura 4-13**), contribuyendo a mejorar la calidad de vida del ciudadano en general, y en particular la de los colectivos discapacitados, que con frecuencia dependen de forma muy importante de estos avances domóticos.

Aunque en general los servicios domóticos se basan en tecnologías de comunicación fija, en algunos casos las tecnologías móviles también juegan un papel en este sector. Entre estos servicios cabe citar los siguientes:

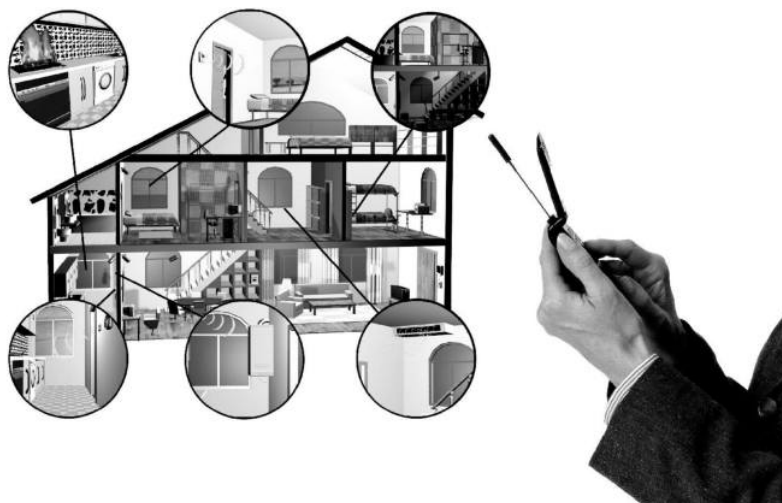


Figura 4-13:
Control móvil del
equipamiento domótico
del hogar

- *El control remoto del hogar.* Algunas instalaciones domóticas permiten el acceso y control remoto del equipamiento del hogar, típicamente mediante tecnologías de alta disponibilidad como WAP. Estos servicios ofrecen al usuario información acerca del estado de la instalación domótica y permiten, mediante un menú simple basado en herramientas de navegación, controlarlos desde el teléfono móvil (por ejemplo, para encender la calefacción antes de llegar a casa.) En algunos casos, la operación del equipo domótico se efectúa mediante mensajes cortos.
- *Las alarmas del hogar.* Consisten en sistemas de notificación de eventos anormales detectados por el equipamiento domótico del hogar (detección de fugas de gas, agua, fuego o humo), y la realización de acciones preventivas automáticas (cierre de la llave de agua principal, apertura de persianas, etc.). Aunque existen métodos de notificación no móviles (el correo electrónico, por ejemplo), las alertas basadas en SMS presentan la ventaja indudable de su ubicuidad y la garantía de recepción inmediata por parte del usuario.
- *La teleasistencia básica.* Otros servicios relacionados directamente con la gestión digital del hogar son los de teleasistencia. Se trata de servicios de prestación de ayuda a personas con necesidades especiales, bien sean discapacitados o personas mayores, basados en mecanismos de comunicación. En el caso más sencillo, estos servicios suelen contar con equipamiento complementario dentro de la vivienda, como pueden ser alarmas, de las denominadas “botones de pánico” (en forma de pulsera o collar) que el usuario acciona cuando se siente en peligro, o teléfonos “manos libres” que permiten hablar aunque se esté físicamente lejos de ellos. La tecnología de transporte de estos servicios es en algunos casos móvil.

En el futuro cercano, con la expansión de las redes celulares de banda ancha 3G, los servicios domóticos se verán muy potenciados con posibilidades de vigilancia y transferencia de objetos multimedia, tales como recepción en el móvil de las imágenes que toman las cámaras situadas dentro de la vivienda, o imágenes pregrabadas, o imágenes obtenidas cuando salta una alarma, etc.

4.2.10. Servicios de telemedida y telecontrol de dispositivos

Los servicios de telemedida y telecontrol de dispositivos en las redes móviles surgen de la necesidad de satisfacer la demanda de comunicación con máquinas remotas existente en sectores industriales, de distribución, transporte, seguridad, etc. Aunque la comunicación remota se lleve a cabo por medio de la red móvil, las tecnologías inalámbricas locales pueden desempeñar un factor importante ya que pueden disminuir los costes de estos servicios, complementando a la red móvil en entornos en los que exista un grupo de máquinas próximas entre sí.

Algunos ejemplos de aplicación exitosa de la tecnología móvil en este tipo de servicios son:

- **La gestión remota de máquinas de “vending”.** La operación de una máquina de *vending* involucra el control y reemplazamiento de su *stock* así como la recaudación del dinero. En empresas con máquinas de *vending* dispersas geográficamente, los costes logísticos de atención al parque son onerosos, y están sujetos a fluctuaciones en el consumo de los usuarios difícilmente predecibles. Existen numerosos servicios con el objetivo de optimizar los desplazamientos físicos a la máquina de *vending*, como módulos de alerta por disminución de *stock* o gestores remotos de la máquina basados en GPRS/UMTS.
- **La operación remota de estaciones de telefonía móviles.** El parque de estaciones base de un operador móvil es notablemente disperso, y con frecuencia se ubica en localizaciones de difícil acceso, por lo cual la propia tecnología móvil puede facilitar la operación de dichos sistemas de forma remota.
- **La lectura remota de contadores.** Los contadores de agua, electricidad, gas, etc., de una empresa de servicios deben ser revisados con cierta periodicidad, lo cual acarrea unos costes importantes en desplazamientos de personal. Existen módulos de lectura remota asociados a un contador o a un grupo de ellos que permiten acceder a los valores de consumo mediante mensajes cortos o por tecnología GPRS.
- **La señalización en carretera.** Las carreteras están dotadas de numerosos sistemas de monitorización y señalización que conllevan unos gastos notables de mantenimiento (ver la **Figura 4-14**). En algunos casos se instalan dispositivos con equipamiento de acceso móvil (típicamente, mediante la red de datos GPRS), con una notable reducción en los gastos de instalación frente a los basados en redes fijas de cable. En otras ocasiones, el acceso móvil se provee de forma secundaria como acceso de *backup* en caso de que las comunicaciones fijas se interrumpan.

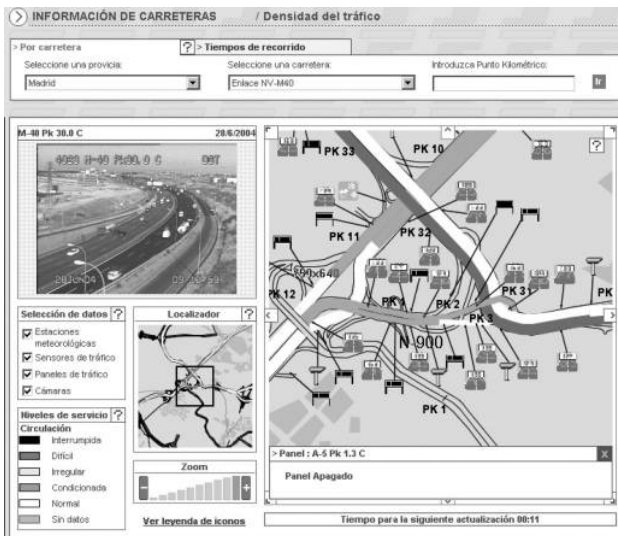


Figura 4-14: Sistema de información sobre carreteras de la DGT

También existen otras aplicaciones, como el sistema CLEDOS de control remoto del acceso físico, que simplifican el proceso de entrada a los edificios. El usuario se identifica mediante USSD y Bluetooth con objeto de acceder al edificio, de forma que no es preciso el uso de llaves u otros dispositivos físicos similares.

4.2.11. Fuerza de ventas

La movilidad para la fuerza de ventas ofrece facilidades en varios campos, como la toma de pedidos, que hace este proceso más ágil y eficiente. La disponibilidad de este tipo de servicios permite que los empleados, por medio de una simple aplicación, puedan hacer un exacto seguimiento del proceso de venta.

Las operadoras, mediante sus servicios de conectividad, localización y mensajería, pueden proporcionar a la fuerza de ventas la posibilidad de realizar consultas *online* de las rutas diarias, o de la información relativa a productos (*stocks*, tarifas, etc.) o clientes (estado de riesgo, pedidos pendientes, etc.), agilizando el rendimiento del equipo comercial de cualquier organización, ya que dispone de todos estos servicios y datos sin necesidad de volver a la oficina.

Algunas de las principales aplicaciones de cualquier oficina se pueden presentar de una forma sencilla gracias a los dispositivos móviles e inalámbricos actuales. Algunos ejemplos de aplicaciones interesantes para poder consultar en cualquier lugar son:

- La gestión de la cadena de suministros.
- La gestión y justificación de gastos y viajes.
- La elaboración de presupuestos.
- La creación y distribución de catálogos.
- La relación con los clientes (CRM).
- La planificación de los recursos de la empresa (ERP).

La disponibilidad total de los sistemas de la empresa se ha convertido en parte fundamental de la competitividad, y las compañías han empezado a reestructurarse para permitir a su fuerza de ventas, logística o administrativa, llevar a cabo desde cualquier lugar las operaciones que antes sólo se podían realizar en un PC de la oficina.

Como resumen, se puede afirmar que si una empresa realiza cualquier clase de operación que implique algún tipo de labor de campo, la adopción de las aplicaciones móviles le permite:

- Realizar las correspondientes operaciones en tiempo real desde la oficina de sus clientes.
- Garantizar una gestión más eficiente de la información y de ciertos procesos corporativos.
- Mejorar la calidad del servicio para el cliente al reducir los tiempos de entrega y de procesamiento de la información.
- Incrementar la eficacia y coordinación de los equipos de ventas o de trabajo de campo.

- Facilitar el control de los procesos, el personal y la organización.
- Reducir los costes administrativos al descentralizar las operaciones.

4.2.12. Teletrabajo

El desarrollo de las tecnologías de la información y de las telecomunicaciones está favoreciendo y facilitando la implantación del trabajo a distancia, denominado también teletrabajo. La movilidad forma una parte importante en este avance laboral.

Entre los avances que conlleva la movilidad asociada al puesto de trabajo, hay que destacar el ahorro de tiempo, dinero y energía. Otro aspecto positivo es que la movilidad puede ayudar a incorporar al mercado laboral a personas con discapacidad física, y también puede ser útil para equilibrar el territorio y evitar la despoblación progresiva de unas determinadas zonas rurales. Además, aumenta la calidad de vida y ofrece nuevas oportunidades de trabajo.

Para que un empleado pueda realizar en su hogar el mismo trabajo que el desarrollado en su oficina es necesario dotar al puesto de trabajo de una serie de tecnologías que lo permitan. La oferta de servicios que ofrece la movilidad permite que cualquier empleado pueda realizar su trabajo en diversos lugares, facilitando la conciliación entre la vida personal y profesional.

Al igual que en la fuerza de ventas, la movilidad permite ofrecer el teletrabajo de una manera totalmente compatible y fiable.

Diversos organismos y foros de estandarización están trabajando en aspectos relacionados con la movilidad en las telecomunicaciones. Organizaciones históricamente conocidas por sus normas para comunicaciones no móviles, como IEEE o IETF, o de nuevo cuño, como OMA, se unen a entidades tradicionalmente ligadas a la estandarización de las tecnologías móviles, como ETSI y su proyecto 3GPP. Los distintos grupos colaboran, desarrollando cada uno la parte del sistema que es su especialidad. Por ejemplo, el servicio PoC sobre redes UMTS o GSM se basa en documentos de 3GPP, OMA e IETF.

En esta sección se explora la actividad de estandarización de los diferentes grupos de normalización, desde el punto de vista de la evolución de las redes móviles actuales y su confluencia con las redes fijas de datos y con otros tipos de accesos inalámbricos.

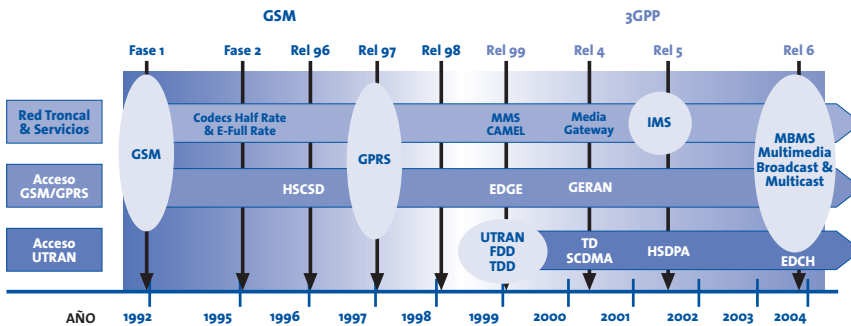
5.1. 3GPP

3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) [5.5] es el principal foro de estandarización de un sistema móvil 3G. No tiene entidad legal, es un proyecto común de sus socios, y está formado por ETSI en Europa, ATIS en EE.UU., ARIB y TTC en Japón, TTA en Corea y CCSA en China.

3GPP representa un acuerdo de colaboración entre organismos de estandarización y otras entidades relacionadas para producir las especificaciones técnicas relativas a:

- Un sistema 3G basado en una red troncal GSM/MAP evolucionada y en el acceso radio UTRA.
- La evolución del acceso radio GSM/GPRS/EDGE.

La estandarización en 3GPP es un proceso gradual, con continuas revisiones y evoluciones; 3GPP produce cada cierto tiempo un conjunto de documentos que constituye un estándar, que se conoce como “*Release*”. Esta forma de tra-



Multimedia Broadcast & multicast: Difusión multifusión multimedia

bajo, heredada de GSM, permite tener un sistema funcionando a la vez que se mejora y completa. 3GPP ha producido hasta el momento tres *releases* y está trabajando en la cuarta. La **Figura 5-1** muestra la evolución temporal y los hitos fundamentales, desde la primera versión de la norma GSM (Fase 1).

Las tres primeras *releases* de 3GPP [5.6] fueron:

1. *La Release 99*, que, en su modo FDD, es la base de las redes 3G hoy en servicio ("3", NTT DoCoMo) y que está en fase de despliegue en Europa.
2. *La Release 4*, que presenta una nueva interfaz radio desarrollada por el socio chino (CCSA), el modo TD-SCDMA, el cual es similar al modo TDD de la *Release 99* pero con diferente tasa de chip: 1,28 Mchip/s frente a 3,84 Mchip/s. En la red troncal se introduce la separación de los planos de señalización y usuario y el concepto *media gateway*. Desde el punto de vista de usuario, puede considerarse que esta *release* introduce cambios menores, ya que un terminal *release 4* no gozará de servicios o capacidades muy diferentes a las de otro de la *release 99*.
3. *La Release 5*, que introduce IMS (*IP Multimedia Subsystem*) y HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*). IMS permite soportar múltiples flujos multimedia con diferentes QoS, y utiliza el dominio de paquetes y el protocolo SIP para el control de sesión (para más detalle se puede ver el **capítulo 12**). HSDPA introduce en la red de acceso radio un nuevo canal descendente, compartido y de alta velocidad.

La introducción del nuevo acceso radio UTRAN no supuso el fin de la evolución de GSM. En la *Release 99*, EDGE supone un salto cuantitativo en cuanto a tasa de bit en la interfaz aire (hasta 384 kbit/s). La *Release 4* introduce el concepto GERAN, en el que se conserva la interfaz aire GSM/GPRS/EDGE, pero que en la red de acceso radio la interfaz Iu de UTRAN reemplaza a las interfaces A/Gb y se introduce el concepto de portadora radio (RAB).

De este modo, el estándar 3GPP define una red troncal (basada en MAP), dos posibilidades para la red radio (GERAN y UTRAN) y un conjunto de servicios independientes, en principio, de las redes de transporte.

Figura 5-1: Evolución de la estandarización de GSM/UMTS

La cuarta *release*, denominada *Release 6*, es la última producida por 3GPP, por lo cual se describe con más detalle a continuación.

5.1.1. 3GPP Release 6

Entre las múltiples mejoras y extensiones de la *Release 6* sobresalen las siguientes:

- *El servicio MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service)*

Es la funcionalidad más significativa de la *Release 6*. MBMS es un servicio de transporte, independiente de la aplicación, con un uso de recursos óptimo: en la interfaz radio los datos se transmiten una sola vez por canal común para todos los suscriptores de la célula, y en la red se utiliza una sola portadora. Se estandariza tanto para accesos radio UTRAN como GERAN. MBMS permitirá servicios de *streaming* y de descarga de archivos, localizados geográficamente, con control sobre la QoS y sobre la facturación. La recepción no está garantizada por la red de acceso; si es necesaria, deberá llevarse a cabo en las capas superiores. El modo *broadcast* es una transmisión unidireccional punto a multipunto a todos los usuarios del área de servicio. En lo que respecta al modo *multicast*, su diferencia está en que la transmisión se realiza sólo para los usuarios suscritos a un grupo *multicast*, y permite tarificación y facturación.

La implementación de MBMS requiere nueva funcionalidad en GGSN, SGSN, UTRAN, GERAN y UE, así como una nueva entidad funcional, el *Broadcast Multicast Service Centre (BM-SC)*, que proporciona las funciones MBMS.

En el plano de transporte, MBMS envía datagramas IP *multicast* desde la interfaz Gi (punto de entrada a la red) al terminal con una calidad de servicio especificada. En el plano de control, MBMS gestiona la activación del servicio, la autorización, el control de sesión y la gestión de recursos. La interfaz Gmb es el punto de entrada a la red para el plano de control. En la **Figura 5-2** se recogen los nodos involucrados en el servicio MBMS.

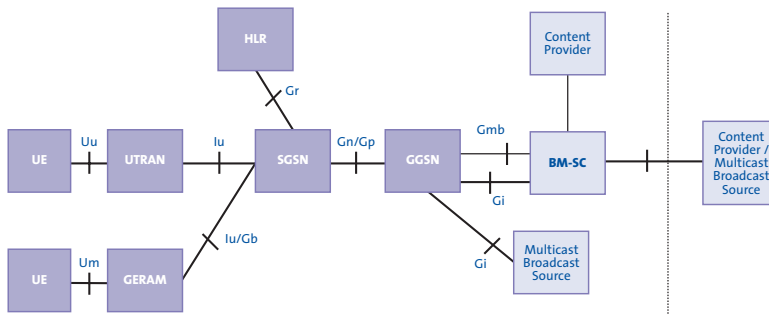
Las modificaciones en la interfaz aire de UTRAN (Um) se han reducido en lo posible. No se introduce un nuevo canal físico o de transporte, aunque a nivel lógico son necesarios dos nuevos canales descendentes:

- a. El canal *MBMS point-to-multipoint Control Channel (MCCH)*.
- b. El canal *MBMS point-to-multipoint Traffic Channel (MTCH)*.

Ambos utilizan el canal de transporte FACH, que a su vez se envía sobre el canal físico S-CCPCH. No se especifican canales ascendentes de control. Si es necesario un canal de retorno, las capas superiores deberán establecerlo a través del RACH o DCH.

- *El IMS (IP Multimedia Subsystem) Fase 2*

Parte de la funcionalidad original de IMS no fue completada a tiempo para ser incluida en la *Release 5*; se pueden destacar, por ejemplo, la gestión de grupos y los servicios de conferencia y mensajería.



Content Provider: Proveedor de contenidos
 Multicast Broadcast Source: Fuente de difusión/multidifusión

Figura 5-2:
 Nodos involucrados
 en la arquitectura del
 servicio MBMS

Por otra parte, se va a dedicar el esfuerzo necesario para la migración de los desarrollos de IMS basados en IPv4 a IPv6.

■ *La interoperabilidad WLAN-3GPP*

Seis escenarios han sido considerados en el estudio previo (3GPP TR 22.934), desde el caso más complejo, que consiste en la movilidad total con traspasos WLAN-celular, hasta el caso más simple, en el cual el usuario recibe una factura conjunta de los dos sistemas.

En el segundo de los escenarios, cuando se accede mediante WLAN, se realiza la autenticación, autorización y facturación a través de la red 3GPP, pero el acceso a Internet es proporcionado por el operador de WLAN.

El tercer escenario permite, además, acceder a través de WLAN a los servicios 3GPP de la red de paquetes proporcionados por el operador 3GPP, por ejemplo, MMS e IMS, que normalmente no están disponibles por Internet.

■ *La aplicación Push to talk over Cellular (PoC)*

Es una aplicación equivalente a las comunicaciones semiduplex de tipo "walkie-talkie". Está siendo estandarizada en OMA, pero utilizará el sub-sistema IMS de las redes 3GPP.

■ *El nuevo canal FDD Enhanced Uplink (E-UPCH)*

Se introduce un nuevo canal basado en el canal ascendente dedicado DCH, con técnicas ya probadas en HSDPA: *scheduling* en el Nodo B, corrección de errores con Hybrid-ARQ y tamaño de TTI (*Transmission Time Interval*) reducidos. Estas mejoras redundan en un menor retardo en la transmisión de paquetes y un incremento en la capacidad de la red.

■ *La introducción de Flexible Layer One (FLO) para GERAN*

FLO introduce el concepto de transporte, utilizado en UTRAN, en la capa física de GERAN. Con FLO, esta capa ofrece canales de transporte a la subcapa MAC. En un principio se definen sólo canales de transporte dedicados (DCH) para un solo MS, y se utilizan sólo los canales físicos DBPSCH. Cada canal de transporte tiene un flujo de datos con parámetros de QoS determinados, y varios canales pueden *multiple-*

xarse sobre un subcanal físico. También se introducen los conceptos de formato de transporte (TF), análogos a los empleados en la definición de los canales físicos de UMTS.

Este modo de operación permite mayor flexibilidad en la adjudicación de recursos, así como la alineación de las capas 2 y superiores de la interfaz radio de GERAN con UTRAN.

5.2. OMA

OMA (*Open Mobile Alliance*) [5.3] es un organismo de estandarización creado en junio de 2002, orientado a estandarizar servicios y aplicaciones móviles de manera independiente a la tecnología de transporte y acceso. Participan los principales operadores móviles, fabricantes de equipos de red y terminales, proveedores de servicios y contenidos, y compañías de tecnologías de la información de todo el mundo. OMA consolida e integra diversos grupos: *WAP Forum*, *Location Interoperability Forum* (LIF), *SyncML Initiative*, *MMS-IOP (Multimedia Messaging Interoperability Process)*, *Wireless Village*, *Mobile Gaming Interoperability Forum* (MGIF) y el *Mobile Wireless Internet Forum* (MWIF).

El objetivo último y principal de OMA es garantizar la interoperabilidad extremo a extremo de los servicios móviles, para lo cual OMA se centra en la especificación de una arquitectura de servicios con interfaces abiertas e independiente de la tecnología de redes móviles y sus plataformas.

Para proporcionar esta interoperabilidad extremo a extremo, los principios de OMA son los siguientes:

- Proporcionar productos y servicios basados en estándares abiertos.
- Disponer de una arquitectura y unas tecnologías que posibiliten servicios independientes del sistema operativo, de las tecnologías de acceso y de las plataformas de red.
- Disponer de una capa de aplicación independiente de las capas de transporte. De forma simplista se puede decir que la colaboración con 3GPP y 3GPP2 se realiza en los siguientes términos:
 - La estandarización de la red radio y la red troncal es tarea de 3GPP y 3GPP2.
 - La estandarización de aplicaciones es tarea de OMA.
- Proporcionar un interoperabilidad de servicios de manera transparente al usuario, pudiendo emplear diferentes tecnologías y modos de acceso.

OMA dedica considerables esfuerzos a especificar pruebas de interoperabilidad extremo a extremo y promueve eventos de pruebas (IOT) de las tecnologías que desarrolla. En particular, el servicio MMS, que en las primeras implementaciones resultaba decepcionante por las incompatibilidades entre redes o entre terminales, ha sido afinado por OMA estableciendo unas bases y requisitos mínimos de funcionamiento.

Además de las actividades de interoperabilidad, OMA trabaja en las siguientes áreas de especificación de servicios:

- *Multimedia Messaging Service (MMS)*. OMA continúa con las actividades de estandarización del servicio de mensajería multimedia con el objetivo de hacer converger los estándares especificados en 3GPP y 3GPP2. Dichas especificaciones y las baterías de pruebas desarrolladas en OMA se han seleccionado como base de los requisitos que el *Global Certification Forum* exigirá para certificar los terminales que incorporen clientes MMS.
- *Device Management & Client Provisioning*. OMA continúa la actividad que comenzó en SyncML con el fin de especificar protocolos y mecanismos que permitan la gestión (local o remota) de los terminales móviles y su provisión de parámetros de acceso a servicios.
- *Digital Rights Management (DRM)*. OMA especifica un mecanismo por el cual los contenidos quedan asociados a unos derechos de uso y a un usuario en concreto, de manera que el usuario no puede distribuir libremente los contenidos protegidos.
- *Mobile Broadcast Services (MBS)*. Se refiere a un amplio rango de servicios basados en comunicación "uno a muchos" que permite ofrecer servicios de difusión (por ejemplo, radio y TV digital) en el entorno móvil, que previsiblemente pueden crear nuevas oportunidades de negocio para los proveedores de servicio. Estos servicios se basarán en las tecnologías de *broadcast* y *multicast* digital existentes, como DVA-T/H, DAB y 3GPP/MBMS, y hará uso de canales de transmisión de alta velocidad que se espera permitan ofrecer contenidos de difusión a bajo coste.
- *Push to talk over Cellullar (PoC)*. Se trata de un servicio de comunicación semiduplex tecnológicamente muy similar al de voz sobre IP, que permite a los usuarios establecer comunicaciones inmediatas con uno o más interlocutores con un modelo de operación similar al de un "walkie talkie", simplemente presionando un botón en sus terminales móviles.
- *Content Screening*. Se encuentra en una fase temprana de desarrollo y su objetivo es analizar y clasificar el contenido (en apropiado, no apropiado o malicioso) antes de hacerlo disponible al usuario, posibilitando el "control parental" de acceso a determinados contenidos y evitando la exposición a posibles virus, correo basura o ataques externos.
- *Presencia y disponibilidad*. Permite que otras aplicaciones y servicios intercambien información sobre el estado, capacidades y localización de los usuarios y sus terminales de manera dinámica.
- *Instant Messaging*. Proporciona un conjunto universal de especificaciones para mensajería instantánea y servicios basados en información de presencia que se utilizan para intercambiar mensajes e información de presencia entre dispositivos móviles, servicios móviles y servicios de mensajería instantánea típicos de Internet (por ejemplo, MSN Messenger, IRC, etc.).

- *Standard Transcoding Interface*. OMA está especificando una interfaz estándar hacia plataformas de transcodificación que pueda ser utilizada por diversos servicios (navegación, mensajería, descarga de tonos, etc.), para adaptar el contenido a entregar al receptor en función de las capacidades y características de su terminal.
- *User Agent Profile*. Define el flujo extremo a extremo del perfil del agente de usuario entre el dispositivo y el servidor a través de los puntos de red intermedios, asegurando que la información de las capacidades del dispositivo esté disponible para las partes que la necesiten. Permitiendo, por tanto, que se pueda garantizar que el usuario receptor recibe el contenido de manera inteligible para él, de acuerdo a sus capacidades y a las características de entorno.
- *Browsing*. OMA ha seleccionado un subconjunto del entorno XHTML típico del ámbito de Internet fijo (*XHTML-Mobile Profile*) que incluye un soporte mínimo de hojas de estilo y ECMAScript.
- *Mobile Location Protocol (MLP)*. Se trata de un protocolo a nivel de aplicación que permite obtener la posición de los dispositivos móviles (terminales móviles, PDAs, etc.) de manera independiente a la tecnología de red subyacente. MLP sirve de interfaz entre el servidor de localización y el cliente de servicios de localización y define el conjunto básico de operaciones que debe ser capaz de soportar el servidor de localización.
- *Execution Policy Enforcement Management (EPEM)*. Describe un mecanismo para especificar las condiciones en que se pueden ejecutar otros servicios, definiendo perfiles de políticas de acceso y ejecución, convirtiéndose en un entorno de ejecución controlado, complementando la iniciativa Parlay que define unas interfaces que permiten acceso a una determinada funcionalidad.
- *Mobile Web Services*. OMA no aspira a desarrollar nuevas especificaciones que compitan con las existentes, sino a unificar dichos estándares y describir cómo aplicar la tecnología web services en su arquitectura de servicios móviles.
- *Mobile Commerce and Charging*. Proporciona estándares para transacciones comerciales seguras desde el móvil, también conocido como *m-commerce*, cubriendo las áreas de cargo, cobro y pago en la transacción electrónica. OMA ha establecido, hasta el momento, acuerdos con MPF, Mobey Forum y PayCircle y pretende ampliar su abanico de colaboración en este campo a Liberty Alliance Project, MeT, OASIS y Parlay, entre otros.

Hay que indicar finalmente, que OMA pone a disposición pública su plan de trabajo, detallando sus actividades de estandarización en servicios, su evolución y sus expectativas de progreso. Dicho plan de trabajo puede encontrarse en el sitio oficial de OMA [5.3].

5.3. 3GPP2

De forma similar a como se estableció 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) para la estandarización de GSM y UMTS, la estandarización de los sistemas cdma2000 se realiza a través de un proyecto de colaboración, sin entidad legal, que han establecido cinco organismos de estandarización:

1. ARIB, *Association of Radio Industries and Businesses* (Japón).
2. CCSA, *China Communications Standards Association* (China).
3. TIA, *Telecommunications Industry Association* (EE.UU.).
4. TTA, *Telecommunications Technology Association* (Corea).
5. TTC, *Telecommunications Technology Committee* (Japón).

También cuenta con dos representantes del mercado:

1. *The CDMA Development Group* (CDG).
2. *IPv6 Forum*.

El trabajo de preparación de las especificaciones técnicas se divide entre cuatro TSGs (*Technical Specification Groups*):

1. TSG-A (*Access Network Interfaces*).
2. TSG-C (cdma2000).
3. TSG-S (*Services and Systems Aspects*).
4. TSG-X (*Core Networks*).

3GPP2 ha ido produciendo distintas versiones de las distintas modalidades del estándar (1xRTT, 3xRTT, 1xEV-DO y 1xEV-DV), que están disponibles para su descarga gratuita en el portal del proyecto (www.3gpp2.org). Las características básicas de estos sistemas se han descrito de forma resumida en el **capítulo 3**.

5.4. IEEE 802

El *IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee* [5.7] desarrolla estándares para redes de área local (LAN) y metropolitana (MAN), fundamentalmente para las capas más bajas del modelo OSI. Los más conocidos son la familia 802.3 (*Ethernet*), *Token Ring*, y, más recientemente, *Wireless LAN*. IEEE [5.1] se organiza en grupos de trabajo (WGs) y sus miembros son personas individuales, no compañías.

5.4.1. El estándar IEEE 802.11

El estándar 802.11 [5.16] ha dado pie a la explosión de las redes de área local inalámbricas, denominadas comúnmente WLAN o WiFi.

La primera versión del estándar se publicó en 1997, resultado de dos grupos de trabajo, MAC (acceso al medio) y PHY (capa física). Posteriormente, IEEE 802.11 ha producido mejoras sucesivas encaminadas a aumentar la velocidad, adaptar la norma a nuevas bandas de frecuencia, e introducir calidad de servicio y mecanismos de seguridad o de gestión de recursos. Estas mejoras se reflejan en

Tabla 5-1:
Revisiones fundamentales
de la norma IEEE 802.11

Revisión	Título	Descripción
802.11	IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications	Estandar básico, define las capas MAC (control de acceso al medio) y PHY (capa física).
802.11b	Higher Speed Physical Layer (PHY) Extension in the 2,4 GHz band	WLAN, Wi-Fi.
802.11e	Medium Access Method (MAC) Quality of Service Enhancements	Mejora de la capa MAC actual para soportar Calidad de Servicio, con vistas a proporcionar aplicaciones como voz, audio o vídeo.
802.11g	Further Higher Data Rate Extension in the 2,4 GHz Band	Nueva capa física como extensión de 802.11b. Ya disponible comercialmente, alcanza 54 Mbit/s.
802.11i	Medium Access Method (MAC) Security Enhancements	Mejoras de los mecanismos de seguridad y autenticación de la capa MAC 802.11.
802.11k	Radio Resource Measurement of Wireless LANs	Esta revisión definirá las interfaces para proporcionar medidas de gestión de recursos radio a las capas superiores.
802.11n	Enhancements for Higher Throughput	Mejoras de las capas PHY y MAC de 802.11 para alcanzar tasas de bit de más de 100 Mbit/s.

las revisiones del estándar (802.11a, 802.11b, etc.). Por ejemplo, la revisión 802.11b aumenta la velocidad de los iniciales 2 Mbit/s a 11 Mbit/s, y es el formato más extendido de WLAN.

La **Tabla 5-1** recoge las revisiones fundamentales del estándar 802.11. La variante 802.11a, en la banda de frecuencia de 5 GHz, no ha alcanzado la misma popularidad al utilizar una banda que en algunas regiones no esta liberada.

La gran mayoría de los terminales WLAN utilizan la revisión 802.11b. Este estándar no especifica funcionalidades características de una red móvil como son traspasos, gestión de movilidad, gestión de recursos radio, autenticación, etc. Solamente las capas más bajas están especificadas, por lo que estas funcionalidades, si existen, son propietarias y rara vez interoperables. Por esta razón, el trabajo de los grupos 802.11i y 802.11k resulta particularmente interesante como evolución de las WLAN actuales hacia redes que permitan traspasos y condiciones de seguridad comparables a las redes móviles.

5.4.2. El estándar IEEE 802.15

Las redes inalámbricas de área personal (WPANs) [5.17] permiten comunicar entre sí teléfonos móviles, PDAs, PCs y otros aparatos a distancias cortas, de algunos metros. Bluetooth es la tecnología más conocida y disponible en todo tipo de equipos. Aunque fue desarrollada por un grupo de compañías, 802.15 ha adaptado y convertido Bluetooth en un estándar (IEEE 802.15.1) y desarrollado una nueva norma, IEEE 802.15.3 (denominada Zigbee), con mayores tasas de bit (hasta 55 Mbit/s) y menor consumo. Futuros desarrollos basados en técnicas UWB (*Ultra Wide Band*) apuntan a tasas de 100 Mbit/s o superiores, que permitirán vídeo y aplicaciones multimedia.

5.4.3. El estándar IEEE 802.16

Las redes de área metropolitana (WMAN) [5.18] se plantean como una alternativa a los accesos ADSL o de cable para empresas, fundamentalmente. Permiten un despliegue más rápido, económico y flexible. El grupo 802.16 ha producido un estándar de capa MAC que permite tasas de hasta 70 Mbit/s, funcionando sobre una capa física con múltiples variantes de frecuencia, desde 2 a 66 GHz. La revisión 802.16a se conoce popularmente como WiMax, y tiene equipos ya disponibles comercialmente.

5.4.4. El estándar IEEE 802.20

El grupo IEEE 802.20 [5.19], de reciente creación, parte del concepto de área metropolitana al que añade movilidad. Especificará, al igual que IEEE 802.16, las capas de acceso al medio y física en bandas de frecuencia inferiores a 3,5 GHz, con un objetivo de tasas superiores a 1 Mbit/s y una movilidad de hasta 250 km/h.

5.4.5. El estándar IEEE 802.21

El grupo IEEE 802.21 [5.20] estudia técnicas para permitir traspasos entre redes heterogéneas (IEEE 802.11/802.16/802.20 y UMTS o GPRS). El objetivo es un estándar que definirá mecanismos independientes del acceso al medio (capa 2). Estos mecanismos permitirán optimizar la detección y selección de los puntos de acceso y los traspasos, procesos que en todo caso son gestionados por entidades de las capas superiores.

5.5. IETF

IETF (*Internet Engineering Task Force*) [5.2] se define como un grupo de individuos dedicados a la evolución de las tecnologías de Internet. No tiene miembros ni cuotas, cualquier persona puede participar en sus reuniones. El producto de IETF son estándares, denominados RFC (*Request For Comments*), que recogen especificaciones relacionadas con Internet. Por ejemplo, IP, TCP, SMTP, PPP y ARP aparecieron como RFCs. De ellos, los denominados *Internet Standards* forman el subgrupo de documentos esenciales para el funcionamiento de Internet.

Actualmente, la orientación hacia arquitecturas “todo IP” a que se tiende en el mundo de la telefonía móvil trae consigo la reutilización de protocolos IETF. En particular, SIP (*Session Initiation Protocol*) es la base del subsistema IP multimedia (IMS) de 3GPP. Además, existen casi cien referencias a RFCs o *internet-drafts* en las especificaciones 3GPP [5.9], entre las que destacan las siguientes:

- *Diameter*: Es un protocolo que proporciona un marco de autenticación, autorización y registro de uso (*Authentication, Authorization and*

Accounting, AAA) para aplicaciones de acceso a redes, movilidad en redes IP y roaming [5.14]. Diameter es compatible con Radius. Se compone de una especificación base más una serie de especificaciones dependientes de la aplicación. Diameter se utilizará en las redes móviles 3GPP para autenticación en IMS, *charging* de IMS prepago e interacción con WLAN.

- *SIP (Session Initiation Protocol)*. Es un protocolo de señalización de la capa de aplicación que permite crear y gestionar sesiones con uno o más participantes [5.8]. Estas sesiones pueden ser llamadas de voz, multimedia, *streaming*, etc. SIP se basa en los nodos denominados servidores *proxy* para enrutar, gestionar la autenticación y autorización, y proveer los servicios. En 3GPP, SIP se ha adaptado ligeramente y es la base del subsistema IMS. Además del protocolo básico, múltiples RFCs e *internet-drafts* de IETF que extienden las funcionalidades de SIP se utilizan en 3GPP, principalmente para los servicios de presencia IMS.
- *EAP (Extensible Authentication Protocol)*. Define un marco de autenticación directamente sobre capas de enlace, WLAN por ejemplo, sin necesitar IP [5.15]. Diameter se implementa sobre EAP para permitir la autenticación en una red 3GPP a través de un acceso WLAN.

5.6. UIT

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) [5.11] forma parte de la red de organizaciones internacionales de las Naciones Unidas. Establecida en 1865 para facilitar el desarrollo internacional del telégrafo, su funcionamiento se basa en la cooperación entre el sector privado y los estados: sus miembros son gobiernos, organismos reguladores, fabricantes y operadores.

Las comunicaciones móviles de tercera generación reciben en la UIT el nombre de IMT-2000. Las actividades de la UIT en IMT-2000 abarcan la normalización internacional, que incluye el espectro de radiofrecuencias y la especificación de la red de acceso radio y troncal, la tarificación y facturación, y los estudios sobre aspectos de reglamentación y política. IMT-2000 cubre tanto comunicaciones móviles terrestres como por satélite.

Desde el punto de vista del acceso, IMT-2000 es un intento de armonización a escala mundial, con el resultado de una familia de sistemas de acceso radio (ver el capítulo 3). El proyecto IMT-2000 fue un importante acicate para el desarrollo de sistemas 3G, ya que diferentes organismos de estandarización regionales enviaron a la UIT propuestas que luego fueron desarrolladas en detalle en los distintos foros, como se muestra en la **Figura 5-3**.

Dentro de la UIT, los accesos radio IMT-2000 se normalizan en la recomendación UIT M.1457 [5.13]. Aprobada en el año 2000, la UIT ha producido sucesivas revisiones para incluir la funcionalidad que los foros de estandarización han añadido a sus especificaciones. La M.1457 no especifica los accesos radio en detalle, esto sería imposible en un solo documento. En su lugar proporciona una lista de referencias a las especificaciones originales.

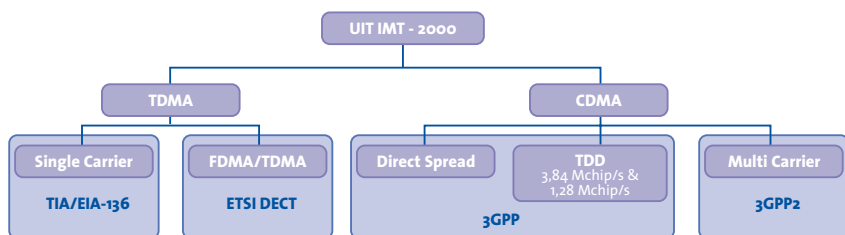


Figura 5-3:
Propuestas de sistemas
3G presentadas al
proceso de armonización
de la IMT-2000

Single Carrier: Portadora única
Direct Spread: Expansión directa
Multi carrier: Multiportadora

Los grupos UIT involucrados en IMT-2000 son los siguientes:

- *El grupo de desarrollo de las telecomunicaciones (UIT-D)*. Se encarga de realizar estudios y actividades, así como de prestar asistencia directa para fomentar la implementación de las IMT-2000 en los países en desarrollo.
- *El grupo de radiocomunicaciones (UIT-R)*. El grupo de trabajo WP8F del UIT-R se encarga del espectro de radiofrecuencias considerado en su conjunto y de los aspectos de radiocomunicaciones de las tecnologías englobadas en IMT-2000 y los sistemas posteriores. Adicionalmente, el grupo de trabajo WP8A se ocupa de los sistemas móviles anteriores a IMT-2000, y el grupo WP8D de los servicios móviles por satélite. Adicionalmente, el grupo WP8F ha comenzado a estudiar las posibilidades tecnológicas para sistemas posteriores a 3G.

- *El grupo de normalización de las telecomunicaciones (UIT-T)*. La Comisión de Estudio Especial del UIT-T sobre las tecnologías IMT-2000 y sistemas posteriores estudia los aspectos de red, lo que incluye la Internet inalámbrica, la convergencia de las redes móviles y fijas, la gestión de la movilidad, las funciones de servicios móviles multimedia, y la interoperabilidad. Además, se encarga de introducir mejoras en las recomendaciones vigentes del UIT-T sobre las IMT-2000.

Por otro lado, recientemente se ha creado un grupo específico (*focus group*) sobre NGN (*Next Generation Networks*) en dicho sector, que concentrará sus actividades en esta materia hasta que concluya la reorganización de la UIT.

- *El grupo de investigación y análisis*. La Unidad de Estrategias y Política de la Secretaría General de la UIT realiza investigaciones, efectúa análisis y prepara estadísticas sobre las telecomunicaciones consideradas en su conjunto. Una de sus principales esferas de actividad está representada por las comunicaciones móviles, lo que incluye las IMT-2000 (3G).

Otra actividad de la UIT, de gran impacto en los sistemas móviles, es la coordinación en la asignación de frecuencias en las *World Radio Conferences* (WRC). Las bandas básicas de UMTS, y las sucesivas extensiones, se acuerdan en estas conferencias.

5.7. ETSI

El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*) [5.4] es una organización independiente y oficialmente responsable en Europa de la estandarización en los campos de las tecnologías de la información y las comunicaciones; sus miembros son fabricantes, operadores y administraciones de todo el mundo. Los desarrollos sobre radio-comunicaciones en ETSI incluyen éxitos como DECT, TETRA y GSM, responsabilidad este último durante varios años del comité SMG para finalmente pasar el testigo al proyecto 3GPP del que ETSI es socio.

TISPAN [5.10] es el grupo de ETSI dedicado a la estandarización de servicios y redes fijas, en particular en lo que se refiere a la evolución de redes de circuitos a redes de paquetes. Además, TISPAN es responsable de la convergencia de redes en ETSI y es el grupo que centraliza el trabajo en NGN (*Next Generation Networks*).

Una de las tecnologías estudiadas para las NGN es el subsistema IMS estandarizado por 3GPP. IMS tiene como requisito en 3GPP la independencia de la red de transporte; es decir, un operador podría ofrecer servicios a sus suscriptores independientemente de cómo estos hayan obtenido su acceso a una red IP (UMTS, WLAN o línea fija). Un sistema diseñado de esta forma es atractivo para los operadores de red fija, y TISPAN y 3GPP han comenzado a analizar los aspectos prácticos de la teórica viabilidad del IMS 3GPP para este entorno. Algunos de los aspectos que necesitan clarificarse son las diferentes definiciones de las clases de servicio entre las redes fijas y móviles, la necesidad de la tarjeta SIM o equivalente, los *codecs* o el soporte a IPv4. La colaboración entre IETF y 3GPP, las redes fijas y las móviles, se repite ahora con TISPAN.

5.8. LA ESTANDARIZACIÓN A MEDIO PLAZO

Parte del éxito de los sistemas móviles, como es el caso del GSM, se debe a la existencia de un estándar ampliamente aceptado. Actualmente están implicados varios foros y entidades de estandarización en el desarrollo de la 3G y su evolución. Cada uno aporta un fragmento al sistema para ofrecer al usuario servicios interoperables sobre un abanico de redes de acceso.

Las dos grandes revoluciones de las telecomunicaciones, el servicio móvil e Internet, se tienden la mano. Como no podía ser de otro modo, esto se plasma, en primer lugar, en las normas y estándares que definen los sistemas. Los protocolos desarrollados por IETF, enfocados a Internet, se retoman y adaptan en las redes IMS para móviles. IMS permitirá a los operadores prestar servicios clásicos de circuitos sobre redes de paquetes, llevando a una red troncal "todo IP". Y cerrando el bucle, los operadores de telefonía fija podrán reutilizar esta tecnología.

En el acceso radio se produce una fragmentación, el usuario dispondrá de diversas redes de acceso (una red GSM/GPRS/EDGE evolucionada, una red

IMT-2000 y un acceso WLAN). Los organismos de estandarización continúan mejorando las tecnologías, para hacerlas transparentes e interoperables, y aumentar así la velocidad y la capacidad. La colaboración entre los grupos de IEEE 802 y 3GPP/3GPP2 conducirá a la posibilidad de realizar traspasos de forma transparente entre redes tecnológicamente tan dispares como WLAN y UTRAN.

La interoperabilidad de los equipos y los servicios es uno de los mayores retos a que se enfrentan las comunicaciones móviles. En este sentido, OMA responde a una necesidad claramente identificada por los operadores móviles y ocupa un espacio que antes estaba vacío.

El desarrollo de los sistemas móviles no se ha detenido en la tercera generación, aunque ésta pueda suponer un paso importante en la consolidación de la convergencia entre los móviles e Internet.

En este capítulo se trata de enfocar precisamente esa evolución continua. Partiendo de los sistemas digitales de segunda generación, se ha avanzado hacia la flexibilidad de los nuevos estándares de tercera generación (actualmente en proceso de consolidación y despliegue en numerosos países), y a éstos, casi sin solución de continuidad, se están superponiendo propuestas imaginativas de lo que puede venir en el futuro.

Estas propuestas de futuro, denominadas de forma variable como 4G o B3G (cuarta generación o "Beyond 3G", más allá de la 3G), motivadas por las limitaciones conocidas de los estándares en vigor, pretenden acercar cada vez más la problemática de los usuarios, y sus necesidades, al diseño de nuevas redes (no necesariamente revolucionarias desde el punto de vista tecnológico básico) que intentan consolidar el concepto de la Sociedad de la Información y la movilidad como una pieza básica, si no la principal, de su propia realidad.

6.1. LAS RAZONES DEL CAMBIO A LA 3G

Tal como ya se ha descrito en el capítulo 2, los sistemas de telecomunicaciones móviles han alcanzado un éxito sin precedentes, gracias a que permiten la competencia entre operadores, así como a la existencia de unas normas comúnmente aceptadas y a la propia calidad tecnológica del estándar. Las cifras de crecimiento apuntan a un escenario con valores de penetración cercanos al cien por cien, e incluso a cifras superiores en algunos países. Cabe preguntarse si los sistemas de 2G, o de generación 2,5, como es el GPRS o los sistemas americanos, que se han descrito en los capítulos iniciales, serán capaces de cubrir la deman-

da. En definitiva, hay que preguntarse si las soluciones tecnológicas que se plantearon hace más de veinte años son aún válidas.

En este sentido, los tres aspectos más importantes a analizar son:

1. La eficiencia espectral del sistema.
2. Los servicios que pueden prestarse.
3. El grado de cobertura radioeléctrica.

Estos aspectos han sido los que justifican la definición y despliegue de la que ha sido denominada 3G, que en Europa está representada por el sistema UMTS. Pero además, como se verá más adelante, también son los que justifican la denominada 4G, que muchos prefieren llamar B3G (*Beyond 3G*). Desde un punto de vista técnico, estos aspectos tienen dos consecuencias [6.1]:

- Por un lado, debe lograrse una interfaz radioeléctrica más efectiva. De esta manera se consigue mejorar la eficiencia espectral, la capacidad del sistema y la cobertura radioeléctrica.
- Por otro, debe introducirse una red troncal más flexible, para que se puedan proveer nuevos servicios¹.

6.1.1. Una nueva interfaz radioeléctrica

La primera solución que se adoptó para aumentar la capacidad de GSM, y al mismo tiempo aumentar la gama de servicios, fue introducir la conmutación de paquetes. Esto es lo que persigue el GPRS (*Generalized Packet Radio Service*) [6.2] [6.3] [6.4], que utiliza esencialmente la misma interfaz aire que el GSM convencional, pero incluye una nueva capa de acceso al medio, MAC (*Medium Access Control*), y una nueva capa de control de radio, RLC (*Radio Link Control*). Con ello la transmisión de la información se puede realizar a distintas velocidades (9,6; 13,4; 15,6 y 21,4 kbit/s), dependiendo del tipo de codificación. La velocidad es adaptativa, de forma que puede optimizarse dependiendo de las características del canal.

Otra forma de mejorar la capacidad de GSM es a través del estándar EDGE para GSM [6.2] [6.5], cuya especificación está terminada. EDGE permite, utilizando la misma canalización de 200 kHz que usa GSM y mediante el empleo de la modulación 8-PSK, mejorar la capacidad de GSM, especialmente en zonas de alto tráfico. Con EDGE, en la red GSM se utiliza la modulación más conveniente de acuerdo con las condiciones de propagación y de interferencia a las que esté sometido el móvil (8-PSK solo podrá utilizarse cuando las condiciones de interferencia sean buenas).

Pero el rendimiento espectral no es la única razón para introducir un nuevo estándar. Los estudios de mercado muestran cómo los clientes exigen servicios cada vez más avanzados. Estos nuevos servicios requieren velocidades que pueden ser de hasta 2 Mbit/s en ciertos entornos.

¹ Una forma de lograrlo es que la red se acomode a una arquitectura de tipo NGN, tal y como se describe en el capítulo 11.

Por tanto, un buen rendimiento espectral no será suficiente si el sistema no permite la transmisión, para cada usuario, de los volúmenes de información deseados. En el sistema GSM, la capacidad de cada portadora es de 115,2 kbit/s. Las posibilidades de los sistemas de 2G, más avanzados en eficiencia espectral, como el IS-95, no permiten que la tasa de información del usuario sea significativamente mayor.

Si el sistema UMTS debe permitir valores de pico de las tasas de usuario cercanos a 2 Mbit/s (500 kbit/s de forma continua), entonces es preciso que el ancho de banda de la portadora sea superior a esta cantidad en un factor de 2 ó 3. Esta condición no se cumplía en ninguno de los sistemas anteriores, por lo que resulta evidente la necesidad de un sistema nuevo, que al mismo tiempo incorpore las ventajas de la eficiencia espectral antes mencionada.

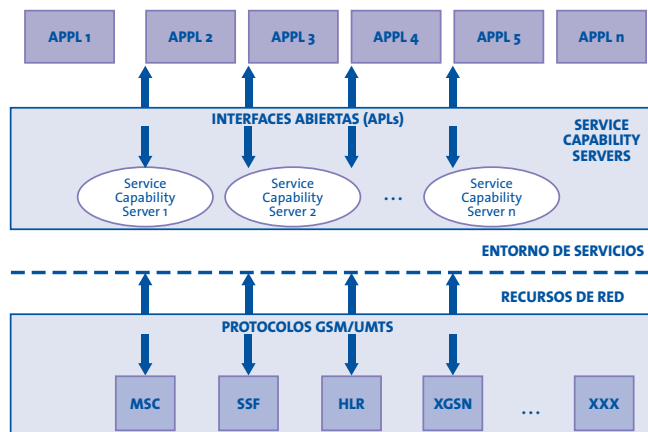
6.1.2. Una red troncal más flexible

Además de lo dicho en el apartado anterior, UMTS ofrece un conjunto de servicios nuevo y más amplio que GSM. Los nuevos servicios afectan tanto al nivel de red, que tiene una concepción totalmente nueva, como a los aspectos de radio, que requieren una nueva interfaz aire.

De los nuevos aspectos a considerar quizá el más interesante (ver la **Figura 6-1**) es la definición del denominado Entorno Personalizado de Servicios o PSE (*Personal Service Environment*), pues el PSE de un usuario determina el modo en que éste desea percibir e interactuar con los servicios que tiene suscritos. En UMTS, el PSE se materializa por medio del *perfil de usuario*, o conjunto de características asociadas a un usuario concreto.

En cierto modo, ya en GSM, por medio de la tarjeta SIM, se podía definir un cierto perfil de usuario. Pero en UMTS quiere darse un paso más por medio del concepto de VHE (*Virtual Home Environment*).

Figura 6-1:
Las nuevas aplicaciones para UMTS se desarrollan a partir de APLs independientes de la red de transporte



Service Capability Server: Servidor de capacidades de servicio

Fuente: Siemens

El concepto de VHE implica que, si bien los servicios a proporcionar a los clientes son responsabilidad de la red en la que se encuentra en cada momento, éstos deben ofrecerse independientemente de que el usuario sea fijo o móvil, y con disponibilidad global, cualquiera que sea el punto de la red a la que está conectado el usuario.

En resumen, estos cambios en la red y en los servicios son los que han justificado el nuevo sistema UMTS.

6.2. LIMITACIONES DEL SISTEMA UMTS

Aunque UMTS supone un cambio muy importante en la forma de proveer servicios y proporciona una mejor eficiencia espectral, tiene, incluso ahora, algunas limitaciones importantes.

En primer lugar UMTS nace como un sistema europeo y japonés. No está clara su implantación en EE.UU. y existen dudas sobre si se aplicará en China. Una de las razones de esta limitación nace de las distintas asignaciones espectrales que se han efectuado (ver la **Figura 6-2**).

Otra limitación surge del hecho de que UMTS tiene una capacidad y una flexibilidad mucho mayor que la de GSM, pero aun así limitada (ver la **Figura 6-3**, donde se comparan GSM, cdma2000 1x y UMTS en términos de la capacidad en Erlangs por sector para servicios de voz con un ancho de banda disponible de 10 MHz). Los nuevos servicios de datos, que pueden ser muy exigentes en ancho de banda, tendrán unos mayores requerimientos.

La transmisión de VoIP a través de UMTS puede presentar algunas dificultades, relacionadas con los “overheads” de los paquetes y las limitaciones del control de potencia. De hecho, UMTS se ideó sobre todo para el transporte de voz y se optimizó su arquitectura para el transporte de la voz en canales especializados de la interfaz radio. La información de voz se transmite por medio de *codecs* espe-

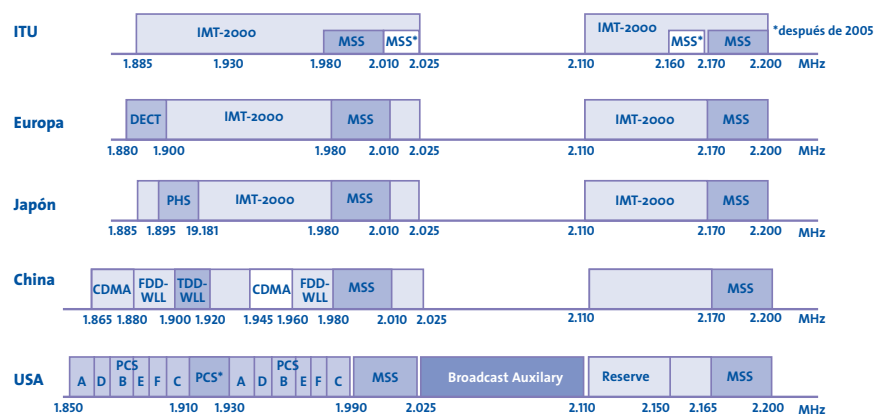
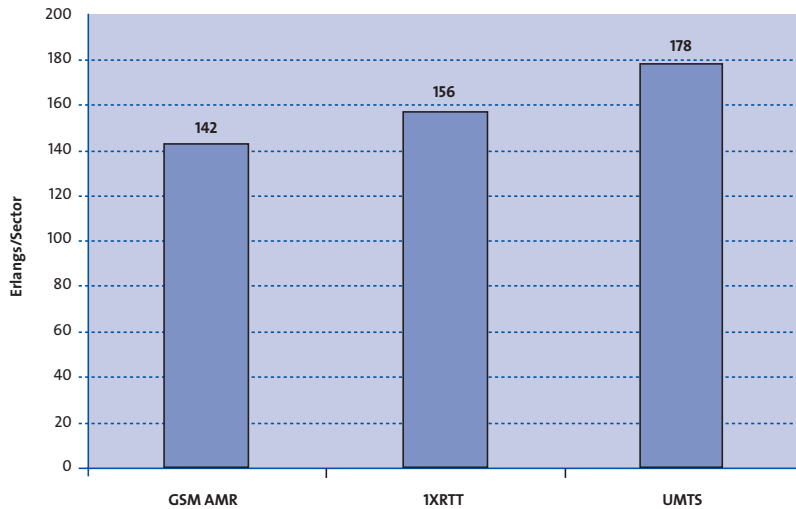


Figura 6-2: Planes de asignación de frecuencias en distintas regiones del mundo

Reserve: Reserva
Broadcast Auxiliary: Auxiliar para difusión
USA: EEUU

Figura 6-3:
Comparación de la
capacidad para distintas
tecnologías



Fuente: 3G Americas

ciales y sobre unos canales diseñados específicamente. Sin embargo, la extensión de la VoIP hace que ese tipo de optimización no tenga tanta importancia. Si la voz se transmite por paquetes IP en la parte fija de la red, puede resultar poco eficiente realizar una conversión antes de transmitirla por radio; sobre todo si el terminal de usuario también utiliza protocolos basados en IP para su presentación. Aunque se está trabajando para paliar este problema, las soluciones pueden no ser óptimas.

La interfaz radioeléctrica de UMTS se basa en técnicas CDMA. Este tipo de soluciones son muy adecuadas cuando todos los usuarios transmiten el mismo tipo de información (fundamentalmente de baja tasa binaria). Pero si existieran importantes diferencias entre las tasas de transmisión, puede aparecer, en redes que soporten altos niveles de tráfico, fenómenos conocidos como de “*cell breathing*” o “respiración celular” (ver la **Figura 6-4**). Esencialmente, lo que ocurre es que la cobertura del sistema depende del número de usuarios activos. Este fenómeno dificulta la planificación y hace que los usuarios de alto tráfico sólo tengan garantizado el servicio si se encuentran en las cercanías de las estaciones base.

Además de estas razones, algunos fabricantes y operadores han comenzado a detectar la existencia de nichos de mercado que se cubrirían mal con el estándar UMTS. Fundamentalmente se trata de aquellos usuarios con altos requerimientos de tráfico de datos, pero que no están en movimiento. Son los denominados “*hot spots*”, como hoteles, aeropuertos, cafeterías, etc. En este tipo de entorno, los clientes no se desplazan mientras realizan la comunicación y no precisan los mecanismos que permiten equalizar el canal que implementa UMTS y que dificultan el diseño del sistema. Han aparecido un conjunto de soluciones de baja movilidad, basadas en estándares de WLAN (estándares de tipo IEEE 802.11 y sus variantes). Aunque el segmento de mercado es probablemente mucho más

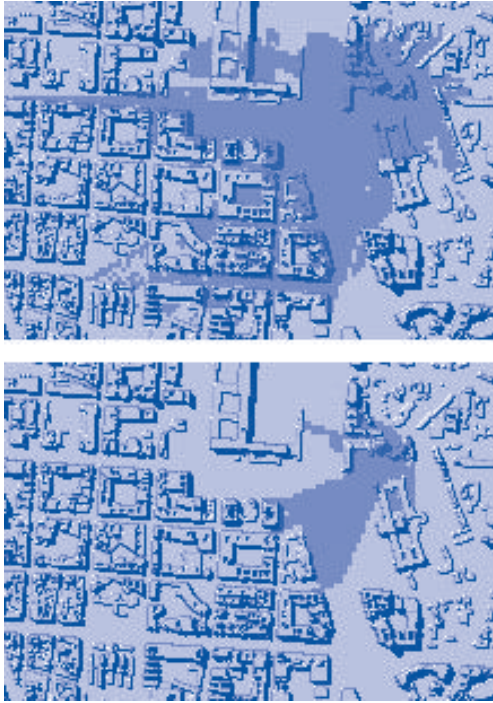


Figura 6-4: Efecto de reducción de la cobertura en el sistema UMTS al aumentar el número de usuarios

reducido que el de UMTS, muchos fabricantes, sobre todo de ordenadores personales (como Intel), han comenzado a incorporar en sus ordenadores portátiles esta interfaz radioeléctrica, ya que el coste que ello supone es relativamente marginal. Ello ha traído consigo una gran extensión de las redes WLAN para puntos de alto tráfico, que podrían dificultar el desarrollo ulterior de UMTS.

La existencia de un conjunto de propuestas norteamericanas para ampliar las posibilidades de las WLAN, a través de soluciones WMAN como el estándar IEEE 802.16, y sobre todo, un conjunto de propuestas que facilitarían la movilidad entre puntos de alto tráfico, por ejemplo los estándares IEEE 802.16e y IEEE 802.20, son un ejemplo de la demanda de este tipo de sistemas que complementarían a UMTS en ciertas aplicaciones.

Debido, por tanto, a las propias limitaciones del estándar UMTS y a la competencia que suponen las soluciones WLAN/WMAN, han comenzado a plantearse nuevas soluciones que representan una evolución del sistema UMTS y de los sistemas de 3G. Aunque hubiera sido natural denominar a estos sistemas 4G (Cuarta generación), se ha preferido no seguir esta denominación, utilizándose las siglas B3G (*Beyond 3G, más allá de la 3G*). De esta forma se pone de manifiesto el interés de mostrar a los nuevos sistemas como complementarios a la 3G.

6.3. LOS SISTEMAS B3G

Las actividades relativas a la B3G parten de la idea de que los nuevos sistemas no pueden consistir simplemente en una nueva interfaz radio y un nuevo

esquema de red. Por tanto, no puede seguirse la misma estructura que en su día se siguió con la 2G, que sustituyó totalmente a la 1G (analógica) y que, a su vez, será sustituida por la 3G. Así, pues, más que diseñar un nuevo sistema, se trata de proponer un conjunto de soluciones complementarias. Los objetivos básicos serían:

1. *Un escenario heterogéneo: acceso WLAN, más red fija, más red celular, más IP.* Esto es, el acceso al usuario en movimiento no se realizará exclusivamente a través de una sola solución radio, sino que dependiendo del tipo de movilidad que tuviera y de los requerimientos de tráfico, podrían coexistir distintas interfaces radioeléctricas. Además, estas interfaces deberían tener en cuenta que el tráfico IP (por paquetes) tendrá una proporción muy grande respecto del total.
2. *Unos terminales válidos en los distintos escenarios.* Los terminales deben adaptarse a las distintas interfaces y a los diferentes requisitos de tráfico.
3. *Una capacidad escalable en la interfaz radio.* Se trata de evitar una solución radio que sirviera para todos los escenarios y que, por tanto, careciera de flexibilidad.
4. *Una asignación dinámica de espectro.* Finalmente, por medio del análisis de las soluciones de asignación dinámica de espectro se quieren evitar los problemas de falta de espectro y las consiguientes asignaciones por subasta, que supusieron tantas dificultades a la industria de las telecomunicaciones en la implantación del sistema UMTS.

6.3.1. El espacio de las telecomunicaciones personales

Para analizar el efecto que las comunicaciones móviles B3G van a cubrir en la vida diaria de una persona, es muy útil recurrir a un modelo de capas de los distintos niveles de interacción que puede tener la persona con otras personas u otros dispositivos de acuerdo a su cercanía. El concepto se denomina “multiesfera” (*multisphere*), y el análisis de este concepto permite vislumbrar cuál es la evolución que se prevé en este momento en las comunicaciones con movilidad, de acuerdo a las nuevas necesidades de los usuarios y de la sociedad [6.6] [6.7].

El futuro estará marcado por un aumento sustancial de las necesidades de acceso a la información, del mismo modo que el pasado ha estado marcado sobre todo por un predominio del acceso a la comunicación entre personas. El acceso a la información en todo lugar significa que se precisarán dispositivos de conexión, pero también será preciso disponer de los correspondientes dispositivos de almacenamiento y visualización de la misma. Los desarrolladores vislumbran un futuro en que esas capacidades se hallen a nuestro alrededor, yendo más allá del mero concepto de terminal clásico. A continuación se describe el modelo de cómo podría ser una sociedad interconectada en el futuro desde el punto de vista de las relaciones del usuario.

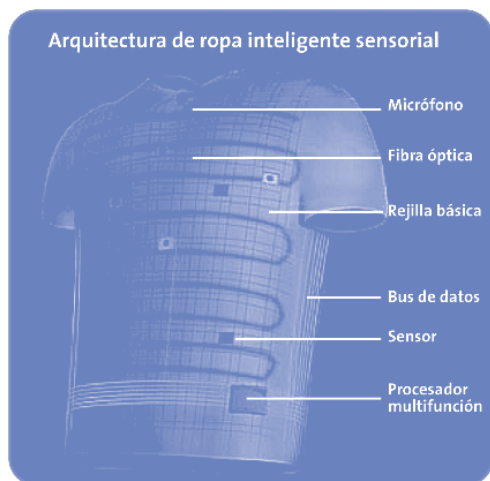


Figura 6-5: Los sistemas móviles pueden integrarse en las ropas, formando vestidos inteligentes

La red de área personal (PAN)

La interacción más cercana será la que se realice con los elementos más próximos, o incluso con aquellos elementos que puedan formar parte de nuestro cuerpo o de nuestros vestidos (ver la **Figura 6-5**). La incorporación de estos elementos debe ser automática, de forma que no sea precisa una "reconfiguración" por parte de los usuarios de los distintos elementos del sistema, por ejemplo al cambiarse de camisa.

Evidentemente, la difusión de las redes de área personal precisa de la solución de algunos problemas, tanto técnicos (limitación de las radiaciones, etc.) como sociales (impacto en la moda, etc.).

La interacción con estos dispositivos debe adoptar nuevas formas, que la faciliten y la hagan más agradable (ver la **Figura 6-6**). Como ejemplo pueden citarse las técnicas de realidad aumentada (*augmented reality*), que es un área de investigación que intenta integrar las informaciones del ordenador con las del mundo real. La integración se puede realizar, por ejemplo, superponiendo información digital sobre el mundo real a través de interfaces formadas por pantallas de proyección virtuales, tal como puede verse en la **Figura 6-7**.



Figura 6-6: El primer nivel de la multiesfera, la PAN

Figura 6-7:
Acceso a la información
mediante pantallas
virtuales



Las personas deben ser capaces de interactuar con sus redes de comunicaciones personales sin que los demás sean capaces de detectarlo. El objetivo último será que esta red de comunicaciones personales pase a formar parte de nuestra realidad y de nuestros sentidos.

El entorno inmediato

El segundo nivel de las comunicaciones personales estará compuesto por el entorno inmediato y lo formarán los dispositivos más cercanos: los electrodomésticos del hogar y sobre todo el televisor (ver la **Figura 6-8**). El objetivo es que estos sistemas, con los que actualmente tenemos una interacción muy limitada, puedan comenzar a realizar muchas más tareas de apoyo a nuestras necesidades de acceso a la información. Por ejemplo, el televisor podría “saber” qué tipo de programas nos gusta ver y, por tanto, podría informarnos sobre ellos; el frigorífico podría indicarnos que se están acabando productos básicos que hay que reponer, etc. En los desplazamientos podemos incluir al automóvil como el elemento del entorno inmediato con el que interactuar.

Evidentemente, al igual que ocurre con la red personal, para muchas personas puede ser muy irritante conseguir que todos estos dispositivos puedan “entenderse”. Por ejemplo, una persona vegetariana puede tener que informar de sus gustos al frigorífico, cocina, etc. En estos casos, de igual forma que ocurre en

Figura 6-8:
El segundo nivel de las
comunicaciones
personales está
compuesto por los
electrodomésticos,
principalmente el
televisor



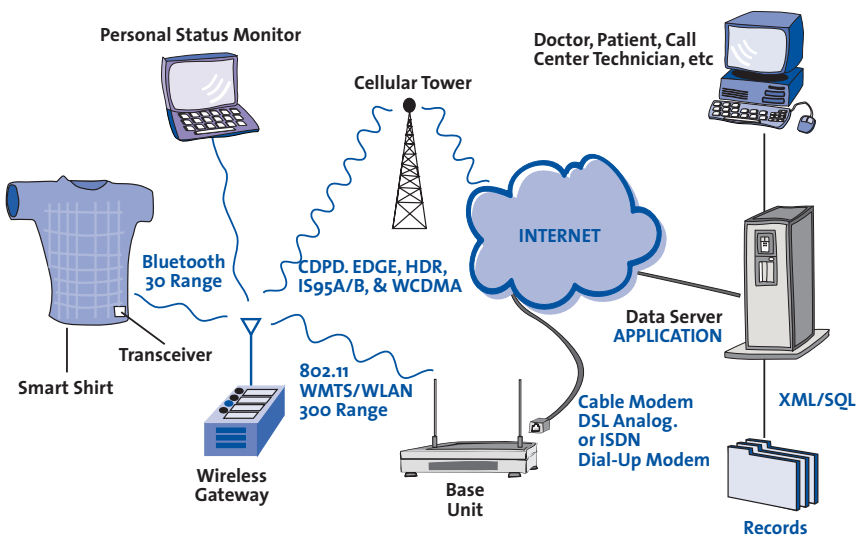


Figura 6-9: En las redes ad-hoc la comunicación se realiza sin intervención directa de la persona

la red de área personal, es preciso que los sistemas se conecten, que el intercambio de información entre ellos sea automático, formando lo que se denominan *redes ad-hoc* (ver la **Figura 6-9**).

Este concepto da lugar a lo que se ha denominado *“pervasive computing”* o *“ubiquitous computing”*, que podría traducirse como “la computación en todas partes”, o de una manera menos literal, se podría denominar “ambiente inteligente”.

El concepto de “ambiente inteligente” enfatiza la facilidad de uso y se materializa en un individuo rodeado de interfaces inteligentes e intuitivas que se encuentran integradas en elementos del entorno y objetos corrientes. Todo esto creará un entorno que será capaz de reconocer y responder a la presencia y necesidades de diferentes individuos, de una forma completamente discreta e imperceptible pero muy eficaz. El entorno mencionado o “ambiente inteligente” no se limita a ningún lugar físico determinado, sino que comprende a todos ellos: la casa, el coche, el lugar de trabajo, etc. El ambiente estará donde esté la persona y responderá a nuestras necesidades de una forma natural (ver la **Figura 6-10**).



Figura 6-10: Evolución hacia el “ambiente inteligente”

Sus características son las siguientes:

- Los entornos se adaptarán al usuario para que pueda hacer uso de las ventajas de la sociedad de la información de manera óptima allí donde se encuentre (en casa o en cualquier otro lugar).
- Los usuarios interactuarán de forma transparente con multitud de dispositivos dentro de su entorno, todos estos dispositivos estarán conectados entre sí (en red) y a Internet.
- Los servicios se ofrecerán en movimiento, serán flexibles y cómodos, y la conexión se realizará sin cables.
- El acceso a los servicios se podrá realizar en cualquier momento y en cualquier lugar (*always-on*).
- El escenario se plantea con un conjunto de personas interconectadas, quienes junto con sus ordenadores y otros aparatos comprarán, venderán e intercambiarán información y servicios.

En definitiva, el concepto de ambiente inteligente muestra una visión de la sociedad de la información en el que se enfatiza la facilidad de uso, el soporte eficiente de los servicios y la posibilidad de soportar interacciones naturales con el ser humano.

Las tecnologías de movilidad son esenciales para esta evolución. Son una de las claves tecnológicas y de servicios imprescindibles para la construcción de la sociedad de la información que tendrá verdadera vigencia cuando no sólo se centre en los lugares de trabajo, sino que se amplíe a todos los entornos: las viviendas, los vehículos, los transportes públicos, los centros comerciales, las calles, etcétera; es decir, cuando se disponga de un ambiente inteligente en movimiento.

Para ello se proponen soluciones basadas en redes ad-hoc, en las que no existe una clara diferenciación entre estaciones base y estaciones de cliente. En estas nuevas redes autoorganizativas (ver la **Figura 6-11**) los clientes pueden ser, a su vez, transmisores para otros clientes que estén ubicados más lejos de la estación base original. De esta forma, se pueden resolver muchos de los problemas de cobertura que existen en zonas de difícil acceso, interiores, etc. Como es fácil suponer, el modelo de red autoorganizativa no está exento de dificultades. El mayor problema es asegurar la cobertura cuando estas estaciones retransmisoras no están disponibles. Además, hay numerosos problemas de seguridad.

Figura 6-11:
Redes autoorganizativas

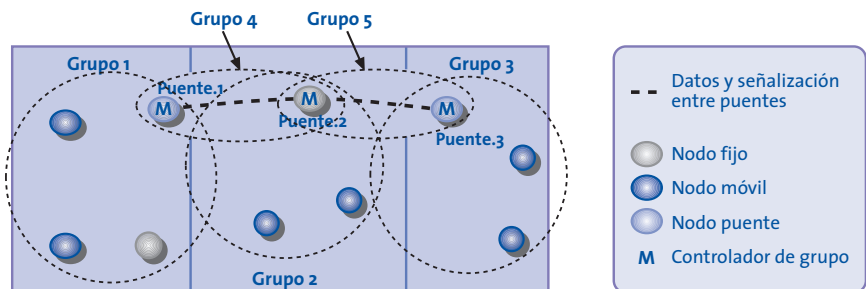




Figura 6-12: El tercer nivel de las comunicaciones personales está compuesto por la familia y los colegas de la oficina

La comunicación con los colaboradores

Un paso más allá se produce cuando consideramos los colaboradores más inmediatos: la familia, los colegas de la oficina, etc. Esto constituye el tercer nivel de las comunicaciones personales (ver la **Figura 6-12**).

La comunicación con ellos se realiza muy frecuentemente, y muchas veces sólo se les retransmite información. Las comunidades de *chat* actuales pueden ser un ejemplo del tipo de interacción que se va a producir con estos colaboradores más cercanos. En este momento, esta esfera de comunicación suele ser cercana geográficamente, pero con el desarrollo de las soluciones de teletrabajo dichas limitaciones de tipo geográfico pueden desaparecer.

Los accesos radioeléctricos

Siguiendo con la clasificación, el nivel siguiente está constituido por las comunicaciones con elementos en movimiento en un área más amplia que incluye a un tipo indeterminado de interlocutores y de redes (ver la **Figura 6-13**). En estos casos, será preciso que las comunicaciones sean adaptativas a distintos tipos



Figura 6-13: El último nivel está formado por las comunicaciones con el resto del mundo.

de terminales e interfaces radioeléctricas. Un aspecto fundamental será que la cobertura sea siempre óptima, para lo cual pueden ser precisas soluciones de red complementarias a las redes terrestres, como la utilización de satélites, plataformas en aviones o HASP (*High Altitude Stratospheric Platform*), etc.

Dentro de esta esfera, la más amplia y alejada del usuario, también puede considerarse la comunicación con los distintos agentes inteligentes que manejarán nuestros deseos e intereses dentro del denominado “*cyberworld*”. Dada la explosión de nuevos servicios y las posibilidades que ofrece la realidad virtual, puede asumirse que la presencia en el “*cyberworld*” o “mundo virtual” es tan importante y significativa como la del mundo real. En este mundo virtual se establece contacto con agentes inteligentes, bases de datos de conocimiento, comunidades virtuales, servicios y transacciones, etc., que nos ayudan a seleccionar lo que precisamos en cada momento.

6.3.2. Evolución tecnológica hacia los sistemas B3G

El conjunto de escenarios que se describen en los apartados anteriores no puede cubrirse sólo con el sistema UMTS. De hecho, van a requerir un conjunto de nuevos sistemas y soluciones tecnológicas que aún no están totalmente desarrolladas. Algunas de estas tecnologías ya se encuentran parcialmente en servicio, mientras que otras todavía no están ni siquiera completamente estandarizadas.

Precisamente, una de las características de los nuevos sistemas va a ser su implantación gradual, siempre en función del mercado y sus necesidades. También será fundamental la integración entre las diversas tecnologías empleadas, de tal manera que el usuario pueda utilizar los diversos servicios y aplicaciones de un modo lo más transparente posible respecto a las tecnologías de transmisión utilizadas. Especialmente importante será la integración entre las redes celulares 3G y WLAN, en sus distintas variedades. También se esperan grandes avances en la integración con los sistemas de difusión de vídeo digital.

Un rasgo fundamental de la arquitectura de las redes móviles B3G consistirá en que estará basado en una plataforma abierta en varios niveles, que dispondrá de:

- Interfaces radio.
- Interfaces de procesamiento en banda base.
- Infraestructuras de red troncal.
- Protocolos de aplicaciones móviles.

Se prevé el desarrollo de nuevas interfaces radio terrestres, en el entorno del año 2010, para complementar el previsible desarrollo del 3G y otras tecnologías de acceso inalámbricas. De hecho es de esperar que la evolución del 3G permita obtener unas prestaciones comparables (aunque menores) a las de la nueva tecnología de acceso, de la misma manera que está ocurriendo con la evolución de las redes GSM a redes GERAN. Se espera que esta nueva interfaz radio pueda soportar velocidades de transmisión de hasta 100 Mbit/s en entornos móviles y

hasta 1 Gbit/s en entornos estacionarios, en ambos casos para el enlace descendente, ya que en el enlace ascendente las prestaciones serán sensiblemente inferiores.

Otros aspectos fundamentales, que ya se tratan en las redes 3G, pero que requieren una constante mejora, son la gestión de la calidad de servicio extremo a extremo y la seguridad.

En los sistemas B3G se pretende reforzar los mecanismos de control de la calidad de servicio extremo a extremo, de tal manera que se puedan garantizar los niveles de calidad de servicio esperados por los usuarios (en términos de retardos, tasas de error en las comunicaciones de datos, llamadas bloqueadas y caídas, etc.), y además hacerlo de la mejor manera posible para minimizar el consumo de los recursos disponibles en las redes de acceso y transmisión.

En cuanto a la seguridad, en los sistemas B3G se hará un gran esfuerzo, mediante diversas técnicas como son el control de acceso basado en mecanismos biométricos y tarjetas inteligentes, la integridad y cifrado de datos sin que se produzca *desencriptación* y *reencryptación* en nodos intermedios, y la posibilidad de añadir, por encima de todo lo anterior, una *encryptación* de usuario adicional.

Desde el punto de vista de los terminales, se podrá acceder a una gran variedad de servicios desde una amplia gama de dispositivos de características muy diferentes, pero que tendrán en común una serie de características, como son:

- La posibilidad de disponer de una gran capacidad de procesamiento, necesaria para dotar al terminal de la “inteligencia” requerida por la variedad y complejidad de las tareas que tendrá que realizar, y que obligará a introducir mejoras en la tecnología de las baterías.
- La posibilidad de disponer de transceptores avanzados que permitirán mejorar la transmisión y recepción a través de las distintas interfaces radio consideradas en cada terminal.
- La posibilidad de disponer de interfaces radio reconfigurables mediante el empleo de técnicas SDR (*Software Defined Radio*) [6.8].

SECCIÓN II. PRINCIPALES TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

7

Nuevas técnicas para la planificación y dimensionamiento de la red radio

En el despliegue y la operación de una red móvil, la planificación y el dimensionamiento del acceso radio debe ser tratado como un aspecto clave. Haciendo un esfuerzo en una buena definición del escenario y en las actividades de planificación, los resultados se verán reflejados en la operación y en la optimización de la red radio.

La planificación de la red radio es un proceso de varias fases que tiene como objetivo la obtención de la localización de los emplazamientos de la red, así como su configuración para una determinada tecnología de acceso radio. En este proceso ha de garantizarse que se cumplan los criterios de capacidad, cobertura y calidad de servicio en el área de interés en la que se realiza el despliegue. Una vez desplegada la red radio, la fase de optimización complementa las labores de planificación, comprobando que en todo momento la red está dando las mejores prestaciones posibles en función del tráfico ofrecido.

Este capítulo se ha estructurado en dos partes principales. En la primera se describe el proceso de planificación de las redes móviles que se ha venido aplicando en los últimos años. En la segunda parte se comentan las razones que han provocado la necesidad de tener que utilizar nuevas técnicas en el proceso de planificación, enfocando este apartado a los principales aspectos que debe cuidar un operador móvil para planificar adecuadamente una red heterogénea, es decir, una red con varias tecnologías de acceso radio distintas. También se tratan en esta última parte las novedades introducidas en el campo de la optimización de red.

7.1. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL EN LAS REDES MÓVILES

De manera genérica, el proceso de planificación de las redes de acceso radio de segunda (2G) y tercera (3G) generación se puede dividir en tres fases (ver la **Figura 7-1**). Estas fases consisten en:

1. Una planificación inicial o dimensionamiento.



Figura 7-1: Proceso de planificación de la red de acceso radio

2. Una planificación con mayor nivel de detalle de la red de acceso radio.
3. Las etapas de optimización, operación y mantenimiento de red.

En todas las fases se requiere, además, una serie de actividades adicionales de soporte, como puede ser la realización masiva de campañas de medidas de nivel de señal, para poder llevar a cabo un ajuste más fino del modelo de propagación que ayude en la fase de planificación de coberturas. La definición de los indicadores apropiados del estado de la red (como, por ejemplo, la tasa de llamadas caídas, el número de trasposos entrantes o salientes, el tráfico en la hora cargada, etc.) será de utilidad también en la etapa de optimización.

Ciertos aspectos de cada una de las fases son comunes a todas las tecnologías de acceso radio. En lo que se refiere a los aspectos de planificación, las tecnologías de acceso se agrupan principalmente en dos conjuntos: el conjunto de las tecnologías que están basadas en TDMA/FDMA (como es el caso de GSM) y el conjunto de las tecnologías que están basadas en CDMA/WCDMA (como es el caso de UMTS). Ciertos aspectos son comunes a ambas, como, por ejemplo, la predicción y el cálculo de coberturas (evidentemente los modelos de propagación utilizados pueden variar de una a otra). También el análisis de la interferencia es una característica común a todas: en el caso de WCDMA es necesario para el análisis del factor de carga y la sensibilidad del sistema, en las redes FDMA resulta esencial para la planificación y asignación de frecuencias.

Otros aspectos en cambio son intrínsecos de cada tecnología. La capacidad y la cobertura de las redes UMTS están íntimamente relacionadas entre sí, y no puede planificarse una sin tener en cuenta la otra. Como ya se comentó en el capítulo anterior (capítulo 6), el hecho de que la cobertura de una célula dependa de la carga de los usuarios se conoce como "respiración celular". Otra particularidad de los sistemas posteriores a 2G es la importancia que toman los servicios de datos. La variedad de servicios tiene una implicación multidimensional que debe tenerse en cuenta en todas las fases de planificación de la red.

La planificación de las tecnologías de acceso radio ha sido tratada en multitud de publicaciones y artículos, casi siempre de una manera aislada, es decir, sin considerar que varias tecnologías pueden convivir en el mismo escenario de planificación. Así, en la referencia [7.1] se aborda la planificación radio de GSM y GPRS, y se dan las pautas necesarias para continuar el trabajo en UMTS. Para UMTS, la planificación radio en WCDMA se explica con detalle en [7.2] y [7.3]. En [7.4] se aborda la planificación radio en UMTS con el enfoque del operador.

Hoy en día los operadores móviles cuentan con herramientas de planificación para cubrir cada una de las etapas de evolución de la red. En el caso de la planificación detallada las herramientas de planificación juegan un papel fundamental, sobre todo en las redes 3G, dada su mayor complejidad. Con estas herramientas los planificadores de red consiguen encontrar con mayor rapidez y con menor esfuerzo una solución óptima que combine los requisitos de calidad, capacidad y cobertura.

7.1.1. Dimensionamiento de red

El objetivo de la fase de dimensionamiento de una red móvil es la estimación del número aproximado de emplazamientos necesarios y su configuración (para cumplir los requisitos de capacidad y cobertura en la zona de interés), así como del número de elementos de red, de los enlaces entre ellos y su capacidad.

Esta planificación inicial proporciona una rápida evaluación de los elementos de red, tanto de la red de acceso radio como de la red troncal y la red de transmisión o transporte, y permite obtener una indicación a priori de los costes asociados y de la inversión necesaria.

En el caso concreto del acceso radio, las actividades que se consideran incluidas en la fase inicial de planificación son:

- En primer lugar, el cálculo de los balances de enlace (combinando cobertura y capacidad, cuando se trata de acceso radio mediante WCDMA) y el análisis de la cobertura.
- En segundo lugar, una estimación inicial de la capacidad soportada por el sistema.
- Finalmente, la estimación del número de estaciones base (con su equipamiento asociado) y de los controladores de las estaciones base (RNCs o BSCs), así como el dimensionamiento de los enlaces y elementos de la red troncal.

Para llevar a cabo la planificación inicial es necesario disponer de información sobre la distribución de usuarios para cada uno de los servicios que ofrece el sistema, la densidad de tráfico y las estimaciones de crecimiento anual de la demanda para cada uno de los servicios, así como los requisitos relativos a la calidad de servicio esperada. La calidad se tiene en cuenta aquí en términos de probabilidad de bloqueo y probabilidad de cobertura.

En el caso concreto de UMTS, cuando se realizan los cálculos para cada servicio debe tenerse en cuenta, además, el efecto de los restantes servicios que

están en el mismo escenario, de modo que aquel que ofrezca los resultados de propagación más restrictivos será el que determine las condiciones de contorno para los demás (el servicio más restrictivo es el que define el radio estimado de la célula, que se utiliza para realizar los cálculos posteriores).

7.1.2. Planificación detallada

La planificación detallada de la red tiene en cuenta la ubicación real de los emplazamientos, las condiciones de propagación y una distribución de los usuarios lo más fidedigna posible (basada en la mayoría de los casos en predicciones de tráfico).

Las herramientas de planificación que utilizan los operadores móviles para realizar la planificación detallada siguen un proceso muy similar al que se recoge en [7.4], donde se pueden ver todos los pasos que hay que seguir para llevar a cabo la planificación del acceso radio de las redes 3G. La planificación de las redes 2G resulta más sencilla, como ya se ha comentado anteriormente, por lo que el procedimiento de planificación se simplifica mucho más.

Los datos de entrada básicos que necesita la herramienta de planificación son:

- Unas bases de datos cartográficas lo más detalladas posible. Al menos es conveniente disponer de un mapa de altura de terreno y de un mapa de morfología. Si se tiene acceso a una información más detallada de la cartografía en zonas urbanas, como puede ser la información de la capa de altura de los edificios, las predicciones de cobertura se asemejarán más a la realidad (ver la **Figura 7-2** y la **Figura 7-3**).
- La distribución y ubicación exacta de los emplazamientos, así como de los datos de su configuración: modelo de antena, potencia de transmisión, etc.
- Una distribución del tráfico en forma de mapa de usuarios. Esta información se basa en las estimaciones de tráfico del operador para el conjunto de los servicios ofrecidos.

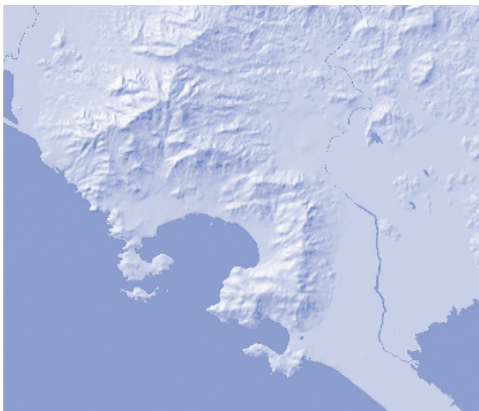


Figura 7-2:
Ejemplo de un mapa de altimetría (ciudad de Acapulco)

Figura 7-3:

Ejemplo de un mapa de morfología (ciudad de Acapulco)



En lo que se refiere a la distribución de tráfico, se puede hacer uso de la información existente para los sistemas que el operador tenga ya en servicio. Por ejemplo, se pueden utilizar los mapas de distribución de tráfico actual en GSM como referencia para la distribución de tráfico en UMTS (ver la **Figura 7-4**).

Una vez realizada la planificación se obtendrá un conjunto de indicadores de cobertura, capacidad y calidad de servicio que representan el funcionamiento de la red, para proceder a su análisis.

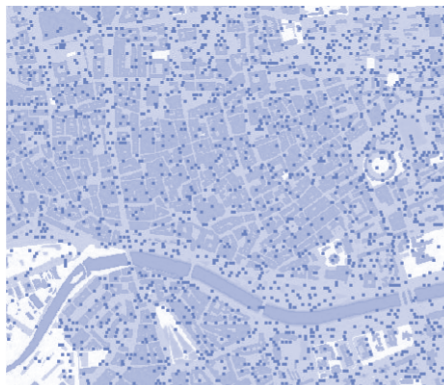
7.1.3. Optimización

La optimización celular se puede definir como el proceso iterativo de búsqueda del óptimo conjunto de las cuatro “C” que caracterizan una red radio: aumentar la Capacidad, disminuir el Coste, aumentar la Cobertura y aumentar la Calidad.

La optimización es un proceso continuo de medida y ajuste de la interfaz radio, con el objetivo de garantizar la prestación del servicio en condiciones óptimas de calidad, capacidad y cobertura, y con un coste razonable (no siempre la

Figura 7-4:

Mapa de tráfico sobre una zona urbana (Murcia). Los puntos indican usuarios del sistema (activos o no).



mejor solución desde el punto de vista técnico es económicamente viable). Busca, pues, el mejor compromiso en cada momento entre los distintos factores, ya que no es posible optimizar simultáneamente todos y, según el momento en que se encuentre la red, será necesario optimizar en mayor medida unos u otros.

La optimización de cualquier red móvil es mucho más sencilla y mucho más eficiente si inicialmente se parte ya de una red que está bien planificada. Un dimensionamiento inicial pobre repercutirá en tener dificultades para conseguir los objetivos tecnológicos y económicos a largo plazo.

Tradicionalmente, el proceso de optimización se sitúa dentro del proceso de desarrollo de la red, después de los procesos de planificación y construcción, y comienza a ejecutarse tan pronto entra en servicio una nueva estación base. A su vez, realimenta a la planificación de cara a las previsiones de nuevos emplazamientos o modificaciones en las obras.

Como se indicaba más arriba, el equilibrio más eficaz entre los factores a optimizar varía con el estado de evolución de la red. Así, al principio del despliegue se valora con más peso a la cobertura, en una etapa de consolidación posterior es la capacidad la que empieza a adquirir más importancia, y es en el periodo de madurez de la red donde la calidad en la comunicación se exige en todos sus aspectos.

La optimización ha de adaptarse a esta circunstancia, y en función de ella pueden distinguirse tres áreas de acción, secuenciales en el tiempo, denominadas optimización de red, optimización de célula y optimización de cliente. En función del grado de madurez de la red y del área de acción, son diferentes las acciones a llevar a cabo y los parámetros a medir.

7.2. ¿QUÉ ESTÁ CAMBIANDO EN LA PLANIFICACIÓN DE LAS REDES MÓVILES?

La situación actual en cuanto a la planificación de las redes móviles está cambiando, debido a que cada vez más los operadores móviles se enfrentan ante escenarios de planificación en los que diferentes tecnologías de acceso radio (RATs) están conviviendo en la misma zona geográfica. Esta situación puede darse bien porque el operador tenga licencia para operar más de una tecnología de acceso, o bien por la presencia de redes de otros operadores. Además, en el panorama actual existen múltiples servicios a distintas tasas binarias, servicios que pueden ser cursados por más de una tecnología de acceso.

Para tener en cuenta esta nueva situación, se han de revisar los métodos tradicionales de planificación radio. La tendencia natural es avanzar hacia un planteamiento en el que la planificación radio se hace ya de forma conjunta y simultánea para todas las tecnologías de acceso consideradas.

El hecho de planificar de forma conjunta las diferentes tecnologías de acceso del operador hará que el resultado global sea más exitoso, y que las fases posteriores de optimización sean más sencillas, lo que redundará en beneficios económicos para el operador.

7.3. ASPECTOS A ESTUDIAR EN LA PLANIFICACIÓN CONJUNTA DE REDES DE ACCESO

En los siguientes apartados se presentan los primeros problemas y retos a los que se están enfrentando hoy en día los planificadores de las redes de acceso de cualquier operador de telefonía móvil. La situación típica ante la que se encuentran suele ser una red GSM ya madura, sobre la que se empiezan a comercializar al gran público servicios 3G y se cubren zonas de alto tráfico, o *hotspots*, con redes WLAN.

7.3.1. Interferencias entre escenarios

Los sistemas que operan próximos a la banda de frecuencias del sistema UMTS, en torno a los 2 GHz, pueden provocar problemas de interferencias y disminución de la señal recibida debido a la imperfección de los filtros de transmisión de los otros sistemas y de los filtros de recepción del propio sistema UMTS.

Para aquellos sistemas que se encuentran más alejados en frecuencia de la banda de UMTS, la intermodulación puede ser también un inconveniente a tener en cuenta. En concreto, si se piensa en la compartición de emplazamientos entre UMTS y GSM900 se debe prestar una atención especial a los segundos armónicos de GSM, ya que éstos pueden caer dentro de la banda asignada al enlace ascendente de UMTS. Entre GSM1800 y UMTS pueden existir problemas con los terceros armónicos si ambas redes operan en la misma zona.

La mayoría de los problemas de distorsión debida a productos de intermodulación se pueden evitar fácilmente si se lleva a cabo una replanificación de frecuencias en las redes 2G. No utilizar las frecuencias que causan productos de intermodulación en aquellas estaciones base que comparten su ubicación en 2G y 3G suele ser la solución más sencilla. Sin embargo, los problemas debidos a emisiones espurias y fuera de banda son más difíciles de combatir y requieren la utilización de un filtrado mucho más preciso.

7.3.2. Reutilización de emplazamientos

La reutilización de emplazamientos puede resultar muy beneficiosa para un operador móvil que dispone de una red GSM ya en marcha y ha adquirido una licencia 3G. Reutilizando las ubicaciones con las que ya cuenta, los costes asociados a la adquisición de emplazamientos para la nueva red se reducen, y también se reduce el trabajo de obra civil.

Si además se comparten las antenas, o se pueden sustituir las antenas monobanda con diversidad espacial por antenas multibanda (o de banda ancha) con diversidad de polarización, también se logra una reducción del espacio físico ocupado, aspecto importante a tener en cuenta en aquellos sitios donde la limitación de espacio en el mástil no permite instalar nuevas antenas.

Otra solución es la instalación de emplazamientos hexasectoriales, ya que teóricamente se consigue con ellos un aumento de la capacidad y de la cobertura. Pero debe valorarse la implicación de aumentar el número de antenas, de amplificadores de cabeza y de alimentadores de red que deben instalarse.

Desde un punto de vista radioeléctrico, la reutilización de emplazamientos también tiene sus ventajas. Por ejemplo, los efectos cerca-lejos se anulan porque la diferencia en las pérdidas de propagación entre los dos sistemas es baja.

Sin embargo, existen limitaciones que hay que tener en cuenta. Estas limitaciones tienen relación con el hecho de que:

- Debe revisarse el contrato de alquiler en cada uno de los emplazamientos a reutilizar, uno a uno, antes de planificar una nueva configuración del emplazamiento. Puede ocurrir que el contrato actual no permita instalar más elementos hardware y sea necesario renegociarlo.
- La compartición de antenas no permite la existencia de mecanismos independientes para el ajuste del ancho del haz y la inclinación. Esto limita fuertemente la libertad con la que cuenta un planificador a la hora de optimizar la configuración del emplazamiento, por lo que no siempre será una solución aplicable.
- Siempre que se pueda es preferible tener por separado los alimentadores de red y las antenas. Si se comparten será necesario instalar diplexores para separar las señales individuales (transmisión de GSM, recepción de GSM, transmisión de UMTS, recepción de UMTS). Esto introduce unas pérdidas adicionales en el balance de enlace, con la consiguiente reducción de capacidad de las células en UMTS, y un aumento de la figura de ruido del sistema.

Por último, el hecho de compartir en un mismo emplazamiento infraestructura de GSM y de UMTS permitirá en un futuro reconfigurar dinámicamente los elementos de red para adaptarse en cada momento a las circunstancias del entorno de operación, como puede ser la variabilidad espacio-temporal del tráfico.

7.3.3. Variabilidad de la distribución de tráfico y la demanda de servicios

A partir de la información de la demanda de tráfico y del plan de servicios que se va a ofrecer, el operador planteará las estrategias de distribución de tráfico entre las distintas tecnologías disponibles en su red.

Por tanto, se necesitará conocer con el mayor detalle posible los servicios ofrecidos y sus características, así como los datos de los perfiles de tráfico por abonado (o grupos de abonados) para cada uno de los servicios ofrecidos, y las estimaciones de volumen de tráfico en número de abonados por servicio.

Con estos datos de partida, el operador ha de diseñar las estrategias de reparto de tráfico entre las distintas tecnologías. En una situación habitual en Europa, donde un operador móvil tiene una licencia de GSM/GPRS, una licencia

UMTS, y que también ofrece WLAN, la estrategia inicial de reparto de tráfico podría ser la de ofrecer los servicios de voz por GSM, los de datos a baja velocidad por GPRS, mientras que los de alta velocidad serían ofrecidos por UMTS. Los usuarios en *hotspots* se atenderán siempre que sea posible por WLAN.

Además de los datos de la demanda para los diferentes servicios, es muy importante conocer la variación temporal y espacial del tráfico.

El nivel de movilidad de los usuarios condiciona también las posibles estrategias de traspaso entre sistemas [7.5]. De una forma simplificada se podría clasificar en una serie de grupos denominados:

- *Usuarios estáticos*. Son aquellos usuarios que no van a cambiar de célula a lo largo de los periodos de actividad.
- *Usuarios con bajo nivel de movilidad*. Son aquellos usuarios que únicamente pueden hacer traspaso a una nueva célula durante el periodo de actividad, no debido a su movilidad, sino por razones de cobertura radioeléctrica (por ejemplo, al encontrarse en el borde de una célula).
- *Usuarios con alto nivel de movilidad*. Son aquellos usuarios que presentan una alta probabilidad de realizar traspaso o reelección en el curso de una llamada debido a su movilidad.

El problema es que la red no proporciona información que permita deducir el grado de movilidad de los usuarios. Eventualmente, se dispone de mecanismos que pueden permitir a la red estimar el nivel de movilidad en algunos casos. La principal dificultad es la definición de las áreas de registro de usuario UMTS (URA) y GPRS en las zonas de frontera.

Es probable que añadiendo nueva infraestructura a la red fuera posible absorber estas variaciones de tráfico, considerando en cada zona la demanda de tráfico en la hora cargada. Aunque esta solución parece válida, en el futuro se puede pensar en solventar algunas de las variaciones de tráfico reconfigurando algunos elementos de la red. De esta forma, la capacidad que sobra en determinados emplazamientos a determinadas horas del día puede aprovecharse para otros emplazamientos que estén más cargados a esa hora, o para sectores del mismo emplazamiento en los que sea otra la tecnología que esté absorbiendo el tráfico en un determinado momento. Haciendo uso de estas funciones de reconfiguración de red, se puede reducir el despliegue de emplazamientos, y consecuentemente los costes asociados, que es un objetivo importante del operador móvil.

7.3.4. Continuidad de la cobertura y la capacidad

El primer problema al que se enfrentan las redes UMTS en su despliegue es que no es posible, inicialmente, garantizar el mismo nivel de cobertura que los sistemas de segunda generación. La solución que se contempla en este caso es la utilización de terminales multimodo o duales, que soporten tanto la conexión a UMTS como a GSM/GPRS.

Uno de los problemas asociado a la operación de redes multimodo es determinar cómo se garantiza la continuidad de los servicios al pasar de una red

a otra. Para ello hay que tratar de analizar y optimizar dos aspectos fundamentales:

1. La asignación de servicios portadores radio para las distintas aplicaciones y servicios previstos.
2. Los criterios para realizar traspasos o reselecciones de célula entre redes garantizando a los usuarios el mantenimiento en la red destino, en la medida de lo posible, de la calidad de servicio ofrecida en la red original.

Los principales problemas asociados al proceso de traspaso y reselección entre GSM/GPRS y UMTS desde el punto de vista de la interfaz radio son:

- *La necesidad de soportar el modo comprimido en UMTS.* El modo comprimido en UMTS permite disponer de periodos de tiempo para hacer medidas de otras frecuencias de UMTS o de otros sistemas (GSM). En estos periodos en los que se realizan las medidas la transmisión y la recepción de UMTS se para, y en los periodos inmediatamente anteriores y posteriores se transmite a mayor velocidad y mayor potencia. Las medidas se usan como información para los traspasos entre portadoras y entre sistemas.

La utilización del modo comprimido puede tener impacto en la capacidad del sistema. Aunque podría presuponerse que, en media, el nivel de interferencia generado cuando se usa el modo comprimido es el mismo, existen factores que implican que se pueda dar un nivel de interferencia mayor. Se recomienda la lectura de [7.4] y [7.6] para profundizar en el conocimiento del modo comprimido y sus implicaciones.

- *El desconocimiento de los patrones de movilidad de los usuarios.* El patrón de movilidad de un usuario modela la velocidad a la que se mueve dicho usuario (estático, peatón, en vehículo, etc.) así como la trayectoria que sigue (desplazamientos cortos, largos, etc.). En el apartado anterior ya se hizo referencia al impacto de la movilidad de los usuarios en los traspasos entre GSM/GPRS y UMTS.
- *La correspondencia entre portadoras origen y destino en los procesos de traspaso y reselección.* La correspondencia entre portadoras de UMTS y GPRS establece para cada portadora de UMTS qué tasa binaria corresponde en GPRS, intentando que se soporte la misma tasa binaria y calidad de servicio que en WCDMA, y teniendo en cuenta las limitaciones de GPRS (esquemas de codificación soportados, tipo de terminal, etc.) y los problemas asociados a la capacidad del traspaso y la reselección en las redes destino.

7.3.5. Gestión conjunta de los recursos radio

En la situación descrita, donde un operador dispone de más de una tecnología de acceso para cursar los servicios que ofrece, no sólo es beneficioso hacer de modo coordinado la planificación radio, sino que también hay que tener

en cuenta esta circunstancia en la gestión de los recursos radio. Este aspecto ya se está considerando en distintos proyectos europeos del Sexto Programa Marco.

A continuación se describen algunos de los mecanismos de gestión conjunta de los recursos radio.

Balance de carga entre distintas tecnologías de acceso

En el control de admisión conjunto entre todas las tecnologías de acceso hay que decidir no sólo si se admite a un usuario en el sistema, sino a qué tecnología de acceso se asigna. En el caso de la tecnología UMTS habrá que considerar también en qué portadora se atiende al usuario, si es que el operador ha adquirido más de una. Estas mismas consideraciones hay que tenerlas en cuenta en los procedimientos de traspaso, ya que ajustando los parámetros del traspaso se puede ajustar también la carga entre sistemas.

En lo que respecta el balance de carga entre distintas tecnologías se tendrán en cuenta las estrategias del operador, que pueden ser de muy diversa índole. En el caso de que se disponga de GSM y UMTS, el operador puede optar porque ambas RATs estén equilibradas en carga o por poner una RAT preferente que se cargue primero.

Correspondencia entre servicios y tecnologías de acceso

Teniendo en cuenta que en el escenario habitual los servicios disponibles se podrán ofrecer a través de más de una tecnología de acceso, se plantea la cuestión de cómo asignar los servicios a las diferentes tecnologías de acceso.

Las estrategias para cursar los servicios por una determinada RAT considerarán tanto los intereses del operador (coste del servicio, aspectos de marketing, etc.) como el impacto en la calidad de servicio de los usuarios.

En el escenario típico que se viene planteando a lo largo de este capítulo, donde conviven GSM y UMTS, la estrategia del operador podría ser operar el servicio de voz preferentemente por GSM, los servicios de baja tasa binaria por GPRS y los de alta tasa binaria por UMTS.

Es importante destacar que aunque exista más de una red de acceso en la zona de interés, para que se puedan plantear estas estrategias de reparto de carga y de correspondencia entre servicios y tecnologías de acceso, es necesario además que los terminales de los usuarios tengan modo de funcionamiento dual, es decir, que puedan operar en todas las tecnologías consideradas.

7.4. TENDENCIAS EN LA OPTIMIZACIÓN DE RED

También en el campo de la optimización de red se está percibiendo la necesidad de aplicar nuevas técnicas más avanzadas, tendentes a que sea la propia red la que realice su autoajuste. Esto cobra cada vez más importancia dada la creciente complejidad de esta tarea, incluso cuando se trata de optimizar una

única tecnología radio. Algunas actividades de optimización están adquiriendo, cada vez más, un cierto grado de solape; por un lado, con la planificación de la red, y por otro, con la operación y el mantenimiento; o lo que es lo mismo, la gestión de la red se hace de forma continuada y en paralelo con otras actividades, no de forma secuencial tras la planificación.

La tendencia actual es que las actividades de optimización, o los aspectos de red a optimizar, dependen de la rapidez con la que se atacan las causas asociadas a un determinado problema detectado en la red. El control de la red de acceso se suele dividir en tres capas, en función del tiempo de respuesta a un determinado problema que se detecte en la red. De esta forma:

- La primera capa (bucle lento) es el modo estadístico o preoperacional. Incluye todas las acciones a realizar con un simulador de red o una herramienta de planificación, así como la optimización y el ajuste fino del funcionamiento de la red de acceso en función de los datos estadísticos recogidos durante un largo periodo de tiempo. En esta etapa se requiere mucha información de la red y el tiempo de respuesta es grande, pues el procesamiento de toda la información así lo requiere. Es aquí donde se toma la decisión de llevar a cabo cambios de parámetros físicos en algún elemento de red (frecuencias, inclinación de las antenas, potencias transmitidas, etc.).
- La segunda y tercera capas incluyen los bucles rápidos incluidos en las estaciones base (bucle rápido en tiempo real) y en el sistema común de gestión de recursos radio (bucle rápido en tiempo “no real”). Afectan principalmente a los cambios de parámetros lógicos de la red (entendiéndose por parámetro lógico aquel que no produce una variación física en el hardware del elemento de red; por ejemplo, el control de potencia o el control de congestión en las estaciones base, o la modificación de algún umbral en la BSC). La diferencia entre la segunda y tercera capas está en el tiempo que se tarda en tomar la decisión en función de las medidas obtenidas.

La tendencia de futuro en los sistemas de optimización es intentar, lógicamente, que la propia red resuelva los problemas en tiempo real y de forma automática. Los primeros pasos ya se están dando, y ya están apareciendo en el mercado herramientas de optimización automática que emplean algoritmos matemáticos avanzados (*simulated annealing*, *bayesianos*, multiobjetivo, basados en lógica borrosa, etc.), y que, en función del problema detectado, del estado de la red y del valor actual de los parámetros de configuración del sistema, modifican en mayor o menor medida algún parámetro para mejorar las condiciones de funcionamiento de la red móvil [7.5].

La calidad ha sido desde siempre uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar las redes de telefonía móvil, así como de los servicios que se prestan en ellas. Con todo, su importancia cada vez es mayor, no sólo porque los clientes han madurado y no se conforman simplemente con acceder a los servicios, sino que demandan cada vez más una mayor calidad, tanto en el uso privado de los servicios móviles, como en el uso profesional que muchos han hecho de ellos, al hacer depender una buena parte de sus negocios de la utilización de la red móvil. Por otro lado, los organismos gubernamentales también han empezado a exigir a los operadores de redes móviles ciertos criterios de calidad a la hora de ofrecer los servicios a los clientes.

En este capítulo se realiza una introducción inicial a lo que se entiende por calidad en las redes y servicios móviles, y cómo se cuantifica. También se presentan los principales parámetros utilizados en la medida de la calidad y se analizan los principales factores a tener en cuenta, pasando a continuación a describir como se realiza la medida de la calidad y los sistemas y herramientas de medida y análisis utilizados. Por último se presentan los mecanismos de gestión de la calidad que incorporan las redes actuales y los campos de aplicación.

8.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Existen diferentes conceptos de calidad dependiendo de los elementos implicados, de manera que:

- Desde el punto de vista del cliente, la calidad se entiende como la satisfacción de éste; es decir, como el grado de cumplimiento de sus expectativas del servicio global (conformadas mediante la publicidad, las tarifas, etc.) frente a su percepción subjetiva del funcionamiento de la red y del terminal, así como del servicio preventa y posventa.
- Desde el punto de vista de la red, la calidad ofrecida es el resultado de las prestaciones ofrecidas por cada una de las partes implicadas; esto

es, los terminales, la red de acceso, la red de transporte (*core*) y los servicios. Al tratarse de elementos tan heterogéneos, aunque íntimamente relacionados, es necesario abordar este tema por separado para cada uno de ellos.

Para evaluar el grado de satisfacción del cliente se emplean diversas técnicas, como las encuestas telefónicas o por correo. Existen otras más sofisticadas, que se basan en el análisis de determinados parámetros, como la evolución de la facturación de cada cliente (medida en general por el ARPU) o su grado de fidelidad (medido en este caso por el *churn*).

Al hablar de calidad, el concepto más ampliamente aceptado es el de “calidad de servicio”, también conocido por QoS (*Quality of Service*) y que la ITU-T define como “el efecto colectivo de funcionamiento del servicio que determina el grado de satisfacción del usuario” [8.1]. Se pueden identificar tres aspectos que conforman la calidad de servicio (ver la **Figura 8-1**):

1. *La accesibilidad de la red*. Se refiere a la disponibilidad de recursos de red suficientes para conectarse a un servicio: cobertura, disponibilidad de la red, etc.
2. *La accesibilidad del servicio*. Incluye los aspectos relacionados con la disponibilidad del servicio: tiempo de acceso, fuera de servicio, etc.
3. *La integridad del servicio*. Se refiere a la calidad ofrecida durante el uso del servicio: caídas, calidad de voz, throughput, etc.

En adelante, este capítulo se centrará en los aspectos técnicos de la calidad, en lo que se refiere a las redes móviles y a los servicios ofrecidos en ellas, dejando aparte temas como la operación de los terminales, los servicios de atención al cliente, etc. Aunque el enfoque pretende ser lo más amplio posible, dado que es la interfaz radio la diferencia fundamental entre los sistemas móviles y otros sistemas más tradicionales como los fijos, se hará especial hincapié en los aspectos y parámetros relativos al acceso radio.

8.1.1. Principales parámetros de medida de la calidad

Es importante destacar que los aspectos de calidad que se pueden evaluar han de ser mensurables de alguna manera, por tanto se han de fijar para ellos

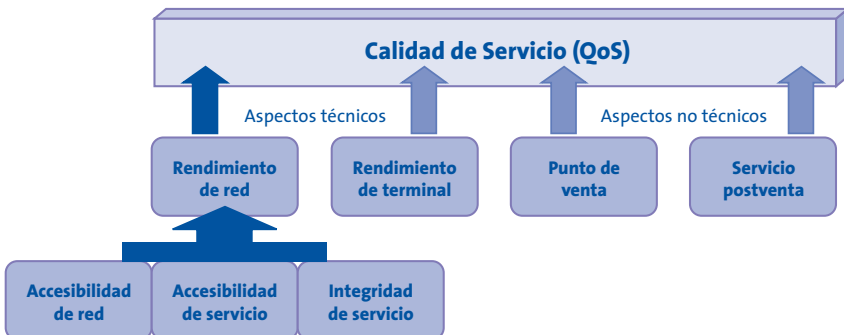


Figura 8-1: Aspectos técnicos de la calidad de servicio

metas alcanzables por los operadores móviles con las tecnologías disponibles en cada momento, y han de cumplir unos criterios de satisfacción óptimos para los clientes.

Los parámetros de medida de la calidad de las redes y servicios móviles son de muchos tipos, y tener en cuenta uno u otro depende del tipo de servicio que se esté prestando en la red. Tal como se ha comentado anteriormente se pueden agrupar según tres aspectos, denominados:

1. *Accesibilidad de la red*. En este aspecto se incluyen parámetros como:

- *El nivel de potencia recibido*. Depende de la posición del móvil dentro de la célula e indica la zona de cobertura que tiene cada célula de la red móvil. La falta de cobertura temporal o permanente de la red en una determinada ubicación es una de las causas más frecuentes de pérdidas de calidad por parte de la red móvil. El parámetro que indica la cobertura de un terminal móvil es el RxLev en la tecnología GSM y el RSSI en la tecnología UMTS.

- *La disponibilidad de la red*. Cuando un usuario intenta acceder a un servicio, puede que la red atienda esta petición y por tanto provea el servicio solicitado sin mayor problema (en este caso será una petición que ha evolucionado correctamente), o puede que por el contrario la petición no llegue a desembocar en la provisión del servicio solicitado. Las causas por las cuales no es posible realizar la provisión del servicio pueden ser varias, pero en todos los casos el efecto que sufre el usuario es el de un defecto o pérdida de calidad. Entre las posibles causas se encuentran, por ejemplo, la congestión de la red o la falta de recursos para atender al usuario, las interferencias creadas por otros equipos circundantes que hacen que no se puedan atender las peticiones de un usuario, etc.

2. *Accesibilidad del servicio*. En este segundo caso se incluyen parámetros como:

- *El tiempo de acceso a un servicio*. Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario realiza la petición de acceso a un determinado servicio hasta el instante en que se recibe la respuesta de éste. La contestación a la petición de acceso puede ser la provisión del servicio o la indicación de que el servicio no está disponible, que puede deberse bien a la falta de recursos por congestión del servicio o bien a la indisponibilidad de éste por avería.

- *Las indisponibilidades del servicio*. Las indisponibilidades del servicio se pueden deber a muchas causas, entre las que destacan las siguientes: servicio caído por avería, por congestión de recursos, por desactivación temporal, etc.

- *El resultado del acceso al servicio*. El resultado de un acceso a un servicio puede ser correcto si el servidor responde correctamente a la petición, o fallido si el servidor no responde o no proporciona alguna de las respuestas esperadas.

3. *Integridad del servicio*. En este último aspecto se incluyen parámetros como:

- *Las caídas del servicio.* Una caída de un servicio significa la imposibilidad de continuar accediendo a él tras establecerse la comunicación en un primer momento, siempre y cuando la imposibilidad sea motivada por cualquier causa ajena a la voluntad de sus usuarios y siempre que éstos se encuentren en todo momento en la zona de cobertura de la red.
- *La calidad de la señal vocal.* Permite valorar la calidad de la señal de voz recibida por el terminal en cada instante, y constituye por tanto una indicación del estado de la calidad de la red. En el caso de GSM/GPRS se indica con el parámetro RXQual y en UMTS con el parámetro C/I.
- *La calidad de la transmisión de datos.* Permite valorar la calidad en la transmisión de ficheros. Se mide mediante la tasa de error BER, que mide la calidad del canal establecido por la cantidad de errores que se producen en la transmisión de datos.
- *El tiempo de navegación.* Es el tiempo que tarda el usuario en recorrer el árbol de navegación que existe desde la entrada en el servicio hasta la llegada a la página deseada.
- *La velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (throughput).* Es la cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión durante el tiempo que dura la conexión.
- *La efectividad del servicio.* Es el porcentaje de accesos al servicio realizados y completados satisfactoriamente, frente a la totalidad de los accesos realizados.

8.1.2. Factores principales que afectan a la calidad de la señal radio

La calidad del servicio proporcionado al cliente se encuentra afectada por una serie de factores, normalmente relacionados con la naturaleza de la señal radio.

La propagación de la señal radio depende de las condiciones de propagación de la atmósfera, así como de los obstáculos que la señal encuentra en el camino desde la estación base hasta el terminal móvil. Por tanto, las condiciones de propagación varían de forma notable tanto en el tiempo como en el espacio, dada la variación temporal y espacial del entorno móvil, y debido a esto, el canal radio presenta una serie de efectos que empeoran la calidad de la señal, como son:

- *Los desvanecimientos de la señal.* Los desvanecimientos pueden ser prolongados en el tiempo pero cortos en intensidad, lo que implica una disminución de la potencia disponible en un lugar durante un tiempo, o cortos en el tiempo pero profundos en intensidad de la señal, de forma que durante unos instantes de tiempo la potencia de la señal cae a valores por debajo, incluso, del umbral de sensibilidad de los receptores de los equipos móviles.

- *Las interferencias.* Las interferencias son algo consustancial a la propagación radio, debido a la gran cantidad de equipos que hacen uso a la vez de este canal, por lo cual dichas interferencias pueden provenir de equipos que nada tienen que ver con la telefonía móvil, pero que interfieren en su banda de frecuencias. Este es un tipo de interferencias que en principio no se deberían producir, y por tanto han de ser evitadas respetando las bandas de frecuencia asignadas. Además de estas interferencias, también se encuentran las interferencias implícitas al propio servicio móvil, ya que este es un canal en el que se hace reutilización de frecuencias para poder aumentar la cantidad de canales disponibles y, dependiendo de las condiciones de propagación, se pueden producir sobrealcances, y por tanto interferencias entre células que en teoría no se deberían producir.
- *El multitrayecto.* El multitrayecto se produce debido a los rebotes de la señal móvil en los múltiples obstáculos que ésta puede encontrar en el camino entre las estaciones base y los terminales móviles. De esta forma, una señal que sale de un transmisor llega al receptor por múltiples caminos y esto produce en el receptor una interferencia debida a los retrasos con que llega la misma señal dependiendo de la longitud del camino recorrido. Esta interferencia puede ser tolerada por el receptor o no, dependiendo del retraso acumulado en la señal por los distintos caminos de propagación.
- *Las pérdidas de penetración en obstáculos.* Dependiendo de la distancia a la que se encuentren el transmisor y el receptor, se producen una serie de pérdidas en la señal que limitan su alcance, además estas pérdidas se pueden ver incrementadas por la presencia de obstáculos entre el transmisor y el receptor, como pueden ser los edificios existentes en las ciudades, o las montañas, colinas y árboles en los entornos rurales. Este efecto es necesario tenerlo especialmente en cuenta en la cobertura de interiores de edificios, en donde pueden aparecer elementos tales como paredes, puertas y mobiliario.
- *La influencia del equipo de medida.* El propio equipo con el que se está midiendo la calidad puede afectar al resultado de la medida, en dos aspectos principalmente:
 - En primer lugar, el hecho de que los terminales del equipo de medida sean de un tipo determinado, da lugar a unos valores de potencia y sensibilidad ligeramente distintos a los que se podrían obtener con otros. Este efecto se puede minimizar con la calibración periódica de los equipos.
 - En segundo lugar, el hecho de introducir unos determinados terminales en la red para realizar las medidas da lugar a una serie de perturbaciones sobre la propia red, que pueden afectar a las medidas realizadas. Esto puede producir dos efectos: la disminución de los recursos disponibles y el aumento de interferencias.

8.2. MEDIDA DE LA CALIDAD

La calidad de redes y servicios es uno de los conceptos que más preocupa a los operadores de telefonía que prestan sus servicios en un entorno de competencia con otros operadores que proporcionan unos servicios similares a sus clientes.

La medida de la calidad es necesaria para poder garantizar que el usuario recibe unos niveles de calidad satisfactorios y de acuerdo al compromiso alcanzado con los organismos gubernamentales encargados de vigilar por los intereses de los usuarios. Por otro lado, el operador necesita tener la certeza de que la red está funcionando conforme a lo que se espera de ella.

Además, la comparación de los niveles de calidad propios y los de la competencia, permite conocer cómo se está posicionado en el mercado, así como detectar nuevas oportunidades de negocio o conocer las propias debilidades. Por último, la medida de la calidad permite a un tercero comparar la calidad ofrecida por diferentes operadores o proveedores de servicio.

8.2.1. Técnicas de medida

Las técnicas de medida de la calidad a aplicar serán de distinto tipo dependiendo del parámetro de calidad que se pretenda medir.

De este modo, para la medida de la cobertura se suelen realizar medidas de la potencia mínima admisible recibida de una determinada estación base, relacionándolas con una determinada posición geográfica del móvil de medida, de forma que lo que se muestra como resultado de la medida es la zona geográfica de cobertura de una determinada estación base.

En el caso de los restantes parámetros que afectan a la calidad de los servicios, lo que se suele realizar son medidas estadísticas. Estas medidas se hacen teniendo en cuenta dos factores importantes: el tiempo en el que se realizan las medidas y la posición geográfica en la que se toman. Con los resultados de las medidas se generan estadísticas e informes de la calidad.

Una vez tomadas las muestras estadísticas de las medidas de calidad, hay que realizar el procesado de los datos. Este proceso permite hacer correlaciones entre los distintos factores que se han mencionado: parámetros de calidad, tiempo, posición geográfica, y muchos otros, como comparativas entre operadores, comparativas entre las medidas realizadas antes y después de un cambio en la red o después de solucionar algún tipo de problema o avería detectado en la red.

El resultado de estas medidas se muestra en un conjunto de tablas estadísticas donde se recogen los valores de los parámetros en el tiempo y en una localización determinada. También se generan informes donde se comentan los resultados obtenidos según los criterios mencionados.

Por otro lado, tal como se ha descrito anteriormente, existen multitud de factores que afectan a la calidad, por lo cual es necesario definir ciertos conceptos comunes de medida, así como establecer procedimientos y normas para su

correcta realización y análisis. De no ser así, resultaría imposible poder comparar las medidas realizadas por dos herramientas diferentes o correspondientes a distintos operadores. Con todo, en ocasiones se olvidan estas consideraciones y aparecen divergencias en la interpretación de los resultados.

8.2.2. Sistemas y herramientas de medida

Existen dos aproximaciones diferentes y complementarias a la hora de medir la calidad:

- La primera se basa en la realización de medidas discretas, en zonas concretas y periodos de tiempo determinados, mediante algún equipo o teléfono capaz de recibir y decodificar la señal radio. Esta es la técnica utilizada en los sistemas de medida a bordo de vehículos, también conocidos como *“drive-test”*.

Este tipo de técnica da una visión local del funcionamiento de la red, permitiendo emular el comportamiento de un usuario típico, y pudiendo así detectar problemas de cobertura, de interferencia, de traspasos, etc.

- La segunda técnica se basa en la utilización de contadores de la red, extraídos normalmente de los diferentes elementos que la conforman o a través de sus sistemas de gestión. Aunque también permiten analizar zonas o células en particular, ofrecen una imagen global del funcionamiento y prestaciones de la red.

La utilización conjunta de ambos tipos de herramientas multiplica su eficacia ayudando a identificar problemas de configuración o de prestaciones que por sí solas no podrían.

Sistemas de medida de la señal radio

Según los parámetros de calidad que se quieran medir, se pueden elegir unos sistemas de medida u otros. Entre los sistemas que se pueden usar están:

- *Los teléfonos de ingeniería*. Un simple teléfono de ingeniería permite medir la potencia de la señal radioeléctrica radiada en una determinada posición de la célula, así como dar una estimación de la medida de la calidad de la voz recibida.
- *Los sistemas de “drive-test”*. Si el teléfono anterior se conecta a un PC y se van almacenando los datos medidos en el disco duro del PC, mediante una aplicación informática se puede establecer un mapa de la zona geográfica de cobertura de una determinada señal, así como la calidad de la voz recibida en cada posición.
- *Los sistemas automáticos de medida de la calidad*. Si se utiliza un sistema de medida que sea capaz de realizar, además de la funcionalidad anterior, llamadas con varios teléfonos a la vez, a varios servicios de valor añadido, en distintos instantes de tiempo y en distintas posiciones

geográficas, e ir recogiendo los datos medidos en una base de datos, se puede llegar a obtener no sólo el mapa de cobertura de una zona, sino también el mapa de calidad de los servicios de valor añadido prestados a los usuarios en función del tiempo. Con un sistema de medida como éste, se está en disposición de realizar una medida estadística de la calidad en función del tiempo y la posición, y según un criterio que se establezca a priori. Con el análisis de estas medidas se pueden obtener las estadísticas e informes de las medidas de calidad descritas anteriormente.

Sistemas de extracción de datos de la red

Otra forma de medir la calidad de servicio se basa en la extracción de datos de la red, a través de sus sistemas de gestión o directamente de los elementos de red (BSC, MSC, SGSN o RNC, según corresponda). En algunos casos, dado que pueden empobrecer el rendimiento de la red, se activan únicamente a petición del operador en aquellas células que se desea monitorizar, y durante un periodo determinado. Existen sistemas y herramientas de análisis que se encargan de tratar esos datos, procesarlos y entregar indicadores clave o KPIs (*Key Performance Indicators*), capaces de ofrecer una imagen fiel del funcionamiento de la red. Estos indicadores pueden referirse a la hora cargada (*busy hour*), o bien ser el valor medio diario.

La **Figura 8-2** muestra, a modo de ejemplo, la evolución experimentada, a lo largo de un mes, por un KPI determinado (*“bh_attempts”*, intentos de llamada en hora cargada) en un conjunto de celdas.

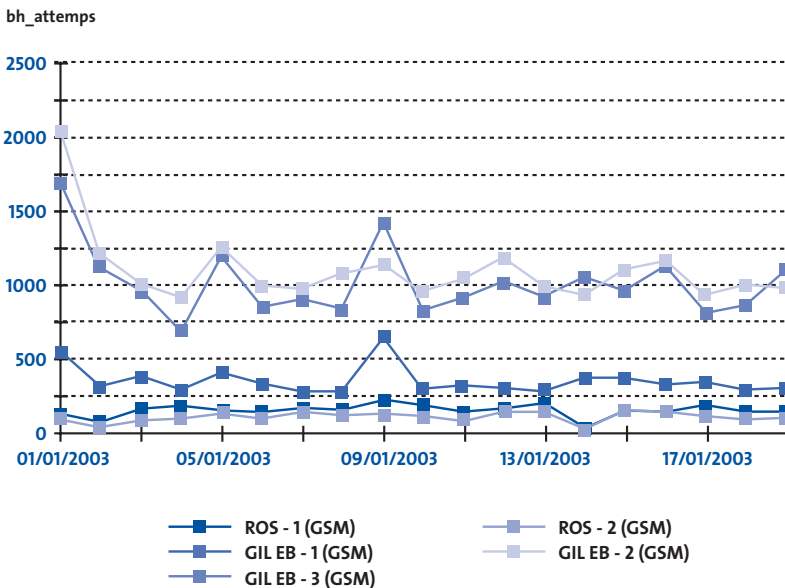


Figura 8-2: Evolución de un KPI a partir de datos extraídos de la red

bh_attempts: Intentos de llamadas en hora cargada

Algunos de los KPIs más significativos para evaluar la calidad de servicio son:

- La tasa de llamadas con éxito (*call success rate*).
- La tasa de llamadas caídas (*dropped call rate*).
- La tasa de trasposos con éxito (*handover success rate*).
- La velocidad de transferencia por célula (*throughput per cell*).
- La ocupación de TSL (*TSL utilization*).
- El bloqueo de TBFs (*TBF blocking*).

Estos sistemas permiten identificar problemas de red o de congestión. El tratamiento adecuado de estos datos puede permitir la localización de zonas con problemas de funcionamiento por cuestiones de configuración, capacidad o interferencia, reflejados en indicadores como el número de llamadas no atendidas, caídas, reintentos, etc.

Otros sistemas más inteligentes van más allá y pueden facilitar el mantenimiento preventivo de la red. Estudiando la evolución temporal de ciertos parámetros y extrapolando valores al medio plazo es posible prever posibles futuros problemas y anticiparse a ellos tomando las decisiones adecuadas, como la reconfiguración de la red o la ampliación de su capacidad.

8.3. GESTIÓN DE LA CALIDAD

Como se ha descrito anteriormente, existen diferentes atributos que definen la calidad de cada uno de los servicios. Las diversas combinaciones posibles de estos atributos conforman diferentes perfiles de QoS.

En la *Release 97 y 98* de GPRS [8.2] se definen cuatro atributos con los conjuntos de clases, denominados precedencia (prioridad), retardo, fiabilidad y tasa de transferencia (*throughput*). La *Release 99* introdujo ciertas novedades (BER residual, porcentaje de SDUs erróneos, etc.) con el objeto de armonizar los atributos de QoS para GPRS y UMTS, pudiendo establecerse un *mapeo* con los antiguos atributos, tal y como muestra la **Tabla 8-1**.

Por todo esto, las redes móviles han ido incorporando progresivamente mecanismos y procedimientos de gestión de la calidad que permitiesen ofrecer las calidades requeridas, desde los protocolos o esquemas de transmisión más

Tabla 8-1:
Relación entre los atributos de la Release 98 y la Release 99

Atributo Release 98	Atributo Release 99
Precedencia	Prioridad de asignación/retención
Retardo	Prioridades de manejo (clases “background” e interactiva)
Fiabilidad	Varias combinaciones de BER residual, porcentaje de SDUs erróneos y transmisión de SDUs erróneos
Velocidad de transmisión	Velocidad máxima de bit

BER: Tasa binaria de error (Bit Error Rate)
SDU: Sing Data Unit

idóneos hasta la asignación de los recursos de red necesarios. Sin embargo, mientras determinadas redes como GSM o HSCSD tratan a todos los usuarios por igual, independientemente de su perfil o del servicio al que acceden, otras como GPRS o UMTS, más orientadas a paquetes de datos, sí que incorporan en su implementación diversas posibilidades de gestión de la QoS.

Los mecanismos de gestión de la calidad en las redes móviles se encargan básicamente de negociar y gestionar los perfiles y clases de QoS.

El mecanismo básico de gestión es la definición del servicio portador (BS, *Bearer Service*), que se apoya fundamentalmente en el concepto de contexto PDP, introducidos ambos por primera vez en la *Release 97*. El contexto PDP se puede definir como la conexión lógica establecida entre el terminal móvil y la red para el transporte del tráfico IP. De este modo, todas las aplicaciones a las que un usuario acceda por medio del mismo contexto PDP tendrán los mismos atributos de QoS.

Mientras que en la *Release 97* un mismo terminal podía establecer varios contextos PDP, cada uno con una dirección PDP diferente, el 3GPP introdujo ya en la *Release 99* la posibilidad de usar varios contextos PDP por dirección PDP, de modo que cada uno de ellos pudiese ofrecer un perfil de QoS diferente. En otras palabras, diferentes usuarios podrían acceder al mismo servicio con diferentes perfiles de QoS, sin necesidad de proveer servidores específicos para cada uno de ellos.

La *Release 99*, además, define cuatro clases diferentes de QoS (también denominadas clases de tráfico), cuya diferencia fundamental estriba en la sensibilidad de cada una de ellas frente al retardo, agrupando así las posibles aplicaciones a ofrecer. Estas clases reciben el nombre de:

1. Clase “conversacional”: voz, voz sobre IP, vídeo sobre IP, juegos *online*, etc.
2. Clase “*streaming*”: streaming de audio y vídeo.
3. Clase “interactiva”: navegación por Internet, aplicaciones interactivas, etc.
4. Clase “tráfico en *background*”: MMS, *e-mail*, servicios de *broadcasting*, etc.

Para mantener los requisitos de cada una de las clases descritas, se definen diversos mecanismos que trabajan en dos planos diferentes:

1. El plano de control, que se encarga de mantener la QoS antes de establecer la conexión, mediante funciones como la asignación de recursos o el control de admisión.
2. El plano de usuario, que se encarga de proporcionar y mantener la QoS una vez que se ha establecido la portadora, e incorpora funciones tales como el control de potencia, la adaptación del enlace o la priorización de paquetes (*packet scheduling*).

Por último, la convergencia entre las redes móviles y las redes IP es cada vez mayor, de modo que parte de los requerimientos de calidad de servicio de las redes IP se han ido trasvasando a las redes móviles. En concreto, la IETF especifica dos entornos: IntServ (*Integrated Services*, servicios integrados) y DiffServ

(*Differentiated Services*, servicios diferenciados), y tanto GPRS como UMTS ya incorporan en sus estándares los mecanismos necesarios para soportarlos.

8.4. PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN

La realización de medidas de calidad en las redes móviles tiene lugar en distintas fases (con diferentes requisitos) del proceso de construcción y operación de la red móvil, como pueden ser la validación del despliegue de nuevas redes y la optimización de éstas.

8.4.1. Validación del despliegue de red

Con los sistemas de medida de la calidad se puede realizar la validación del despliegue de una nueva red, como podría ser en la actualidad la red UMTS, ya que con las medidas realizadas se puede tener una idea bastante certera de cuál va a ser la calidad que van a percibir los usuarios de la red, tanto en cobertura como en la calidad de los servicios que prestará la red que se está desplegando.

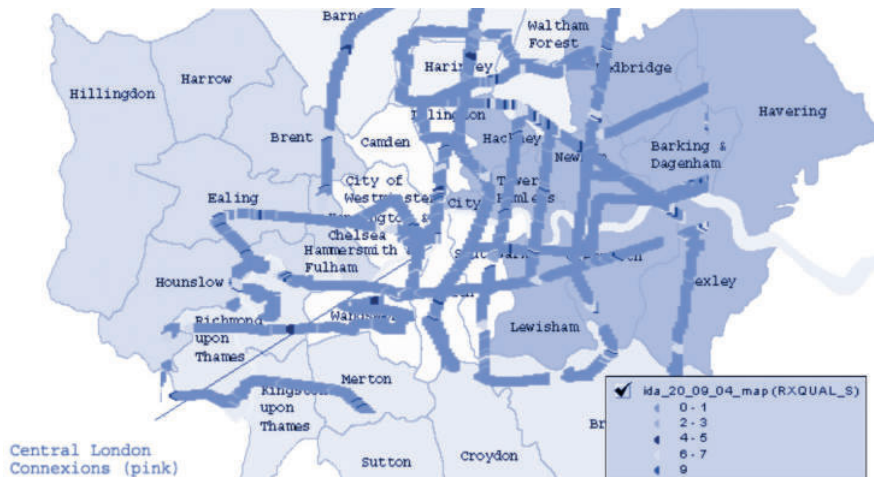
En la **Figura 8-3** se puede apreciar un ejemplo en el que se ha utilizado un sistema de medida de la calidad para determinar niveles de señal en una zona geográfica en estudio. Las marcas indican puntos (posicionados con un dispositivo GPS) en los que se ha medido la calidad.

Estos sistemas de medida también sirven para detectar posibles problemas que se estén produciendo en el despliegue, durante las primeras fases de realización de la nueva red.

8.4.2. Optimización de la red

El análisis de las medidas de calidad realizadas permite llevar a cabo la optimización de la red una vez que ha sido desplegada, permitiendo ajustar los

Figura 8-3:
Ejemplo de campaña de medidas para validación de despliegue



parámetros y características de la red definidas durante la fase de planificación. En la mayoría de los casos, existen diferencias entre las condiciones y criterios aplicados para la planificación de la red y las que luego realmente se dan cuando se despliega. No solamente eso, sino que, además, las prestaciones de la propia red van evolucionando según crece el número de usuarios o se van añadiendo nuevos servicios. La realización de medidas de calidad de manera más o menos periódica puede permitir identificar aspectos de prestaciones y rendimiento por debajo de lo esperado o susceptibles de ser mejorados. Algunas áreas típicas de optimización son la asignación de frecuencias (o códigos), la definición de colindancias o la definición de algún parámetro de red como, por ejemplo, la inclinación de antena (*tilt*).

Por otra parte, las últimas tendencias proponen soluciones de gestión optimizadas de los recursos de red basadas precisamente en la medida y monitorización de la calidad de servicio ofrecida por la red, y demandada en cada momento por los usuarios. Estas propuestas hacen uso de algunos de los parámetros o KPIs mencionados anteriormente, y permiten no sólo la gestión de ciertas funciones de la red, como el control del traspaso (*handover*) o de potencia, sino también la asignación dinámica a los usuarios de unos u otros recursos de la red (o redes, en caso de existir varias) en función del estado de ésta.

8.4.3. Otros campos de aplicación

Otros posibles campos de aplicación de las medidas de la calidad en las redes móviles son el ajuste de los modelos de propagación o la realización de benchmarking entre diferentes operadoras.

Ajuste de los modelos de propagación

Dada la complejidad de los mecanismos de propagación, existen modelos empíricos o estadísticos, como el de Okumura-Hata, que tratan de prever los efectos de la propagación sobre las señales radioeléctricas. Normalmente son aproximaciones que parten de un modelo general y luego son particularizadas a diferentes escenarios y condiciones de contorno. En términos generales existen dos mecanismos de ajuste básicos: el de los coeficientes (k) y el de las constantes (C), que de manera simplificada aparecen en el cálculo de las pérdidas de propagación según la siguiente ecuación:

$$L \text{ (dB)} = k \cdot f(\text{distancia, frecuencia, etc.}) + C$$

Donde L es la pérdida de propagación resultante, y k y C son coeficientes (factor y sumando, respectivamente) que modifican una función dependiente de parámetros como la distancia entre emisor y receptor, la frecuencia utilizada, y otros.

Las medidas realizadas en campo pueden utilizarse para ajustar los modelos de propagación a los diferentes tipos de escenarios contemplados. Para ello

se diseña una campaña de medidas, estructurada en función de las diferentes variables a considerar en el modelo (tipo de entorno, tipo de vegetación, etc.) y que sea representativa estadísticamente (suficiente número de muestras). La comparación entre la estimación del modelo con las medidas obtenidas en campo permiten obtener factores de corrección para cada combinación o rango de parámetros.

Como resultado, se obtienen modelos de propagación más ajustados que permiten realizar planificaciones más precisas, con lo cual se optimizan las inversiones y se ofrece un mejor servicio.

“Benchmarking” entre operadoras

Otra aplicación de estos sistemas de medida es realizar un *benchmarking* entre operadoras para conocer el estado de la red propia y el de la competencia. Los resultados de dicha comparativa pueden servir para definir los planes de crecimiento de una operadora frente a sus competidores más directos, y establecer prioridades en la cobertura de los diferentes objetivos planificados.

Estos sistemas pueden ser utilizados también por entidades ajenas a las operadoras, como consultoras independientes, asociaciones de consumidores, o incluso organismos gubernamentales, para comprobar la calidad de servicio ofrecida por cada operadora y obtener, por ejemplo, un *ranking* de todas ellas.

En este capítulo se presentan algunas de las soluciones técnicas utilizadas o previstas para resolver los problemas de cobertura y capacidad que suelen aparecer en las distintas fases de despliegue de una red móvil.

Algunas de estas soluciones, como los repetidores o las microestaciones base, aunque utilizadas de forma puntual en sistemas de segunda generación, serán de uso común en los sistemas 3G por diversas razones que se analizan.

Otra línea en la que se está trabajando es la que se refiere a las estaciones base distribuidas, en las que el procesado en banda base y en radiofrecuencia pueden residir en unidades físicamente distantes.

9.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

En las redes de comunicaciones móviles 2G, las antenas se colocan normalmente en azoteas de edificios o en torres, dependiendo del entorno (rural o urbano) y de las necesidades específicas de capacidad, cobertura y calidad del servicio. En las ciudades, la estación base se suele instalar en un cubículo, o contenedor prefabricado, que se coloca también en la azotea, a pocos metros de las antenas. En zonas rurales y carreteras, la estación base se alberga en un pequeño recinto al pie de la torre. La conexión entre la estación base y las antenas se realiza mediante tiradas de cable coaxial de pocos metros de longitud.

Aunque esta forma de colocar las antenas es la habitual, no es siempre la única. Hay ocasiones en que las antenas deben instalarse en el interior de edificios, túneles o recintos amplios, como estadios deportivos, zonas aeroportuarias y feriales, etc., con el fin de crear microcélulas y picocélulas, bien para proporcionar cobertura en zonas de acceso radioeléctrico difícil o para incrementar la capacidad. Para ello se recurre a una de las dos estrategias siguientes: *uso de microestaciones base o despliegue de repetidores.*

Como su nombre indica, las microestaciones base son estaciones base de pequeño tamaño. Radian con potencias bajas, inferiores a uno o dos vatios por portadora, y se pueden conectar a la parte fija de la red por par de cobre. Para evitar tener que alquilar un circuito para cada microestación, con frecuencia se comparte un circuito entre varias, terminando la línea alquilada no ya en una microestación base, sino en un equipo controlador que agrupa a varias microestaciones. El controlador se conecta con las microestaciones base por pares de cobre y reparte entre ellas la capacidad de la línea alquilada.

Los repetidores son básicamente cabezas de radiofrecuencia (RF). Reciben de una estación base una o varias portadoras, las amplifican, eventualmente cambian de frecuencia, y transmiten a la antena. Como la distancia entre la estación base y el repetidor puede ser grande, de hasta varios kilómetros, el enlace entre ellos se realiza bien mediante un radioenlace o bien por medio de fibra óptica.

La decisión de cuándo utilizar microestaciones base y cuándo repetidores se toma normalmente basándose en las necesidades de capacidad y de coste, dependiendo de cada instalación concreta.

El uso de antenas remotas se puede considerar como un nicho en los sistemas 2G, pero en UMTS, y más aún en sistemas posteriores, su utilización será más generalizada. Son varias las razones para ello, de entre las que se pueden destacar las siguientes:

- A medida que aumenta la velocidad de transmisión en línea, el tamaño de las células puede ser inferior, ya que los tráficos por estación base son más elevados, lo que favorece el empleo de soluciones que no requieren acceso a muchas azoteas de edificios, con su coste de alquiler asociado. En las ciudades es cada vez más difícil conseguir acceso a nuevos tejados con costes de alquiler moderados, y la opinión pública está cada vez más sensibilizada contra la instalación de grandes antenas.
- El uso de frecuencias más elevadas trae consigo mayores pérdidas de propagación.
- Al menos en sus primeras fases, los Nodos B y las nuevas estaciones base serán más caros que los repetidores.
- La tecnología de radio sobre fibra permite un despliegue muy denso de repetidores en entornos urbanos.
- La capacidad de una portadora WCDMA es mucho mayor que la de una portadora GSM, por lo que puede pensarse en un mayor reparto espacial de la cobertura.

Con estas consideraciones como punto de partida, en este capítulo se presenta una vista panorámica de lo que se conoce como “*Sistemas de distribución*”, o conjunto de opciones de repetidores que se contemplan cuando se planifica el despliegue de una red radio UMTS o posterior.

9.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Los sistemas de distribución se pueden clasificar en los siguientes grandes grupos:

- Nodos B con cabeza de RF remota.
- Repetidores sobre fibra.
- Repetidores radio.
- Otras opciones, como repetidores sobre cable coaxial, cable de pares, infrarrojos, etc.

En general, cuando se habla de repetidores de cualquier tipo, se distinguen dos elementos de red distintos: el llamado repetidor BTS, que se conecta directamente al Nodo B, y el repetidor de antena o remoto, que se ubica físicamente en las proximidades de la antena. El repetidor BTS adapta la interfaz de RF del Nodo B a un portador metálico o de fibra, o bien a un radioenlace, que sirve de medio de transmisión hacia la antena remota. El repetidor de antena readapta la interfaz del portador metálico, de fibra o del radioenlace, a otra interfaz de RF similar a la del Nodo B que, a su vez, se conecta a la antena.

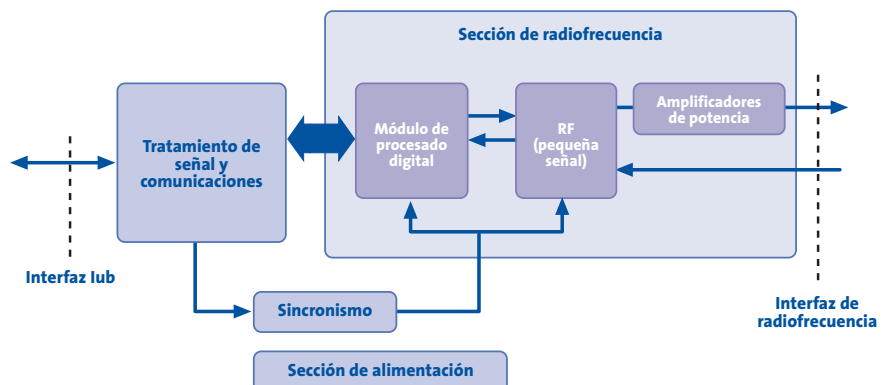
Dependiendo de dónde vayan a ser instalados, a los sistemas de distribución también se les clasifica como de interiores o de exteriores. Los primeros se suelen utilizar para proporcionar cobertura en el interior de edificios o garajes. Son, en general, equipos que radian poca potencia, hasta unos +20 dBm, aproximadamente, y se alojan en cajas sencillas. Los de exteriores se utilizan más en túneles, recintos feriales, tendidos de ferrocarril, etc. Suelen radiar con potencias superiores, normalmente hasta unos dos vatios, y su caja suele ser de intemperie, estanca y con alguna protección frente a agresiones mecánicas.

A continuación se describen estos sistemas de distribución.

9.2.1. Nodos B con cabeza de radiofrecuencia remota

El diagrama de bloques general de un Nodo B se muestra en la Figura 9-1. En él se pueden distinguir cuatro secciones diferentes: la sección de radiofrecuencia (RF), la sección de tratamiento de señal y comunicaciones, la sección de sincronismo y la sección de alimentación. Además, el Nodo B se comunica con el exterior a través de dos interfaces: la interfaz de RF y la interfaz Iub. La primera es la interfaz aire, o de radio, mientras que la segunda es una interfaz digital a través de la cual el Nodo B intercambia con la parte fija de la red UMTS canales de tráfico, señalización, sincronismo e información de operación y mantenimiento.

Figura 9-1:
Diagrama de bloques
general de un Nodo B



La sección de RF constituye el núcleo de un Nodo B. Consiste en un conjunto de circuitos en los que se genera, transmite y recibe la señal radio que se encarga de mantener la comunicación con los equipos de usuario. Esta sección va alojada en bastidores que normalmente se encuentran en el mismo recinto que las otras secciones. Sin embargo, hay ocasiones en que la sección de RF constituye un módulo independiente que se puede alejar del resto del nodo para permitir el uso de antenas distribuidas. En estos casos, la interfaz con las otras secciones es propietaria del fabricante, y se habilita mediante un enlace que generalmente es de fibra óptica.

En algunos casos, las cabezas de RF remotas son meros repetidores de radio sobre fibra (su principio de funcionamiento y características se describen en el apartado siguiente). Sin embargo, con frecuencia su funcionalidad es más compleja: la señal radio que transmiten se genera en las propias cabezas a partir de la información que les transmite el Nodo B. Cada fabricante decide qué parte del procesado de las señales UMTS se realiza en la cabeza de RF y qué parte en el núcleo del Nodo B, aunque con ciertas matizaciones.

No existe ninguna normativa que obligue a los fabricantes de equipos de red radio a adoptar una interfaz determinada entre el Nodo B y la cabeza de RF, pero sí han surgido agrupaciones de fabricantes que las han propuesto, por iniciativa propia. El objetivo de proponerlas ha sido facilitar la subcontratación del diseño y fabricación de forma total de las cabezas de RF, o al menos de alguna de sus partes. De entre estas iniciativas destaca, en primer lugar, la denominada CPRI, *Common Public Radio Interface* [9.2], que es pública, y, en segundo lugar, la propuesta por el consorcio OBSAI, *Open Base Station Architecture Initiative* [9.3], a cuyos detalles sólo tienen acceso los fabricantes pertenecientes al consorcio.

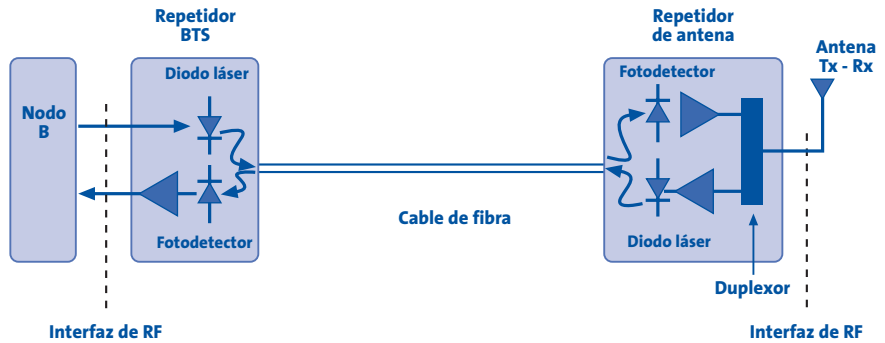
La interfaz CPRI se ajusta al concepto de transmisión Ethernet: la señal se agrupa en tramas, con codificación de línea tipo 8B/10B. Incluye datos en banda base, separados en componentes en fase (I), y en cuadratura (Q), tramas de sincronismo, control de enlace, operación y mantenimiento y reserva para ampliaciones futuras. También incluye campos reservados a aquella información específica del suministrador, que presumiblemente emplearán los fabricantes para evitar la conexión de sus Nodos B a las cabezas de RF de aquellos suministradores con los que no tengan acuerdo comercial.

En la interfaz CPRI se contemplan velocidades de transmisión de 614,4 Mbit/s, 1.228,8 (614,4 x 2) Mbit/s y 2.457,6 (614,4 x 4) Mbit/s. Aunque está pensada principalmente para soportar enlaces de fibra óptica, también permite otras opciones, como es la transmisión por portador metálico mediante Gigabit Ethernet. Dependiendo de la velocidad de transmisión, en un mismo enlace se pueden enviar entre 4 y 20 señales IQ diferentes. Por el momento soporta únicamente enlaces punto a punto, pero está pensada para que se pueda ampliar a punto-multipunto.

9.2.2. Repetidores sobre fibra

En estos repetidores el medio físico de conexión entre el Nodo B y la antena es un cable de fibra óptica [9.1]. Se pueden utilizar tanto en interiores como

Figura 9-2:
Esquema de conexión
de un repetidor de radio
sobre fibra



en exteriores, ya que el cable de fibra óptica es barato y está diseñado para entornos agresivos, como puede ser una canalización o un enterramiento directo. Con un pequeño sobrecoste se puede, incluso, dotar al cable de fibra de una cubierta de acero que sirve de protección contra roedores. El uso de la fibra permite sin dificultades longitudes de vano desde 5 kilómetros hasta 20 kilómetros y, con un diseño adecuado, unas pérdidas en la planta de más de 20 dB.

En la **Figura 9-2** se muestra un esquema simplificado de un repetidor de radio sobre fibra. Una portadora procedente del Nodo B accede al repetidor BTS a través de la denominada Interfaz de RF, y modula en intensidad a un diodo láser. La salida del láser se inyecta en una fibra óptica, que puede llegar a tener varios kilómetros de longitud, y llega hasta el repetidor remoto, donde un fotodetector convierte la señal óptica en eléctrica. A continuación esta señal es preamplificada, y luego vuelta a amplificar, para conseguir la potencia deseada de salida. Por último, se entrega a la antena a través de un duplexor, que debe introducir en la banda de recepción el rechazo que sea necesario en la cadena receptora.

En sentido inverso, desde la antena al Nodo B, el funcionamiento es similar. Las señales de RF procedentes de la antena son preamplificadas y modulan en intensidad a otro diodo láser, que inyecta su salida óptica en otra fibra diferente del mismo cable. Por esta segunda fibra óptica, la señal llega al repetidor BTS, donde se convierte en eléctrica, pasando a continuación a ser preamplificada y, por último, entregada al Nodo B. En este caso no existen amplificadores de potencia, pero el margen dinámico del enlace debe ser lo mayor posible.

El sistema representado en la **Figura 9-2** está muy simplificado. En la realidad, en los sistemas UMTS sobre fibra las señales de RF se suelen trasladar a una frecuencia intermedia de unos pocos cientos de megahercios, y en esta frecuencia intermedia modulan a los diodos láser. De forma complementaria, en el extremo receptor las señales que entregan los fotodetectores están en frecuencia intermedia, y deben convertirse a la banda de RF original antes de salir de los repetidores. Otro aspecto que aumenta la complejidad de los repetidores es la posibilidad de transmitir varias portadoras de RF. Puede ocurrir que sea necesario transmitir varios radiocanales sobre una misma fibra por cualquiera de los dos motivos siguientes: bien porque el repetidor radia varias portadoras y no se desea utilizar fibras adicionales, o bien porque la topología de conexión entre el repetidor BTS y el de antena no es punto a punto, sino en árbol o bus, de modo que una

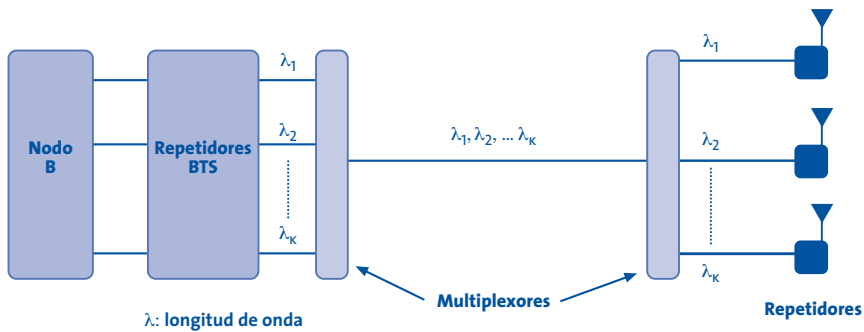


Figura 9-3:
Sistema de multiplexación en longitud de onda (WDM)

misma fibra alimenta más de un repetidor. En cualquiera de los dos casos es necesario implementar un mecanismo de multiplexación. De todos los posibles mecanismos de multiplexación se describen los dos siguientes:

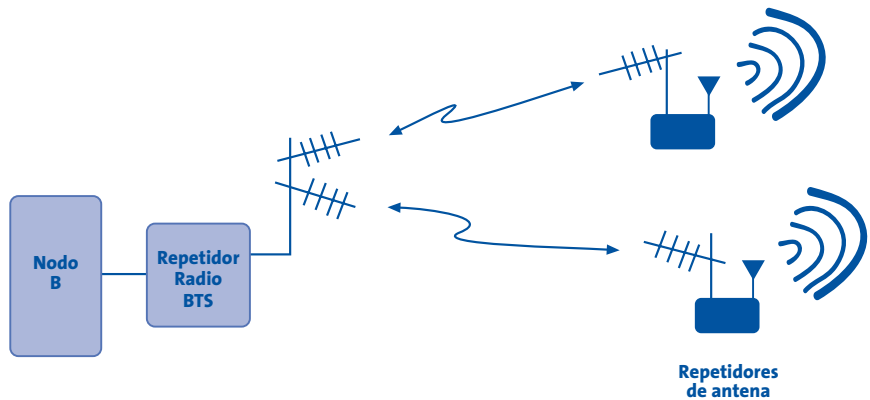
1. El mecanismo de *multiplexación de subportadora* (SCM). La multiplexación de subportadora se emplea casi exclusivamente en el sentido de transmisión descendente, es decir, del Nodo B hacia la antena. Consiste en sumar eléctricamente varias portadoras, bien en su frecuencia o bien en frecuencia intermedia, e inyectar la suma resultante en la entrada de modulación del láser. En recepción el proceso es el inverso: tras su fotodetección, las portadoras se amplifican, el receptor sintoniza la portadora que desea recibir y a continuación la filtra y traslada a su frecuencia original, si fuera necesario.
2. El mecanismo de *multiplexación en longitud de onda* (WDM). La multiplexación en longitud de onda consiste en asignar a cada portadora de RF una longitud de onda diferente, y combinar o extraer las portadoras mediante un multiplexor óptico. Tal como se puede apreciar en la **Figura 9-3**, es un sistema simple, ya que, de hecho, superpone sistemas de transmisión independientes sin interacción alguna entre ellos. Su único inconveniente, en comparación con otros métodos de multiplexación, es su coste: un diodo láser seleccionado en longitud de onda es más caro que otro de uso general, y un multiplexor óptico es normalmente más caro que otro eléctrico. Por ello, se suele utilizar únicamente en sentido ascendente, de la antena al Nodo B, en el que el mecanismo SCM no es aplicable¹.

9.2.3. Repetidores radio

En los repetidores radio la comunicación entre los repetidores BTS y de antena se establece por medio de un radioenlace, tal como muestra el diagrama de la **Figura 9-4**.

¹ El sistema de multiplexación SCM no es apenas aplicable en sentido ascendente por el problema conocido como "ruido de batido entre láseres", cuya descripción se sale del ámbito de esta publicación.

Figura 9-4:
Esquema de utilización
de repetidores radio



Los diferentes canales de una misma portadora procedentes del Nodo B se inyectan al repetidor radio BTS, que en principio no es más que un amplificador que alimenta una o varias antenas, las cuales pueden ser directivas o sectoriales. Un caso típico de aplicación de repetidores radio es la cobertura de zonas rurales remotas que generan poco tráfico. Tomando la ilustración de la **Figura 9-4** como ejemplo, una misma portadora de RF de un Nodo B se transmite a dos localidades diferentes mediante sendos radioenlaces. El radioenlace evita instalar dos Nodos B diferentes, que no están justificados por el volumen de tráfico, y alquilar sus correspondientes enlaces digitales fijos.

Con el fin de amplificar las señales procedentes del radioenlace con ganancias elevadas sin riesgo de oscilaciones, los repetidores de antena pueden introducir un cambio de frecuencia. A continuación amplifican la señal resultante con la ganancia deseada y la radian a la zona de cobertura a través de otra antena, normalmente sectorial u omnidireccional. En el sentido ascendente, el funcionamiento es similar: las señales procedentes de los equipos de usuario se recogen en la antena del repetidor, son preamplificadas, eventualmente cambian de frecuencia, se vuelven a amplificar y, por último, se transmiten al repetidor BTS a través de la antena directiva.

El punto principal a analizar en los repetidores radio es el relativo a las frecuencias del radioenlace, una para el sentido ascendente y otra para el descendente. Al operador le interesa utilizar para el radioenlace una frecuencia que le pertenezca, para evitar tener que pagar a la Administración un canon adicional por el uso de espectro radioeléctrico. Pero, por otro lado, se debe implementar el radioenlace de forma que no interfiera a los servicios de comunicaciones móviles que el operador explota, ni tampoco haga que disminuya la capacidad. Básicamente el operador dispone de dos opciones: establecer el radioenlace en la misma banda del servicio, aunque en frecuencias diferentes, o utilizar otra banda diferente que también le pertenezca. Este sería el caso, por ejemplo, de establecer el radioenlace en la banda de 1.800 MHz, propia del servicio GSM, para repetidores UMTS. La elección de una opción u otra depende de la estrategia de despliegue del operador, y de sus condicionantes de planificación.

9.2.4. Otras opciones de repetidores

También existen otras opciones de repetidores, cuya aplicabilidad está menos definida que la de las opciones de distribución anteriores. Sin ser exhaustivos, las opciones consideradas, en orden de mayor a menor madurez tecnológica, son las de cable coaxial, cable de pares y repetidores sobre enlace de infrarrojos, que se describen a continuación.

Repetidores sobre cable coaxial

En este caso, el portador que conecta el repetidor BTS con el de antena es un cable coaxial. Como el coaxial presenta pérdidas muy elevadas en las bandas de comunicaciones móviles, la transmisión entre los repetidores se realiza en una frecuencia intermedia. A un único repetidor BTS se pueden conectar hasta cuatro o cinco de antena, a través de una tirada de cable, con la misma distribución “en raspa” que las distribuciones de televisión en los edificios.

Los repetidores de coaxial están pensados principalmente para el interior de edificios y, típicamente, tienen alcances de unos 300 metros. El motivo fundamental por el que resultan poco aplicables para ambientes de exteriores es el grosor del cable: así como por una canalización se puede introducir un cable óptico de 64 fibras, que apenas tiene más sección que otro de seis, es prácticamente inviable tender juntos más de dos coaxiales.

En la **Figura 9-5** se muestra un ejemplo de instalación por fachada de repetidores coaxiales. La ristra se conecta no a un Nodo B, directamente, sino a un enlace de radio sobre fibra que discurre a lo largo del trazado de la calle.

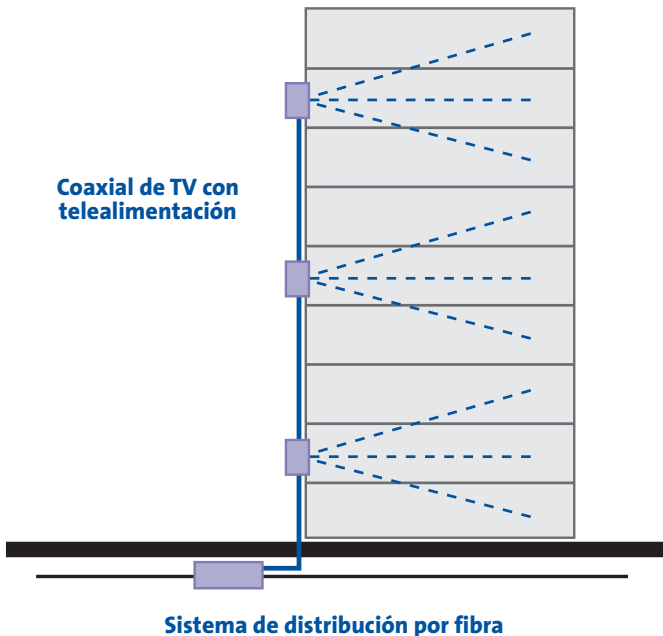


Figura 9-5: Sistema de distribución por coaxial en un edificio conectado a un enlace de radio sobre fibra

Repetidor de cable de pares

El aumento de la velocidad de transmisión en las redes de área local está fomentando el desarrollo de estándares de transmisión por cable de pares de muy alta velocidad, como el 1000 Base-T, o transmisión de Gigabit Ethernet sobre un cable de pares de altas prestaciones.

Para realizar este tipo de repetidores se comienza con un esquema similar a los de coaxial: la señal radio se traslada mediante una conversión a una frecuencia intermedia. A continuación se digitaliza mediante un convertidor analógico-digital y, por último, se inyecta en el cable de pares. En sentido inverso se realiza el proceso contrario. La inyección y extracción de señal en el cable de pares se realiza a través de un conjunto de circuitos integrados que, entre otras funciones, separan los caminos de transmisión mediante técnicas de cancelación de ecos.

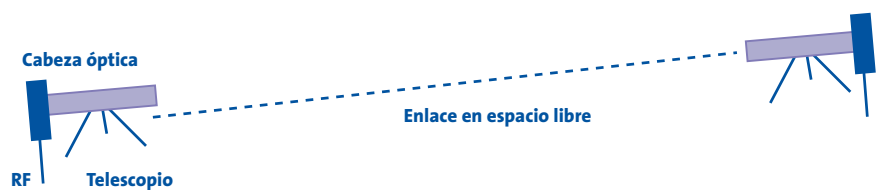
En estos momentos no existen repetidores de este tipo. Su desarrollo futuro depende de varios factores, entre otros de la aparición de circuitos integrados de bajo precio que soporten el estándar 1000 Base-T.

Repetidor sobre enlace de infrarrojos

Por último, cabe mencionar un tipo de repetidores sobre el que por ahora sólo se especula, aunque algún fabricante ya ha indicado que dispone de primeras versiones: los repetidores radio en los que el radioenlace entre la estación base y la antena remota se establece en la banda óptica del infrarrojo, probablemente alrededor de los 1.500 ó 1.600 nm. En estas longitudes de onda el ojo humano es prácticamente insensible [9.4], y existen láseres comerciales de semiconductor con potencias de salida de varias decenas de milivatios.

En los radioenlaces de infrarrojos los transmisores y receptores ópticos focalizan sus haces luminosos por medio de telescopios [9.5] (ver la **Figura 9-6**). Obviamente, para establecer la comunicación es necesario disponer de visibilidad directa. Aparte de este requisito, su limitación principal radica en la posibilidad de corte del enlace en caso de niebla o lluvia severa; por este motivo, su alcance con índices de disponibilidad del servicio del orden del 99 por ciento no suele superar los cientos de metros. Por contra, el atractivo de estos repetidores radica en la disponibilidad gratuita de espectro para el radioenlace.

Figura 9-6:
Sistema de repetidores
con enlace de
infrarrojos en espacio
libre



En este capítulo se presentan algunas de las tecnologías radio que pueden constituir la base para la evolución de los sistemas móviles actuales. Algunas de ellas, como la modulación OFDM, se utilizan en algunos tipos de redes radio (WiFi o WiMAX), mientras que otras, como los sistemas multiantenas, abren la posibilidad de soportar tasas binarias mucho más elevadas que las actuales, a costa de una complejidad adicional que los avances tecnológicos permitirán mantener con un coste razonable en un futuro no muy lejano.

También se analiza la reconfigurabilidad radio, o SDR (Software Defined Radio), que es básicamente un procedimiento para la mejora o actualización de los elementos de la red radio y los terminales por medio de descargas de software.

Finalmente se presenta la tecnología UWB, que pretende resolver uno de los problemas a los que se enfrentan muchos sistemas radio (al menos, los que tienen éxito): la escasez de espectro disponible.

10.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS RADIO

Desde el punto de vista de la tecnología, la principal característica que define lo que se espera de las comunicaciones móviles futuras es el incremento en la velocidad de transmisión. Teniendo en cuenta que no va a ser posible aumentar la potencia de emisión por encima de los valores actuales, y que será difícil aumentar de forma significativa el número de emplazamientos para estaciones base, con respecto a los existentes y planificados para UMTS, el aumento de la capacidad radio requiere al menos dos nuevas actuaciones, como son:

1. *La mejora de la interfaz radio a nivel de enlace.* Es decir, hay que desarrollar nuevos sistemas de modulación, detección, y antenas que permitan transmitir y recibir regímenes binarios más altos que en la actualidad, con eficiencias mejores.

2. *El empleo de nuevas topologías de red radio*, mediante el uso de repetidores y reencaminadores, de forma que desde un único emplazamiento se pueda llevar la señal radio, bien por fibra o bien por radioenlace, a pequeños puntos de acceso de baja potencia distribuidos en las zonas objetivo de cobertura a nivel microcelular o picocelular. En este apartado se incluirían las técnicas de redes *ad-hoc*, o autoorganizativas, en las que un terminal móvil puede a su vez actuar como reencaminador.

En este capítulo se aborda la primera actuación: la mejora de la interfaz radio a nivel de enlace. El análisis incluye aspectos relacionados con:

- La superación de los problemas asociados a la propagación multitrayecto: la modulación OFDM.
- Los mecanismos de compartición del espectro: la combinación de OFDM con técnicas CDMA.
- Los sistemas de antenas múltiples: MIMO.
- Los mecanismos de mejora continua en los procesos de detección: SDR.

También se hace una descripción de los sistemas de banda ultraancha, UWB, por su novedad tecnológica, aunque su aplicabilidad a los sistemas móviles comerciales no está clara en un futuro próximo.

10.2. SUPERACIÓN DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LA PROPAGACIÓN MULTITRAYECTO: LA MODULACIÓN OFDM

Una de las características fundamentales de las comunicaciones radio en enlaces terrestres es el de la propagación multitrayecto. Este tipo de propagación consiste en que entre el transmisor y receptor existe más de un camino de propagación, ya que la señal radio que se propaga no es un rayo estrecho que va directamente de la antena transmisora a la receptora, sino un frente de onda amplio que se va difractando y reflejando a medida que encuentra obstáculos en su camino, como edificios altos o irregularidades del terreno.

El estudio y modelado del fenómeno de la propagación multitrayecto se puede encontrar en múltiples referencias bibliográficas [10.1], y se puede resumir diciendo que al receptor llegan varias réplicas de la misma señal, con diferentes retardos entre ellas. Las primeras, tres o cuatro (dependiendo del entorno), pueden contener valores significativos de energía, mientras que las restantes suelen llegar muy atenuadas y se pueden despreciar. Se plantean dos escenarios posibles en función del valor máximo del retardo diferencial entre las réplicas significativas (requiriendo cada escenario un receptor diferente), los cuales tienen lugar cuando:

1. *El retardo diferencial máximo no supera en dos o tres veces el periodo de símbolo de modulación*, que es el caso que se plantea en GSM. Con una velocidad de modulación de 270,83 kbit/s y un periodo de símbolo de 3,7 μ s, el retardo entre los diferentes trayectos no suele ser superior a 10 μ s. Por cada símbolo transmitido, la señal temporal que se

obtiene a la salida del demodulador del receptor es un pulso muy distorsionado, que interfiere de forma significativa a los pulsos adyacentes. Para devolver el pulso a su forma original en el receptor se requiere un ecualizador, tanto más complejo cuanto mayor sea el cociente entre el retardo diferencial máximo y la anchura de símbolo. En GSM el ecualizador es un filtro FIR de siete coeficientes que se suele implementar mediante un algoritmo de Viterbi.

2. *El retardo diferencial es mucho mayor que el periodo de símbolo.* En este caso, a la salida del demodulador lo que se obtiene no es un pulso, sino varios pulsos independientes, cada uno de ellos correspondiente a una réplica. Se puede considerar que la señal transmitida se ha “roto” en varias réplicas iguales, las cuales se encuentran bien separadas entre ellas. Este es el caso que se plantea en UMTS, donde el periodo de chip es 0,26 μs , y los retardos diferenciales son de varios microsegundos. Para reconstruir la señal lo que se emplea es un receptor conocido como de tipo Rake, que alinea en el tiempo las diferentes réplicas y las suma en fase.

A medida que se aumenta el ancho de banda de transmisión el periodo de símbolo disminuye, y llega un momento en que la complejidad del receptor Rake se vuelve excesiva, siendo más ventajoso desde un punto de vista de implementación utilizar otro sistema de modulación, la multiplexación por división ortogonal en frecuencia, OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Este sistema de modulación consiste en enviar la información no sobre una única portadora, sino sobre un múltiplex de muchas portadoras “adecuadamente espaciadas” en frecuencia, repartiendo la información entre todas ellas, de forma que aunque la velocidad de modulación del conjunto sea muy elevada, la de cada portadora individual es pequeña, simplificando el problema de propagación multitrayecto.

Lo que diferencia al OFDM de otros procedimientos de multiplexación en frecuencia es la ortogonalidad, pues el “espaciamiento adecuado” entre portadoras es un espaciamiento óptimo. Este espaciamiento consiste en que la separación espectral entre portadoras consecutivas es siempre la misma e igual al inverso del periodo de símbolo, de forma que la señal OFDM se puede expresar, en notación compleja, como:

$$s(t) = \sum_{i=-N/2}^{N/2-1} d_i \cdot \exp \left[j2\pi \left(f_c + \frac{i}{T} \right) t \right] \quad (1)$$

Donde:

- f_c es la frecuencia central.
- T es el periodo de símbolo.
- d_i es el símbolo que lleva la información en su amplitud y fase.
- $s(t)$ es la señal OFDM en el tiempo.

Al sistema de modulación se le denomina ortogonal porque en el proceso de desmodulación las portadoras no se interfieren entre sí. Este proceso se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\int_0^T s(t) \cdot \exp\left[-j2\pi\left(f_c + \frac{k}{T}\right)t\right] dt = d_k \cdot T \quad (2)$$

En la **Figura 10-1** se muestra una representación de tres portadoras ortogonales. Viendo una señal OFDM en el tiempo se aprecia que en el periodo de la portadora más baja caben varios periodos de las otras portadoras, alineadas todas en fase, mientras que en la representación espectral el máximo de cada portadora coincide con un nulo de las demás.

En principio, podría parecer que modular y demodular una señal OFDM requeriría tantas cadenas transmisoras y receptoras como portadoras tuviese el múltiplex. Si esto fuese así, el sistema sería inviable, pues un múltiplex de decenas o centenares de portadoras implicaría equipos terminales con decenas o centenares de cadenas transceptoras. Afortunadamente, sólo se requiere una cadena en cada sentido de transmisión, que modula o demodula todas las portadoras a la vez. Si se examina la ecuación (1), se comprueba que una señal OFDM es la transformada inversa de Fourier de los coeficientes d_k , y, en consecuencia, los coeficientes son la transformada directa de $s(t)$. Por consiguiente, la acción de modular y demodular todas las portadoras a la vez de una señal OFDM consiste básicamente en aplicar los algoritmos de la transformada rápida de Fourier, muy conocidos y fáciles de implementar en los procesadores digitales.

La ortogonalidad también proporciona otra ventaja añadida: un mecanismo para eliminar, o reducir tanto como se quiera, el problema de la interferencia por propagación multitrayecto. Este mecanismo consiste en ampliar la duración correspondiente al periodo símbolo mediante un tiempo de guarda superior al máximo retardo diferencial entre los trayectos significativos. Durante la ampliación temporal se repite, o amplía, parte del propio símbolo, por lo cual se conoce a la ampliación como extensión cíclica. La justificación de por qué esta extensión elimina el problema de la propagación multitrayecto, junto con las consideraciones adicionales, se puede consultar en determinadas publicaciones específicas de OFDM, como, por ejemplo, [10.2].

En lo que se refiere a la modulación de las portadoras, el símbolo d_i de la ecuación (1), en un múltiplex OFDM cada portadora se modula con una informa-

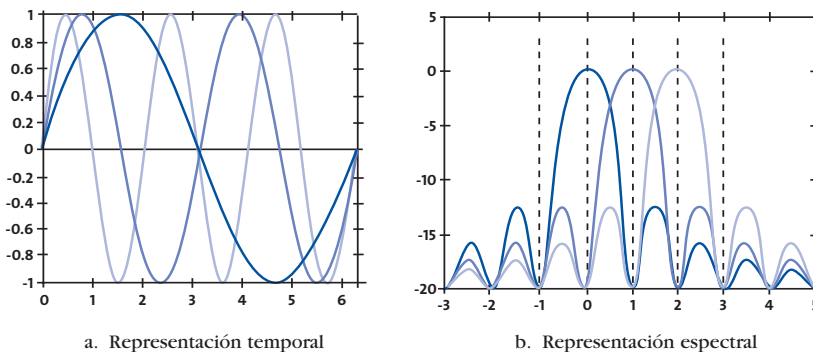


Figura 10-1: Señal OFDM

ción diferente, aunque, por facilidad de implementación, el sistema de modulación suele ser el mismo para todas ellas, como QPSK o n^2 -QAM. Además, se suelen reservar algunas portadoras para transmitir información de sincronismo y ecualización espectral, o bien para establecer canales de servicio. Tal es el caso, por ejemplo, del estándar de distribución de vídeo digital DVB, modo 8k, donde el número de portadoras es 6.817, el periodo de símbolo 896 ms y el tiempo de guarda es ajustable entre 28 y 224 μ s, mientras que la modulación de las portadoras puede ser 16-QAM o 64-QAM. En el estándar WLAN IEEE 802.11a hay 48 portadoras de datos y cuatro de servicio, los periodos de símbolo y guarda son 4 y 0,8 μ s, respectivamente, y la modulación puede ser BPSK, QPSK, 16-QAM o 64-QAM.

Para concluir, conviene mencionar que el OFDM se utiliza también en aplicaciones diferentes de las comunicaciones radio. En ADSL, por ejemplo, se le conoce como DMT (*Discrete Multitone*). Como se ha mencionado anteriormente, se emplea ya en los sistemas de distribución de vídeo digital y en las redes WLAN inalámbricas, y es el principal candidato para ser el sistema de multiplexación en las propuestas de sistemas futuros de comunicaciones móviles, en combinación con algún mecanismo de multiplexación de código.

10.3. MECANISMOS DE COMPARTICIÓN DEL ESPECTRO: COMBINACIÓN DE OFDM CON TÉCNICAS CDMA

La modulación OFDM resuelve el problema de la propagación multitrayecto. Por otro lado, se admite que los sistemas de multiplexación CDMA permiten una eficiencia espectral superior que los TDMA en las redes de comunicaciones móviles cuando el tráfico es de voz, con sus silencios, o de descargas breves de datos. Como consecuencia de estas dos afirmaciones, hay que añadir que en los estudios que se realizan para la definición de los sistemas de comunicaciones móviles posteriores a 3G se está considerando el empleo de mecanismos híbridos OFDM con CDMA.

Existen varias formas de combinar la modulación OFDM con la multiplexación CDMA, aunque todavía se está estudiando cuáles son las mejores y bajo qué circunstancias se producen. Las dos combinaciones más básicas, de las que se derivan todas las demás, son:

1. *La asignación de códigos a frecuencias*, conocida como MC-CDMA (*Multicarrier CDMA*). Consiste en transmitir el flujo de datos de cada usuario por todas las portadoras a la vez, de manera que cada portadora es expandida a su vez por un código, que es diferente para cada portadora y para cada usuario.

En la **Figura 10-2** se representa un esquema de funcionamiento en transmisión

2. *La asignación de datos a frecuencias*, conocida como MC-DS-CDMA. En este caso a cada portadora se le asigna un dato y todos los datos de un mismo usuario son multiplicados por un mismo código, que es diferente para cada usuario.

El transmisor se representa en la **Figura 10-3**.

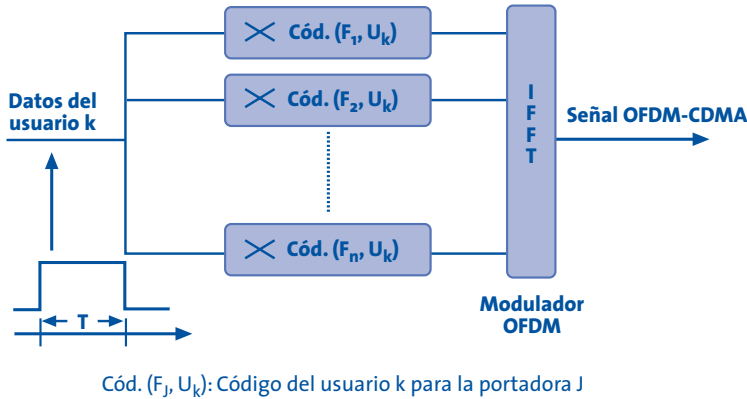


Figura 10-2: Modulación MC-CDMA: asignación de códigos a frecuencias

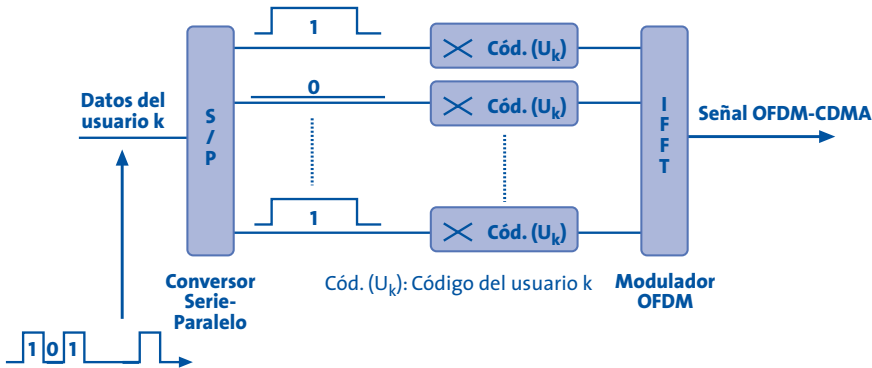


Figura 10-3: Modulación MC-DS-CDMA: asignación de datos a frecuencias

De estos dos procedimientos básicos se derivan variantes, que difieren en el número de chips por portadora o en los tipos de códigos, o que incorporan concatenaciones de réplica de datos y conversión de serie a paralelo. Una introducción a este tema se puede encontrar en [10.3].

10.4. SISTEMAS DE ANTENAS MÚLTIPLES: MIMO

Se denomina MIMO, *Multiple Input Multiple Output*, a aquellos sistemas de múltiples antenas que permiten en determinadas circunstancias de propagación mejorar la capacidad del canal radio con respecto al caso de una única antena. Su funcionamiento es diferente al de los *arrays*, o agrupaciones direccionales de antenas, en los que también se obtiene una ganancia en algunos casos, Aquí se realiza por otro mecanismo, ya que se conforma el haz de radiación, confinando la energía que se radia en un lóbulo estrecho.

Para entender el principio de ganancia de los sistemas MIMO, se puede considerar la analogía con la transmisión por cable. Si un transmisor envía una señal por un cable, la capacidad de transmisión de información, C , viene dada por la fórmula de Shannon:

$$C(\text{bit/s}) = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

En la fórmula anterior S es la potencia de señal, N es la potencia de ruido en el receptor y B es el ancho de banda del canal.

Si el transmisor emplea su potencia disponible y banda de frecuencias para transmitir no una señal, sino n señales diferentes a n receptores, utilizando para ello n cables, la capacidad de transmisión total es:

$$C(\text{bit} / \text{s}) = n \cdot B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{1}{n} \cdot \frac{S}{N} \right) \quad (3)$$

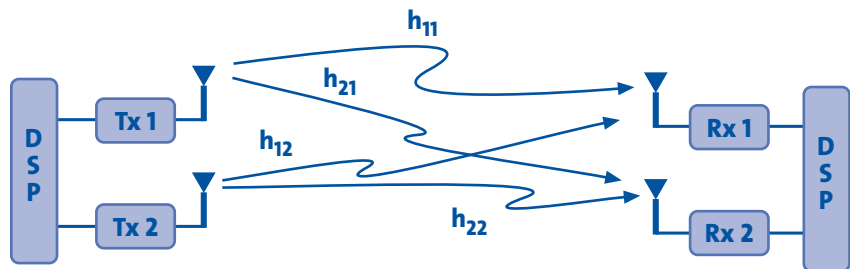
La capacidad de transmisión en este segundo caso es superior a la del primero, ya que el factor n que se encuentra fuera del logaritmo tiene un peso mayor que el mismo factor n que se incluye dentro del logaritmo como divisor.

En los sistemas MIMO, cada equipo transmisor tiene asociadas un número de antenas n , y cada receptor otro, que puede ser diferente (en nuestro caso se supone también igual a n , por simplicidad). En la **Figura 10-4** se representa un esquema de un sistema MIMO, con dos antenas en transmisión y otras dos en recepción.

Desde el punto de vista de la propagación, el canal radio no es único, existe un canal entre cada antena transmisora y cada antena receptora, lo que obliga a representar la propagación mediante una matriz, que se conoce como matriz de transmisión, o matriz H . El elemento h_{ij} representa la función de transferencia compleja entre la antena transmisora j y la antena receptora i .

El principio de ganancia de los sistemas MIMO se basa en el hecho (que no se demuestra aquí) de que si se cumple la condición de que los caminos de propagación son diferentes, con n antenas en el transmisor y otras n en el receptor, se pueden establecer no uno, sino n canales radio independientes entre sí, o modos de propagación [10.4]. Si, además, todos los modos presentan la misma atenuación, la capacidad del canal global viene dada por la ecuación (3). Una forma intuitiva de ver este fenómeno es considerar que las señales radio llegan de las antenas transmisoras a las receptoras después de varias reflexiones en edificios o paredes, y que la combinación de reflexiones es diferente para cada antena receptora, de forma que se transmite una señal diferente para cada combina-

Figura 10-4:
Esquema de sistema
MIMO de 2x2 antenas



$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \quad \text{Matriz de transmisión}$$

ción de reflexiones. En lenguaje más formal, las antenas MIMO añaden a la propagación una nueva capacidad de multiplexación, la multiplexación espacial.

Conviene introducir en este punto unos comentarios sobre la diferencia existente en los caminos de propagación. En el caso de la propagación por rayo directo solamente existe un modo de propagación, no hay reflexiones, y el hecho de aumentar el número de antenas no proporciona ganancia alguna. Sólo a medida que la propagación se vuelve multitrayecto empiezan a *descorrelarse* los caminos, y a aumentar el número de modos. Esta situación corresponde a condiciones de propagación pobres, que son las que se dan en entornos metropolitanos o de interiores en las comunicaciones móviles.

El hecho de que los caminos de propagación sean diferentes no basta para obtener un aumento de la capacidad del canal; es necesario, además, que en las diferentes antenas del transmisor se inyecten las señales adecuadas, y que en la recepción las señales obtenidas se procesen también de forma pertinente. La aclaración de lo que se entiende por adecuado y pertinente, es decir, la descripción de los procedimientos de transmisión y recepción en los sistemas MIMO, se sale del objetivo de esta publicación. Sin embargo, se pueden realizar las siguientes consideraciones:

- Ya que el canal se modela mediante una matriz, la ingeniería MIMO consiste, en buena parte, en el procesado de matrices en tiempo real. Es por ello que en un elemento de red MIMO se necesita un transmisor diferente por cada antena transmisora y un receptor por cada antena receptora. En la **Figura 10-4** se indica como se efectúa el procesado digital de la señal en cada transmisor o receptor. La implementación de los sistemas MIMO encuentra su principal obstáculo en la complejidad de este procesado, sobre todo en los terminales, tanto por el tamaño de los procesadores que se requieren como por su consumo.
- En lo que respecta al procesado digital en los receptores, con objeto de simplificarlo se debe procurar que los elementos de la matriz H se puedan representar mediante números, no mediante funciones. Esto exige, a su vez, que la propagación entre dos antenas se pueda considerar constante en el tiempo y frecuencia.

La condición relativa a considerar constante la frecuencia exige que el ancho de banda por portadora no sea excesivamente grande con respecto al retardo de propagación multitrayecto. Todo ello conduce a las consideraciones realizadas en el apartado 10.2, que llevan a la conclusión de que en los sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha los sistemas MIMO son especialmente aplicables para modulaciones OFDM, en las que la velocidad de modulación por portadora es baja. La primera condición enumerada, relacionada con la constancia en el tiempo, se puede conseguir sin más transmitiendo ráfagas no excesivamente largas, durante las cuales el canal se puede considerar constante. Al comienzo de cada ráfaga se incluyen símbolos piloto con los que cada receptor mide los coeficientes de la matriz H asociados a su antena.

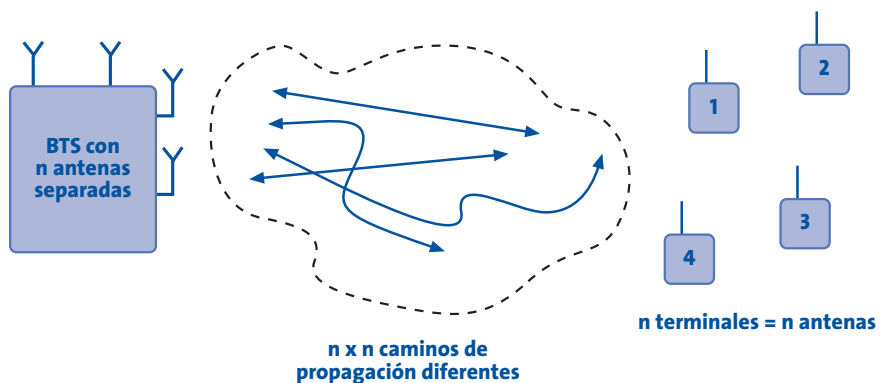
Una vez descrito el principio básico de los sistemas MIMO, aunque haya sido realizado de forma sucinta, la consideración siguiente es su aplicabilidad. O lo que es lo mismo: en qué entornos se pueden aplicar sistemas de múltiples antenas con caminos de propagación *incorrelados*. No parece especialmente difícil instalar varias antenas en una estación base lo suficientemente separadas entre sí (por ejemplo varios metros) para que en un entorno metropolitano las señales que lleguen a ellas estén *incorreladas*. Sin embargo, sí parece poco probable que se fabriquen terminales de mano con varias antenas (incluso en un ordenador personal, en el que sí se pueden instalar unas pocas antenas diferentes, quizás hasta cuatro, los pocos centímetros de distancia entre las antenas no garantizan *decorrelaciones* elevadas entre sus caminos de propagación).

La respuesta a la interrogante anterior es el uso de sistemas MIMO distribuidos [10.5], que sí se considera muy práctico. En la **Figura 10-5** se representa un ejemplo de sistema MIMO, en el cual la estación base tiene varias antenas y los terminales sólo una, tal como ocurre en la actualidad. Sin embargo, el sistema MIMO no está compuesto por la estación base y un terminal, sino por la estación base y varios terminales diferentes, de forma que n terminales de un mismo sector de una estación base constituyen n antenas diferentes. La *decorrelación* entre los caminos de propagación de los n terminales está casi garantizada en un entorno metropolitano; de hecho, para que los n terminales “viesen” a la estación base de la misma forma hay que colocarlos a propósito unos muy cerca de otros. Los n terminales podrían transmitir de forma simultánea a la misma frecuencia y con el mismo código, sin interferirse, pues en la estación base se podrían implementar los algoritmos de procesamiento de señal necesarios para que las diferentes propagaciones multitrajecto se tradujesen en diferentes señales radio a la salida de las diferentes antenas.

10.5. MECANISMOS DE MEJORA CONTINUA EN LOS PROCESOS DE DETECCIÓN: SDR

En los tres apartados anteriores se han descrito una serie de mecanismos para la mejora de la interfaz radio, los cuales pretenden superar los obstáculos que la naturaleza impone a las comunicaciones móviles de alta velocidad. Al con-

Figura 10-5:
Sistema MIMO distribuido



trario de lo anterior, el mecanismo que se describe en este apartado, la *reconfigurabilidad radio*, o SDR (*Software Defined Radio*), lo que pretende es superar las limitaciones humanas existentes a la hora de realizar los despliegues de red. En concreto, SDR es básicamente un procedimiento para la mejora o actualización de los elementos de la red radio y los terminales por medio de descargas de software.

A modo de ilustración, se puede considerar el siguiente ejemplo:

- Un operador despliega una red de comunicaciones UMTS en su versión k , *UMTS vk*.
- Dos años después, tras haber instalado varios miles de estaciones base y haber subvencionado centenares de miles de terminales, la competencia de algunos grandes fabricantes de ordenadores personales fuerza la introducción comercial del *UMTS v(k+1)*, que permite itinerancia con el estándar inalámbrico (imaginario) IEEE 802.20j e incorpora un algoritmo nuevo de reducción de interferencias.
- El operador, previsor, no procede a la sustitución de la red desplegada ni al canje de los terminales por otros nuevos, simplemente carga en sus estaciones base una serie de parches y envía a todos sus clientes el siguiente mensaje multimedia, con acompañamiento musical: *“Accede desde tu móvil a los clips musicales de tu ordenador personal con tarjeta IEEE 802.20j descargando de nuestra web el programa Superstar. La descarga es gratis hasta el 30 de junio”*.

Este escenario de funcionamiento requiere que tanto los elementos de red como los terminales sean reconfigurables por software. Esto exige, a su vez, la necesidad de disponer de una serie de requisitos técnicos para los terminales. Los requisitos de las estaciones base son similares, con la salvedad de que en éstas son mucho más fáciles de implementar debido a que no están tan limitadas en cuanto a espacio y consumo, disponen de interfaces de comunicaciones y gestión por red fija, y sus condicionantes de costes son mucho menos estrictos.

Se parte del hecho de que la arquitectura del terminal responde al esquema de la **Figura 10-6**, en la que se distinguen el cabezal radio (RF), la sección de procesado digital de señal (DSP), la memoria de gran capacidad y las interfaces de usuario (el micrófono, el altavoz, la cámara, etc.).

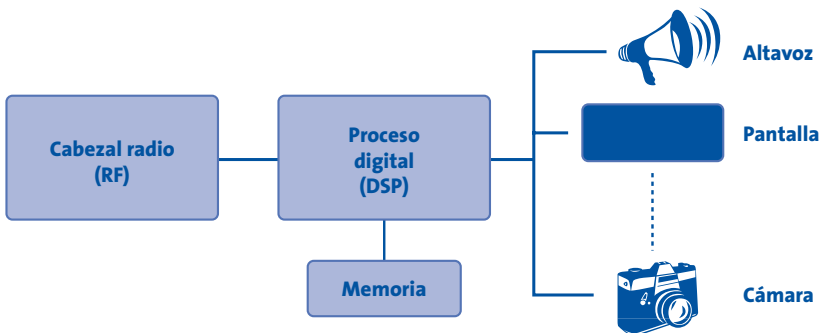


Figura 10-6:
Arquitectura genérica de un terminal móvil

Los terminales actuales responden al esquema genérico de la **Figura 10-6**. Particularizando para SDR, los requisitos principales están asociados a aspectos relacionados con:

- Las bandas de frecuencia.
- La sección de procesado digital programable.
- Un canal básico de comunicaciones.
- La verificación de las prestaciones en transmisión.

Las consideraciones que imponen las bandas de frecuencia son las más estrictas y evidentes. Se pueden fabricar terminales de doble o triple banda, siempre y cuando ya estén predeterminadas. Lo que parece muy difícil, y en la práctica imposible, es conseguir un terminal pequeño y de bajo coste que pueda cubrir un número elevado de bandas de comunicaciones móviles, o incluso que cubra pocas que no son conocidas de antemano.

La programabilidad de la sección de proceso digital se refiere al hecho de que, tanto en los terminales de banda ancha actuales (como es el caso de los WiFi) como previsiblemente en los futuros, el procesado digital de señal no se puede realizar exclusivamente en los procesadores de uso más o menos genérico, pues la complejidad y velocidad de procesamiento, cada vez más elevadas, obligan a que buena parte del procesado se realice en ASICs, que permiten una optimización de recursos en el terminal, o en su defecto en FPGAs, que aunque no son óptimos sí se pueden reprogramar. En un escenario SDR el proceso digital de línea tendrá que realizarse con FPGAs, que siempre son más lentos y consumen más que sus ASICs homólogos. Dependiendo de los escenarios y tecnologías, un ASIC puede perfectamente consumir diez veces menos que su equivalente funcional FPGA.

Otro aspecto fundamental de un terminal SDR es la necesidad de que disponga de un estándar de comunicaciones más o menos fijo, que se encuentre a salvo de posibles errores o incidencias en la carga de nuevas versiones de software. Un ejemplo de canal podría ser el propio sistema UMTS actual, a través del cual fuese posible descargar programas de reconfiguración de la funcionalidad del terminal. En ese caso, el terminal SDR se podría considerar como dual: UMTS más las actualizaciones.

La verificación de las prestaciones en la transmisión hace referencia a un problema que ya existe de forma embrionaria en los sistemas móviles actuales, pero que previsiblemente se magnificará en los escenarios SDR. Este problema es tan grave que podría llegar a impedir la realización de la función SDR global, limitándola a la realización de mejoras en los procesos de detección.

Puede ocurrir, por ejemplo, que una degradación en el transmisor de un terminal GSM provoque una emisión de armónicos, u otro tipo de radiaciones fuera de banda. En las redes actuales no existen mecanismos para detectar estas emisiones indeseadas, que se traducen en interferencias sobre otros servicios. En un escenario SDR, si el procedimiento de modulación es programable desde el exterior, y, más aún, si también son programables las frecuencias, un error en la carga del programa puede traducirse en emisiones radioeléctricas indeseadas. Pero, lo que es mucho más grave, se abre la puerta a que al terminal le lleguen

configuraciones no autorizadas, a las que los usuarios puedan acceder de forma pirata, que lleguen incluso a provocar caídas en las redes radio.

En conclusión, a corto plazo se prevé una introducción gradual de la funcionalidad SDR, o *reconfigurabilidad*, en aquellos elementos de red controlados por los operadores, en forma de actualizaciones de prestaciones. A un plazo más largo es posible que en los terminales se implanten funcionalidades de *reconfigurabilidad* en recepción, quedando el caso del SDR para transmisión a la espera de que se introduzcan las pertinentes mejoras tecnológicas y regulatorias, de acuerdo con los criterios descritos anteriormente.

10.6. SISTEMAS DE BANDA ULTRAANCHA: UWB

Los sistemas de banda ultraancha, UWB (*Ultra Wide Band*), son aquellos en los que el ancho de banda de la señal radio es superior en, al menos, un 25 por ciento a la frecuencia de la portadora, o cuando es superior a 500 MHz. La tecnología UWB es de origen militar, y se está estudiando su posible uso en aplicaciones comerciales civiles como un intento de paliar la falta de espectro. Debido a que es difícil conseguir espectro nuevo, lo que pretende el sistema es expandir la potencia radiada sobre un ancho de banda muy grande, de forma que la densidad espectral de potencia radiada sea muy baja, a ser posible por debajo del nivel de ruido. De esta forma, se reutiliza el espectro asignado a otras aplicaciones, pero sin interferirlas de manera significativa.

Es evidente que reutilizar el espectro de los demás da lugar a múltiples conflictos de intereses, lo que ha llevado a que la UWB y sus bandas de funcionamiento estén siendo objeto de estudio durante ya varios años por parte de los organismos reguladores del uso del espectro: FCC en EE.UU. y ETSI en Europa. Se contemplan dos escenarios principales para el uso de UWB: la conexión de aquellos equipos electrónicos que se encuentran muy próximos entre sí (entre uno y diez metros, en interiores y a varios cientos de megabit por segundo) y la interconexión de sensores en exteriores a baja velocidad (del orden de unos pocos kilobit por segundo).

De entre las múltiples posibilidades existentes, se están considerando actualmente dos técnicas de modulación UWB: la transmisión de ráfagas de

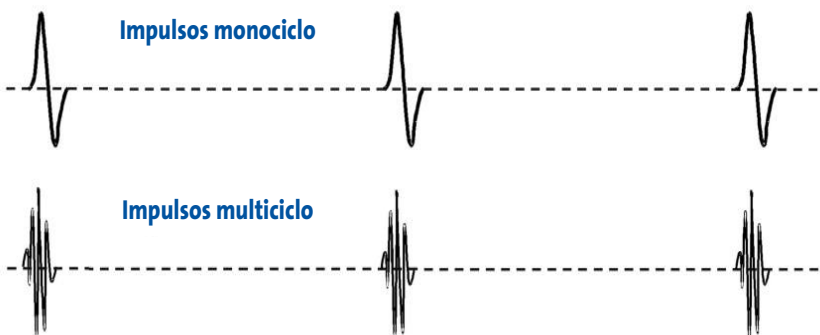
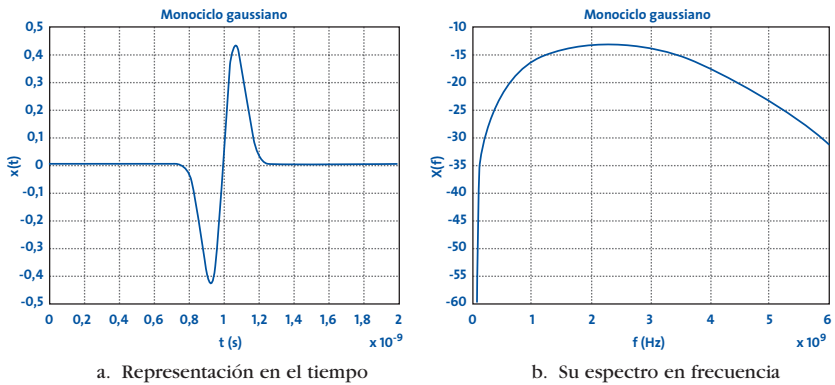


Figura 10-7:
Modulación UWB con
pulsos monociclo y
multiciclo

Figura 10-8:
Detalle de un pulso
monociclo



impulsos ultracortos (inferiores al nanosegundo) y la modulación OFDM. La segunda técnica es básicamente la OFDM convencional con un gran número de portadoras, y sus principios de operación son los que se han descrito anteriormente en el apartado 10.2. La primera técnica es la correspondiente al UWB más tradicional, y admite, a su vez, dos variantes: aquella en que los impulsos son de un único ciclo (o monociclos) y aquella en que son varios (o multiciclo). Ambas técnicas se muestran en la **Figura 10-7**.

En la **Figura 10-8** se muestra con más detalle la variante correspondiente al monociclo, así como su espectro. El espectro de la variante multiciclo se corresponde con el monociclo desplazado hacia frecuencias superiores. La información se puede incluir sobre los pulsos utilizando, por ejemplo, la modulación de posición, PPM (*Pulse Position Modulation*), o la modulación por código, CDMA-UWB.

Además de poder conseguir el espectro mediante una reutilización poco interferente, al UWB se le atribuyen varias características potencialmente muy atractivas, aunque queda por ver si es posible alcanzarlas a precios razonables. Estas características son:

- **La precisión en la localización.** Desde un punto de vista teórico, el error en la localización es inversamente proporcional al ancho de banda. En consecuencia, UWB se puede emplear para localizar objetos en un local con una precisión de centímetros. De una forma intuitiva, si los pulsos radio son muy estrechos es posible discriminar con muy poco error la distancia que hay entre un equipo radio y otro, sin más que medir con precisión el tiempo que tardan los impulsos en ir y volver de un equipo a otro.
- **La simplicidad de los transmisores.** Dado que no incorporan moduladores, sobre todo en el caso monociclo, la sección de RF de un transmisor no existe como tal: es idéntica al generador de pulsos. Lamentablemente los receptores no son tan simples, pues requieren un correlador que tenga tanta precisión en la sincronización como resolución temporal se quiera conseguir.

Para una descripción más amplia de los sistemas UWB se puede consultar en [10.6]. En las referencias bibliográficas que ahí se indican se dispone de amplia información sobre este tema.

11

Integración de infraestructuras mediante NGN

La tendencia actual de integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red IP (Internet Protocol), conocida como modelo “Todo IP” (All-IP), ha puesto de manifiesto las carencias que tienen las soluciones IP clásicas en temas como la capacidad, la calidad de servicio, la seguridad, la fiabilidad y la capilaridad. Para solucionar estos problemas han aparecido en el mercado multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera adecuada pueden permitir la realización de modelos de red que proporcionen, tanto al cliente corporativo como al cliente residencial, todo tipo de servicios multimedia. Estos modelos son llamados, en el mundo de las telecomunicaciones, modelos de Red de Nueva Generación o Next Generation Network (NGN).

La realización de forma adecuada del concepto NGN por parte del operador de red, permite el despliegue de una amplia cartera de servicios, tanto los ya existentes como los de nueva factura, de forma tal que pueden ser ofrecidos a un gran número de clientes a un coste inferior a las soluciones clásicas. Como consecuencia de lo anterior, es posible mejorar el nivel de cumplimiento de los planes de negocio y de esta manera aumentar los ingresos del operador.

Este capítulo comienza realizando un análisis de la evolución del modelo de red IP hacia lo que se ha dado en llamar la NGN, pasando a continuación a describir de forma resumida el proceso evolutivo que, partiendo de las redes clásicas, nos acerca al concepto NGN. Finalmente, se describe de forma más detallada la arquitectura de red NGN incluyendo su definición, los requisitos básicos exigidos a tales redes y, por último, lo que se ha dado en llamar las piedras angulares sobre las que se apoya dicho concepto.

11.1. INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO NGN

Tradicionalmente las redes IP han sido la base del negocio de la transmisión de datos, manteniendo un aislamiento completo respecto a las redes de voz.

Esta situación ha provocado una natural segmentación del mercado de las telecomunicaciones que, en determinados casos, ha llegado al extremo de que sean operadores distintos los que dan soporte a cada red. Además, se da la circunstancia de que históricamente eran mercados monopolistas que favorecerían por tanto el que se mantuvieran dichas barreras.

No obstante, al final de la década de los noventa aparecieron de manera progresiva una serie de elementos discordantes que fueron modelando un cambio en todo el sector de las telecomunicaciones. Se produjo, en primer lugar, la progresiva desaparición del modelo monopolista en favor de uno basado en la libre competencia. A continuación aparecieron nuevas soluciones tecnológicas que permitieron dar respuesta a aquellos problemas que tradicionalmente mermaban el atractivo de las redes IP. Por último, se produjo el desarrollo imparable del concepto Internet y su apertura a grandes mercados de consumidores que comprobaron en primera persona la flexibilidad y posibilidades que dicho concepto ofrecía.

11.1.1. Tendencias en IP

El proceso evolutivo del sector de las telecomunicaciones ha provocado cambios en el modelo de negocio de muchos operadores y ha modificado de manera radical el modelo de provisión de servicios. Se ha pasado de un modelo vertical, en el cual la red y los servicios aparecen estrechamente ligados, a un modelo vertical-intermedio, que se inició con la aparición de la competencia, en el que se mezclan redes y servicios de una forma no siempre óptima, para terminar en un modelo horizontal en el que se propone una independencia absoluta entre ambos y una única solución de red común a todos ellos. Dicha transición se refleja en la **Figura 11-1**.

El proceso de evolución en las redes tradicionales hacia lo que se ha dado en llamar arquitectura All-IP se ha producido de una forma mas o menos sincronizada en todos los sectores de las telecomunicaciones, motivado fundamentalmente por una serie de factores como son:

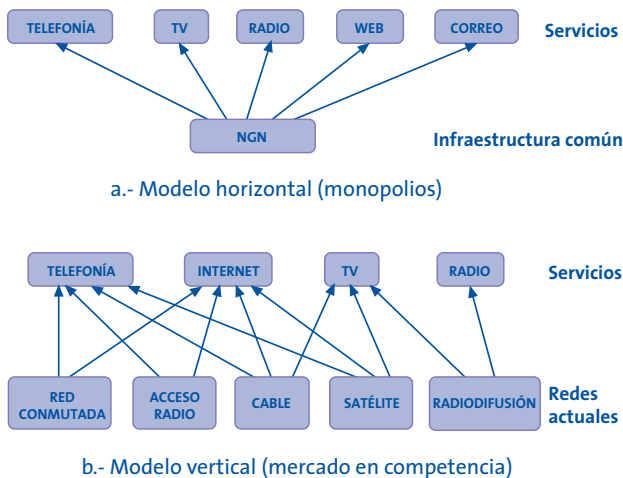


Figura 11-1: Modelos de provisión de servicios

- La necesidad de reducir los costes respecto a los modelos tradicionales.
- La necesidad de compartir infraestructuras entre distintas unidades de negocio,
- La preponderancia cada vez mayor del modelo Internet.
- La necesidad de establecer la convergencia y compatibilidad entre las distintas redes.
- La necesidad de acelerar el proceso de creación y puesta en funcionamiento de las aplicaciones y servicios.
- La necesidad de simplificar y unificar la gestión, la operación y el mantenimiento de los servicios.

Pretender aglutinar en una única infraestructura de red las distintas alternativas, existentes o por venir, implica que dicha infraestructura debe responder a unos criterios de diseño estrictos que aseguren su funcionamiento con los niveles de calidad, capacidad, fiabilidad y disponibilidad requeridos por los servicios que soportará dicha red. Además se debe tener en cuenta que los niveles actuales de calidad, fiabilidad y disponibilidad de determinados servicios, como es el caso de los servicios de voz, son muy altos. La consecuencia de ello es que los clientes han desarrollado una percepción subjetiva de la calidad muy elevada, a la cual se han habituado a lo largo de años de uso, lo que supondrá un importante reto para cualquier solución de voz basada en la NGN.

Queda expuesta por tanto la tendencia observada en los últimos años de la década anterior y primeros de la actual hacia soluciones basadas en redes IP, dentro del denominado modelo "Todo IP" (All-IP), y que son comunes para todo tipo de servicios y entornos. Sin embargo, es vital reconocer que el éxito de esta transición al modelo All-IP vendrá condicionado, en gran medida, por una necesaria evolución en el modelo de red IP hacia lo que se ha dado en llamar la *Next Generation Network* (NGN).

11.1.2. El mundo IP en la red móvil

Ya se ha expuesto en el apartado anterior la tendencia observada en el sector de las telecomunicaciones hacia el modelo All-IP, de la cual no es en absoluto ajeno el mundo de las comunicaciones móviles.

Si el sistema UMTS de la *Release 99* presentaba cambios radicales frente a GSM/GPRS en la red de acceso radio, al emplear la tecnología WCDMA en la interfaz aire, a partir de las siguientes versiones (*Releases 4, 5 y 6*) los cambios fundamentales se presentan en el núcleo de red y en las capacidades de servicio que se especifican (como se ha expuesto en los **capítulos 3 y 5**). En estas versiones o *releases* de UMTS [11.3], 3GPP introduce opciones en la configuración de red, y especifica la arquitectura y protocolos para poder desplegar una red móvil 3G basada totalmente en el protocolo IP de Internet (ver la **Figura 11-2**).

Los servicios de conmutación de paquetes de UMTS ya emplean IP para el transporte de datos de usuario extremo a extremo, así como en el *backbone*.

A partir de la *Release 4* se especifica la separación funcional del tradicional MSC en dos elementos funcionales: el *MSC Server* y el *Media Gateway*. Esto

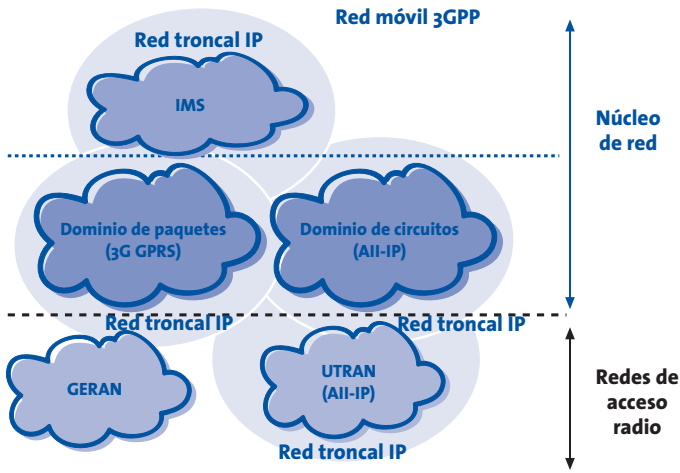


Figura 11-2: La opción All-IP en los dominios de la red móvil 3GPP

permite la introducción de un *backbone* IP en el dominio de conmutación de circuitos del núcleo de red móvil. Los *MSC Servers* emplearían SS7 sobre IP utilizando soluciones SIGTRAN de IETF, mientras que los *Media Gateways* transportarían la voz paquetizada empleando tecnología de Voz sobre IP.

Por otro lado, 3GPP especifica una red de acceso radio UTRAN que permite a los operadores emplear ATM o IP para el nivel de transmisión. Adicionalmente, a partir de *Release 5* se introduce el IMS (*IP Multimedia Subsystem*) en la red móvil. IMS es un núcleo de control de sesiones multimedia completamente basado en tecnología IP y se considera el posible potenciador de la introducción de All-IP en la red móvil (en el siguiente capítulo, **capítulo 12**, se describe en mayor profundidad).

Adicionalmente, el acceso WLAN al núcleo de red móvil se estandariza como alternativa de acceso a partir de la *Release 6* (ver el **capítulo 12**).

En lo que respecta a las *releases* de UMTS desarrolladas (*release 99* a *6*), 3GPP no contempla una red All-IP como tal. Sin embargo, las opciones de arquitectura enumeradas anteriormente proporcionan en su conjunto la posibilidad de desplegar todos los dominios de red sobre un *backbone* IP único, como muestra la **Figura 11-2**. Es de reseñar, por tanto, que el fenómeno de la NGN es aplicable en su totalidad a los entornos móviles.

11.1.3. Las distintas visiones del concepto NGN

A la hora de buscar una definición para el concepto de NGN se da la paradoja de que no existe una única que sea válida para cualquier entorno y situación. Es más, según los distintos actores involucrados en el proceso así cambian las definiciones, por lo cual es muy difícil llegar a un consenso sobre una definición que abarque todos los escenarios posibles.

No se encuentra entre los objetivos de este capítulo dar una definición exacta del concepto NGN, sino mostrar más bien al lector las distintas visiones de los actores involucrados y extraer de entre todas ellas los puntos más importan-

tes a considerar. Gracias a ello se podrán establecer los requisitos que una red deberá contemplar para poder ser llamada con propiedad una NGN.

Dentro del mundo de las telecomunicaciones ha existido hasta fechas recientes, tal y como ya se ha apuntado anteriormente, una clara separación entre los mundos de la voz y los datos, lo cual ha motivado que los organismos de estandarización hayan sido también diferentes en la mayoría de los casos. Incluso los métodos de trabajo en estos grupos han sido distintos. Por otro lado, mientras que en el mundo de la voz las normas, en su mayor parte, son de obligado cumplimiento, en el mundo de los datos éstas se desarrollaban por consenso entre los propios fabricantes y operadores, más como recomendaciones que como normas de obligado cumplimiento.

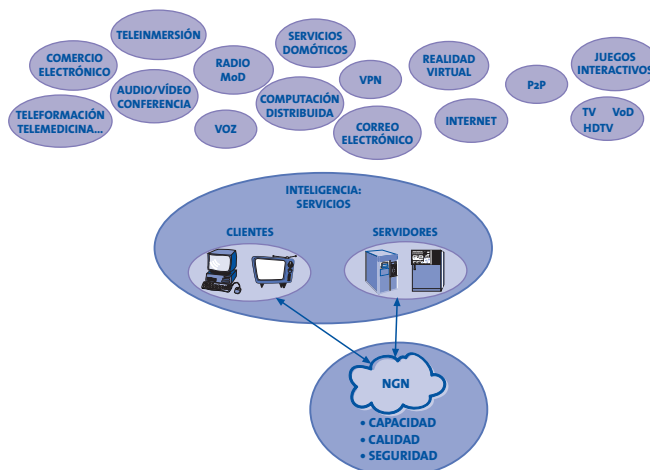
Esta situación ha provocado la existencia de dos claros enfoques, según se considere uno u otro mundo, hacia el concepto NGN:

1. *El relacionado con los datos e Internet.* En este enfoque:
 - La red dará soporte de conectividad a un conjunto de elementos terminales inteligentes. El control y establecimiento de las sesiones será responsabilidad de los propios terminales.
 - Los servicios son absolutamente independientes de la red. Todo servicio estará basado en la interacción entre terminales inteligentes.
 - Los servicios tradicionales, también conocidos como legacy, verán disminuir de forma paulatina su importancia a favor de nuevos servicios, muchos de ellos aún desconocidos y, por tanto, de difícil caracterización en el momento de diseñar una red.

La **Figura 11-3** representa la visión del mundo Internet y algunos de los posibles servicios a tener en cuenta.

2. *El relacionado con la voz.* En este segundo enfoque:
 - Los servicios serán provistos a través de redes interconectadas sobre un conjunto combinado de terminales inteligentes y no inteligentes. La red tendrá la inteligencia y el control sobre los servicios y se adaptará a éstos en función de las necesidades que los usuarios finales demanden.

Figura 11-3:
La visión del concepto
NGN para el mundo de
Internet



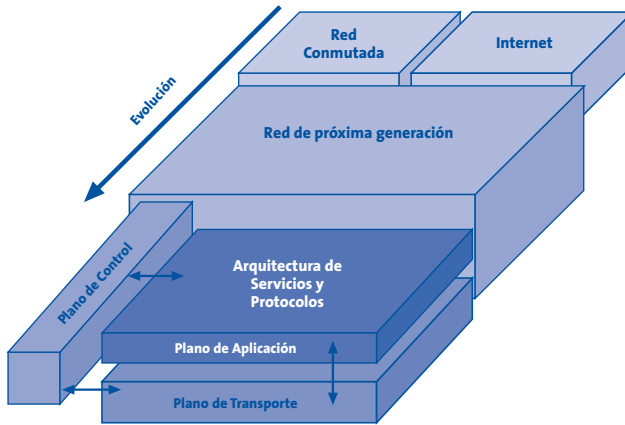


Figura 11-4:
La visión del concepto
NGN para el mundo de la
voz

- La actual red telefónica evolucionará para adaptarse a los servicios multimedia, constituyendo la base de la futura NGN.
- Gran parte del desarrollo y provisión de los servicios finales partirá de los Operadores Públicos de Red, soportados por servicios básicos desarrollados sobre interfaces abiertas.

La **Figura 11-4** representa la visión del proceso de evolución hacia el modelo NGN para el mundo de la voz.

Frente a estas dos posturas, no del todo coincidentes como ha quedado patente, se puede situar la visión que tienen los clientes de los servicios finales que serán soportados por las NGN. En un primer nivel se debe establecer una clara separación entre clientes empresariales y residenciales, ya que sus objetivos y motivaciones son distintos. Mientras que para el grupo de clientes empresariales el principal atractivo de las NGN puede ser los servicios tradicionales (como los servicios de voz, las redes privadas virtuales, etc.) a costes moderados, para el sector residencial, por el contrario, el principal atractivo será mejorar los actuales servicios, manteniendo una estructura de costes bajos, y ampliar la oferta de servicios de entretenimiento.

11.2. EVOLUCIÓN DE LA RED HACIA EL CONCEPTO NGN

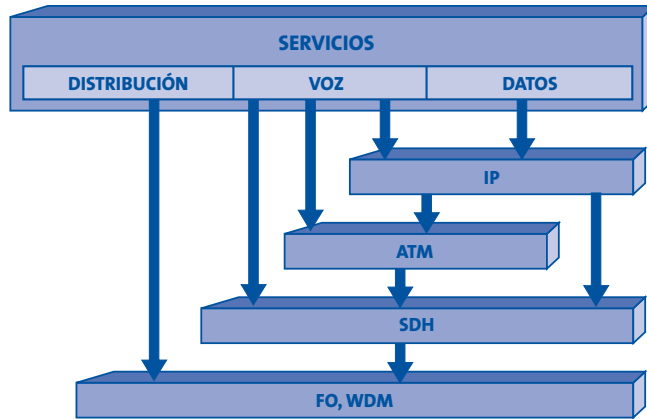
Se describe en este apartado el proceso que ha desembocado en lo que se ha dado en llamar NGN, partiendo de las redes clásicas y de las razones históricas que justificaron esta evolución, sin olvidar en todo momento el papel vital que el desarrollo del fenómeno Internet ha tenido en este proceso.

11.2.1. El punto de partida: La estructura de red clásica

Históricamente, el desarrollo de las redes clásicas se realizó de acuerdo a una serie de premisas consideradas como elementos inmutables, pues:

- El ancho de banda es un bien escaso y, por tanto, caro.

Figura 11-5:
Estructura de red
clásica



- Los servicios estaban estrechamente ligados a la infraestructura de red, de hecho, se consideraban partes indivisibles.
- Los servicios se integraban de forma vertical. Como ya se ha expuesto esto es consecuencia del punto anterior y de la estructura monopolística de los negocios de telecomunicaciones.

Debido a ello el desarrollo de la infraestructura de red se adaptó muy bien a los servicios para los que fue diseñada, pero tenía un alto grado de ineficiencia y complejidad que la hacía poco flexible al desarrollo y despliegue de nuevos servicios. En la **Figura 11-5** se muestra la compleja estructura de red clásica.

Las características relevantes de la estructura de red resultante son las siguientes:

- El equipamiento es complejo, de elevado coste y de difícil y costosa explotación.
- La calidad de servicio se resuelve mediante la asignación y reserva de recursos específicos de red.
- No soporta de forma nativa las técnicas de distribución basadas en la tecnología *multicast*, lo cual redundaba en un incremento de la complejidad y coste del despliegue de servicios masivos de distribución de contenidos.

11.2.2. Factores para el cambio

El cambio producido en la mayoría de los mercados de telecomunicaciones durante los últimos años de la década de los años 90 dio como resultado que comenzara a entreverse la liberalización del sector. La aparición de un nuevo factor, desconocido hasta ese momento, en forma de libre competencia, motivó el que se intentara ampliar el abanico de servicios que cada operador podía ofrecer a sus clientes sobre las infraestructuras existentes en cada caso.

De esta forma, las redes se vieron en la necesidad de dar soporte a servicios para los que inicialmente no habían sido diseñadas, apareciendo los prime-

ros síntomas de un problema de fondo: la incapacidad de las redes existentes para dar soporte de forma óptima a toda esta serie de nuevos servicios. Comenzó de esta forma la búsqueda de soluciones mejor adaptadas al nuevo escenario.

En paralelo a lo anterior, se producía una evolución tecnológica muy acusada en el mundo de las redes de datos, motivada, en gran medida, por una creciente necesidad de comunicaciones en entornos empresariales. Las primeras soluciones se desarrollaron en torno al entonces emergente estándar de comunicaciones ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), aunque fue rápidamente absorbido, al menos en los entornos empresariales, por las soluciones nativas IP/Ethernet, una vez que éstas alcanzaron los niveles de velocidad y funcionalidad que habían hecho atractivas las soluciones basadas en ATM en un pasado reciente.

A todo lo anterior se unía un nuevo factor que, con gran fuerza, provocó una verdadera revolución en el sector de las telecomunicaciones, convirtiéndose a la postre en el definitivo detonante del cambio: la aparición y desarrollo del fenómeno Internet a escala global.

11.2.3. El fenómeno Internet

El rápido desarrollo de Internet durante los últimos años de la década de los 90 provocó un vuelco en el enfoque de los operadores hacia las redes de voz y datos. En los momentos iniciales se buscaron soluciones que eran soportadas sobre las redes existentes, realizando las mínimas adaptaciones imprescindibles que permitían un funcionamiento adecuado. Sin embargo, conforme las tasas de crecimiento del tráfico de Internet se disparaban, comenzaron a detectarse los primeros cuellos de botella en los diseños existentes, que obligaban a una profunda reconsideración de todo el entorno.

En paralelo a la explosión del tráfico de datos en Internet, se produjo un fenómeno de “educación” de los clientes. Los usuarios habituales de Internet podían experimentar de primera mano las ventajas que el modelo les proporcionaba: por primera vez no estaban sujetos a lo que el operador de red les ofrecía. La situación era incluso más extrema, disponían de la libertad de decidir qué servicios usar tras un proceso de simple localización y descarga de las aplicaciones software necesarias desde los servidores disponibles. La red era siempre la misma, pero los servicios variaban en función de su disponibilidad y de los deseos de cada cliente en un momento dado.

Los operadores tradicionales asistían a este fenómeno con una mezcla de esperanza y recelo ante los nuevos retos y posibilidades que el entorno de Internet les ofrecía. Eran conscientes de las posibilidades de negocio que aparecían y las intentaron aprovechar desde un primer momento, pero al mismo tiempo veían con recelo la posible canibalización que supondría para los servicios ya existentes, los cuales habían sido de su exclusiva propiedad, y la base fundamental de su negocio durante años.

Conforme Internet se ampliaba y su uso se normalizaba en gran parte de los entornos tanto empresariales como residenciales, aparecieron corrientes de

Figura 11-6:
La influencia de Internet en el desarrollo del concepto NGN



opinión que apostaban por una solución común basada en las redes IP, que como ya se ha dicho es conocida como All-IP. Sin embargo, las soluciones IP tradicionales presentaban carencias importantes que las hacían poco adecuadas: estaban aún basadas en equipos con serias limitaciones en su capacidad, no existía una solución adecuada de calidad de servicio y los aspectos de seguridad estaban deficientemente tratados.

En este contexto es donde aparece y se desarrolla el concepto NGN, planteándose como la solución que permitirá llevar a cabo las propuestas del modelo All-IP de forma adecuada. Se presenta, por tanto, como una solución para la convergencia de las redes con interfaces de alta velocidad, con seguridad y calidad garantizadas y que facilita el despliegue de los servicios, tanto actuales como futuros. El objetivo fundamental para los operadores será optimizar las inversiones y asegurar unos rápidos retornos de las inversiones. La **Figura 11-6** presenta de forma esquemática la relación existente entre el desarrollo de Internet y el concepto de NGN.

11.2.4. El proceso de evolución

Tal y como se ha detallado en los apartados previos, el proceso de evolución ha sido largo y no siempre claro en sus objetivos finales. No obstante, aparece en la actualidad una tendencia clara hacia entornos convergentes basados en el modelo NGN. Conviene en este punto establecer una comparación entre los modelos de red clásica y NGN que ayude a entender las ventajas que el modelo NGN aporta. La **Figura 11-7** presenta una descripción del proceso de evolución y simplificación del modelo de red resultante.

Previsiblemente el proceso de evolución se planteará en varias fases: comenzará por una evolución del núcleo de la red e irá extendiéndose de forma

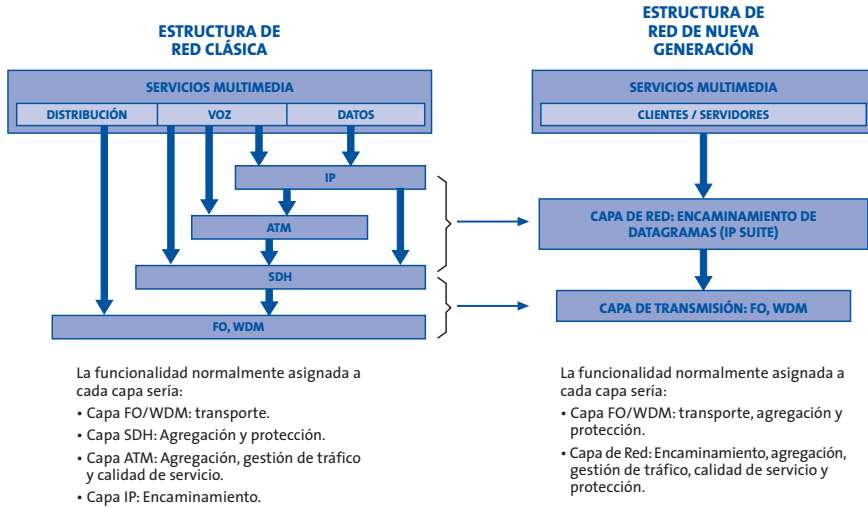


Figura 11-7: Evolución de la red clásica a la NGN – Simplificación de la torre de protocolos

progresiva hacia el acceso. Este proceso responde a la conveniencia de mantener las soluciones existentes mientras se produce la evolución, asegurando de esta manera un proceso poco traumático. Este escenario de evolución se detalla en la **Figura 11-8**.

Conforme se extienda la implantación de la NGN hacia el acceso se podrá absorber la funcionalidad de las redes de acceso existentes, estando siempre sujeta a la discreción de cada operador de red y siguiendo las pautas particulares que hayan sido establecidas en cada caso. El objetivo final dependerá de múltiples factores, como puede ser el tipo de operador (tradicional o nuevo entrante), la existencia de competencia real en el entorno, la necesidad de dar soluciones convergentes para distintas unidades de negocio, etc.

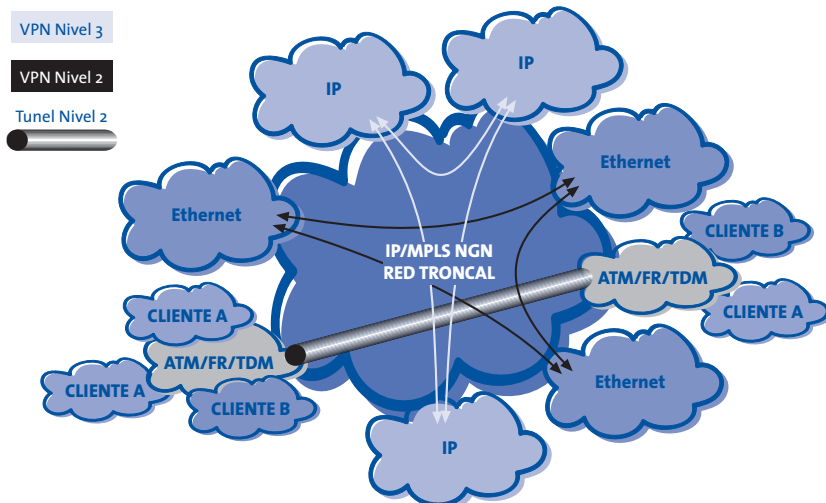


Figura 11-8: Escenario de evolución

No se abundará más en este particular por ser prácticamente ilimitados los escenarios de evolución posibles.

11.3. ARQUITECTURA DE RED NGN

Este apartado se centra en el estudio de la arquitectura de una red NGN. Comienza describiendo sus diferentes definiciones, pasando a continuación a enumerar los requisitos considerados como indispensables de la arquitectura y las piedras angulares del concepto. Termina con una somera descripción de las tecnologías que reciben la denominación de habilitadoras dentro del concepto NGN.

11.3.1. Definición de NGN

Las diversas definiciones del concepto NGN fueron planteadas en foros, presentaciones, etc. Como resumen de dichas definiciones se puede decir que:

- Para Telcordia, NGN es una red de transporte y conmutación a alta velocidad para servicios de voz, fax, datos y vídeo, realizados de forma integrada y usando una red basada en paquetes.
- Para ETSI y “*NGN Starter Group*”, NGN es un concepto para la definición y despliegue de redes, con una separación formal entre diferentes capas y planos con interfaces abiertos, que ofrece a los proveedores de servicios una plataforma sobre la que sea posible evolucionar paso a paso para crear, desplegar y gestionar servicios innovadores.
- Para Vint Cerf, participante en el proyecto original ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*) que devendría en la actual red IP, NGN es, como cualquier otra idea sobre arquitectura de redes, un proceso evolutivo, que tal vez estará salpicado de alguna sorpresa.
- Las NGNs se caracterizan por un número de capacidades y propiedades consideradas necesarias y deseables para las redes de banda ancha, multimedia y multiservicio.
- NGN es una red funcional multiservicio, basada en tecnología IP, producto de la evolución de las actuales redes IP, con la posibilidad de ofrecer servicios diferenciados y acordes a la calidad de servicio demandada por las aplicaciones de cliente.
- Algunos fabricantes de equipos definen a NGN como una red única y abierta, de paquetes, basada en estándares, capaz de soportar un gran número de aplicaciones y servicios, con la escalabilidad necesaria para afrontar las futuras demandas de tráfico IP y con la flexibilidad adecuada para responder rápidamente a las exigencias del mercado.

A pesar de todas las definiciones vistas hasta ahora, es posible establecer, al menos conceptualmente, una definición única del modelo de red NGN que aglutine todas ellas y que pueda asemejarse a una caja negra transparente a los servicios, tal y como se refleja en la **Figura 11-9**.

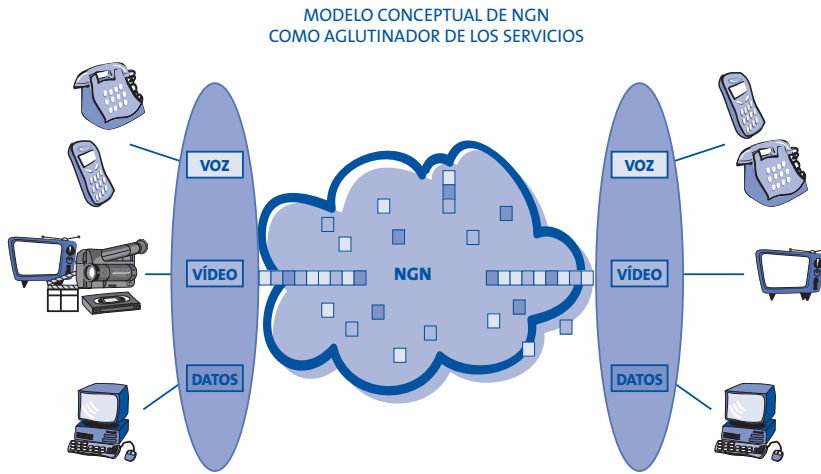


Figura 11-9:
Modelo conceptual de red NGN

11.3.2. Requisitos fundamentales

Partiendo del enfoque de caja negra que se ha dado al concepto de NGN, es importante definir claramente los requisitos de diseño para esta red de forma que se asegure un soporte adecuado de los servicios, tanto para los actualmente disponibles como para los que puedan aparecer en un futuro.

Las características fundamentales a tener en cuenta en una red NGN son las siguientes:

- La convergencia de los servicios de voz (suministrados en red fija y móvil), vídeo y datos se hará sobre la misma infraestructura de red.
- La infraestructura de transporte y comunicación debe ser de datos.
- La red de conmutación de paquetes (datagramas) debe ser IPv4/IPv6. Tendrá soporte de MPLS (*MultiProtocol Label Switch*) para servicios de ingeniería de tráfico (TE), redes privadas (VPN), etc.
- Dispondrá de soporte de políticas de Calidad de Servicio (QoS). Para el caso de los servicios de voz, el nivel de calidad deberá ser al menos como la existente en la red clásica.
- Dispondrá de soporte nativo de *Multicast*.
- Dispondrá de alta escalabilidad, disponibilidad, fiabilidad, seguridad y capilaridad.

11.3.3. Las piedras angulares del concepto NGN

Los elementos indispensables con que debe contar toda implementación de red que pretenda ser considerada como una NGN son los siguientes:

- Los sistemas de transmisión serán de última generación y basados en tecnologías ópticas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).
- Los elementos de conmutación serán de tipo *Gigabit Switch-Router* (GSR) o *Terabit Switch-Router* (TSR), conformando una red IPv4/IPv6 con soporte de MPLS.

- Se dispondrá de una política de calidad de servicio (QoS) efectiva y totalmente operativa.
- Se dispondrá de una política de seguridad tanto a nivel de red como de cliente.
- Se desarrollará una estructura de red escalable que permita evoluciones futuras de forma gradual.
- Se incorporarán técnicas eficaces, en el entorno de equipo y sistema, que aseguren unas cotas de fiabilidad y disponibilidad adecuadas.

11.3.4. Tecnologías habilitadoras

En este apartado se describen de una forma mas detallada aquellos aspectos y tecnologías que han sido considerados como imprescindibles en el modelo NGN, como son la calidad de servicio, el estándar MPLS, el *multicast*, la fiabilidad y disponibilidad, y, para entornos móviles, el protocolo IPv6.

Calidad de servicio

La disponibilidad de una política de calidad de servicio para un Operador de Red es una necesidad inexcusable que debe ser abordada con un enfoque global para el conjunto de los recursos de red de dicho operador. Sólo así podrá asegurarse un modelo de negocio basado en la diferenciación de niveles de servicio y clientes, que permita dar respuesta a las demandas de los potenciales clientes y que trate, finalmente, de forma adecuada las siempre previsibles e inevitables situaciones de congestión de los recursos de red.

La realización práctica de la política de calidad dependerá de la estrategia de cada operador en particular (soluciones basadas en redes independientes, reserva de recursos a nivel físico, compartición de recursos con tratamiento diferencial, etc.). No obstante, en entornos NGN, en los que la convergencia es en sí misma un fin, la disponibilidad de soluciones que aseguren la calidad de servicio en la red es, a todas luces, un requisito básico del diseño. La **Figura 11-10** muestra de forma gráfica el efecto que produce el tratamiento diferenciado del tráfico en una red con soporte de mecanismos de calidad de servicio (QoS).

En la actualidad existen varias alternativas que intentan abordar el problema de la calidad de servicio en redes IP. De entre todas las posibles alternativas, parecen tomar fuerza las soluciones basadas en el estándar del IETF DiffServ (*Differentiated Services* –RFC2474, RFC2475 y otros–). De cualquier forma, cualquier solución deberá incluir, como mínimo, las siguientes funciones básicas:

- Dispondrá de jerarquización del tráfico. Se integrarán las funciones de agregación y clasificación de flujos en distintas clases de tráfico y la marcación de prioridades.
- Dispondrá de un control del tráfico inyectado en la red. Se incluirán las funciones de monitorización y control del tráfico en la interfaz de cliente. Además, tanto el conformado del tráfico que aparece en ráfagas

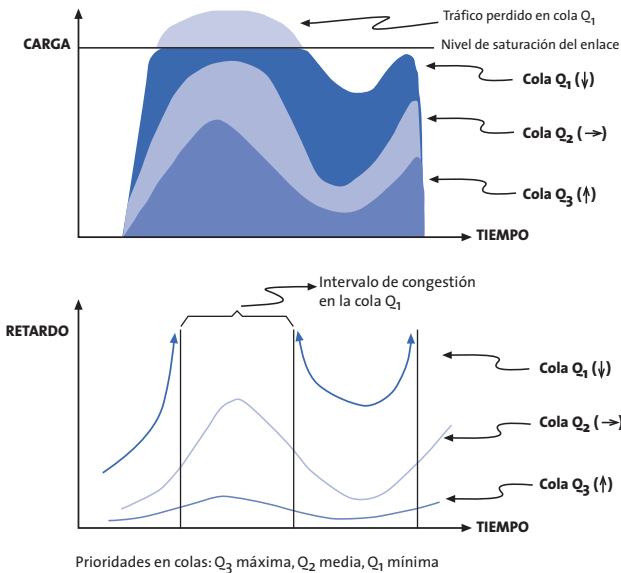


Figura 11-10:
Efectos sobre el tráfico
en un modelo de red
con QoS

como la limitación efectiva de la tasa de entrada a la red se realizarán de acuerdo al contrato del cliente.

- Existirá un acuerdo de nivel de servicio entre cliente y operador.

El estándar MPLS

MPLS (*MultiProtocol Label Switch*) tiene sus orígenes en el entorno de las redes ATM, aunque con posterioridad evolucionó tratando de dar respuesta a los problemas inherentes a las redes IP que estaban presentes en esos momentos, como, por ejemplo, la velocidad de conmutación de los equipos de red. La evolución tecnológica ha hecho que algunas de las soluciones que se pretendían dar con MPLS no resulten necesarias actualmente. Tal es el caso de los equipos de última generación de conmutación nativa IP, que son capaces de conmutar cualquier trama IP a velocidad de línea (inicialmente uno de los argumentos de mayor peso en el desarrollo de MPLS fue permitir mayores velocidades de conmutación).

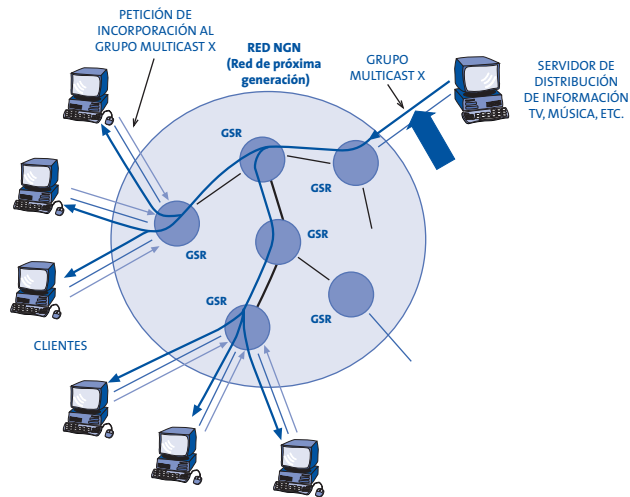
No obstante, han aparecido nuevas aplicaciones para las que MPLS aporta soluciones adecuadas, tanto desde el punto de vista técnico como económico. Las principales aplicaciones que tiene MPLS actualmente son:

- Los servicios de Red Privada Virtual (VPN), tanto de nivel 2 como de nivel 3.
- Los servicios de transporte transparente para redes tradicionales como TDM (*Time Division Multiplexing*), FR (Frame Relay) y ATM.
- El soporte a ingeniería de tráfico para las redes IP.
- El soporte de fiabilidad para los servicios de cliente final.

Multicast

Ya se ha adelantado la gran importancia que, para los entornos NGN, tiene el disponer de soporte nativo de técnicas *multicast*. El direccionamiento *multicast*

Figura 11-11:
Distribución de
contenidos basada en
Multicast



permite llevar a cabo la distribución de contenidos de una forma eficiente y controlada, evitando los costes añadidos de soluciones alternativas, como las redes de distribución de contenidos (CDN), así como la siempre comprometida seguridad de las redes *broadcast*.

El principio de funcionamiento es sencillo: los contenidos son enviados sólo a quien los solicita, siempre y cuando esté autorizado a recibirlos, y la replicación de contenidos se produce en la propia red sin afectar a la fuente ni al destino de los mismos. En la **Figura 11-11** se representan gráficamente estos conceptos.

Las ventajas aportadas por el uso de las técnicas multicast son fundamentalmente:

- La optimización del uso de los recursos de red. El consumo de ancho de banda se concentra en la periferia de la red, y se optimiza en el troncal haciéndolo prácticamente independiente del número de clientes.
- Las necesidades de capacidad de proceso del servidor de información, que son pequeñas y, en todo caso, totalmente independientes del número de clientes de los contenidos. La capacidad de los servidores se determinará por el número de contenidos distintos que sirvan y no por el de clientes de dichos contenidos.
- La posibilidad de incorporar mecanismos de fiabilidad y reparto de carga en los servidores de contenidos.
- La posibilidad de realizar la provisión de los servicios de manera más sencilla, barata y escalable, que la realizada por las soluciones tradicionales basadas en redes CDN.

Fiabilidad y disponibilidad

Tradicionalmente el nivel de fiabilidad y disponibilidad de las redes de conmutación de circuitos, sobre las que se soporta el servicio de voz actualmen-

te, ha sido muy elevado. Los clientes de los servicios de voz se han acostumbrado, a lo largo de los años, a unos niveles de fiabilidad y disponibilidad muy altos y, en consecuencia, han desarrollado un grado de exigencia alto para el servicio de voz.

Las soluciones convergentes se basan en el uso de redes de datos sobre las que se soportarán todos los servicios actuales y los futuros, incluyendo la voz. Será por tanto de vital importancia asegurar unas cotas de fiabilidad y disponibilidad para estas redes, cuanto menos, similares a las disponibles en la red de voz tradicional.

Las posibles soluciones serán de nuevo variadas y dependientes de los criterios particulares de cada operador: soluciones basadas en la duplicidad de los elementos de red, en la fiabilidad implícita de dichos elementos, en soluciones a nivel de sistema, etc. Sin embargo, debe quedar clara la necesidad básica de incorporar aquellas medidas que aseguren un grado de cumplimiento adecuado en la red del operador.

En la **Figura 11-12** se presentan algunas de las alternativas de que dispone el operador para incrementar la fiabilidad y disponibilidad de la red. En cada caso se debe realizar un estudio minucioso de las alternativas disponibles para encontrar la solución adecuada, ya sea ésta el uso de redundancias, doble plano, etc.

Posiblemente el mejor enfoque sea el de usar cada técnica (la duplicidad de equipos, el uso de equipos especiales de alta fiabilidad, el empleo de soluciones de sistema, etc.) donde mejor se pueda aprovechar, dando lugar a una solución mixta adaptada a las necesidades particulares de cada caso concreto.

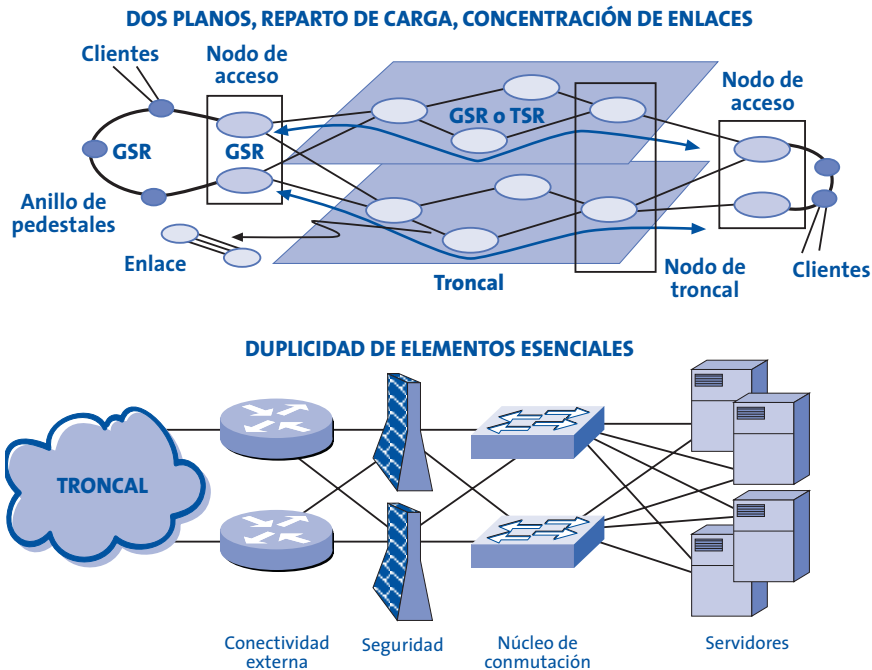


Figura 11-12: Soluciones de fiabilidad y disponibilidad en red

El protocolo IPv6

El caso del desarrollo del protocolo IPv6 es, en cierta medida, similar al descrito previamente para el estándar MPLS. Inicialmente el desarrollo se pensó para que resolviera aquellas carencias fundamentales detectadas en IPv4. Sin embargo, en paralelo al desarrollo de IPv6, se produjo un proceso de adaptación y ampliación de IPv4 que dio respuesta a gran parte de las carencias detectadas.

No obstante, IPv6 presenta aún una ventaja fundamental que le hace especialmente atractivo en entornos móviles 3GPP: el incremento prácticamente ilimitado del número de direcciones disponibles. Esta característica asegura por sí sola un uso extensivo de IPv6 en los entornos móviles de la llamada 3ª generación en los que cada terminal puede conectarse a una red IP.

11.4. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LA NGN

Se puede afirmar que el proceso de evolución hacia entornos All-IP es general en todo el sector de las telecomunicaciones, tanto fijas como móviles. Se observa asimismo que es posible, desde el punto de vista tecnológico, establecer infraestructuras comunes para ambos entornos. No obstante, el grado de convergencia final alcanzado entre ambos no dependerá únicamente de aspectos tecnológicos, por lo que es difícil establecer una solución universal.

Tal y como ha quedado claro en la descripción realizada a lo largo del capítulo, el concepto NGN no debe confundirse con el modelo All-IP. La realización de un modelo All-IP puede o no basarse en los conceptos de NGN, aunque si lo que se desea es alcanzar una solución realmente válida a medio-largo plazo, es necesario que el desarrollo de cualquier tipo de red esté basado en dichos conceptos.

Asimismo, conviene tener presente la disparidad de enfoques que se han presentado en la realización práctica del concepto NGN. A lo largo de este capítulo se han expuesto de forma clara las diferencias existentes entre los mundos de Internet y el de los operadores de servicios de voz, aunque siempre será posible alcanzar un compromiso que permita el desarrollo del concepto de NGN en entornos reales.

Se han presentado también una serie de mecanismos y tecnologías que, aplicados de una forma adecuada, permiten el desarrollo del concepto NGN con aquellos elementos disponibles comercialmente en el momento actual. Será, por tanto, la voluntad del operador de red la que determine la forma de realizar el desarrollo e implantación de las redes basadas en el concepto NGN, así como el ritmo para llevar a cabo el proceso de evolución.

Finalmente, conviene recordar en este punto la necesidad de realizar un enfoque global a toda solución de red que aspire a ser la base común sobre la que se desplieguen los servicios, tanto actuales como futuros. Es posible que dicho enfoque sea visto por algunos como excesivamente ambicioso, pero no cabe duda de que sólo así se podrá alcanzar una solución realmente válida a medio y largo plazo.

En el foro de estandarización 3GPP la evolución de UMTS prosigue hacia lo que puede ser el factor clave para la explotación de la 3G: el IMS (IP Multimedia Subsystem).

IMS representa la implantación conservadora de la arquitectura All-IP en 3G y promueve la convergencia con la Internet multimedia, proporcionando servicios de contenidos y comunicaciones multimedia en tiempo real. También posibilita una integración natural con los servicios TCP/IP (videoconferencia, voz sobre IP, "streaming", presencia, mensajería instantánea y diferida, web, etc.), permitiendo al operador 3G que pueda proporcionar a sus abonados una atractiva oferta de servicios multimedia combinados.

Las tecnologías IP en las que se basa IMS, como es el caso de SIP para el control de sesiones e IPv6 para el transporte en red, hacen posible el desarrollo rápido de los servicios y la reducción de los costes de operación e infraestructura, cualidades inherentes al mundo Internet.

12.1. MOTIVACIÓN Y PERSPECTIVAS

UMTS se ha caracterizado por cierto retraso en el lanzamiento del servicio comercial. El fervor y las expectativas que UMTS creó en su día, cuando estaba en una fase temprana de especificación, están dando paso a un ambiente más conservador, en el que se cuestiona la necesidad de sustituir a medio plazo el sistema actual GSM/GPRS. Parece que no es necesaria una nueva tecnología revolucionaria para prestar servicios multimedia o conexión a Internet con cierto ancho de banda. Por otro lado, el espectacular auge de Internet en países como Estados Unidos, que motiva la necesidad de un sistema inalámbrico que proporcione acceso ubicuo a la Red, no se ha visto reproducido en Europa en la misma medida.

El actual sistema GSM está en una fase madura, la tecnología es robusta, bien conocida y probada, las redes están desplegadas al máximo de su cobertura, y el parque de terminales ha llegado a la cota máxima de penetración en el público. Además de esto, ¿qué factores han influido en el aminoramiento del despliegue de UMTS? Son los siguientes:

- En primer lugar, cierta inmadurez tecnológica, achacada principalmente a las inconsistencias y falta de completitud de las especificaciones de 3GPP. La presión creada por las expectativas económicas de UMTS pudo forzar el desarrollo acelerado de los estándares.
- En segundo lugar, la burbuja de las telecomunicaciones, que ha terminado finalmente en una crisis en el sector, o simplemente en una saturación en su crecimiento. El alto precio pagado por los operadores hace unos años para conseguir licencias 3G y la imposibilidad de amortizar estas inversiones por falta de disponibilidad de la tecnología, están motivando la baja inversión actual en telecomunicaciones y especialmente en 3G.
- Finalmente, uno de los factores clave para entender el retraso de UMTS, y quizás uno de los que serán más determinantes en su éxito, es la falta de demanda por parte de los usuarios. No se han creado aún las necesidades de los servicios avanzados que UMTS puede proporcionar. En su primera versión, llamada 3GPP *Release 99*, la novedad que pueden percibir los clientes móviles en cuanto a la gama de servicios 3G frente a los de GSM pueden resumirse en tres aplicaciones: conexión a Internet de alta velocidad móvil (probablemente se comercializará a 64 kbit/s y 384 kbit/s), videoconferencia móvil por conmutación de circuitos y, por último, mayor capacidad para la mensajería multimedia y aumento de la velocidad en las descargas de contenidos. En la actualidad, los servicios más empleados por los usuarios móviles siguen siendo los tradicionales (voz y SMS). Los servicios de datos siguen en sus fases tempranas en las redes GSM/GPRS, creciendo a paso muy lento aunque seguro. Por tanto, surge la necesidad de crear un factor impulsor de UMTS que atraiga el interés de los millones de usuarios potenciales que puede tener.

12.2. TENDENCIAS ALL-IP EN 3G E IMS

La preocupación por la pobre trayectoria del negocio de datos en las redes móviles (GPRS), muy por debajo de lo vaticinado, la aparente falta de aplicaciones y servicios UMTS atractivos para el gran público, así como las tendencias de convergencia con Internet, motiva que se introduzca en 3GPP el concepto All-IP. La arquitectura All-IP es una visión industrial sobre el futuro de las redes de comunicaciones, que ofrece diversos modos de acceso que se integran de forma transparente en una capa de red basada en el protocolo de Internet IP. En el **capítulo 11** fueron descritas de forma más detallada las tendencias All-IP y el modelo de redes de nueva generación (NGN).

Sin embargo, este acercamiento a la opción All-IP no es suficiente para motivar un aumento del tráfico de datos en las redes móviles. De hecho, sólo proporciona beneficios a los operadores en lo que se refiere al ahorro de costes de infraestructura, a una mejor escalabilidad, a una mayor flexibilidad y a la simplificación de la operación y mantenimiento, pero All-IP no aumenta por sí mismo el uso de los servicios de datos. Por ello, la opción All-IP en 3GPP no tiene mayor interés aisladamente. Ante esta situación, e impulsado por las perspectivas de sus socios industriales, 3GPP define e incorpora el Subsistema IP Multimedia (*IP Multimedia Subsystem, IMS*) al núcleo de la red móvil de *Release 5*. IMS es un sistema de control de sesión diseñado con tecnologías de Internet adaptadas al mundo móvil, que hace posible la provisión de servicios móviles multimedia sobre conmutación de paquetes (servicios IP multimedia). El objetivo económico-comercial de esta iniciativa es doble: aumentar los ingresos medios por abonado y reducir costes. Para lo primero, la estrategia consiste en potenciar el mercado de la conmutación móvil de paquetes, introduciendo capacidades para ofrecer nuevos servicios avanzados a los usuarios finales. Con IMS aparece un nuevo concepto de servicios, radicalmente diferente, innovador y factible al mismo tiempo. Se pretende que el atractivo de estos servicios IMS atrape definitivamente a los abonados móviles en el mundo de los datos.

Como consecuencia, con IMS la red móvil de datos distará de estar infrautilizada, y cobrará sentido aprovechar las ventajas que ofrece inherentemente All-IP a los operadores en cuanto a reducción de costes de capital y de operación, simplicidad de mantenimiento y mayor eficacia en la gestión.

12.3. FUNDAMENTOS DE LOS SERVICIOS IP MULTIMEDIA

Las características principales de los servicios IP multimedia [12.1] que IMS hace posible son las siguientes:

- La comunicación orientada a sesión de un usuario a otro(s) usuario(s), o de un usuario a un servicio.
- La comunicación en tiempo real o diferido.
- Las sesiones IP multimedia compuestas por flujos y contenidos multimedia diversos, con un nivel adecuado de Calidad de Servicio para vídeo, audio y sonido, texto, imagen, datos de aplicación, etc.
- La identificación de usuarios, servicios y nodos mediante URIs (*Universal Resource Identifier*), que aumenta la usabilidad de los servicios de cara a los abonados. Éstos ya no tienen que manejar números de teléfono imposibles de recordar, sino nombres al estilo de servicios Internet, como el correo electrónico.

Quizás la característica más notable procede de la naturaleza "Internet" de su arquitectura: IMS permite ofrecer un repertorio de servicios completamente integrados a través de este subsistema, que combinan sus propias características generando sinergias que contribuyen a una experiencia de usuario avanzada. Los servicios IMS pueden implementarse, por ejemplo, en una sola aplicación de

usuario final que hace un uso coordinado y simultáneo de la mensajería IP multimedia (instantánea y diferida), del servicio de presencia, de los servicios web, de la videoconferencia y llamadas de voz sobre IP (usuario a usuario o *multi-party*), del *streaming*, de la difusión multimedia, de la descarga de contenidos, de los juegos en red y de cualquier otro servicio de Internet basado en TCP/IP, de forma muy similar a cómo operan las últimas versiones de los populares clientes de mensajería instantánea para PC e Internet, pero ofreciendo una Calidad del Servicio (QoS) garantizada y adaptada a cada flujo de datos, a la vez que permiten al usuario disfrutar de la movilidad y características de su dispositivo personal 3G IMS.

Sin embargo, IMS no define las aplicaciones o servicios que pueden ofertarse al usuario final, sino la infraestructura y capacidades del servicio que los operadores o proveedores de servicio pueden emplear para construir sus propias aplicaciones y producir su oferta de servicios. El operador IMS puede elegir orquestar los servicios de forma independiente, combinada o en multitud de variantes. Como ejemplo se pueden poner los dos grupos siguientes de servicios finales:

- Los denominados servicios heredados (las llamadas básicas de voz, la mensajería textual, la mensajería multimedia, el correo electrónico, etc.), en los cuales el usuario percibirá la misma calidad que cuando se prestan a través de los sistemas tradicionales.
- Los servicios multimedia avanzados. En este tipo de servicios se incluyen la videoconferencia; la audioconferencia monofónica o estereofónica; la videoconferencia para personas sordas, video más texto de tiempo real; la multiconferencias en video, audio o texto; la difusión de medios de TV o radio; el vídeo bajo demanda; la mensajería instantánea y el *chat* multimedia; los videojuegos interactivos multiusuario; el servicio *push-to-talk* (walkie-talkie); etc.

En este sentido, IMS no impone límites, son la capacidad de la red de acceso y las características de los terminales las que fijan las restricciones.

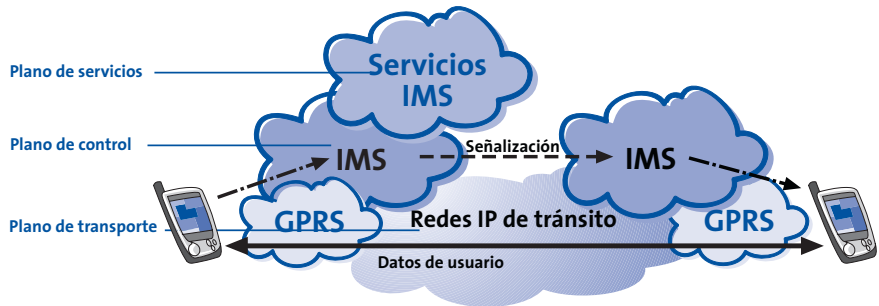
IMS fue diseñado inicialmente en 3GPP *Release 5* para su uso sobre el subsistema de transporte GPRS de tercera generación. El modelo teórico de las redes móviles divide el sistema en diferentes dominios y planos. Así, IMS implementa el plano de control de los servicios IP multimedia, mientras que GPRS 3G proporciona las funciones de plano de transporte, tal como se puede ver en la **Figura 12-1**.

De esta forma, la función de IMS en los servicios IP multimedia incorpora el procesado y actuación sobre la señalización y el control de los recursos del plano transporte. GPRS 3G se encarga de proporcionar conectividad IP dentro del dominio de la red móvil, tanto para la señalización como para los datos multimedia de usuario. Siguiendo la filosofía establecida en la separación funcional típica de UMTS y de las redes IP, el flujo de datos correspondiente a la señalización viaja de forma separada a los flujos de datos multimedia de usuario, proporcionando en ambos casos GPRS 3G el servicio de transporte. Sin embargo, el

¹ GPRS 3G es el servicio o subsistema de transporte de paquetes conmutados en UMTS. Se sustenta en la arquitectura de portadoras de UMTS y está adaptado para las redes de acceso radio UTRAN y GSM EDGE. Su arquitectura, entidades funcionales, protocolos y operativa es una evolución natural del GPRS 2G diseñado para redes GSM.

Figura 12-1:

Modelo de planos lógicos de los servicios IP multimedia



flujo de señalización, que tiene su origen y fin en los terminales de usuario participantes en el servicio, es transferido vía IMS, al contrario de lo que ocurre con los datos de usuario que se transfieren directamente entre los terminales sin atravesar el subsistema IMS.

Este concepto establecido en la arquitectura permite, fundamentalmente, emplear tecnologías de Internet, y origina el atractivo de disponer de los servicios IP multimedia. Por otro lado, como IMS fue diseñado para una red evolucionada de GSM hereda ciertas cualidades intrínsecas del mundo móvil, como son:

- **Las sesiones interoperador.** Los abonados de un operador IMS tienen la posibilidad de cursar sesiones IP multimedia con abonados localizados en la red 3G IMS de otro operador. La arquitectura de IMS, las entidades funcionales y sus protocolos, están diseñados para la interconexión con otros sistemas IMS de otros operadores. En este caso, los flujos de datos de una sesión se transportan por el sistema GPRS en la red origen, por una red, o redes, IP de tránsito interoperador y por la red GPRS destino. En el caso de las sesiones interoperador, los flujos de señalización siempre recorrerán ambos sistemas IMS.
- **La itinerancia.** IMS soporta la itinerancia (*roaming*) de tipo nativo, lo que se define como la capacidad del sistema de admitir y dar servicio a abonados de otros operadores que emplean la misma tecnología, y con los que se tiene el acuerdo de negocio pertinente. Cuando un abonado está en itinerancia, el subsistema IMS visitado encamina la señalización del abonado itinerante hasta el IMS nativo del abonado, desde donde se reencamina la sesión hacia su destino.
- **La interconexión con redes y servicios heredados.** IMS contempla la interconexión con las redes de circuitos SS7 para servicios de llamadas de voz. Por tanto, existen elementos IMS para el interfuncionamiento entre las sesiones multimedia con los componentes de audio y las redes PSTN, GSM o el dominio de conmutación de circuitos de la propia red 3G. De esta forma, los abonados con la innovadora tecnología IMS siempre podrán seguir comunicándose con otros abonados no IMS. Así mismo, el sistema está diseñado para proporcionar interoperación con redes de circuitos que admiten teleconferencias multimedia (por ejemplo, videollamadas), como aquellas basadas en 3G-324M o H.324.

- *La interconexión con las redes IP multimedia externas e Internet.* La futura Internet albergará servicios IP multimedia avanzados, especialmente para el caso de comunicaciones en tiempo real o con altos requisitos de QoS. IMS incorpora componentes para el interfuncionamiento con las redes IP multimedia externas, de forma que los abonados IMS podrán mantener comunicaciones con los usuarios de la Internet multimedia.
- *La seguridad integrada.* Uno de los factores clave del éxito de GSM fue que incorporaba intrínsecamente mecanismos de seguridad, soportados por la tarjeta SIM. IMS requiere autenticación de abonado y especifica sus propios mecanismos y arquitectura de seguridad, que son independientes de los propios de UMTS. De este modo, la suscripción IMS está soportada por una aplicación lógica llamada ISIM (IMS SIM) que ejecuta funciones de autenticación de abonado durante su registro en IMS, además de contener datos de la suscripción de abonado, de igual forma que la SIM en GSM y la USIM en 3G. La ISIM reside, junto con la aplicación USIM, en la tarjeta inteligente física². Por tanto, un abonado que desee acceder a IMS, en primer lugar deberá autenticarse y registrarse con el núcleo de red UMTS empleando la USIM, y posteriormente autenticarse y registrarse con IMS utilizando la ISIM.
- *La Calidad de Servicio (QoS).* El subsistema GPRS de 3G hace uso de la arquitectura de QoS de UMTS, que define una jerarquía de portadoras adecuadas para servicios con diferentes requisitos de QoS. Por todo ello, se han definido nuevas funciones e interfaces opcionales en GPRS 3G de 3GPP *Release 5* que permiten que IMS controle y autorice el uso de recursos del subsistema de transporte GPRS. Estas funciones son opcionales, y, en caso de no estar presentes en GPRS, la asignación de recursos a las sesiones IMS se controlaría mediante los mecanismos ordinarios propios de GPRS y la suscripción de abonado GPRS.
- *La provisión de servicios.* IMS posibilita un desarrollo rápido y simplificado de servicios siguiendo el modelo Internet. La arquitectura IMS cuenta con interfaces o pasarelas hacia servidores de aplicaciones. En lo que respecta a las aplicaciones, éstas pueden modificar el transcurso de una sesión multimedia de una forma muy similar a cómo lo hacen las aplicaciones de red inteligente, que pueden actuar y modificar una llamada de voz, con la ventaja de la simplicidad y facilidad del desarrollo de las aplicaciones web. De este modo se pueden establecer una serie de criterios en la suscripción de usuario IMS, de forma que el control de una sesión se traspase a un servidor de aplicaciones. Esto posibilita la implementación de todos los servicios suplementarios tradicionales, así como nuevos servicios avanzados. Por otro lado, IMS define componentes de pasarela que interactúan con las plataformas del plano de servicios tradicional de la red 3G, como OSA y CAMEL. De esta forma, las aplicaciones heredadas OSA y CAMEL pueden también actuar

² SIM, USIM e ISIM son aplicaciones lógicas que residen en una tarjeta de circuitos integrados como soporte físico. En el ámbito de GSM, esta tarjeta suele denominarse simplemente "SIM" debido a la aplicación que alberga.

sobre las sesiones IP multimedia, permitiendo la provisión de servicios IMS desarrollados por terceras partes.

- *La tarificación y facturación.* En la tarificación de servicios IP multimedia intervienen el sistema de facturación de GPRS y el sistema de facturación de IMS. Este último registra los datos relacionados con la sesión IMS, tales como los usuarios implicados, la duración, los componentes multimedia empleados y la QoS autorizada, y los asocia a los correspondientes registros de tarificación de GPRS que se originaron como consecuencia del transporte de los flujos multimedia y la señalización de IMS en el subsistema de transporte GPRS. De esta forma, es posible facturar los servicios según su duración, contenidos, volumen de datos, destino de la sesión o las diferentes combinaciones de los anteriores. Por otro lado, el sistema soporta tanto tarificación *online* como *offline*, lo que se traduce en la facturación pospago y prepago, necesaria para atender a todo el mercado de clientes potenciales.

12.4. TECNOLOGÍAS, ARQUITECTURA Y FUNCIONES DE IMS

Durante la especificación de IMS, que aún se encuentra en curso y evolución, 3GPP e IETF establecieron un acuerdo de trabajo que ha ligado fuertemente el desarrollo del estándar IMS al trabajo de IETF. Este último ha tenido que acelerar la estandarización de los protocolos IP emergentes que se emplean en IMS, a la vez que realizar especificaciones a medida y exclusivas para 3GPP. Se considera, pues, que IMS y 3G pueden ser los catalizadores para el desarrollo comercial de la tecnología IETF, como es el caso de IPv6 y SIP, principales protocolos de IMS. De este modo:

- *El control de sesión es realizado por el protocolo de control de llamada IMS basado en SIP y SDP.* La señalización de IMS se efectúa mediante el protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) [12.4], que IETF diseñó para la gestión de sesiones multimedia en Internet. A petición de 3GPP, IETF ha ido añadiendo al protocolo básico extensiones y cabeceras privadas para adaptar su uso a las necesidades del entorno móvil, y a las particularidades de una red de pago como UMTS. Por ello, se habla del perfil 3GPP del protocolo SIP, una variante personalizada para la red 3G IMS. SIP aporta las funciones para el registro, establecimiento, liberación y mantenimiento de las sesiones IMS, lo que incluye funciones de enrutado de sesiones e identificación de usuarios y nodos, y también habilita todo tipo de servicios suplementarios. Por otro lado, el protocolo SIP tiene una estructura similar a HTTP, e incluso comparte los códigos de respuesta. Esto facilita el desarrollo de los servicios, puesto que es similar a construir aplicaciones web.

Tanto SIP como HTTP son protocolos de texto, que permiten incluir contenido MIME en el cuerpo de sus mensajes. De este modo, los mensajes del protocolo SDP (*Session Description Protocol*) se transfieren en los

mensajes SIP. El protocolo SDP [12.5], también diseñado por IETF, se emplea para describir la sesión que se negocia con SIP. Mediante SDP, los extremos de una sesión pueden indicar sus capacidades multimedia y definir el tipo de sesión que se desea mantener. Además, con SDP los extremos deciden qué flujos multimedia compondrán la sesión, de manera que establecerán a qué tipos de medios multimedia corresponden dichos flujos (audio, video, etc.) y qué *codecs* soportan y desean emplear para cada flujo, así como la configuración específica de los *codecs* anunciados. Mediante este intercambio de señalización se negocia la QoS, tanto en el establecimiento como durante la sesión en curso, si es necesario. Este dinamismo es una novedad en el sector de las telecomunicaciones, donde la QoS es estática y viene impuesta por las redes y el servicio final solicitado. Por otro lado, en las redes 3GPP el operador puede configurar IMS para elegir qué tipos de medios y *codecs* desea soportar en su red, incluso puede personalizar cada perfil de usuario IMS para que éste pueda realizar un determinado tipo de sesiones IP multimedia, rechazando cualquier otra comunicación IMS que difiera de sus políticas.

- *El transporte de red es realizado mediante IPv6.* IMS se ha definido desde su origen como una red y un servicio fundamentado completamente sobre IPv6. El subsistema GPRS 3G que proporciona acceso a dicha red IPv6 ha visto modificadas sus especificaciones para soportar el transporte de datagramas IPv6 desde el terminal de usuario hasta IMS, así como otras funciones tales como la configuración y la asignación de direcciones de red. Por otro lado, el terminal IMS ha de soportar el *stack* IPv6, y posiblemente IPv4. La razón para que IPv6 sea un requisito básico es la previsión del próximo despliegue paulatino de IPv6 en Internet. Como los mecanismos de interfuncionamiento IPv4/IPv6 iban a necesitarse igualmente, con independencia de la versión del protocolo escogida para IMS, 3GPP prefirió dar compatibilidad hacia atrás en lugar de hacia delante y partir de la situación más avanzada técnicamente. Por otro lado, además de las ya conocidas ventajas inherentes a IPv6 como son la QoS y la seguridad integradas, así como la autoconfiguración y el mayor espacio de direccionamiento³, el tráfico del plano de usuario se transfiere directamente entre terminales siguiendo el paradigma *peer-to-peer*. Por tanto, IPv6 simplifica el transporte de este modelo de tráfico en las redes IPv4 privadas, como son la mayor parte de las redes GPRS existentes en el mundo. Actualmente 3GPP está estudiando la interoperación con las posibles implementaciones tempranas de IMS basadas en IPv4.

Además de SIP/SDP e IPv6, 3GPP emplea otros protocolos de IETF para la provisión de servicios IP multimedia, como son

³ La gran cantidad de direcciones IP que proporciona IPv6 es sumamente útil para poder ampliar el mercado móvil a nuevas aplicaciones (por ejemplo, en el área de machine-to-machine industrial y doméstico) y la prestación del servicio en países superpoblados como China.

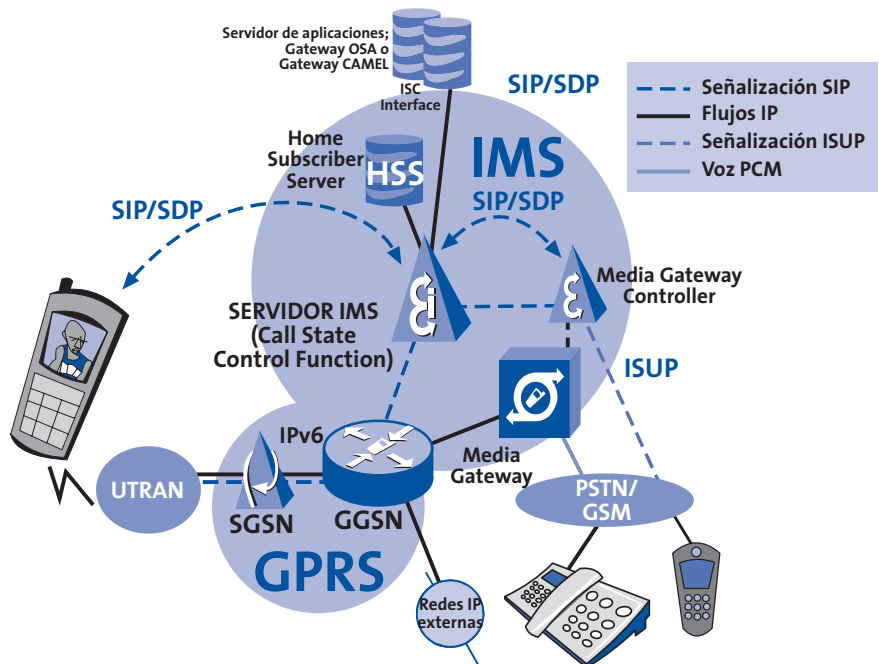
- Los protocolos RTP (*Real Time Protocol*) y RTCP (*Real Time Control Protocol*), que se utilizan para el transporte de flujos IP multimedia del plano de usuario.
- El protocolo COPS (*Common Open Policy Service*), para el control de los recursos de GPRS mediante el uso de políticas de asignación de los mismos en función de los objetivos marcados de calidad.
- El protocolo *Diameter*, para aquellas acciones relacionadas con la autorización, autenticación y tarificación. Principalmente se emplea como heredero de MAP para el diálogo con el nodo HSS (*Home Subscriber Server*) de IMS, que sustituye las funciones realizadas por el tradicional HLR (*Home Location Register*).
- Los protocolos RSVP (*Resource Reservation Protocol*) y DiffServ, para asegurar la QoS extremo a extremo, especialmente cuando la conectividad IP requerida se extiende más allá de la red móvil GPRS.
- El protocolo *Megaco*, para el control remoto de los Media Gateways.

En la **Figura 12-2** se muestra la arquitectura básica de IMS [12.2], que se ha simplificado para facilitar su comprensión al lector.

La entidad funcional clave es el nodo CSCF (*Call State Control Function*), que es básicamente un servidor SIP con funciones de *proxy*. El CSCF ejecuta tres roles diferentes en la operativa de IMS:

1. *El Proxy CSCF (P-CSCF)*, que es el punto de entrada al subsistema IMS y que recibe directamente la señalización IMS desde el terminal, vía GPRS. Implementa las funciones de protección de señalización (seguridad) y el control de recursos del subsistema de transporte.

Figura 12-2:
Arquitectura simplificada y entidades funcionales de IMS



En itinerancia (*roaming*) es el nodo en la red visitada que se encarga de enrutar la señalización de registro y sesión desde los terminales que se encuentran en situación de itinerancia hasta la red IMS nativa. Además, ejecuta las funciones comunes a los demás CSCF: el procesamiento y enrutado de señalización, la consulta del perfil de usuario en el HSS y la tarificación.

2. *El Serving CSCF (S-CSCF)*. A cada usuario registrado en IMS se le asigna un S-CSCF, el cual se encarga de enrutar las sesiones destinadas o iniciadas por el usuario. También realiza el registro y autenticación del abonado IMS y la provisión de los servicios IMS (mediante el desvío de señalización a los servidores de aplicación). Asimismo aplica las políticas del operador de red y genera los registros de tarificación.
3. *El Interrogating CSCF (I-CSCF)*, que es un nodo intermedio que da soporte a la operación IMS. El I-CSCF ayuda a otros nodos a determinar el siguiente salto de los mensajes SIP y a establecer un camino para la señalización. Durante el registro, el P-CSCF se ayuda del I-CSCF para determinar el S-CSCF que ha de servir a cada usuario.

En situaciones de itinerancia y en sesiones interred, el I-CSCF es el punto de entrada conocido por la red IMS externa e indica el siguiente salto a realizar para la señalización. Opcionalmente, el I-CSCF efectúa funciones de ocultación de la topología de la red IMS ante redes externas, de forma que los elementos ajenos a IMS no puedan averiguar cómo se gestiona la señalización internamente (por ejemplo, el número, el nombre y la capacidad de los CSCF).

Otros nodos de relevancia en IMS son:

- *El Home Subscriber Server (HSS)*, que hereda las funciones del HLR: almacena y gestiona el perfil del servicio IMS del abonado, almacena las claves de seguridad y genera vectores de autenticación, registra el estado de los abonados y almacena el nodo S-CSCF con el que el abonado se ha registrado, etc.
- *La Media Gateway Control Function (MGCF)*, que es parte de la arquitectura de interfuncionamiento de IMS con las redes de circuitos. En concreto, implementa el plano de control del *interworking*, traduciendo la señalización IMS SIP/SDP a SS7, y viceversa. También se encarga de controlar la operación del IM-MGW.
- *El IP Multimedia Media Gateway (IM-MGW)*, que implementa el plano de usuario de la arquitectura de interoperación de IMS con las redes de circuitos. En las redes TDM de circuitos se encarga de la transcodificación de flujos IMS sobre IP a datos de usuario.
- *Los servidores de aplicación y las pasarelas con destino al plano de servicios*. 3GPP define interfaces IMS entre el S-CSCF y el plano de servicios, de esta manera la señalización puede desviarse hacia el plano de servicio en base a una serie de criterios que se recogen en el perfil de abonado, que el HSS alberga y que el S-CSCF descarga durante el registro de cada abonado. Por tanto, el S-CSCF puede transferir la señaliza-

ción de un registro o sesión hacia un servidor de aplicaciones SIP, o transferirla hacia una pasarela OSA o hacia una pasarela CAMEL, que traduce SIP en CAP.

En la **Figura 12-2** se ha omitido una serie de conjuntos de entidades funcionales por sencillez, pero que están definidas por 3GPP. Tal es el caso, por ejemplo, de la arquitectura para mensajería IMS, de las entidades funcionales del servicio de presencia, de los elementos para sesiones multiparticipante, de la arquitectura de interfuncionamiento con redes externas SIP IPv4 y de las entidades específicas de tarificación.

12.5. OPERATIVA DE IMS

Para una mejor comprensión de las funciones de las entidades IMS, a continuación se muestran dos de los procedimientos más comunes en IMS [12.3]: el proceso de registro (fundamentalmente necesario para que el abonado pueda acceder a los servicios IP multimedia) y el establecimiento de sesión (que permite iniciar las comunicaciones con otros abonados y con los servicios multimedia).

12.5.1. Procedimiento de registro

El procedimiento de registro en IMS se representa en la **Figura 12-3**. Este consta de las siguientes fases:

- En primer lugar, como paso previo para acceder a IMS, el usuario debe registrarse en el sistema. Mediante este proceso se activan las identidades públicas⁴ que el usuario desea emplear en sus sesiones multimedia y se establece el S-CSCF que le aportará el servicio. Para llevarlo a cabo, se emplea la señalización SIP y un algoritmo de autorización/autenticación por desafío de usuario a red, y viceversa, que recibe el nombre de IMS AKA (*IMS Authentication and Key Agreement*).
- A continuación, el usuario inicia el proceso enviando un mensaje SIP REGISTER hacia el P-CSCF, que detecta que se trata de un mensaje no protegido por ninguna asociación de seguridad previa; es decir, se trata de un mensaje de registro inicial. En ese mensaje se encuentran la identidad privada del usuario, almacenada en la ISIM, y las identidades públicas que desea registrar para su posterior uso. En esta fase, el P-CSCF envía el mensaje hacia un I-CSCF, que se encarga de seleccionar un S-CSCF hacia el que reenvía la petición de registro. Cuando el S-CSCF recibe el mensaje, comprueba que no se trata de un usuario ya registrado y contacta con el HSS para obtener los vectores de autenticación, necesarios para el algoritmo IMS AKA.

⁴ Las identidades públicas son aquellas que se dan a conocer a otros abonados y se emplean para establecer sesiones. La identidad privada identifica unívocamente la suscripción IMS de un abonado, y se utiliza exclusivamente con fines de seguridad y administrativos. Esta identidad no se da a conocer a otros usuarios.

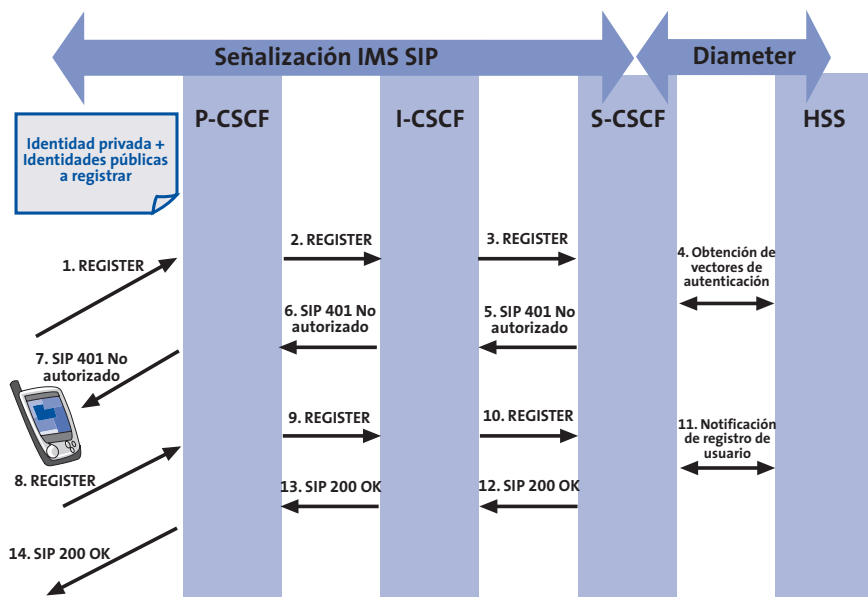


Figura 12-3: Procedimiento de registro en IMS

Posteriormente, para solicitar la autenticación, devuelve hacia el terminal móvil un mensaje SIP 401 “No autorizado”, en el que se incluyen ciertos números generados aleatoriamente, así como las claves para el cifrado y protección de la integridad de la señalización IMS.

- Por último, el usuario, en base al mensaje de desafío especificado en la anterior fase, comprueba la identidad de la red IMS y genera un nuevo mensaje SIP REGISTER. Este segundo mensaje contiene una respuesta formada a partir del algoritmo de autenticación IMS AKA.

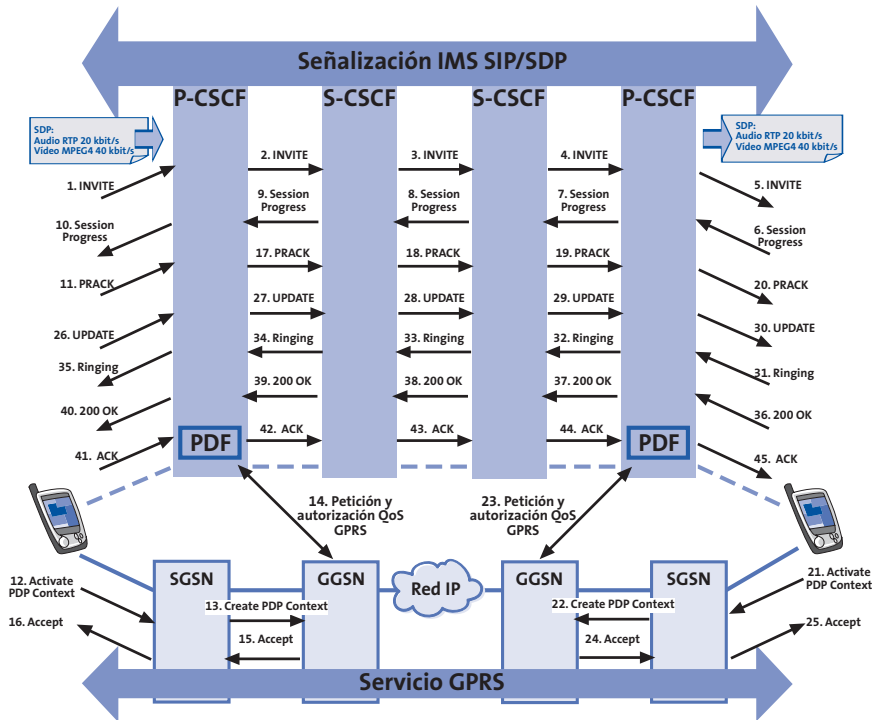
Cuando el mensaje llega al S-CSCF, el usuario es finalmente registrado después de comprobar la veracidad de su identidad. Posteriormente, el S-CSCF indica al HSS que aquel ha registrado al abonado satisfactoriamente y descarga desde allí la suscripción IMS del usuario. El proceso finaliza con el asentimiento SIP 200 OK enviado hacia el terminal móvil.

12.5.2. Establecimiento de sesión

El procedimiento de inicio de sesión se muestra en la **Figura 12-4**. Las fases de este proceso son las siguientes:

- En primer lugar, una vez que el usuario ha sido registrado en el subsistema IMS, aquel puede acceder a los servicios IP multimedia que proporciona IMS. De esta manera el usuario, por ejemplo, podría establecer una sesión de videoconferencia con otro usuario IMS de otra red. Para ello, utilizará el subsistema IMS para intercambiar información de señalización mediante los protocolos SIP y SDP con el usuario con el que se quiere comunicar. El objetivo de este intercambio de señalización es el

Figura 12-4.
Procedimiento de inicio de sesión



establecimiento de una sesión, mediante la cual se contactará con el nodo destino, se negociarán los parámetros de sesión y se activarán los recursos GPRS necesarios para soportar la sesión multimedia.

Para poder realizar lo anterior, el usuario origen deberá enviar a través de IMS un mensaje SIP INVITE, en el que añadirá también el mensaje SDP que describe las capacidades de la sesión que pretende establecer. En ese mensaje SDP estarán incluidos los medios que quiere transmitir, la tasa binaria a la que se transmitirá cada medio, los protocolos utilizados para la transmisión de los medios, los *codecs* que se utilizarán, etc. La señalización SIP y SDP llegará al usuario remoto pasando por los nodos IMS de la red origen y destino.

- A continuación el terminal destino enviará de vuelta al nodo origen un mensaje SIP de progreso de sesión (*183 Session Progress*), en el que se añadirá un mensaje SDP con la respuesta del nodo destino al ofrecimiento de los parámetros SDP del nodo origen. Estos parámetros pueden haber sido modificados en función de las capacidades del terminal o las preferencias del usuario.
- Seguidamente el terminal origen envía un mensaje PRACK como respuesta al mensaje de progreso de sesión, en el que está incluida la oferta SDP final. Es en este momento cuando se activan los recursos necesarios a nivel GPRS en la red origen, para soportar los medios que se han negociado. Si se ha habilitado el control de QoS mediante COPS,

IMS puede interactuar con el nivel GPRS para autorizar los recursos y la QoS para cada medio.

Por su parte, en la red destino se activan los recursos GPRS, una vez que llega el PRACK con el mensaje SDP final. Para simplificar la **Figura 12-4** no se ha mostrado el mensaje SIP 200 OK de respuesta del PRACK desde el terminal destino hacia el terminal origen. Cuando éste recibe el mensaje 200 OK, envía un mensaje SIP UPDATE para indicar al destino que ha tenido éxito la operación de activación GPRS.

Es entonces cuando el terminal destino avisa a su usuario de que le están llamando, a la vez que envía la señalización SIP para indicar al terminal origen que el usuario destino está siendo alertado.

- Por último, cuando el usuario destino descuelga para recibir la sesión de videoconferencia, su terminal envía otro mensaje 200 OK, con el que se confirma el establecimiento definitivo de la sesión desde el usuario remoto. Si se implementa el control QoS desde IMS, este mensaje activa a su paso, a través de IMS, el plano de transporte GPRS para autorizar la transferencia de paquetes, y empieza el intercambio de tráfico de usuario, compuesto de audio y vídeo, entre los terminales que soportan el servicio GPRS.

12.6. ESTADO ACTUAL Y EVOLUCIÓN DE IMS

Como ya ha sido descrito en el **capítulo 5**, IMS está definido en las versiones del sistema 3GPP de *Release 5* y *Release 6*. En la *Release 5*, prácticamente finalizada, se define perfectamente la arquitectura y las entidades funcionales, aunque en las especificaciones de esta *release* solo se describen de forma detallada la operativa básica de IMS.

En *3GPP Release 6* se completa y amplía el concepto relativo a los servicios IP multimedia (la especificación de *Release 6* está aún en desarrollo).:IMS de *Release 6* incorpora, respecto a su versión de *Release 5*, las siguientes funcionalidades o mejoras:

- La descripción completa de la operación para el interfuncionamiento con las redes de circuitos.
- La descripción completa de la operación para el interfuncionamiento con las redes IP multimedia, incluyendo las soluciones para la interoperación con las redes SIP IPv4.
- La descripción completa del servicio de conferencias multiparticipante.
- La especificación del servicio de mensajería IMS.
- La especificación del servicio de presencia IMS.
- La optimización del subsistema de transporte de paquetes y red de acceso radio para el soporte eficiente y flexible de IP multimedia.
- La introducción del concepto de independencia de la red de acceso.

Por tanto, la evolución de UMTS prosigue en 3GPP, promoviendo la mayor interacción posible entre los sistemas de comunicaciones móviles. El foro de

estandarización está trabajando en IMS de *Release 6* para independizar el sistema de la red IP de acceso que se emplee. En concreto, en la anterior versión de 3GPP, IMS fue específicamente diseñado para que formara parte íntegramente del núcleo de red 3GPP, y requería del uso de GPRS 3G como único subsistema de transporte. Precisamente en la *Release 6*, 3GPP revisa sus especificaciones de IMS para permitir el acceso a IMS desde cualquier red de conectividad IP, como pueden ser la red 3GPP2 basada en cdma200, las tecnologías inalámbricas WLAN (WiFi, Hyperlan, IEEE 802.11a, Bluetooth, etc.) y las redes IP fijas (xDSL, HFC, etc.). Esto permitiría alcanzar cierto interfuncionamiento e itinerancia global a nivel de servicios, independientemente de la tecnología específica de acceso.

Pero, ¿por qué aplicar 3GPP IMS en otras redes IP, especialmente cuando IETF ha diseñado protocolos IP multimedia para redes IP generales? Por muchas razones:

- En primer lugar, 3GPP IMS está diseñado para soportar la itinerancia del usuario entre redes diversas, sin importar el tipo de red de acceso radio o de transporte de paquetes. Así mismo, está diseñado para la movilidad de usuarios en entornos inalámbricos.
- En segundo lugar, 3GPP IMS contempla todos los aspectos necesarios para proporcionar servicios de pago (pospago y prepago) en redes no gratuitas: control de QoS, tarificación, seguridad, movilidad e itinerancia, etc.
- Por último, 3GPP IMS permite al operador mantener el control total sobre los servicios que se ofertan al usuario, garantizado la QoS y el uso de los recursos de red, al contrario que los servicios móviles tipo Internet *best-effort*, que se suelen ubicar fuera de la red del operador, y por tanto, fuera de su control. De esta forma, IMS asegura que el operador no sea relegado a un mero transportista de datos.

13

La itinerancia en el acceso a las redes IP

El uso de las redes de datos IP se va generalizando a buen ritmo, tanto en el caso de los usuarios residenciales como, de manera más acentuada, en los entornos empresariales.

Este avance se ve impulsado por la fuerte implantación de los terminales móviles en la sociedad actual. Los usuarios demandan un acceso ininterrumpido a las redes IP según se mueven, de forma similar a como se consigue en las llamadas de voz en GSM, por lo que los sistemas deben proporcionar esta capacidad. Por otra parte, también los usuarios móviles demandan el requisito de obtener conectividad de datos, no sólo mientras se mueven a través de la red de su operador, sino también cuando se encuentran en itinerancia (roaming) en las redes de otros operadores.

Los servicios de acceso en itinerancia a las redes IP se ofrecen con objeto de paliar las necesidades de los usuarios residenciales y empresariales para acceder a sus redes de comunicaciones desde puntos diferentes a su lugar de acceso habitual. En concreto, se pretende ofrecer acceso global a las redes IP, con costes reducidos y con cobertura mundial.

Este capítulo realiza una panorámica de la situación actual y describe la posible evolución de los sistemas de acceso, tanto en lo que se refiere a la movilidad como a las situaciones de itinerancia a las redes IP, diferenciando entre los accesos telefónicos y los inalámbricos.

13.1. TECNOLOGÍAS DE ACCESO A LAS REDES IP

Sin duda alguna, el espectacular crecimiento que ha experimentado el uso de Internet en estos últimos años no hubiese sido posible sin la facilidad de llevar su disponibilidad a la “casa” del usuario. La tecnología ha permitido que allí donde se encontrara un teléfono, los contenidos de Internet también estuvieran accesibles; ya fuera en una casa, una oficina o un local. Este hecho ha aumentado considerablemente el número y diversidad del público potencial de los servi-

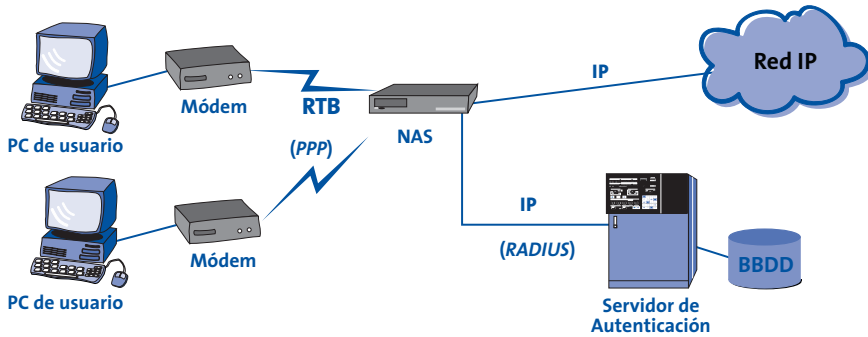


Figura 13-1:
Acceso telefónico a redes

cios prestados sobre las redes IP (web, correo, etc.), haciendo su uso mucho más atractivo para todos los elementos de la cadena de negocio.

A fin de brindar el acceso a la red IP sólo a aquellos usuarios que hayan contratado el servicio, este tipo de red posee unos equipos responsables de realizar el proceso denominado AAA (*authentication, authorization, accounting*). Estos equipos, conocidos como servidores AAA, permiten realizar el control de acceso mediante usuario y contraseña. La evolución de los servidores y tecnologías AAA, permite el establecimiento de políticas de itinerancia (*roaming*) para usuarios mediante accesos telefónicos.

En la **Figura 13-1** se muestra el esquema de red de un acceso telefónico a redes.

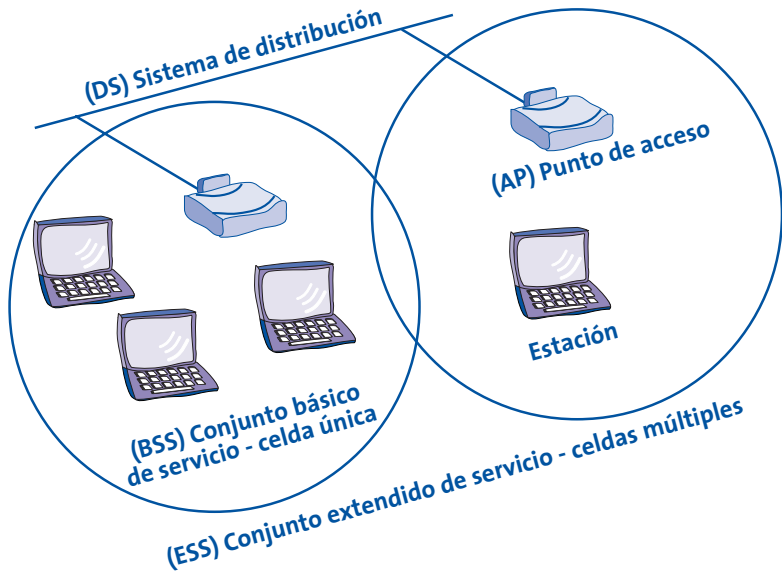
13.1.1. El acceso inalámbrico 802.11b a las redes IP

Las necesidades de conexión a las redes IP actuales hacen que una conexión con cable no se adapte a determinadas situaciones. Como ocurre, por ejemplo, en una reunión de empresa, donde se puede generar una situación engorrosa al tener que conectar los portátiles que cada asistente lleva a la reunión a las rosetas habilitadas para ello. Además puede ocurrir que las rosetas no se encuentren ubicadas en el lugar adecuado, cercano a donde están sentados los asistentes. Otro caso podría ser también que la conexión con cable no sea la adecuada en un aeropuerto o en un recinto ferial, obligando al usuario a conectarse a un determinado punto de conexión disponible en un entorno donde se pueden sufrir daños con facilidad.

Ante estas dificultades que plantean las conexiones con cable, surge la solución de las conexiones inalámbricas. Dado que el estándar definido por el IEEE para las conexiones Ethernet por cable (802.3) ha dado un magnífico resultado, se definió un estándar para redes inalámbricas basado en él. Así surgió el IEEE 802.11. Este estándar podía ser usado en dos tipos de configuraciones básicas denominados:

1. *Modo infraestructura*. En este tipo de configuración existen una serie de puntos de acceso (AP) que se comunican con los equipos inalámbricos. Estos AP están conectados por cable a la infraestructura de red, tal como se puede ver en la **Figura 13-2**.

Figura 13-2:
Modo infraestructura

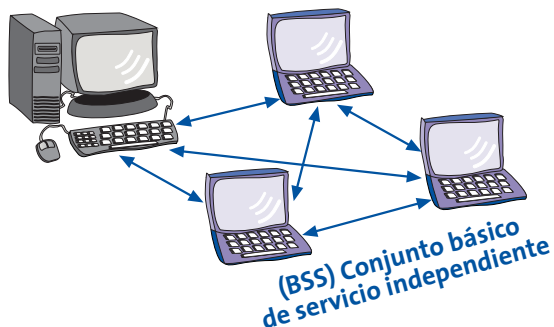


2. *Modo "ad hoc"*. En este segundo tipo de configuración los equipos se comunican entre sí sin necesidad de disponer de elementos intermedios, y además no están conectados a la infraestructura de red. Esta configuración se muestra en la **Figura 13-3**.

Normalmente los proveedores de servicios IP ofrecen comunicaciones inalámbricas en modo infraestructura, siendo el modo "ad hoc" más típico en las comunicaciones personales.

Tras el éxito inicial del estándar 802.11 se detectó una limitación muy importante: la velocidad no era equiparable a la que podía ofrecer una conexión con cable en una interfaz *ethernet* convencional. Para paliar esta limitación surgió el estándar 802.11b que permite velocidades de 5,5 Mbit/s y 11 Mbit/s, en dos modalidades. Es importante destacar que el estándar 802.11b es compatible¹ con el estándar 802.11, por lo que ofrece las velocidades de 1 Mbit/s y 2 Mbit/s. Con objeto de que la velocidad fuese más grande se aumentó el número de bits por símbolo y la velocidad de emisión de los símbolos. La velocidad de 11 Mbit/s

Figura 13-3:
Modo "ad hoc"



supera el estándar de velocidad Ethernet de 10 Mbit/s, y se ha mostrado suficiente para las necesidades actuales de comunicación de un usuario normal. Tanto las diferentes arquitecturas definidas como la tecnología empleada en ellas han sido descritas con detalle en el **capítulo 3**.

13.2. ITINERANCIA EN ACCESOS TELEFÓNICOS

Pese a la aparición de nuevos métodos de acceso a las redes IP, como son los dispositivos inalámbricos descritos anteriormente, el acceso telefónico a las redes es el tipo de acceso más extendido en la actualidad, junto con los accesos tradicionales de banda ancha (ADSL y cable). Ello es debido a la gran extensión y cobertura mundial de este tipo de acceso, ya que los servicios de itinerancia en las redes IP se han ofrecido tradicionalmente para accesos telefónicos.

El acceso en itinerancia beneficia a cualquier tipo de usuario, si bien los usuarios empresariales son los que más utilizan este tipo de servicio. Mediante la itinerancia en el acceso telefónico, las empresas pueden ofrecer a sus empleados cuando tienen que desplazarse al extranjero la posibilidad de conectarse fácilmente a la red, desde el hotel, con un simple portátil y una roseta de teléfono. La empresa consigue un doble beneficio:

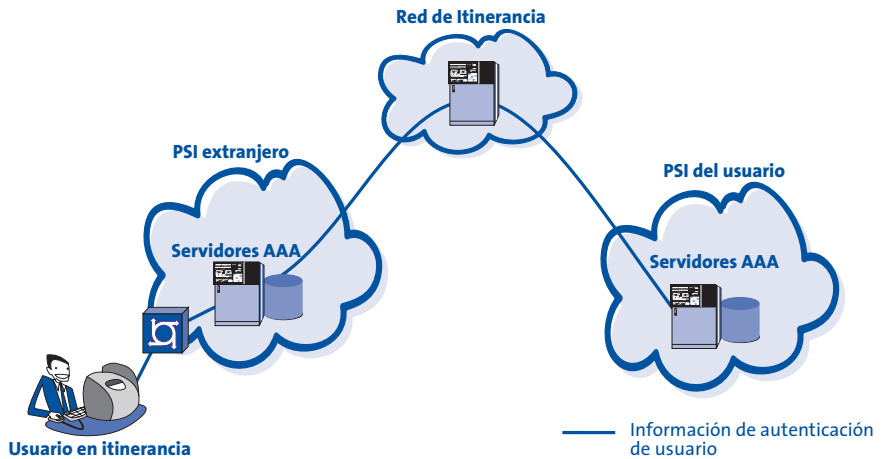
- Por un lado, sus empleados tienen acceso a fuentes de información (Internet/*intranet*) desde emplazamientos en el extranjero.
- Por otro, los empleados pueden trabajar como si estuviesen en la oficina, a un precio relativamente bajo (sin realizar llamadas internacionales).

El escenario del acceso telefónico a las redes en itinerancia consiste en que un usuario, a través de un equipo informático (normalmente un PC portátil), puede conectarse a Internet (o a una *intranet*) desde cualquier lugar del mundo donde exista una roseta telefónica. La conexión la puede realizar a precio económico (cercano al de una llamada local) y utilizando el mismo *login* y *password* que tiene disponible cuando se conecta desde su punto de acceso local.

Para poder realizar este tipo de itinerancia es preciso que existan acuerdos entre los diferentes proveedores de acceso. Gracias a estos acuerdos es posible realizar una delegación de las peticiones de autenticación, hasta alcanzar al PSI que contiene los datos del usuario. Además, es habitual que el usuario no necesite ni siquiera conocer los números de teléfono locales que debe utilizar en cada localización. Los proveedores adscritos a los servicios de itinerancia suelen proporcionar un software que automáticamente escoge un número de teléfono de un proveedor de servicios local. De este modo, la información de autenticación viaja a través de una infraestructura de red, desde el punto de conexión del usuario hasta el proveedor de servicios al que pertenece el usuario, tal como se aprecia en la **Figura 13-4**. Este proveedor es el que se encarga de realizar la comproba-

¹ En realidad esta compatibilidad sólo se da para el estándar 802.11 que usa la codificación direct sequence spread spectrum (DSSS). Existe otra versión del estándar 802.11 que usa la codificación frequency hopping spread spectrum (FHSS) y que no es compatible con el estándar 802.11b.

Figura 13-4:
Itinerancia en accesos
telefónicos



ción de credenciales, y de enviar la respuesta (acceso permitido o denegado) hacia el proveedor extranjero al que se ha conectado el usuario.

Los agentes involucrados en el proceso de acceso son:

- *El proveedor de acceso en itinerancia.* Cuando el usuario marca un número de teléfono de un proveedor en itinerancia, éste se encargará de reenviar la información de autenticación hasta el proveedor al que pertenezca el usuario.
- *El proveedor del usuario.* Es aquel al que está adscrito el usuario, y el que contiene su información de autenticación (*login/password*). Además es quien finalmente valida el acceso.
- *La red de itinerancia,* que está formada por todos los proveedores adscritos al servicio de itinerancia. Las peticiones de autenticación en itinerancia son transportadas por esta red de ISPs, hasta alcanzar al proveedor de usuario.

13.3. ITINERANCIA EN ACCESOS INALÁMBRICOS

Una vez resuelta la necesidad básica de comunicación inalámbrica, surge la necesidad de movilidad por parte del usuario. Cuando se habla de movilidad en entornos inalámbricos podemos estar refiriéndonos a dos tipos de movilidad:

1. *La movilidad radio o entre "hot-spots".* En este tipo de movilidad (mostrada en la **Figura 13-5**) el usuario se mueve de un AP a otro AP que toma el control. Es importante destacar que esta movilidad se produce dentro de la infraestructura de red del suministrador de servicios IP.

Hay varios motivos por el que se puede producir el cambio de AP. Los más habituales se deben a la proximidad física (cuando existe otro AP diferente más cercano al usuario que el actual donde se encuentra conectado) o a una sobrecarga, reparto de carga (el AP donde está conectado el usuario se encuentra sobrecargado).

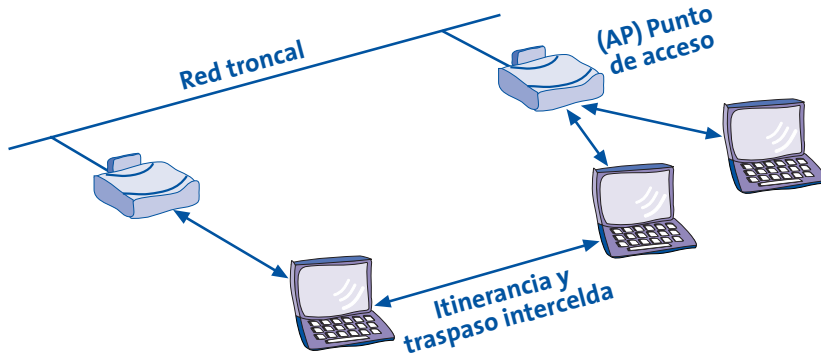


Figura 13-5:
Itinerancia entre “hot-spots”

- Facilidad para la extensión de cobertura
- Balanceo de carga
- Escalabilidad y posibilidad de crecimiento incremental
- Transparente al usuario

En una itinerancia entre *hot-spots* de un mismo operador, la infraestructura presente sólo necesita de un único sistema de autenticación y contabilidad, por tanto, a diferencia de lo que ocurre en la itinerancia entre redes de diferentes operadores, en este caso no se precisa de ningún prefijo o sufijo que identifique al operador.

Precisamente, es esta característica la que se utiliza en el sistema de autenticación del operador para distinguir a los usuarios propios, a los cuales debe tratar directamente con sus sistemas, de aquellos de otras empresas operadoras, cuyas peticiones tiene que reenviar a los sistemas de autenticación de esas empresas.

En este caso, la cadena de identificación del usuario será del tipo “*usuario@servicio*” en cualquier *hot-spot* del operador en el que se encuentre. El sistema de autenticación del operador detectará la ausencia de prefijo o sufijo y lo identificará como un usuario “propio”, aplicando la política de autenticación definida por el operador. Para efectuar la autenticación, generalmente la interfaz con el usuario (descrita en el capítulo 3) no es diferente en los accesos en itinerancia.

2. *La movilidad entre operadores WiFi*. En este caso se produce un cambio de AP, pero existe una diferencia con respecto al punto anterior: el AP pertenece a un operador distinto, que tiene una infraestructura de red propia y que es diferente a la del AP habitual del usuario. En este caso se necesita de algún tipo de comunicación (*routing*) entre las infraestructuras de los diferentes operadores, que permita que los usuarios tengan este tipo de movilidad.

Dentro de este modelo de movilidad, un factor clave para poder realizar la identificación es conocer a qué operador pertenece al usuario, lo cual se suele indicar por algún tipo de prefijo o sufijo en la identificación. Un ejemplo de este tipo de movilidad es la configuración que

Figura 13-6:
Itinerancia entre operadores WiFi



muestra la **Figura 13-6**, donde se realiza la conservación de la dirección IP mediante el establecimiento de un túnel entre los operadores. Otra posibilidad, más habitual, sería la asignación dinámica de direcciones IP por DHCP en el *bot-spot* anfitrión.

Para que un operador permita que sus usuarios puedan utilizar la infraestructura de otro operador y dichos usuarios puedan realizar correctamente la fase de autenticación, es necesario que se establezca un acuerdo entre los dos operadores. Este acuerdo incluirá:

- El prefijo o sufijo que identificará al operador final del usuario dentro de la cadena que éste introduce para autenticarse. Un ejemplo puede ser la expresión “*ES/operador1/usuario@servicio*”, que identifica a un usuario del operador “*ES/operador1*”.

La cadena “*usuario@servicio*” sólo tiene sentido para el operador en cuestión.

- El sistema de intercambio de delegaciones de autenticación y contabilidad. Este punto consiste básicamente en el intercambio de parámetros de red que identifiquen conveniente cada uno de los servidores de autenticación.

Habitualmente, también es necesario configurar dichos servidores para que admitan peticiones delegadas de servidores terceros, ya que por seguridad cualquier mensaje enviado por un elemento desconocido es ignorado.

Se suele utilizar un servicio central de delegación de autenticación, dado que para N operadores se necesitarían $N(N-1)$ acuerdos. El caso de iPass es un ejemplo comercial para este tipo de servicios centrales, que son idénticos a los utilizados por los entornos con cable.

Para el usuario final, la única diferencia existente entre la itinerancia de los operadores de servicios con cable (PSI) y los inalámbricos (WISP), consiste en los menús locales que el usuario percibe cuando contacta con un AP que no es de

su operador. Dependiendo de la solución adoptada, el usuario llamante podrá elegir el mismo de forma gráfica a qué operador pertenece el AP y la herramienta que configurará los prefijos/sufijos adecuados, o bien será el llamado el que introduzca toda la cadena de autenticación.

13.4. MECANISMOS PARA LA ITINERANCIA IP EN LA RED MÓVIL

13.4.1 Movilidad en las redes celulares: GPRS y UMTS

Si existe un aspecto inherente a las redes celulares es la movilidad, de tal manera que un usuario con su terminal móvil no sólo debe poder trasladarse de una celda a otra dentro de su red sin que la conectividad se vea afectada, sino que también deberá disponer de conectividad desde las redes de otros operadores.

Los sistemas móviles GSM/GPRS y UMTS comparten una estructura de red para la conmutación de paquetes sustancialmente equivalente, ya que UMTS hereda la arquitectura creada para GSM/GPRS. Por ello, el sistema de gestión de movilidad de GPRS y UMTS es similar, y está basado en el protocolo GTP (*GPRS Tunnelling Protocol*) definido por ETSI para gestionar la movilidad en las redes GPRS.

La movilidad en estos sistemas se consigue por debajo de la capa de red, a nivel de enlace. De esta manera, la dirección de cualquier protocolo utilizado de la capa 3 se mantiene fija durante toda la sesión de datos, independientemente de la localización del terminal móvil y su trayectoria a través de toda la cobertura de la red móvil.

La **Figura 13-7** muestra cómo se encamina una sesión dentro de la arquitectura GPRS descrita en el **capítulo 3**, según lo especificado en [13.1]. Un terminal móvil se conectará al SGSN más cercano, que entunelará dentro de un túnel GTP los datos de usuario hacia el GGSN encargado de conectarse con la red de datos designada por el usuario.

En GPRS, se denomina área de enrutamiento (RA, *Routing Area*) a un conjunto de celdas, y viene identificada por un identificador de área de enrutamiento.

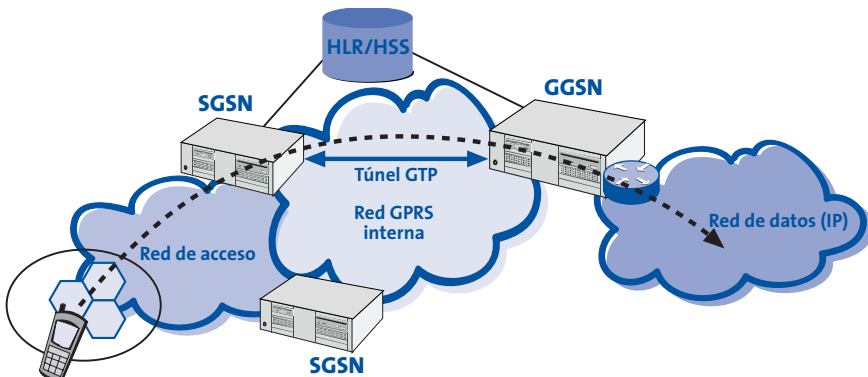
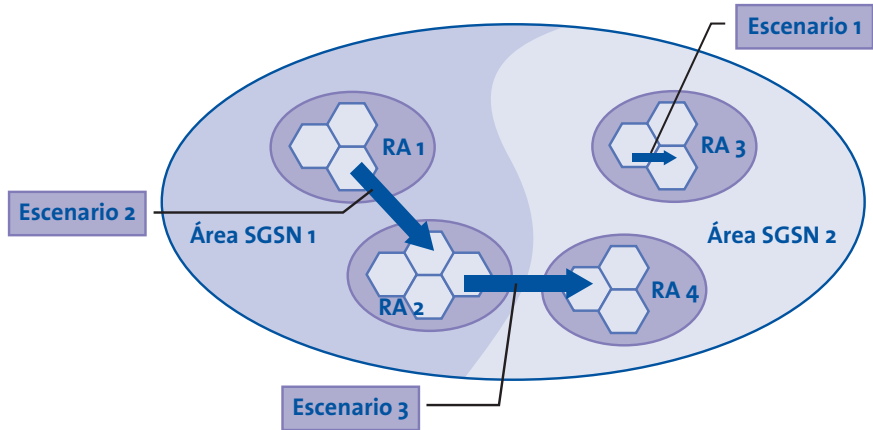


Figura 13-7: Funcionamiento de GPRS

Figura 13-8.
Movilidad en GPRS



to (RAI). Un dispositivo, denominado SGSN, controlará el área de servicio que contiene una o más áreas de enrutamiento. Este SGSN se encargará de realizar el seguimiento del terminal por su área de servicio, manteniendo la información de localización y actualizándola a medida que el terminal se mueve. La estación móvil que establece la sesión estará siempre conectada al mismo GGSN, manteniendo su dirección de capa 3 (dirección IP) durante toda la sesión de datos. Una vez establecida la sesión, si el terminal se mueve puede cambiar de SGSN. En última instancia, el HLR y el GGSN específico que da servicio a un abonado han de conocer qué SGSN gestiona la movilidad del usuario en cada momento.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la movilidad del terminal móvil a través de la red se realizará de la siguiente manera:

1. El terminal podrá pasar de una celda a otra dentro de un mismo área de enrutamiento.
2. El terminal podrá pasar de una celda a otra que esté en un área de enrutamiento diferente, pero dentro del mismo área de servicio del SGSN.
3. El terminal podrá pasar de una celda a otra que esté en un área de servicio diferente.

En la **Figura 13-8** se presentan los tres escenarios descritos.

La red deberá actualizar la información mantenida sobre el estado de localización del terminal para conocer hacia dónde enrutar los paquetes de datos que le llegan. Esta actualización se produce básicamente cuando el terminal detecta que ha entrado en un nuevo RA (comparando el identificador de celda, y el RAI que tiene almacenado, con el identificador de celda y el RAI recibidos vía radio) o cuando vence un temporizador del terminal para la actualización de la información de localización. Para ello, existirán tres tipos diferentes de procedimientos para la gestión de la movilidad en GPRS que se corresponden con cada uno de los tres escenarios anteriores. Éstos son:

1. *El procedimiento para actualización de celda.* El SGSN actualiza la información cuando recibe tramas de protocolo con un identificador de celda diferente del que tiene almacenado, si este identificador de celda pertenece al mismo RA.

2. *El procedimiento para actualización del RA intra-SGSN.* Cuando el terminal descubre que el RA ha cambiado solicita al SGSN que se actualice la información de localización. El SGSN determina que el nuevo RA pertenece a su área de servicio y actualiza la información sin notificarlo al GGSN ni al HLR.
3. *El procedimiento para actualización del RA inter-SGSN.* Cuando el terminal descubre que el RA ha cambiado solicita al nuevo SGSN que le sirve que actualice la información de localización. El nuevo SGSN contacta con el SGSN que servía antes al terminal y este último retiene el envío de paquetes de información hasta que el nuevo SGSN esté disponible para reenviar los datos al terminal.

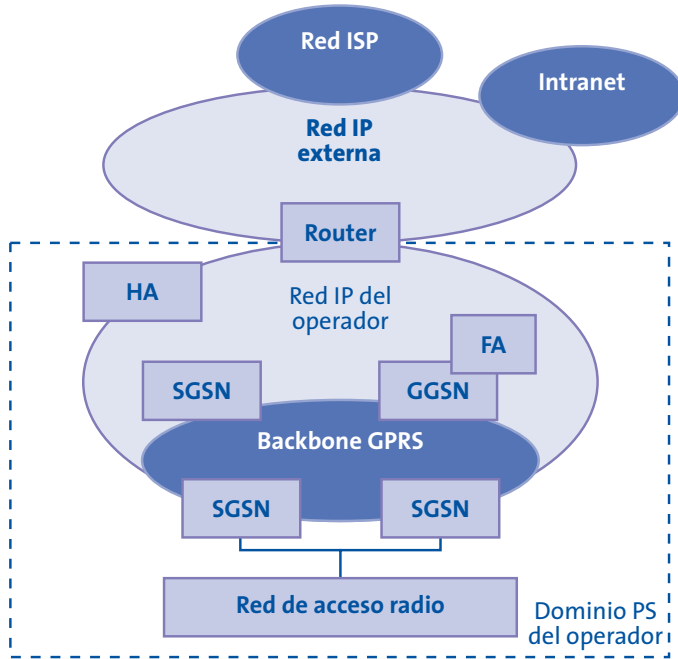
Estos tres procedimientos están definidos para GSM/GPRS. UMTS, además, ha especificado nuevos procedimientos para realizar la reelección a nivel de RNC, reduciendo la señalización de gestión de movilidad, puesto que no hace falta llegar hasta el SGSN.

13.4.2. Movilidad IETF en las redes celulares

Teniendo en cuenta la convergencia de la red UMTS hacia All-IP y el despliegue de IP en todo el Núcleo de Red, es posible que el protocolo GTP quede limitado y se requieran mecanismos de control de la movilidad en las capas superiores y no sólo a nivel de la capa 2. Como ocurre, por ejemplo, cuando una estación móvil IP multimodo que dispone de diferentes tecnologías de acceso radio (GSM/GPRS, WCDMA, CDMA2000, Wireless LAN, etc.) se desplaza de una red a otra. Dado que se espera que la capa de red de estas redes sea común, e implementada por el protocolo IP, sería necesario que la gestión de movilidad pueda realizarse en el nivel IP, utilizando los protocolos adecuados, como, por ejemplo, Mobile IP.

3GPP ha estado considerando el uso de Mobile IP como protocolo de gestión de movilidad global. En los requisitos de arquitectura de UMTS *Release 99*, 3GPP consideraba Mobile IP como una forma alternativa de acceso a las redes de datos externas para el Dominio de Conmutación de Paquetes. En base a este requisito, se realizó un estudio de viabilidad de integración de Mobile IP en la red móvil GPRS/UMTS *Release 99*, que se recoge en el informe técnico 3GPP TR 23.923 “*Combined GSM and Mobile IP mobility handling in UMTS IP CN*” [13.2]. Este informe presentaba una estrategia de implantación progresiva del protocolo Mobile IP en la red móvil, de forma que en la última etapa GTP dejara de ser utilizado y Mobile IP se encargaría de la gestión de la movilidad, tanto dentro de la red móvil, como entre la red móvil y otras redes IP. El proceso de migración requería integrar la entidad *Foreign Agent* de Mobile IP en el GGSN en una primera fase. En la última fase de migración, los nodos GGSN y SGSN se funden en un único nodo llamado Internet GSN, con soporte a Mobile IP. En la **Figura 13-9** se muestra la localización de las entidades de Mobile IP en la red móvil, de acuerdo a la primera etapa de despliegue presentada en el informe técnico.

Figura 13-9:
Fase inicial de integración de Mobile IP en UMTS



En la figura también se muestra la entidad *Foreign Agent* (FA) integrada en el GGSN. Por otro lado, la entidad *Home Agent* (HA) se ubicaría en la red IP del operador, más allá del propio *backbone* de la red móvil. La HA mantiene información de localización de los nodos móviles IP.

El estudio de 3GPP sobre Mobile IP en la *Release 99* se centraba únicamente en la entidad FA. Es decir, 3GPP consideraba a la red UMTS como una red visitada para nodos.

El informe técnico TR 23.923 [13.2] ha sido retirado en la *Release 4* y no forma parte de las especificaciones de las *releases* posteriores. Aún así, es lógico pensar que si la red UMTS ha de evolucionar hacia All-IP, será necesario que la gestión de movilidad de los terminales sea realizada mediante un protocolo IP, como Mobile IP o algún derivado. Por otro lado, la red All-IP cdma2000 de 3GPP2 utiliza Mobile IP como gestor de movilidad.

Las actividades de armonización entre 3GPP y 3GPP2 podrían ser el catalizador de una posible migración de GTP a Mobile IP en 3GPP. En la práctica, la armonización en ambos foros se han limitado a la homogeneización de los dominios IP Multimedia. Dado que estos dominios permiten movilidad a nivel de sesión, es posible que 3GPP no adopte la solución de movilidad Todo IP (All IP) en un futuro cercano.

13.5. ESCENARIOS DE ITINERANCIA IP ENTRE REDES

Uno de los objetivos principales que tuvo GSM, y que posteriormente 3GPP también heredó, fue el permitir que un usuario en itinerancia desde una red

visitada pudiera cursar sesiones tal y como lo podría hacer desde la red de su operador. Por esta razón, GSM ha permitido técnicamente la itinerancia de un usuario GPRS, y posteriormente 3GPP también ha especificado para UMTS la posibilidad de interconectarse al núcleo 3GPP a través de las redes WLAN. Estos dos escenarios descrito serán los que se analizarán en esta sección.

13.5.1. Escenario de itinerancia GPRS

Cuando GSM especificó GPRS existía la necesidad de que un usuario pudiera cursar sesiones de datos, no sólo desde la red de su operador, sino también cuando estuviera visitando la red de otro operador. Por ello, GSM definió para GPRS la familia de protocolos GTP, con objeto de poder gestionar la movilidad entre celdas de la red y también para permitir las sesiones de datos en itinerancia.

En la **Figura 13-10** se muestra un terminal que está accediendo a servicios de datos IP en itinerancia.

Cuando se inicia el proceso, el usuario que utiliza la red del otro operador contactaría con un SGSN de este último operador. En este caso, el nodo SGSN detecta que el usuario pertenece a la red de otro operador con el que tiene un contrato de itinerancia y encaminaría el tráfico del usuario por un túnel GTP hacia el GGSN, en su red propia (*home*). Finalmente, el GGSN envía o recibe datos del usuario hacia la red de datos, que en este caso es Internet. Entre las redes de ambos operadores existe una red *backbone* de datos en la que está asegurada la calidad de servicio y la seguridad de los datos transmitidos entre ambos operadores.

También hay definida una segunda posibilidad para conseguir la itinerancia para GPRS, en la que el usuario de la red del otro operador accede a la red IP a través del SGSN y GGSN de la red visitada, sin necesidad de encaminar la información hacia la red *home*.

13.5.2. Escenarios de itinerancia WLAN-I

En 3GPP *Release 6* de UMTS se ha incluido la funcionalidad de interfuncionamiento entre el sistema 3GPP y las redes WLAN, que se conoce con el nombre de WLAN-I (*WLAN Interworking*) [13.3]. Con ella se pretende utilizar cualquier tecnología WLAN como una red de acceso añadida a la red 3GPP.

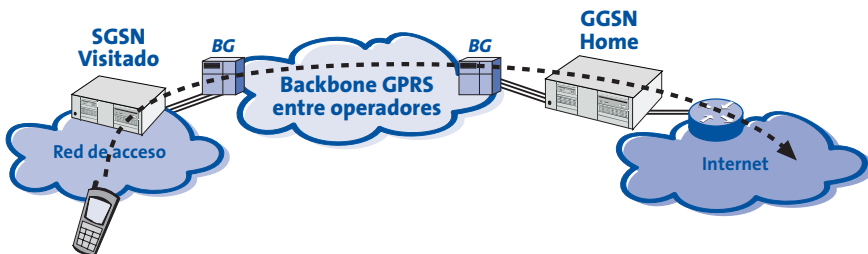


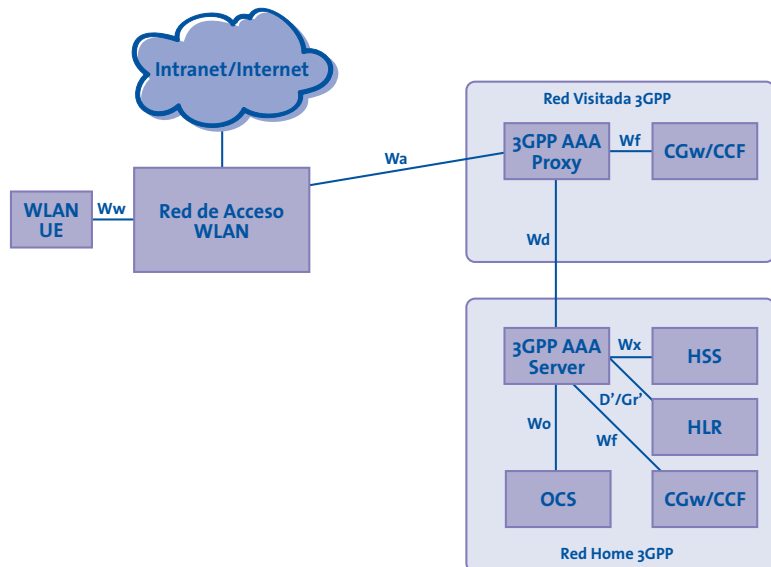
Figura 13-10: Escenario de itinerancia GPRS

Por esta razón, 3GPP ha estudiado los mecanismos necesarios para el interfuncionamiento entre el sistema WLAN y la red 3GPP en la *Release 6* (ver el capítulo 5). 3GPP plantea un enfoque gradual para afrontar el interfuncionamiento, mediante una serie de escenarios incrementales que aumentan progresivamente el nivel de interfuncionamiento entre WLAN y el sistema 3GPP. Los escenarios son los siguientes:

- Escenario 1: *Facturación y relación comunes con el cliente*. El cliente recibe una factura única del operador por el uso de los servicios WLAN y 3GPP.
- Escenario 2: *Autenticación, autorización y tarificación basados en 3GPP*. El control de acceso, la autorización, la contabilidad y la tarificación son gestionados por el sistema 3GPP. El usuario puede estar en una WLAN del operador al que está suscrito o puede estar en itinerancia desde una red WLAN de un operador visitado. Para la realización técnica de este escenario se han creado nuevas entidades para gestionar la AAA, las cuales son servidores Diameter que se conectan con el HSS para ejecutar las funciones de autenticación, autorización, contabilidad y tarificación. La **Figura 13-11** muestra el caso extremo de este escenario en el que un usuario es autenticado, autorizado y facturado desde una red WLAN visitada.
- Escenario 3: *Acceso a servicios de conmutación de paquetes 3GPP*. El cliente puede utilizar en la WLAN los servicios de conmutación de paquetes ofrecidos por el operador 3GPP (por ejemplo, los servicios IMS, APNs, etc.). Sin embargo, no se requiere la continuidad entre el sistema 3GPP y la WLAN. El usuario puede estar conectado a los servicios PS 3GPP desde una red WLAN perteneciente al operador local, o puede estar bajo la cobertura de una WLAN perteneciente a otro operador distinto, en cuyo caso se estaría ante un escenario de itinerancia, siendo la WLAN una red visitada.

Figura 13-11:

Escenario 2 de WLAN-I: Autenticación, autorización y tarificación basados en 3GPP



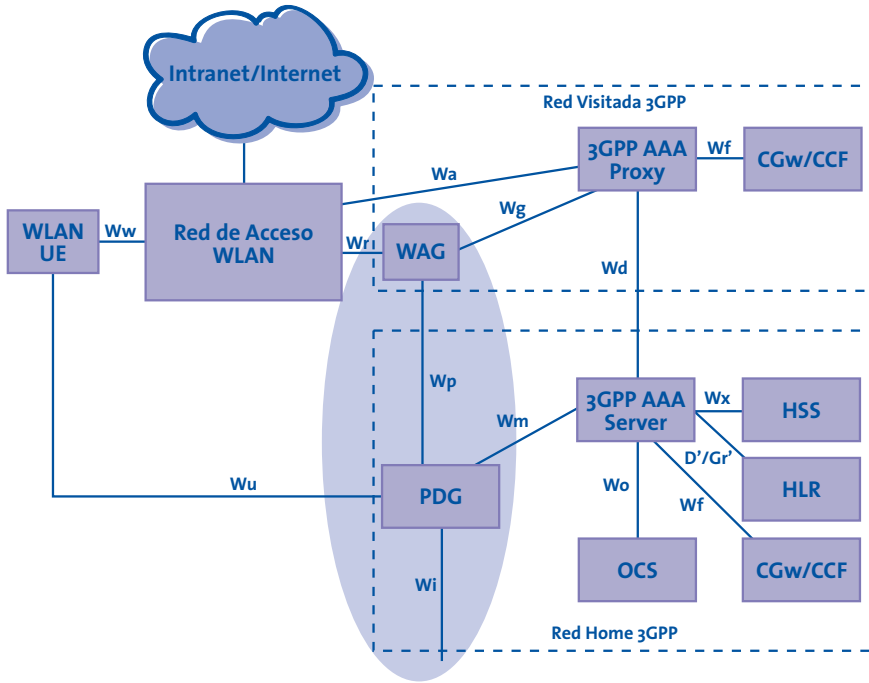


Figura 13-12: Escenario 3 de WLAN-I: Acceso a los servicios PS desde las redes WLAN

3GPP ha especificado las entidades WAG (*WLAN Access Gateway*) y PDG (*Packet Data Gateway*) para realizar el acceso a servicios PS 3GPP. Estas entidades tienen funciones parecidas a los SGSNs y GGSNs, en lo que se refiere a la transferencia y encaminamiento de los datos de usuario hacia y desde las redes IP. En la **Figura 13-12** se muestra el caso extremo en el que un UE accede a los servicios PS 3GPP desde una red WLAN de otro operador (situación de itinerancia).

- Escenario 4: *Continuidad de servicio*. Los servicios habilitados en el escenario del punto anterior (Escenario 3) deben poder sobrevivir al cambio entre los sistemas 3GPP y WLAN. Al realizar el traspaso entre tecnologías de acceso la sesión no se interrumpirá, pero puede que haya un cambio en la calidad del servicio a causa de la transición entre sistemas. Se asegurará la continuidad en los cambios que se puedan producir entre WLAN y 3GPP, y viceversa, pero también entre las diferentes áreas de cobertura WLAN.
- Escenario 5: *Servicios transparentes*. En este escenario se consigue la continuidad del servicio transparente entre las tecnologías de acceso para los servicios soportados en el Escenario 3. Además, se minimizará la pérdida de datos y el tiempo de discontinuidad existente durante el cambio de las tecnologías de acceso.
- Escenario 6: *Acceso a servicios 3GPP de conmutación de circuitos*. En este caso los usuarios podrán acceder a los servicios proporcionados

por las entidades del dominio CS de 3GPP a través de la WLAN, y conmutar entre las diferentes tecnologías de acceso de forma transparente para los servicios CS.

El Escenario 1 no impone ningún requisito sobre las especificaciones de 3GPP, por lo que no ha sido necesario realizar el correspondiente trabajo de especificación. En 3GPP *Release 6* han sido incluidos sólo los Escenarios 2 y 3.

Los escenarios más interesantes en cuanto a traspaso entre tecnologías son los Escenarios 4 y 5, que aseguran tanto este traspaso como el traspaso transparente. La itinerancia queda asegurada a partir del Escenario 2, en el que el sistema realiza las funciones AAA, incluso en el caso en el que el usuario se encuentre en una red WLAN de otro operador. Sin embargo, la itinerancia funcional se consigue a partir del Escenario 3, el cual permite el acceso a los servicios de datos desde la WLAN del operador visitado.

13.6. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA ITINERANCIA EN LAS REDES IP

La generalización de las redes IP y los nuevos modelos de negocio basados en la movilidad (teletrabajo, oficina móvil, etc.) obligan a las operadoras a ofrecer acceso a las redes desde localizaciones remotas, inclusive en aquellos lugares donde no ofrecen cobertura propia. Esta situación se conoce como accesos en itinerancia.

Desde el punto de vista tecnológico, las redes IP actuales están preparadas para soportar el acceso en itinerancia. Existen procedimientos estándar, en algunos casos regulados por RFCs, para soportar el acceso y autenticación de los usuarios que acceden al servicio a través de redes diferentes a la suya. A lo largo de este capítulo se han descrito los diferentes procedimientos para realizar el acceso a las redes IP en itinerancia, como son:

- Los accesos telefónicos. Son los más extendidos y es en ellos donde el acceso en itinerancia es soportado por numerosas operadoras mediante acuerdos de interconexión.
- Los accesos inalámbricos (WiFi). Desde sus comienzos es en este tipo de accesos donde se planteó para el diseño de las redes el concepto de itinerancia, y donde se establecieron los primeros acuerdos de interconexión entre redes.
- Los accesos de redes celulares. El mantenimiento de una sesión de datos cuando el usuario se mueve o está en itinerancia, se consigue de la misma manera en GPRS y en UMTS, ya que UMTS hereda esta característica de GPRS. En este caso los operadores mantienen acuerdos de itinerancia para poder ofrecer este servicio en otros operadores. Además, 3GPP también especifica para UMTS, en la *Release 6*, el acceso a sus redes desde las redes WLAN, con lo que se aumenta la capacidad de atracción hacia los servicios de datos para los usuarios en itinerancia.

14

PoC como servicio de voz sobre IP en redes móviles

PoC o Push-to-talk over Cellular (“Pulsa para hablar” sobre red celular) es un servicio bidireccional de comunicaciones que ofrece a sus usuarios una comunicación instantánea con uno o más usuarios distintos. Los usuarios que usan el servicio PoC utilizarán su terminal móvil celular como si se tratase de un «walkie-talkie»: si el usuario quiere hablar con uno o varios usuarios tendrá que pulsar un botón y su voz se transmitirá al resto de participantes en la conversación. PoC permite que los usuarios dispongan de una gran área de cobertura en las redes celulares y de la sinergia que surge al integrar todos los servicios típicos de la movilidad en un único dispositivo.

En el presente capítulo se describe el servicio PoC tal y como es definido por OMA (Open Mobile Alliance) [14.1][14.2], con las consideraciones adicionales que los autores han añadido debido al tipo de orientación de los trabajos en OMA y al estado actual de la estandarización. Es preciso reseñar que el trabajo de OMA se orienta a posibilitar servicios interoperables viables comercialmente, y bajo esa óptica define arquitecturas e interfaces «habilitadoras» de servicio (“service enablers”), que son independientes de las plataformas y redes inalámbricas subyacentes.

14.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE EL SERVICIO PoC

Desde el punto de vista del usuario, el servicio PoC puede funcionar de dos formas distintas:

1. Los usuarios pertenecientes a un grupo PoC pueden escuchar siempre al usuario que aprieta el botón de su terminal móvil sin tener que ejecutar ninguna acción, como, por ejemplo, realizar el descuelgue de una llamada.
2. Cuando un usuario del grupo PoC realiza una llamada, el resto de los usuarios debe aceptar esa llamada después de escuchar la voz del usuario que habla.

Una vez aceptada una comunicación, ya sea de forma automática o manual, no sería necesaria ninguna intervención por parte del usuario para escuchar la voz de los participantes en la conversación.

La comunicación que se establece es semidúplex. Es decir, en una conversación PoC sólo una persona puede hablar a la vez, y el resto escucha su voz. Esta forma de utilizar el terminal móvil es muy diferente a la de los servicios telefónicos tradicionales, que son dúplex, es decir, varias personas pueden hablar a la vez.

Pero el servicio PoC es algo más ambicioso y no se queda sólo en la voz, sino que utiliza servicios de mensajería para realizar operaciones como gestión de grupos y listas, solicitud de conversaciones de grupos y *chats*, y tiene relación con otros servicios que proporcionen información de presencia y disponibilidad de otros usuarios.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, en beneficio de la claridad de exposición, en el resto del capítulo no se distinguirá entre los conceptos de servicio y habilitadores de servicio (*service enablers*).

La **Figura 14-1** muestra de manera resumida como se ofrece el servicio PoC.

14.2. GENERALIDADES DE LA VOZ SOBRE IP EN LAS REDES MÓVILES

La tecnología de Voz sobre IP (VoIP) apareció a mediados de los años 90, y probablemente fue en el año 1998 cuando disfrutó de su primer despegue importante. No obstante, la recesión económica, especialmente la de los mercados asociados a Internet, junto con las limitaciones tecnológicas, hicieron que la VoIP pasara a un segundo plano, pero con un crecimiento gradual. En esta situación económica no se realizaban inversiones importantes en infraestructura, lo que afectaba negativamente a un mayor despliegue de la tecnología por parte de los operadores y proveedores de servicio. Esto ocurría de forma especial en

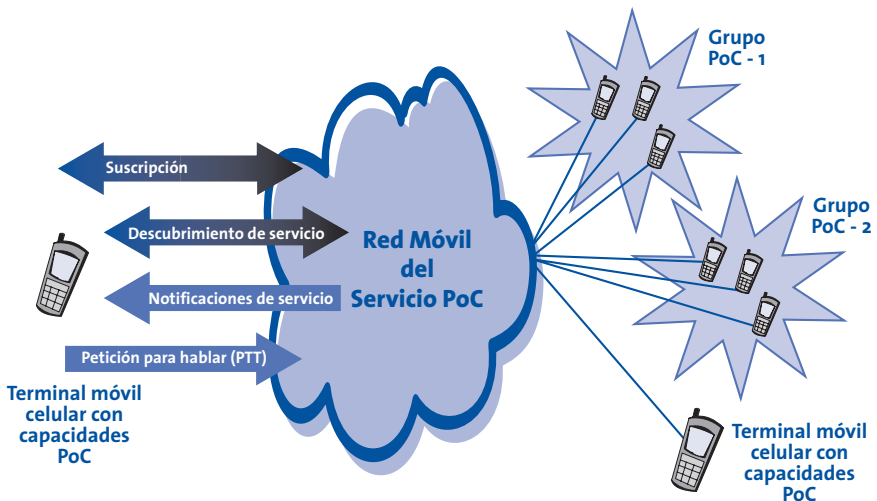


Figura 14-1: Visión básica del servicio PoC

Europa, donde los operadores dominantes tenían todavía poca competencia, y en cierta medida debido también a la menor presión por parte de los nuevos actores entrantes para explotar la capacidad de las nuevas tecnologías, como es el caso de la voz sobre IP. Finalmente, el año 2003 se puede considerar como el año del despegue definitivo de la tecnología, con una apuesta clara de los operadores. Además en ese año se realizaron multitud de despliegues reales que lo confirman.

En esta línea, es importante destacar que Telefónica lleva trabajando en el despliegue de esta tecnología desde los orígenes de la misma en 1996, anticipándose, como es habitual, a las tendencias en el sector de las telecomunicaciones. Asimismo, Telefónica entiende que la innovación es crítica para mantener la posición preferente en el mercado. Por esta razón ha realizado un importante esfuerzo en el campo de la innovación en tecnologías de VoIP desde su aparición.

Sin entrar en mucho detalle en lo que se refiere a los aspectos técnicos (ver las referencias [14.3] a [14.8]), y con el objetivo de no redundar en una información que es suficientemente conocida dentro del sector, en este punto se hace un breve resumen introductorio a las tecnologías de voz sobre IP, o de forma general, a las tecnologías de Voz y Vídeo sobre IP (V²oIP), también conocidas como Comunicaciones en Tiempo Real. Estas tecnologías se basan en aprovechar las ventajas de las redes IP para transportar el tráfico por excelencia de las redes de telecomunicación: la voz. Entre esas ventajas se pueden citar la convergencia de las redes de datos y de voz hacia una sola red, la optimización del uso de los enlaces que se obtiene con la conmutación de paquetes frente a la conmutación de circuitos, y el ahorro en inversiones y costes de operaciones. Pero, probablemente, la principal ventaja es la relacionada con los servicios: los nuevos servicios de convergencia e integrados, y de desarrollo rápido. En definitiva, que los consumidores puedan disponer de servicios de valor añadido más atractivos y que suponen nuevas fuentes de ingresos para las operadoras.

Por otro lado, la tecnología ha ido evolucionando a lo largo de estos años y ha ido superando las distintas barreras existentes (escalabilidad, interoperabilidad con otras redes y entre fabricantes, etc.), gracias en gran parte al importante papel jugado por determinados organismos de estandarización como UIT, ETSI e IETF, lo que ha llevado a una situación actual de gran madurez que permite afrontar con garantías los despliegues para el mercado masivo.

Los dos principales protocolos de señalización son SIP (*Session Initiation Protocol*) de IETF y H.323 de UIT. Más allá de los detalles técnicos, hasta hace poco tiempo se decía que H.323 era el presente y SIP el futuro. Parece que ya pocos se plantean esa pregunta. Probablemente ambos protocolos convivirán a medio plazo, y dependiendo del tipo de servicio a desplegar se deberá decidir qué protocolo es más válido. Si bien hasta ahora H.323 ha sido predominante dentro de los operadores tradicionales, no es menos cierto que la apuesta de futuro parece bastante decantada hacia SIP. Los protocolos MGCP y MEGACO se siguen presentando como complementarios a los anteriores (más orientados a usuarios finales), especialmente para los servicios de *trunking*.

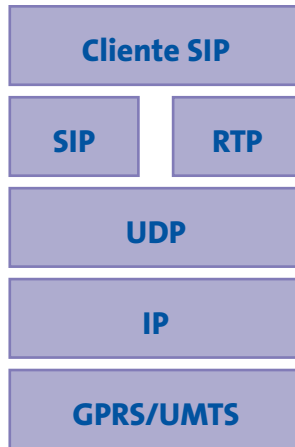


Figura 14-2:
Pila de protocolos utilizada en VoIP

En la **Figura 14-2** se muestra la pila de protocolos utilizada para VoIP, empleando SIP como protocolo de señalización en los terminales móviles. Se suelen utilizar versiones comprimidas de los diferentes protocolos para reducir el ancho de banda requerido en la interfaz radio.

Otro aspecto tecnológico importante de la voz sobre IP es la posibilidad de ofrecer soluciones transparentes a restricciones de seguridad (*firewalls*, NAT, *proxies web*, etc.), de tal manera que los servicios sean accesibles de forma universal para todos los usuarios de las redes IP, incluyendo las redes móviles de datos y las redes de empresas.

Un último apunte técnico a tener en cuenta es la calidad de servicio (QoS), la cual es crítica para ofrecer servicios de VoIP de forma transparente al usuario. No sólo la tecnología ha superado esta limitación, sino que cabe reseñar que actualmente se puede ofrecer una calidad superior a la de la red tradicional. Esta calidad superior constituye, además, un elemento clave en las estrategias de negocio de los operadores dominantes, donde en la oferta de servicios básicos de voz, especialmente los de tipo «PC a teléfono», no priman los precios bajos, sino la diferenciación por calidad. Dicha circunstancia soslaya, en cierta manera, la posible «canibalización» de los servicios, siempre temida por los operadores dominantes.

A día de hoy, la tecnología de voz sobre IP tiene un grado de desarrollo mucho mayor en las operadoras fijas que en las móviles, con despliegues reales masivos por parte de las grandes operadoras. No obstante, no es menos cierto que las operadoras móviles también han hecho una clara apuesta de futuro por esta tecnología, como queda reflejado en las últimas *releases* 5 y 6 de 3GPP con la introducción del subsistema IMS (*IP Multimedia Subsystem*) basado en SIP. Asimismo, las redes de transporte pueden migrarse a VoIP de forma transparente al usuario, ahorrando costes y preparando el camino a la evolución futura hacia «todo IP». Este capítulo se centra especialmente en un servicio típico de voz sobre IP para las redes móvil: el servicio PoC (*Push-to-talk over Cellular*), basado en tecnologías estándar de VoIP y SIP.

14.3. EL SERVICIO PoC

La madurez actual de la tecnología IP para el transporte de flujos de datos en tiempo real no parece suficiente para el despliegue de los servicios móviles VoIP que puedan sustituir a las tradicionales llamadas de voz a través de circuitos y a los servicios de valor añadido basados en la red inteligente presentes en las redes celulares actuales. Esto es debido fundamentalmente a los problemas para la prestación del servicio con suficientes garantías de calidad.

Las características de la interfaz aire en comparación con los sistemas de transmisión cableados, por un lado, y la movilidad de usuario que ofrece el sistema, por otro, dificultan la adopción de la tecnología IP y requieren una mayor adecuación técnica para cumplir los estrictos requisitos de temporización que el servicio clásico de voz impone.

Sin embargo, existen aplicaciones de voz *paquetizada* con requisitos de tiempo menos restrictivos que el servicio clásico de llamada de voz, cuya puesta en servicio se ha considerado factible en un menor plazo que las llamadas tradicionales con tecnología VoIP. Tal es el caso del servicio *Push-to-talk* («pulsa para hablar»), que aporta comunicaciones instantáneas de voz entre grupos de usuarios de forma similar al *radiotrunking*. La denominación del servicio es clara y hace referencia al símil con los *walkie-talkies* que se pretende alcanzar.

Las ventajas de este servicio se resumen en los principios fundamentales de operación con los *walkie-talkies*: voz a ráfagas y canal semidúplex frente al canal bidireccional de las llamadas de voz tradicionales, que permiten un mayor ahorro de recursos de red (ver la **Figura 14-3**) y admiten una mayor tolerancia al retardo para proporcionar una percepción aceptable por parte del usuario. Esto permitiría su despliegue sobre la red de datos móvil de forma efectiva. Así, *Push-to-talk* en las redes celulares permite a los operadores introducir y experimentar de forma segura con voz sobre IP a través de un nuevo servicio sin sustituir ni experimentar con el servicio de llamadas, base fundamental de los ingresos de los operadores de móviles europeos. Además de permitir un banco de pruebas en

Figura 14-3:
Uso de recursos en PoC
frente a las llamadas de
voz tradicionales

Llamada bidireccional de circuitos Empleo de recursos: 100% del tiempo



Sesión PoC Empleo de recursos: 30% del tiempo



entorno real para VoIP, *Push-to-talk over Cellular* (PoC) podría convertirse en la próxima «*killer application*», o al menos, en la punta de lanza para la introducción de la tecnología IP multimedia (ver el capítulo 12) y el paradigma «todo IP» en la red móvil.

14.3.1. Motivación histórica

El servicio *push-to-talk* en las redes celulares procede del mercado estadounidense, y aunque el concepto tiene ya más de una década, su popularidad es relativamente reciente.

Nextel Communications, uno de los seis operadores nacionales en EE.UU. ofrecía este servicio desde 1992 como un rasgo de distinción único frente a sus competidores. La facilidad *push-to-talk* ofrecida por Nextel, bajo el nombre DirectConnect, es una característica de la tecnología de red iDEN, un sistema de comunicaciones digitales celulares basado en TDMA y propiedad de Motorola. En un principio, el servicio DirectConnect sólo permitía la comunicación entre grupos cerrados de usuarios y en el ámbito de su área metropolitana origen. Fuera de ella, los usuarios no disponían del servicio, incluso aunque Nextel ofreciera cobertura. De este modo, el operador orientó el servicio al sector profesional. Sin embargo, la extensión del servicio a otros sectores y su creciente popularidad llevó a Motorola y a Nextel a iniciar en 2001 el despliegue del servicio para ofrecerlo en un ámbito nacional. La primera fase concluyó en enero de 2003, y permitía a los clientes de Nextel utilizar el servicio en otras zonas distintas a su área origen. En julio de 2003 finalizó el despliegue del servicio nacional DirectConnect, que ya permitía la comunicación *push-to-talk* entre dos clientes de Nextel con independencia total de su ubicación geográfica.

El año 2003 supuso el lanzamiento definitivo del *push-to-talk* como tecnología y concepto de servicio. Mientras Nextel ampliaba su red para proporcionar un servicio *push-to-talk* ubicuo, no sólo sus competidores locales empezaron a considerar la posibilidad de lanzar servicios similares, sino que la industria móvil mundial se fijó en este pequeño operador americano. Los operadores CDMA estadounidenses Verizon Wireless y Sprint PCS lanzaron el servicio *push-to-talk* durante el segundo semestre de 2003, mientras que los operadores GSM ATT Wireless, T-Mobile y Cingular lo han hecho en 2004.

Por otro lado, en el *3GSM World Congress* celebrado en febrero de 2003, Ericsson, Nokia y Siemens anunciaron una colaboración entre ellos para definir y promover una solución única de *push-to-talk* para la tecnología celular europea. A este consorcio industrial se uniría posteriormente Motorola, y culminó en septiembre de 2003 con la publicación de una serie de especificaciones industriales [14.10] que describían la tecnología *Push-to-talk over Cellular* (PoC). Finalmente, PoC se diseñó para redes evolucionadas de GSM (GPRS, EDGE y UMTS) y hace uso de capacidades de control de sesión basadas en SIP y VoIP, que la red subyacente debe proporcionar.

Para evitar la fragmentación del mercado y la potencial divergencia en los productos finales, las compañías iniciaron la estandarización global del servicio. Así, de forma paralela al anuncio en el *3GSM World Congress*, se iniciaron las acciones pertinentes en los foros de estandarización 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) y OMA (*Open Mobile Alliance*). El primero estandariza las plataformas y la red del sistema GSM/UMTS, así como su evolución, mientras que OMA define capacidades de servicio para aplicaciones móviles.

PoC fue diseñado para operar sobre un núcleo de gestión de sesiones multimedia IP como es IMS (*IP Multimedia Subsystem*) de 3GPP, pero a la vez es un servicio final, y por tanto está dentro del ámbito de OMA. Tanto OMA como 3GPP tuvieron que establecer las fronteras para una definición conjunta del servicio PoC empleando capacidades de 3GPP IMS (tal como se ha descrito en el capítulo 12).

La funcionalidad PoC sirvió para impulsar un acuerdo de colaboración previo entre ambos organismos que no terminaba de consolidarse. Finalmente, la responsabilidad de la definición de PoC recayó en el grupo PoC de OMA bajo la supervisión de 3GPP, que proporciona la información de las capacidades IMS sobre las que se apoya el servicio [14.9]. Cuando el consorcio industrial publicó y envió las especificaciones iniciales de PoC a OMA y 3GPP en septiembre de 2003, ya estaba definido el contexto de estandarización de PoC.

Dado que el estándar OMA está basado en las especificaciones industriales de PoC, la estrategia de introducción comercial de soluciones y terminales PoC se basa en la compatibilidad hacia atrás. Los productos OMA PoC deben ser compatibles con los productos PoC basados en esta especificación industrial. Esto ha permitido a los distintos operadores GSM/UMTS planear el posible lanzamiento del servicio a lo largo de 2004 y 2005, garantizando su continuidad y evolución.

14.3.2. El servicio PoC desde el punto de vista del usuario

Los usuarios del servicio PoC deberán contar con un terminal móvil que permita conversaciones de tipo *push-to-talk* («pulsar para hablar»). Para ello, el terminal deberá contar con las siguientes características: podrá iniciar conversaciones PoC, podrá aceptar la participación en ellas (ya sea de forma automática o después de la aceptación de una llamada) y deberá tener un botón que permita hablar al usuario siempre que lo pulse.

Un servicio PoC puede soportar los siguientes tipos de comunicación:

- **La comunicación «uno a uno».** El servicio básico se basa en la capacidad de establecer comunicaciones de voz entre dos usuarios («uno a uno»), como muestra la **Figura 14-4**. El intento de comunicación puede ser aceptado automáticamente, o bien aceptado manualmente por el abonado invitado a la comunicación.
- **La comunicación «uno a varios».** Esta forma de comunicación (ver la **Figura 14-5**) permite a un abonado establecer una comunicación de voz con varios usuarios, sin embargo sólo puede hablar uno de los participantes llamados. En este tipo de comunicación se pueden crear grupos

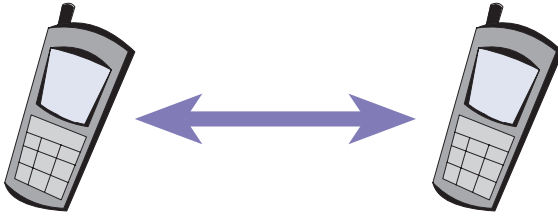


Figura 14-4: Comunicación «uno a uno»

de usuarios predefinidos, grupos *ad-hoc* definidos de forma dinámica y grupos de *chat*. Además, un mismo abonado puede pertenecer a varios grupos.

En los grupos *ad-hoc* y en los predefinidos, uno de los usuarios inicia la sesión invitando al resto del grupo a unirse. En el grupo de *chat*, los usuarios se unen a la sesión sin necesidad de que otro usuario les invite, siguiendo la filosofía de los *chats* de Internet.

- **La comunicación «uno a varios a uno».** En esta modalidad de comunicación, (ver la **Figura 14-6**), todos los usuarios pueden hablar con un único usuario y sólo con él. Este usuario central (o usuario distinguido) puede hablar y escuchar a todos los usuarios. Los restantes usuarios no pueden hablar ni escucharse entre sí. Esta modalidad sólo opera con grupos predefinidos y está claramente enfocada al sector profesional (se puede observar el símil con el modo de operación del servicio de radio-taxi).

PoC también puede soportar el servicio de alertas personales. Este tipo de servicio permite a un abonado realizar una petición a otro abonado para que éste se una a un grupo, o participe en una conversación de grupo, o para que le llame (*call back*). También permite que se pueda indicar a los usuarios ciertos eventos (ver la **Figura 14-7**), como la entrada de otros usuarios en la comunicación. Los cambios que se produzcan en los grupos son distribuidos a todos sus miembros, como ocurre, por ejemplo, cuando un usuario se une a un grupo o lo abandona.

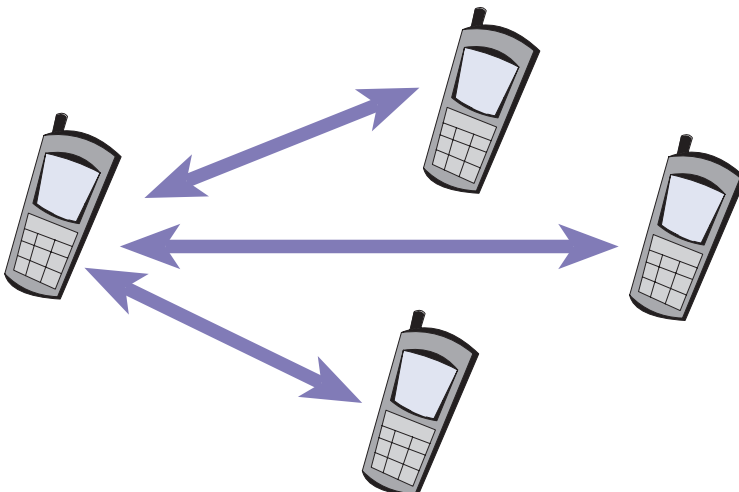
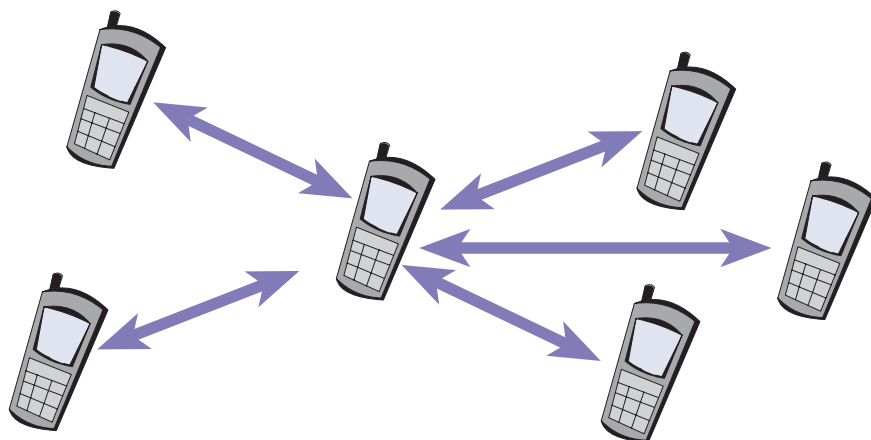


Figura 14-5: Comunicación «uno a varios»

Figura 14-6:
Comunicación «uno a varios a uno»



Sin embargo, el servicio PoC puede ser muy intrusivo en la vida cotidiana de los abonados. Esto hace que sean necesarias dos cosas:

1. La existencia de mecanismos que permitan aceptar o rechazar alertas de llamadas PoC solicitando el inicio de una sesión, ya sea con un usuario o con un grupo.
2. La posibilidad de crear «listas negras» que puedan ser habilitadas por el usuario para bloquear determinadas comunicaciones, habitualmente por recepción repetitiva de peticiones de comunicación no deseadas (*spamming*).

Pero también existe la posibilidad de que los usuarios definan sus «listas blancas», donde pueden incluir a los abonados o grupos PoC de los que siempre aceptarán llamadas entrantes, ya sea mediante contestación automática (recepción instantánea y automática de voz) o manual (requiriendo la aceptación de la comunicación).

14.3.3. El servicio PoC desde el punto de vista del operador de red

Para ofrecer el servicio PoC, el operador de red debe contar con una red de acceso radio y con los nodos necesarios para tener conectividad móvil IP.

Habitualmente se suelen distinguir en las redes de telecomunicaciones tres planos bien diferenciados: el plano de señalización, el plano de transporte y el plano de servicios. En este contexto, cuando se habla de PoC, dentro del plano

Figura 14-7:
Servicio de alertas personales



de servicios existirá un servidor PoC, que deberá actuar también en los planos de señalización y de transporte. Esta característica es común sea cual sea el núcleo de red utilizado (GPRS, EGPRS o UMTS).

El plano de señalización permite implementar el mecanismo de control, conocido como *«floor control»*, que arbitra las peticiones de los terminales PoC, determinando el derecho de cada terminal a hablar, es decir, arbitrando los turnos en los que puede hablar cada uno de los clientes en una sesión PoC. Un cliente PoC puede estar en uno de los dos estados posibles: escucha (*idle*) o habla (*taken*).

El servicio PoC deberá ser capaz de descubrir los terminales con capacidades PoC, recibir las pulsaciones que realicen los usuarios en sus terminales para hablar, transmitir la voz a todos los participantes en la conversación, mantener información sobre cuántos usuarios se encuentran en una conversación y a cuántos grupos PoC pertenece un usuario, recibir peticiones de alta y baja de usuarios en grupos, o enviar las alertas personales a los diferentes abonados en función de la ocurrencia de diferentes eventos.

En los puntos siguientes se analiza el servicio PoC desde el punto de vista del operador de red.

Servicios de la red móvil requeridos por PoC

Las necesidades del servicio PoC respecto de la red móvil se pueden resumir en dos grandes grupos: las relativas al plano de transporte de voz sobre IP y las relacionadas con el plano de señalización, basado en el protocolo SIP, que será el encargado de encaminar las peticiones de servicio de los terminales de usuario.

El servicio utilizará un núcleo SIP/IP basado en las capacidades IMS (*IP Multimedia Subsystem*) especificadas bien en 3GPP [14.11] o bien en 3GPP2 (3GPP2 X.P0013.2). El núcleo SIP es una entidad externa al servicio PoC que le suministra determinados servicios de señalización. El núcleo SIP proporciona los *proxies* y registros (*registrars*) SIP necesarios para el servicio PoC, y que se encuentran definidos en la RFC 3261. Las funciones que tiene encomendadas son las siguientes:

- Autenticar y autorizar al cliente PoC basándose en su perfil de servicio.
- Enrutar la señalización SIP entre el cliente PoC y el servidor PoC.
- Proporcionar servicios de descubrimiento y resolución de direcciones.
- Mantener el estado del registro del usuario.
- Soportar la compresión SIP para minimizar el *throughput* de señalización en la interfaz radio. Por tanto, el núcleo SIP ha de implementar compresión SigComp entre el terminal móvil y el primer nodo del núcleo SIP.
- Realizar labores de tarificación.

En el núcleo SIP residirá el *servidor de presencia*, que proporciona la información de disponibilidad de los terminales al servicio PoC.

Una parte fundamental del servicio es la identificación de los usuarios. Está previsto que cada usuario disponga de una o más direcciones PoC para entablar

comunicaciones con otros clientes PoC. El formato de estas direcciones podrá ser una URI SIP o una URI TEL, pero al menos una dirección PoC deberá tener formato de URI SIP.

Por otra parte, un grupo de usuarios estará completamente identificado por su identidad de grupo. Los clientes PoC utilizarán identidades de grupo para comunicarse en las sesiones de grupo. Dichas identidades de grupo deberán tener el formato de una URI SIP, siendo posible crear identidades de grupo tanto de forma estática como de forma dinámica (grupos *ad-hoc*). Es decir, el operador podrá crear una identidad de grupo estática que será almacenada en el servicio para sesiones de grupo, y también será posible que un cliente PoC solicite la generación de una identidad de grupo al servidor PoC en la fase de establecimiento de una sesión de grupo *ad-hoc*, que será válida hasta que termine la sesión PoC.

Antes de utilizar el servicio, el cliente PoC deberá registrarse en el núcleo SIP tal y como está especificado en la RFC 3261. Después del registro, el usuario utilizará una identidad pública de usuario tanto para comenzar una comunicación PoC como para recibir comunicaciones PoC. Si el núcleo SIP es IMS, el usuario PoC podrá registrar múltiples identidades públicas a la vez mediante el registro implícito. El cliente PoC será el responsable de mantener el estado del registro mediante sucesivos procesos de registro y también de finalizarlo mediante el proceso de baja del registro.

En cuanto a la itinerancia (*roaming*), la especificación de OMA dice que un cliente PoC podrá utilizar los servicios PoC de la red propia (*home*) cuando se encuentre en itinerancia. Para ello, la interconexión entre la red visitada y la propia se conseguirá bien a través de la interconexión de la red de acceso IP visitada y la red propia, o bien, si existe un núcleo SIP en la red visitada, a través de la interconexión entre la red SIP visitada y la propia.

Arquitectura del servicio PoC

La **Figura 14-8** muestra una simplificación de la arquitectura del servicio PoC. En la figura se pueden distinguir tres entidades funcionales en el servicio PoC:

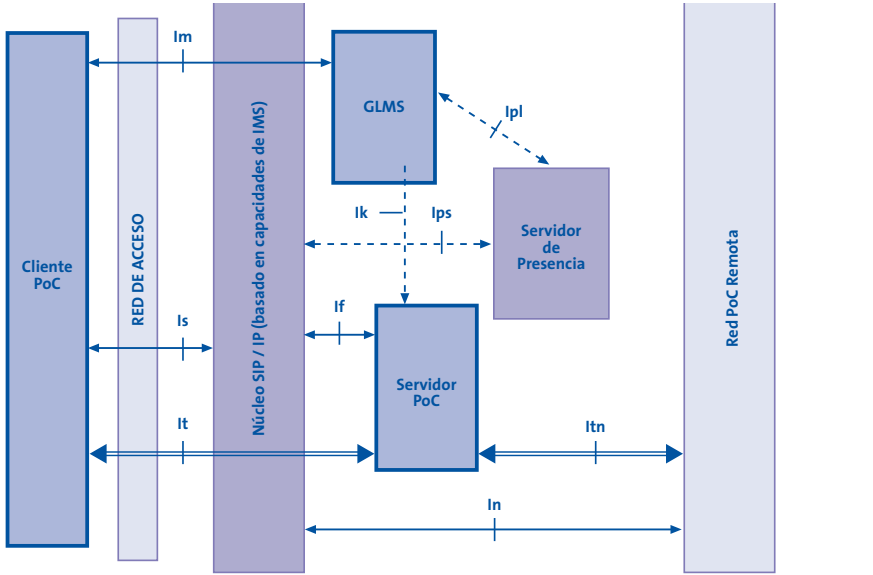
1. *El cliente PoC*

Para que el usuario pueda disfrutar del servicio, el terminal móvil contendrá un cliente PoC, que consiste en una aplicación que reside en el terminal del usuario y proporciona el acceso al servicio PoC. La **Figura 14-9** muestra, a modo de ejemplo, un terminal PoC de Nokia. Este terminal incorpora una aplicación software PoC, así como un botón en la parte superior de la carcasa.

2. *El servidor PoC*

El servidor PoC implementa la funcionalidad PoC en el plano de servicios de la red móvil y realiza las siguientes funciones:

- La gestión de sesiones SIP, pertenecientes al plano de señalización.
- La distribución de flujos de datos (voz sobre IP y mensajes de alertas), usando el plano de transporte. Para ello, recoge y proporciona información sobre la calidad de servicio.



It: Floor control y medios
 Ipn: Floor control y medios
 Is: Señalización de sesión de Cliente PoC a Proxies
 If: Señalización de sesión de Proxy a Servidor PoC
 In: Señalización de sesión de Proxy a Proxy
 Im: Gestión de Grupos a Cliente PoC
 Ik: Gestión de grupos a Servidor PoC

Las cajas con líneas gruesas identifican entidades funcionales

La red PoC visitada contiene los mismos elementos de red y puntos de referencia que la red PoC propia

Figura 14-8:
Arquitectura del servicio PoC

- La gestión de sesiones PoC iniciadas y terminadas: control de acceso, disponibilidad del terminal, etc. La interfaz con el servidor de presencia aún no se encuentra especificada, aunque se asume que se utilizará el protocolo XCAP (*XML Configuration Protocol*) propuesto por el grupo SIMPLE del IETF.
- La identificación de los distintos usuarios, permitiendo el "floor control".
- La aplicación de las políticas de participación en las sesiones de grupo.
- El almacenamiento de la información de los participantes (nombres, alias, etc.).
- La realización de informes de tarificación.



Figura 14-9:
Terminal PoC de Nokia

3. El servidor de gestión de listas y grupos (GLMS)

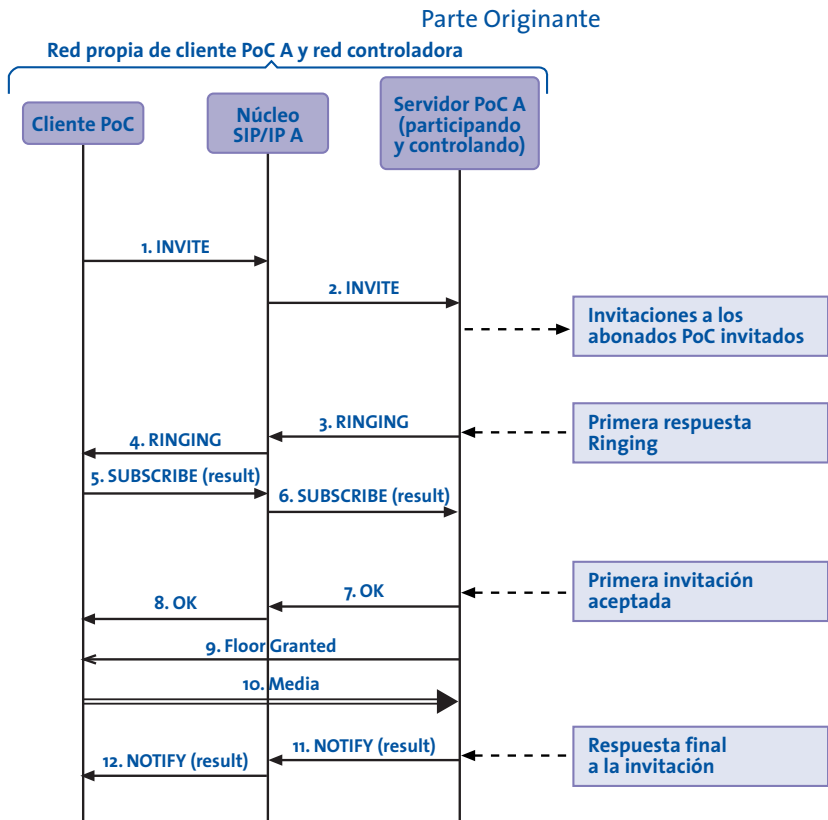
El servidor de gestión de listas y grupos, o GLMS (*Group and Lists Management Server*), se encarga de la gestión de los grupos y listas utilizadas en el servicio PoC, realizando las funciones de creación, modificación, eliminación, obtención y almacenamiento de todos los grupos y listas.

Escenario de solicitud de una sesión PoC

En este apartado se describe, a modo de ejemplo, un escenario en el que se concede el derecho a hablar a un abonado PoC que invita a otros a una sesión o *chat*. El usuario que inicia la comunicación sólo podrá hablar una vez que alguno de los abonados PoC haya aceptado la invitación, empleando el mecanismo de aceptación de sesión bajo demanda. La **Figura 14-10** muestra el flujo de señalización para este escenario, que es el siguiente:

- a El cliente PoC A inicia una sesión *ad-hoc* o «uno a uno» enviando una petición «INVITE» (1) a la red PoC propia (*home*). A continuación el núcleo SIP/IP de la red A enruta la petición «INVITE» (2) al servidor PoC A, en función de la dirección del abonado PoC que invita y del servicio PoC.

Figura 14-10:
Establecimiento de una
sesión PoC



- b El servidor PoC toma el papel de la función de control PoC y de la función de participación PoC. A continuación el servidor PoC envía invitaciones a los clientes PoC de los abonados PoC invitados. Cuando se recibe la primera respuesta «RINGING» (3), el servidor PoC envía la respuesta «RINGING» (4) hacia el cliente PoC A.
- c El cliente PoC A envía una petición «SUBSCRIBE» (5) para recibir información acerca del resultado de las invitaciones, que llega al servidor PoC (6). Estos mensajes son opcionales, y dependen de la configuración del cliente PoC A.
- d Cuando el primer cliente PoC acepta la petición de sesión, el servidor PoC A envía una respuesta «OK» (7) hacia el cliente PoC A, en la que están incluidos los parámetros del servidor PoC. Este mensaje llega al cliente PoC A (8).
- e Puesto que un participante PoC está conectado, el servidor PoC envía el mensaje de *floor control*, «Floor Granted» (9), al cliente PoC A. A continuación el cliente PoC A ya puede enviar la voz sobre IP (10) del abonado que inició la comunicación al servidor PoC.
- f Si el cliente PoC A envió el mensaje «SUBSCRIBE» (5 y 6), el servidor PoC enviará un mensaje «NOTIFY» (11 y 12) a cada PoC invitado, con el resultado final del intento de sesión. Este resultado indicará si el abonado PoC ha aceptado o rechazado la invitación, si no está alcanzable (registrado), o si está ocupado o no respondió.

La especificación de PoC en OMA confía en las capacidades de la red subyacente. PoC se considera una aplicación ubicada en el plano de servicios, desacoplado de la red. Sin embargo, para una puesta en marcha del servicio efectiva, es necesario tener en cuenta ciertos aspectos específicos de la red de transporte, y en concreto, determinadas consideraciones sobre la tecnología de la red de acceso radio.

Tanto el tráfico de control de PoC como el tráfico de usuario están basados en la tecnología IP. El plano de control PoC se basa en el protocolo SIP, gestionado por el subsistema IMS de la red móvil. En el plano de usuario se emplea el *codec* AMR (*Adaptive Multi Rate*) para la codificación de voz, y RTP/UDP/IP para el transporte del flujo de voz. La calidad de servicio que este tráfico demanda se corresponde con la clase de tráfico de *streaming*. El tráfico de ambos planos se transporta en última instancia a través del subsistema de conmutación de paquetes de la red móvil.

PoC fue diseñado para redes evolucionadas de GSM, las cuales tienen una serie de características en relación con el tráfico de PoC. Estas redes son:

- La red GPRS *Release 97/98*, basada en el acceso radio GSM, que se corresponde con las redes GPRS 2G actualmente en explotación. Esta red no ofrece calidad de servicio garantizada, ya que fue en principio diseñada para aplicaciones de web móvil o mensajería.
- La red EGPRS *Release 99*, con soporte a EDGE en la red de acceso radio, que permite tasas binarias teóricas de hasta 384 kbit/s, y soporta diferentes clases de tráfico.

- La red UMTS *Release 99*, que cuenta con una interfaz radio 3G y con un soporte a calidad de servicio extremo a extremo de acuerdo a las clases de tráfico establecidas en el estándar.

El tráfico PoC que en principio requiere mayor atención es el correspondiente al plano de usuario, ya que la señalización no es significativa comparativamente. De este modo, teniendo en cuenta que se corresponde con la clase de tráfico de *streaming*, la mayor restricción la imponen las redes 2G que atienden a la especificación GPRS *Release 97/98*, ya que este sistema sólo soporta tráfico *best-effort* y ciertos parámetros de QoS no garantizados. Sin embargo, la especificación contempla que el tráfico de voz pueda ser transferido en un único *time-slot* GPRS con la codificación de canal que proporcione menor tasa binaria neta (aproximadamente 8 kbit/s).

Para optimizar el servicio, PoC proporciona una serie de recomendaciones sobre la red de acceso radio en el caso de ser *Release 97/98*. Por esta razón, debido a que GPRS *Release 97/98* no soporta clase de tráfico de *streaming*, que caracteriza a la voz *paquetizada* de PoC, se recomiendan ciertos valores en el perfil QoS de GPRS para proporcionar al tráfico el menor retardo posible, como protección de integridad media, prioridad, y un ancho de banda máximo y medio adecuado al tráfico de voz requerido para el *codec* AMR (entre 8 y 16 kbit/s).

Por otra parte, como GPRS *Release 97/98* no puede garantizar ningún ancho de banda, la calidad del servicio PoC sólo se puede asegurar en cierto modo si la red de acceso radio GPRS está dimensionada de forma adecuada. De este modo para mejorar, por ejemplo, el rendimiento del servicio se recomienda asignar en las celdas canales radio exclusivamente para tráfico de paquetes, con el fin de evitar la preferencia del tráfico de circuitos, limitar la multiplexación de usuarios de paquetes en un solo *time-slot*, y habilitar la compresión de las cabeceras UDP/IP.

Aunque es factible proporcionar el servicio sobre las redes GPRS *Release 97/98*, se recomienda la introducción de EDGE para poder garantizar una percepción aceptable por parte del usuario. En este sentido, un mayor ancho de banda en el acceso radio de los paquetes puede suplir la carencia de QoS y proporcionar mayor capacidad.

En las redes que siguen el estándar de la *Release 99*, como UMTS y EGPRS, se recomienda hacer uso de las características QoS aseguradas por el subsistema de transporte de paquetes. Las recomendaciones son, por tanto, emplear la clase de tráfico de *streaming* y una tasa binaria garantizada de 8 kbit/s.

14.3.4. Retos en el despliegue de PoC

Desde el punto de vista de los operadores de móviles, PoC aparece como un servicio atractivo que puede marcar un hito en la evolución de los servicios tradicionales de circuitos hacia las futuras redes «todo IP». Sin embargo, la puesta en marcha de PoC puede no estar exenta de dificultades.

En primer lugar, existen una serie de complicaciones técnicas para el despliegue de PoC en las redes GPRS 2G, debido primordialmente a las limitaciones de la interfaz aire GSM para cursar tráfico de paquetes en tiempo real. Las especificaciones proporcionan una serie de recomendaciones para dimensionar y ajustar la red de acceso de forma que se pueda optimizar el rendimiento y la capacidad del servicio PoC en 2G. Además, la experiencia práctica conduce a que la red GPRS proporciona retardos impredecibles, la capacidad de las celdas radio no es homogénea, y el *streaming* de datos sobre dicha red de acceso, aunque factible, puede variar en su calidad de forma imprevisible dependiendo de las condiciones locales (topología, orografía, número de usuarios, etc.).

Por otro lado, todas las recomendaciones proporcionadas por el estándar o los suministradores que afecten a la configuración de la red de acceso son complejas y laboriosas de implementar. Por tanto, sería lógico pensar que los operadores no llevarán a cabo tareas de optimización en el acceso en la primera fase de despliegue de cada nuevo servicio GPRS que se lance, especialmente si puede afectar a otros servicios ya en marcha. Es el caso de los servicios de circuitos u otros servicios de GPRS, como MMS o el acceso a contenidos y navegación por la web móvil.

Además, existen factores sociales que pueden hacer que el servicio no sea aceptado por los usuarios. Aunque PoC es avalado por la popularidad de su concepto en Estados Unidos, es necesario reflexionar sobre las diferencias socioculturales con otros países, al menos en los aspectos de uso de los servicios móviles. PoC proporciona a los usuarios una forma de comunicar mensajes vocales de forma instantánea. Esto plantea similitudes con el modelo de los SMS, el servicio estrella después de la voz tradicional en cuanto a facturación se refiere. Por tanto, PoC puede resultar un elemento de «canibalización» del negocio de mensajes cortos si alcanzara la popularidad deseada. En este sentido, cabe destacar que en Estados Unidos no se ha dado la misma revolución que en Europa con respecto a los SMS. El uso de mensajes cortos en Norteamérica no es tan popular como en Europa, y este puede ser uno de los factores de éxito del *push-to-talk* americano, que no sería reproducido en el viejo continente.

Otro factor a tener en cuenta es la propia naturaleza espontánea del servicio, si se establece una similitud con la operación en modo *walkie-talkie*. Pese a las opciones de uso que permiten a los usuarios controlar el modo en que se unen a las sesiones PoC, es posible que el servicio pueda resultar intrusivo, perdiendo parte de su atractivo. En este sentido, la introducción del servicio en el sector de las comunicaciones privadas y de ocio debería llevarse a cabo con cierta cautela, orientando en primer lugar el servicio PoC hacia el sector profesional, siguiendo la estrategia de los operadores con experiencia en *push-to-talk*.

Este capítulo trata sobre una realización específica de la mensajería móvil multimedia denominada MMS (Multimedia Messaging Service) y que se ha convertido en el estándar en las redes 2,5G y 3G, tanto para la tecnología de red GSM como para CDMA.

Este estándar de mensajería multimedia, desarrollado gracias a la capacidad de transmisión de datos ofrecida por las redes móviles 2,5G y 3G, permite enviar y recibir mensajes visualmente comparables a las presentaciones compuestas por una sucesión de viñetas, incluyendo la paginación de los contenidos y la inclusión de cualquier combinación visual de texto, gráficos, fotografías, voz, fragmentos musicales y video-clips.

Los pioneros en poner a disposición del público la mensajería móvil multimedia fueron los operadores japoneses y coreanos, que ya en el año 2000 lanzaron servicios de envío de mensajes con imágenes basados en tecnologías propietarias. En el resto del mundo, el lanzamiento del servicio se produjo en el año 2002 y se basó en el estándar MMS.

Realmente se trata del primer servicio de transmisión de datos (SMS aparte) diseñado para el gran público, y, por tanto, la primera oportunidad para los operadores de recuperar las inversiones realizadas en sus redes de transmisión de datos.

15.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LA MENSAJERÍA MULTIMEDIA

El servicio MMS (*Multimedia Messaging Service*) puede replicar el comportamiento de un *e-mail* con archivos adjuntos, y como valor añadido y diferenciador permite utilizar presentaciones animadas. Esto es posible mediante la inclusión en el mensaje de un elemento de presentación llamado *SMIL* (*Synchronized Multimedia Integration Language*). El mensaje puede estar com-

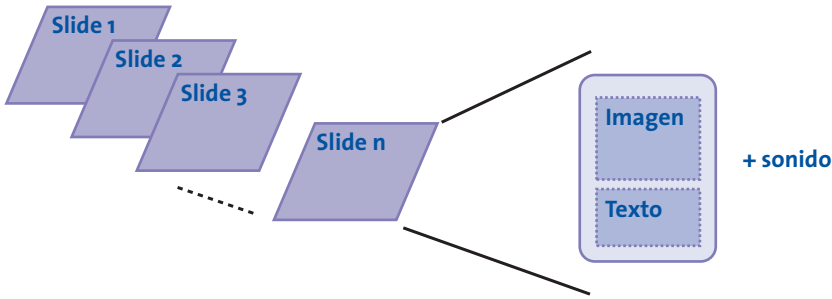


Figura 15-1:
Esquema de composición
de páginas en un mensaje
MMS

puesto por varias páginas consecutivas, denominadas *slides*, con un tiempo de presentación de cada página que se determina al componer el mensaje. Cada una de ellas puede contener uno o varios de los siguientes campos: texto, imágenes (simples o animadas), sonido e incluso vídeo en los terminales que lo soporten (ver la **Figura 15-1**).

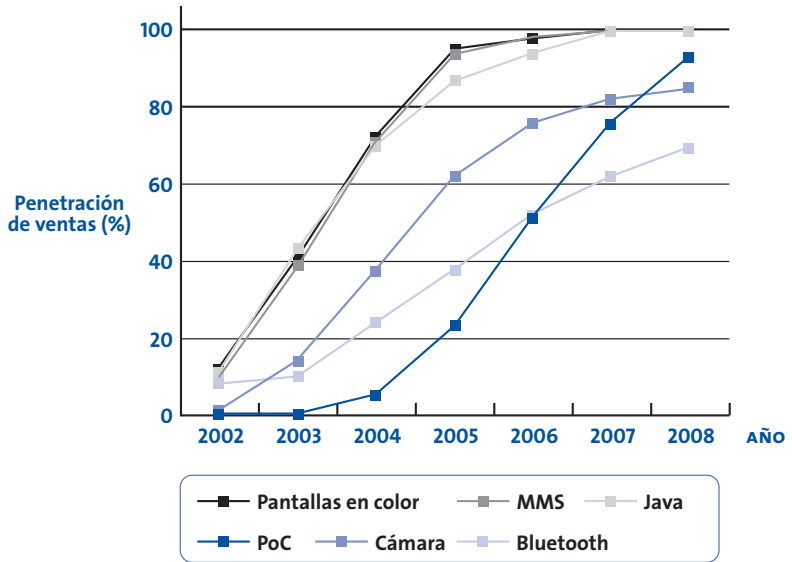
Para tener un acceso óptimo al servicio se hace necesaria una inversión por parte del usuario, que necesita un terminal compatible con esta tecnología. Sin embargo, existen otros métodos que permiten a los usuarios utilizar el servicio, haciendo posible la composición, envío y recepción de mensajes multimedia a través de interfaces alternativas: *e-mail*, WAP o Web. Estos métodos de acceso alternativos restan parte del valor del servicio pero hacen posible una popularización de éste en la fase de lanzamiento, en la que hay pocos usuarios que disponen de terminales compatibles.

La mensajería MMS surge como evolución de la mensajería SMS empujada por dos hechos fundamentales:

1. La evolución tecnológica, que ha permitido que los terminales aumenten considerablemente sus prestaciones: se dispone de pantallas más grandes (con color y con mayor definición), se ha realizado la integración de cámaras fotográficas y de vídeo en los terminales, etc. En la **Figura 15-2** se puede ver una estimación de la penetración de las ventas de terminales en Europa Occidental en función de sus características más avanzadas: MMS, Bluetooth, Java, cámara, etc.
2. La aparición de redes de transmisión de datos de alta velocidad: las redes GPRS en la mayoría de los países europeos que disponen del sistema GSM, las redes 1xRTT en aquellos entornos que disponen de CDMA y las redes de tercera generación (3G), como UMTS, que ya se encuentran en explotación en varias operadoras europeas.

Se pueden destacar dos características fundamentales del servicio de mensajería multimedia: la capacidad de transportar diferentes tipos de contenido (texto, imágenes, sonido y vídeo) y la capacidad de interactuar con direcciones de correo electrónico tanto para el envío como para la recepción de mensajes (aunque el envío de mensajes desde *e-mail* se encuentra restringido, entre otras cosas por la dificultad que presenta la tarificación de este tipo de mensajes y para reducir los problemas asociados con la difusión del correo basura). El hecho de que un usuario pueda enviar un mensaje multimedia desde su teléfono móvil al

Figura 15-2:
Estimación de la penetración de ventas de terminales en Europa Occidental durante el periodo 2002-2008



Fuente: The Yankee Group, 2004

correo electrónico de un usuario conectado a Internet ha contribuido enormemente al éxito del servicio, sobre todo en las primeras fases, en las que son pocos los usuarios que disponen de terminales con capacidad de recepción de mensajes multimedia.

Desde el punto de vista del negocio, el objetivo común de los operadores móviles es trasladar el éxito obtenido con el servicio de mensajes cortos SMS (*Short Messaging Service*) como generador de ingresos, debido, entre otros factores, a su facilidad de uso y a la política tarifaria. El servicio MMS se ve actualmente como un complemento al servicio básico de mensajes de texto, al que sólo lograría sustituir si el precio de los mensajes largos de texto MMS igualara al precio de los SMS actuales y todos los terminales dispusieran de capacidad de recepción de mensajes MMS.

15.2. ESTÁNDARES DE MMS

La estandarización del servicio MMS fue iniciada en 1999 por el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). Sus especificaciones definen el servicio MMS para las redes GSM/GPRS/UMTS, sin especificar la implementación práctica a nivel de aplicación. El servicio queda definido por este organismo mediante los siguientes documentos:

- 3GPP TS 22.140: «*Multimedia Messaging Service (MMS) Stage 1*» [15.8].
- 3GPP TS 23.140: «*Multimedia Messaging Service (MMS) Functional Description*» [15.7].
- 3GPP TS 26.140: «*Multimedia Messaging Service (MMS) Media Formats and Codecs*» [15.6].

Existen distintas versiones de estos documentos y actualmente se está trabajando en la versión 6 (*Release 6*).

Otra organización fundamental, en cuanto a la estandarización de este servicio, es OMA (*Open Mobile Alliance*). La misión de OMA es facilitar la adopción de los servicios móviles de datos por parte de los usuarios, independientemente de la tecnología de red subyacente. Para ello se encarga de crear un conjunto de especificaciones que permita mejorar la interoperabilidad entre terminales, operadores, proveedores de servicio y tecnologías de red.

En el caso de MMS, OMA ha especificado una implementación práctica del servicio MMS basada en protocolos WAP. La última especificación liberada es *OMA Multimedia Messaging Service v1.2* [15.2]. En ella se definen cuatro clases de mensajes (imagen básica, imagen enriquecida, vídeo básico y vídeo enriquecido) que garantizan la interoperabilidad completa entre mensajes dentro de cada clase. El tamaño máximo permitido de los mensajes para maximizar la interoperabilidad ha pasado de 30 kilobyte a 300 kilobyte. Actualmente se está trabajando en la versión 1.3.

Otros organismos relacionados con la estandarización de MMS son:

- *3GPP2 (3rd Generation Partnership Project 2)*. Este organismo ha especificado también una implementación práctica de MMS basada en el protocolo M-IMAP.
- *GSMA (GSM Association)*. Esta organización ha hecho también aportaciones en cuanto al servicio MMS. A través de los múltiples grupos de trabajo que la componen trata de especificar aquellos puntos que quedan abiertos en los estándares pero que son necesarios para llevar a la práctica un servicio de MMS. Su objetivo no es, por tanto, definir el servicio de forma completa.
- *CDG (CDMA Development Group)*. Es un consorcio internacional de empresas que lidera la adopción y evolución del sistema CDMA en el mundo.

En el capítulo 5 se describen de forma más detallada las principales organizaciones de estandarización relacionadas con el mundo de la movilidad.

15.3. ARQUITECTURA Y ESCENARIOS DEL SERVICIO MMS

La **Figura 15-3** muestra la arquitectura de referencia del servicio MMS definida por el 3GPP.

En la **Tabla 15-1** se muestra de manera resumida las diferentes interfaces existentes entre los distintos elementos de la arquitectura de referencia.

Además del envío de mensajes persona a persona, hay multitud de escenarios en los cuales se pueden involucrar otros elementos como terminales MMS, terminales *legacy* (que no soportan MMS), clientes de correo electrónico, aplicaciones, etc. Por otro lado, también se pueden dar distintos escenarios de servicio en función de la operadora a que pertenezcan el origen y el destino del mensaje, cuando alguno de los usuarios del servicio se encuentre en itinerancia.

Figura 15-3:
Arquitectura de referencia del servicio MMS

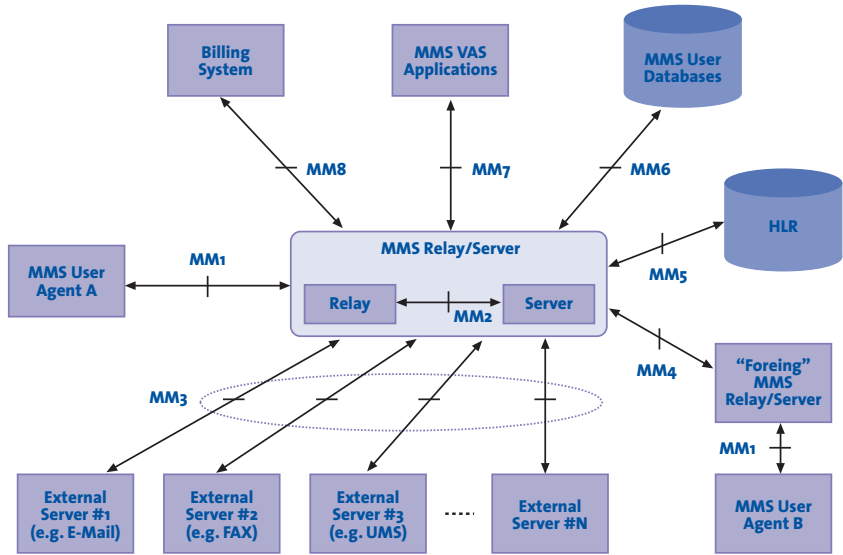


Tabla 15-1:
Interfaz definidas en la arquitectura de referencia

Interfaz MM1	<ul style="list-style-type: none"> Define la comunicación entre el <i>MMS Relay/Server</i> y el <i>User Agent</i> (cliente MMS en el terminal). Esta interfaz está completamente definida por el 3GPP.
Interfaz MM2	<ul style="list-style-type: none"> Comunica el <i>MMS Relay</i> con el <i>MMS Server</i>. Esta interfaz no ha sido definida por el 3GPP.
Interfaz MM3	<ul style="list-style-type: none"> Define la comunicación entre el <i>MMS Relay/Server</i> y los servidores externos, como son los servidores de correo, el fax, etc.
Interfaz MM4	<ul style="list-style-type: none"> Define la comunicación entre los distintos <i>MMSC (Multimedia Messaging Service Center)</i>
Interfaz MM5	<ul style="list-style-type: none"> Es el punto de referencia entre el <i>MMS Relay/Server</i> y el <i>HLR (Home Location Register)</i>, para la transmisión de información de usuario hacia el primero.
Interfaz MM6	<ul style="list-style-type: none"> Es la interfaz entre el <i>MMS Relay/Server</i> y las bases de datos de usuario. No se define en las especificaciones.
Interfaz MM7	<ul style="list-style-type: none"> Es la interfaz con los servicios de valor añadido. Esta interfaz se ha especificado basándose en el protocolo SOAP.
Interfaz MM8	<ul style="list-style-type: none"> Comunica el <i>MMS Relay/Server</i> con la plataforma de <i>Billing</i> del operador. Esta interfaz no ha sido desarrollada en las especificaciones del 3GPP.

En la **Figura 15-4** se muestra cómo se realiza el envío de un mensaje multimedia entre dos terminales multimedia de la misma operadora mediante WSP (*Wireless Session Protocol*). Los pasos que se siguen son los siguientes:

1. El mensaje multimedia se compone en el terminal origen y se envía al *MMSC (Multimedia Messaging Service Center)* a través del *gateway WAP* mediante una operación *WSP/HTTP Post*.
2. El *MMSC* hace una consulta al *HLR (Home Location Register)* para obtener el código de identificación de la operadora a la que pertenece el destinatario. En este caso es la misma operadora.
3. El *MMSC* hace una consulta a la base de datos de usuarios del servicio para comprobar si el terminal del destinatario soporta MMS. En este caso se trata de un terminal compatible.
4. El *MMSC* envía una notificación al terminal destino a través del *PPG (Push Proxy Gateway)* y del *SMSC (Short Message Service Center)*.

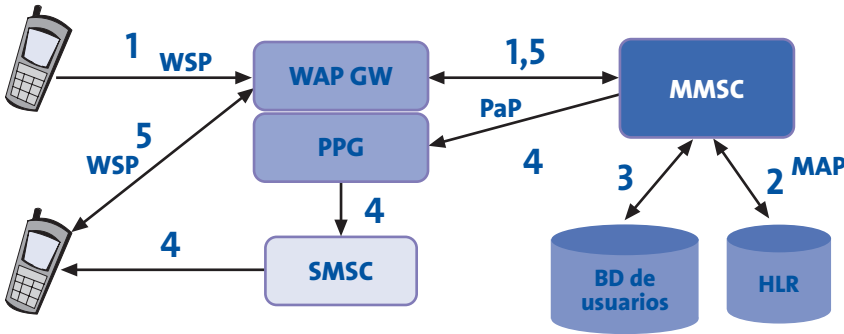


Figura 15-4: Procedimiento de envío de un mensaje multimedia

5. Una vez recibida la notificación, el terminal puede descargarse el mensaje multimedia del MMSC mediante una operación *WSP/HTTP Get* a través del *gateway* WAP.

15.4. MODELO DE TARIFICACIÓN

El modelo de tarificación no está definido dentro de las especificaciones del servicio realizadas por el 3GPP y el OMA, siendo un tema que se deja al arbitrio de las operadoras. La GSMA se ha encargado de producir unas recomendaciones y lograr la homogeneización entre las operadoras, facilitando así la tarificación por interconexión.

El modelo que se ha seguido para la liquidación, entre las operadoras que ya han implantado el servicio, es el cobro por evento y por volumen del mensaje. De este modo, y salvo en lo que respecta a la tarificación variable por volumen, se sigue el mismo modelo que para SMS.

El envío de mensajes multimedia se tarifica, de cara al usuario, en función del tipo de contenido y del volumen. En algunos casos se ha tenido en cuenta que el destinatario del mensaje pertenezca a la misma operadora o no. En general no se cobran cuotas de activación ni conexión. Además, la recepción de los mensajes es gratuita salvo cuando el destinatario se encuentra en itinerancia, en cuyo caso paga por el tráfico GPRS.

La **Tabla 15-2** muestra un ejemplo de modelo de tarificación. Este modelo, con algunas pequeñas diferencias en los tipos de mensaje o en el rango del tamaño permitido, está siendo utilizado actualmente por las operadoras más importantes.

Tipo de mensaje multimedia	Tamaño
Sólo texto, más de 160 caracteres	o Kbite- 3 Kbyte
Imagen, sonido, texto	Hasta 30 Kbyte
Vídeo, imágenes, sonidos, texto	Desde 30 Kbyte hasta 100 Kbyte

Tabla 15-2. Ejemplo de modelo de tarificación

Como complemento del modelo especificado, algunos operadores han lanzado promociones similares a la tarifa plana de Internet, bonos de mensajes, mensajes gratis para nuevos usuarios, etc.

Además, existe otro modelo, denominado *tarificación premium*, según el cual el usuario paga una tarifa superior por recibir un MMS con un contenido específico. En este caso, el usuario debe haber solicitado previamente el servicio mediante el envío de un SMS o algún otro mecanismo que impida la recepción de mensajes no deseados, o bien debe estar suscrito al servicio en cuestión. Este modelo es idéntico al modelo *SMS Premium*, actualmente tan extendido en la descarga de contenidos de ocio y entretenimiento.

En lo que respecta al envío y recepción de mensajes multimedia desde el extranjero, debe existir un acuerdo de itinerancia (*roaming*) con el país visitado. En este caso, el envío se facturará teniendo en cuenta la tarifa local más el tráfico GPRS cursado en el envío, y la recepción se facturará teniendo en cuenta el tráfico GPRS cursado.

15.5. INTEROPERABILIDAD, INTERCONEXIÓN E ITINERANCIA

La existencia de terminales con características multimedia diferentes (pantallas en color y en blanco y negro, múltiples tamaños de pantalla, formatos de medios soportados, etc.) hace que la *interoperabilidad* sea uno de los conceptos clave para el éxito del servicio.

Actualmente este problema se soluciona mediante la adaptación de contenidos, que realizan los propios centros de mensajes multimedia, o mediante el empleo de plataformas específicas de adaptación de contenidos.

En este sentido, las especificaciones aprobadas por OMA, «*OMA Multimedia Messaging Service versión 1.2*» (ver referencias [15.1] a [15.5]), suponen un esfuerzo importante de cara a conseguir un estándar global para el desarrollo de aplicaciones MMS. Este conjunto de especificaciones define un conjunto de requerimientos mínimo que permiten la interoperabilidad entre aplicaciones MMS, terminales MMS, servidores MMS y proveedores de contenidos.

La definición de las clases de contenidos (imagen básica, imagen enriquecida, vídeo básico y vídeo enriquecido) supone la interoperabilidad real entre los terminales que las soporten (tal como se muestra en la **Tabla 15-3**).

La *interconexión* entre operadores a escala nacional para el envío y recepción de MMS es otro de los elementos clave para lograr un incremento de la penetración del servicio. En este caso, la interfaz MM4 definida por el 3GPP [15.8], y basada en estándares de IP y SMTP, proporciona una auténtica interoperabilidad tecnológica. Además, es necesario llegar a acuerdos económicos entre los diferentes operadores involucrados. En España se encuentra operativa desde diciembre de 2002 la interconexión entre Telefónica, Vodafone y Amena para el envío y recepción de mensajes multimedia.

Un paso más que hay que dar en la consecución de la movilidad absoluta es poder ofrecer el servicio a los clientes que se encuentren en itinerancia (*roa-*

	Contenido	Tipos	Tamaño máximo (Kbyte)	Presentación
MMS 1.1: Conformance document 2.0	Imagen básica	Imagen fija y animada, voz y texto	30	MMS SMIL
MMS 1.2: Conformance document 1.2	Imagen enriquecida	Imagen fija y animada, voz, texto y audio	100	MMS SMIL
	Vídeo básico	Imagen fija y animada, voz, texto, audio y vídeo	100	MMS SMIL
	Vídeo enriquecido	Imagen fija y animada, voz, texto, audio y vídeo	300	MMS SMIL

Tabla 15-3:
Clases de contenidos según OMA

ming). En este caso, es necesario disponer de acuerdos de itinerancia GPRS con la operadora visitada.

Los clientes de una operadora siempre hacen uso del MMSC de dicha operadora, incluso cuando están en itinerancia. En este caso, la operadora visitada ofrece al usuario visitante una portadora de datos que sirve para que éste se pueda comunicar con el MMSC de su operadora. Todo ello ocurrirá será siempre como se ha especificado, independientemente de que el usuario origen, el usuario destino o ambos se encuentran en situación de itinerancia.

15.6. APLICACIONES MMS

Las aplicaciones son las que permiten a los usuarios obtener un valor añadido del servicio MMS, cuyo valor básico lo marca el intercambio de mensajes persona a persona. Una aplicación o servicio MMS es la instrumentación que se hace del servicio básico MMS para llevar a cabo un modelo de negocio habilitado por las capacidades de esta tecnología. La variedad y utilidad de las aplicaciones y servicios disponibles redundarán en el incremento del ARPU (ingreso medio por usuario) de los operadores móviles.

Las distintas tipologías de las aplicaciones se pueden agrupar en cuatro bloques [15.10]:

1. El bloque de aplicaciones basadas en el contenido en sí mismo, sin ningún tipo de procesado, encapsulado o tratamiento; es decir, los mensajes intercambiados entre los usuarios.
2. El bloque de aplicaciones básicas, que sustituyen uno de los extremos pero que siguen enviando el contenido sin adornos. Pueden ser de dos tipos:
 - a) Aplicaciones de entretenimiento. Son la evolución natural de los servicios actuales de descarga de los elementos de entretenimiento para personalizar los terminales de los usuarios (logos, melodías, salvapantallas, etc.).

- b) Aplicaciones de almacenamiento de imágenes fijas. En este caso existen dos vertientes: la publicación de fotografías u otros elementos en álbumes web, o el almacenamiento en un espacio privado del usuario para evitar el consumo de recursos en el terminal.
3. El bloque de las aplicaciones complementarias, que permiten la creación de contenidos por el usuario (como el envío de tarjetas postales o felicitaciones), y los compositores de mensajes completos con repositorios de contenidos elementales (imágenes, sonidos, etc.).
 4. El bloque de servicios de información multimedia, similares a los servicios de alertas SMS, y otras aplicaciones novedosas que explotan las capacidades ofrecidas por la tecnología MMS, como es el caso de los servicios de suscripción que proporcionen una «tira cómica diaria», los servicios de noticias que incluyan «la foto del día», los servicios financieros que incluyan de manera gráfica la evolución de los índices bursátiles, la información meteorológica que incluya «el mapa del tiempo», los anuncios musicales o vídeos promocionales que incluyan un pequeño videoclip a modo de muestra, el envío de fotografías capturadas por *webcams*, los juegos interactivos, etc.

Algunas de las aplicaciones son:

■ *El servicio álbum multimedia*

La mayoría de los operadores móviles que ofrecen servicios de mensajería multimedia incluyen un servicio de álbum multimedia para los usuarios finales. Este servicio ofrece al usuario un repositorio de material multimedia que puede utilizar en la composición de sus mensajes; generalmente ofrecen un compositor multimedia para la creación de mensajes MMS.

El álbum representa un espacio común de almacenamiento de todo tipo de contenidos, debiendo ser capaz de almacenar todos los formatos soportados por la mensajería multimedia MMS. El almacenamiento de contenidos se debe poder realizar mediante acceso web, por *e-mail* o por MMS. El álbum multimedia debe comunicarse con el MMSC, con la plataforma de soporte *legacy* (para funciones de composición) y con el *gateway* WAP (para ofrecer sus contenidos a través de esta interfaz).

■ *El servicio MMS mailbox*

Se trata de un sistema de almacenamiento masivo basado en red y que permite a los usuarios almacenar los MMS enviados y recibidos automáticamente, o bien puede establecer una serie de filtros para almacenarlos de manera selectiva.

■ *El servicio álbum de alertas*

Los servicios de alertas multimedia facilitan a los usuarios la recepción de información con contenidos variados, que van desde predicciones meteorológicas hasta imágenes con el gol de la jornada, guías de información local, horóscopos, la tira cómica diaria, etc.

Los usuarios pueden suscribirse a este tipo de servicios y recibir los mensajes MMS con la periodicidad específica de cada servicio, o bien



Figura 15-5:
Algunas aplicaciones multimedia de Telefónica Movistar

pueden solicitar determinada información en un momento dado mediante el envío de un SMS a un número de servicio determinado. Además, la disponibilidad del servicio de localización permite ampliar el rango de aplicaciones posibles, dando lugar a nuevos servicios que informan al usuario de su posición actual mediante un pequeño plano recibido como un MMS en su terminal, o bien le informan del restaurante más cercano, o de cómo llegar a un determinado lugar, etc.

En la **Figura 15-5** se muestran algunos ejemplos de aplicaciones de mensajería multimedia.

15.7. TERMINALES MMS

La competitividad en el mercado de los terminales móviles está aumentando últimamente, al igual que su complejidad. Cada vez es mayor la influencia del mercado asiático en Europa, al igual que la segmentación de los clientes.

La miniaturización y la diversificación de formas marcan la tendencia en cuanto a los aspectos visuales. Tecnológicamente, cada vez son más las características multimedia que se incorporan en los terminales (según se puede ver en el capítulo 22).

Todos los fabricantes de terminales incluyen en su oferta una amplia gama de terminales con capacidad multimedia y características diversas, tal como se muestra en la **Tabla 15-4**.

Cámaras digitales	Con CCD que puede alcanzar los 6 megapíxeles con zoom y flash incluido, y que permiten la grabación de vídeo.
Pantallas	Pantallas con múltiples resoluciones, siendo incluso de tipo táctiles.
Medios de almacenamiento	Posibilidad de soportar medios de almacenamiento externos, como tarjetas de memoria.
Imágenes	Reproducción de imágenes: JPEG, GIF, BMP, PNG, GIF animados.
Vídeo	Reproducción y "streaming" de vídeo: H.263, MPEG-4.
Audio	Reproducción y "streaming" de audio: MP3, AMR, AAC, Real Audio, WAV, MIDI, AMR-NB.
Edición	Edición de imágenes (cortar, rotar, zoom, etc.).

Tabla 15-4:
Características de los terminales MMS

15.8. EVOLUCIÓN FUTURA: LA MENSAJERÍA MULTIMEDIA EN LAS REDES 3G

Según los analistas del sector, el despegue de la mensajería multimedia se producirá en Europa estimulado por el aumento de terminales con capacidad MMS que se podrán utilizar en la mensajería persona a persona.

En la **Figura 15-6** se muestra una predicción de la evolución del tráfico de mensajes de texto de nueva generación en el escenario español, entre los que se encuentran los mensajes MMS que sólo incluyen texto.

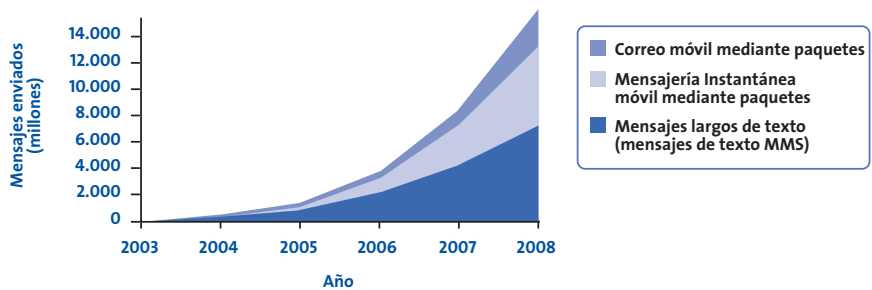
Por otro lado, en la **Figura 15-7** se muestra la predicción de la evolución del tráfico de mensajes multimedia. En este caso se han desglosado en tres tipos, en función del contenido principal del mensaje.

En ambas predicciones se han considerado únicamente los mensajes enviados persona a persona, y no se han tenido en cuenta los mensajes enviados por el operador o por cualquier otro agente.

Los servicios de mensajería sobre redes GSM (mensajes cortos) irán evolucionando y ampliando paulatinamente su capacidad para migrar al nuevo concepto de MMS. Además, aparecerán nuevas aplicaciones y servicios, habilitados precisamente por el incremento de capacidad de MMS frente a SMS.

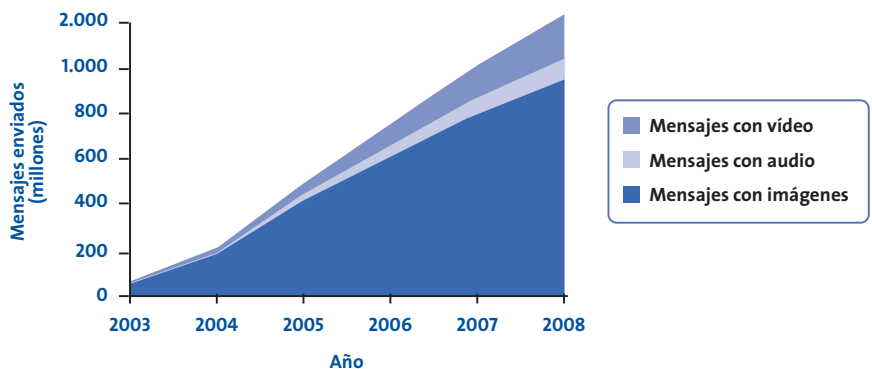
En un futuro, MMS convivirá con las aplicaciones multimedia bajo demanda (*streaming*). Estas aplicaciones podrán enviar mensajes multimedia con algún fragmento de vídeo o música que invite al usuario a la descarga o visualización *online* del contenido completo desde un servidor de *streaming*.

Figura 15-6:
Evolución prevista del tráfico de mensajes de texto de nueva generación en España



Fuente: Ovum

Figura 15-7:
Evolución prevista del tráfico de mensajes MMS en España



Fuente: Ovum

Se puede decir que la unión de la mensajería multimedia MMS, la navegación avanzada (WAP, i-mode) y los servicios basados en localización, ha hecho posible que se puede edificar el puente que permite acercar los futuros servicios de las redes 3G a los usuarios.

Las redes 3G, al combinar acceso móvil de alta velocidad con servicios basados en IP, darán lugar a servicios y aplicaciones más sofisticados y más fáciles de usar por parte de los usuarios. En este contexto, es probable que el papel reservado a la mensajería MMS en las redes 3G sea el de convertirse en el servicio portador por defecto de cualquier tipo de mensaje multimedia.

16

Servicios de “videostreaming” y videotelefonía

Los servicios de transmisión de vídeo, entre los que destacan el «videostreaming» y la videotelefonía, son las aplicaciones que se espera que fomenten la demanda de los sistemas móviles de tercera generación.

Aunque este tipo de servicios no ha alcanzado en las redes fijas el éxito inicialmente esperado (salvo para aplicaciones profesionales), las distintas condiciones de uso que de ellos puede hacerse en un entorno móvil justifican que las expectativas sean mejores en este caso.

En este capítulo se presentan las tecnologías básicas que sustentan los servicios de transmisión de vídeo, que de alguna forma están llamados a converger en un futuro no muy lejano.

16.1. CONSIDERACIONES SOBRE LOS SERVICIOS DE TRANSMISIÓN DE VÍDEO

Los posibles servicios que se pueden ofrecer al gran público mediante tecnologías multimedia son variados y muy llamativos, algunos de ellos aún están por definir. La videotelefonía es una definición de servicio más que un conjunto de tecnologías, aunque es posible pensar en modelos de negocio y servicios ligeramente diferentes a una videoconferencia. Es el caso, por ejemplo, de una multiconferencia, en donde varios participantes hablan entre sí. Dentro de una multiconferencia se puede definir el tipo de información que recibe cada cliente; por ejemplo, un mosaico compuesto por cada uno de los otros participantes y el sonido de uno de ellos (reunión virtual), o un sistema en el que se vea y oiga únicamente a la persona que está hablando en ese momento. Otra opción podría ser que sea siempre la misma persona la que vean y oigan los restantes participantes, es el sistema utilizado, por ejemplo, para servicios educativos. Todos estos servicios se pueden aderezar con la inclusión de otras imágenes, como puede ser, por ejemplo, un diagrama explicativo en lugar de la imagen del interlocutor.

El *videostreaming* representa el conjunto de tecnologías de transmisión de contenidos audiovisuales a través de diferentes tipos de canales. Mediante estas tecnologías se han podido perfilar un gran número de aplicaciones, entre las que destacan:

- El videoclub virtual, basado en vídeo bajo demanda, uno de los servicios que se espera que sea más rentable.
- El alquiler de música, vídeos, etc.
- El hilo musical.
- Los juegos interactivos.
- La grabación en red, que consiste en grabar el comienzo de una emisión para visualizarlo posteriormente, mientras se sigue grabando el resto de la emisión.

Cabe destacar que, para muchos de los servicios definidos con estas tecnologías, se requiere el concurso de técnicas de encriptación de contenidos y derechos de autor para garantizar la rentabilidad del servicio. Por ejemplo, el alquiler de música no sería rentable si el usuario pudiera grabar el *stream* recibido en algún sistema local y reproducirlo tantas veces como quisiera. En este sentido se está trabajando para estandarizar los mecanismos de protección de contenidos adecuados dentro de los grupos de trabajo más importantes establecidos para el mundo móvil (OMA y 3GPP).

Las tecnologías relacionadas con los contenidos multimedia son muy atractivas desde el punto de vista del cliente, pero tienen unos requisitos de calidad de servicio considerablemente mayores que la mayoría de los servicios de datos. Por ejemplo, cuando una navegación web o una transacción bancaria se demora dos segundos más de lo habitual, el usuario casi ni se percata; en cambio, cuando una transmisión de vídeo se detiene medio segundo, la calidad subjetiva percibida del servicio se degrada notablemente, y en el caso de la transmisión de audio cualquier microcorte es detectado por un usuario medio.

El *videostreaming* requiere que la red sea capaz de mantener un ancho de banda mínimo, aun cuando pueda permitir ligeras oscilaciones sobre el ancho de banda medio, pero no demasiado largas.

La videoconferencia es mucho más exigente aún, ya que requiere que la latencia de la red (tiempo que tardan los paquetes en llegar desde un extremo a otro) sea muy pequeña, y no parece aceptable un interlocutor que tarde dos segundos en responder a una pregunta. Este hecho implica que los sistemas intermedios no pueden disponer de *buffers* que acumulen cierta cantidad de información para absorber las posibles oscilaciones del ancho de banda, por lo cual aumentan también los requisitos en cuanto a estabilidad del ancho de banda. Adicionalmente es necesario que las características de la red (ancho de banda, latencia, etc.) sean las mismas en los sentidos ascendente y descendente, ya que se efectúa una transmisión bidireccional.

Por otra parte, los tipos de redes influyen notablemente en los protocolos de transmisión necesarios para cualquier servicio, y la transmisión de contenidos multimedia no es una excepción. Es obvio que una red orientada a conexión necesita protocolos de multiplexación para poder transmitir todos los canales (de

vídeo, audio, control, etc.) sobre la misma línea; igualmente, sobre redes de paquetes es necesaria la implantación de mecanismos de localización y enrutado, a veces con diferentes prioridades en función de los contenidos que se transmitan.

Adicionalmente, los diferentes tipos de redes poseen características diferentes en cuanto a pérdida de paquetes de datos y desorden introducido en el flujo de los mismos, que hay que tener en cuenta cuando se diseñan los protocolos de un sistema de transmisión de contenidos multimedia. Por ejemplo, en una red orientada a conexión generalmente está garantizado el orden de llegada, sin embargo, en una red como Internet (basada en IP) cada paquete puede enrutarse por caminos diferentes, modificando los tiempos de tránsito y exigiendo mecanismos de reordenación en la llegada. En el caso de contenidos multimedia, es mucho más importante asegurar que la mayoría de los paquetes lleguen a su destino en un tiempo razonable que gastar recursos en impedir la pérdida de alguno de ellos.

En el caso de las redes móviles, dado que están basadas en tecnologías radio, son bastante más propensas a recibir ruidos e influencias externas que modifiquen las capacidades de red.

En lo que se refiere a las tecnologías multimedia, éstas generalmente requieren un gran coste computacional y unas calidades gráficas y de sonido elevadas. En este sentido, está claro que los terminales móviles, aunque han evolucionado enormemente, no disponen de procesadores muy potentes ni de pantallas enormes.

Todo ello hace que el despliegue de tecnologías multimedia sobre redes móviles presente características diferenciales complejas respecto a otros entornos.

16.2. EL "VIDEOSTREAMING" MÓVIL

Aparte de las tecnologías propietarias (Real Networks, Microsoft, etc.), existen dos grandes organizaciones, ITU-T e ISO/MPEG, que se han encargado de estandarizar los sistemas de codificación y decodificación.

En lo que se refiere a ITU-T, las principales normas son:

- *El estándar H.261*, también conocido como «P•64» (donde P es un número entero para representar múltiplos de 64 kbit/s), se diseñó para su uso en aplicaciones de videoconferencia y videotelefonía sobre canales RDSI (de ahí los múltiplos de 64 kbit/s). Los formatos soportados son QCIF (176 x 144) y CIF (352 x 288).
- *El estándar H.263*, que fue diseñado para aplicaciones de videoconferencia sobre comunicaciones con baja tasa de bits (por lo que también se diseñó para secuencias con poco movimiento).

H.263 es un avance sobre H.261, diseñado con la meta de producir una mejoría sustancial de la calidad por debajo de los 64 kbit/s. El algoritmo de codificación de H.263 es muy similar al usado en H.261, sin embargo tiene algunos perfeccionamientos y cambios para mejorar el

rendimiento que le permiten a menudo conseguir la misma calidad que H.261 con una cantidad de bits inferior a la mitad en el flujo de datos. Este *codec* soporta cinco formatos, añadiendo a los dos anteriores (QCIF y CIF), los formatos subQCIF (128 x 96), 4CIF (704 x 576) y 16CIF (1408 x 1152).

El estándar H.263 es la base de la codificación MPEG-4. Más tarde surgieron nuevos estándares (H.263+ y H.263++) que mejoraron el inicial.

En lo que respecta a ISO/MPEG, los estándares MPEG únicamente definen el formato del *bitstream* y el proceso de descodificación. En este sentido, se permite que las implementaciones sean distintas unas de otras, manteniendo la compatibilidad. Estas implementaciones son:

- *El estándar MPEG-1* (formalmente ISO/IEC-11172-2), que fue el primero generado por el grupo MPEG. La tasa binaria típica de esta codificación es de 1,5 Mbit/s, con un tamaño de 352 x 240 y unas 30 imágenes por segundo. Se desarrolló principalmente para el almacenamiento de archivos.

MPEG-1 define un esquema de codificación híbrido DCT/DPCM con compensación de movimiento similar a la codificación estándar H.261, pero incompatible con ella.

- *El estándar MPEG-2* (ISO/IEC-13818), que fue el segundo estándar desarrollado por el grupo. En este caso se desarrolló de manera conjunta con ITU-T (de ahí que también se le conozca como H.262). Su objetivo principal eran las aplicaciones de TV digital. Además ofrece una excepcional calidad de imagen y resolución, y es el principal estándar de vídeo para DVD.

El esquema de codificación usado en MPEG-2 es otra vez genérico y similar al de MPEG-1. Su propósito era mejorar la calidad de imagen respecto al anterior sin incrementar excesivamente la tasa de bits requerida, que es de 4 a 15 Mbit/s, teniendo un rendimiento muy pobre por debajo de dichas tasas. Además, se introdujeron nuevas funcionalidades como la «escalabilidad» y se crearon los denominados «perfiles» y «niveles», para evitar la complejidad de las implementaciones y no requerir que todos los productos incluyeran todos los formatos descritos en el estándar.

- *El estándar MPEG-4* (ISO/IEC-14496), que es el estándar más actual. Comenzó a definirse en Bruselas en septiembre de 1993 por el grupo de trabajo *Motion Picture Expert Group* (MPEG). Inicialmente se trataba de definir procedimientos de codificación para velocidades de transmisión bajas, pero en la actualidad este objetivo se ha visto enormemente ampliado.

La primera versión de MPEG-4 se aprobó en 1999, y actualmente define mecanismos de codificación eficientes y universales sobre un amplio tipo de contenidos audiovisuales que denomina «objetos de vídeo». Como tal, es más que un *codec*, e incluye especificaciones para audio, vídeo e interactividad.

La componente de vídeo de MPEG-4 es similar a H.263, pero significativamente más avanzada, ya que la calidad de imagen ha sido mejorada y optimizada para la distribución de vídeo a las tasas de datos que permite Internet.

En la actualidad se está desarrollando el estándar H.264 de manera conjunta entre MPEG e ITU-T. Este estándar (también denominado MPEG-4 AVC, o MPEG-4 Part 10, o JVT) será tratado en un apartado posterior.

16.2.1. Tecnologías actuales de "videostreaming"

Gracias al desarrollo e implantación de las nuevas redes móviles por parte de las operadoras, cada vez más empresas se interesan en desarrollar plataformas de *streaming* para este sector. La mayor parte de las empresas que tienen plataformas de este tipo disponían ya de plataformas equivalentes para el entorno de «red fija». A su vez, estas empresas también tienden a abandonar los formatos propietarios para adoptar los estándares. De este modo garantizan la interoperabilidad de sus plataformas, ya que esto permite aumentar considerablemente el número de clientes potenciales, al no depender los clientes de formatos propietarios. Para avanzar en este sentido, dentro del IMTC se están desarrollando test de interoperabilidad entre fabricantes para garantizar el buen desarrollo de los servicios. Las principales pruebas que se están desarrollando afectan a:

- Los *codecs* de voz, audio y vídeo: GSM/AMR (NB & WB), AAC, H.263, MPEG-4 Visual.
- Los protocolos de transporte y de control: RTSP/SDP, RTP/RTCP.
- El formato de archivo 3GPP/MPEG4.

Las principales empresas que están apostando por el *streaming* sobre redes móviles son, entre otras:

- *Real Networks*, que es la empresa líder en el *streaming* sobre redes fijas. También está apostando de manera decidida por el entorno móvil, y está desarrollando de manera paralela una plataforma optimizada para tal fin (*Mobile Suite*). La última versión (versión 10) soporta la *Release 5* del 3GPP y todos los estándares relacionados. Existen en el mercado varios terminales con reproductores de este fabricante (Nokia 6600, Nokia 3650, etc.). *Real Networks* tiene, además, un sistema propietario de adaptación al ancho de banda (*SureStream*), ya implementado en su plataforma para redes fijas, con inteligencia en el cliente, pero que no es compatible con los terminales móviles. Por este motivo, la última versión del servidor de *Real Networks* incorpora un sistema de adaptación al ancho de banda dirigido por el servidor para contenidos 3GPP (H.263 y MPEG4). Esto permite que el servidor pueda usar este mecanismo con cualquier cliente compatible 3GPP, independientemente de quién lo desarrolle. Dentro de la plataforma para redes móviles, aparte del servidor *proxy* y el codificador que tienen la mayoría de las plataformas, se dispone también de un sistema integrado ideado para ayudar en las tareas de fac-

turación y autorización incluidas en la lógica de negocio del operador.

- **PacketVideo.** La empresa PacketVideo Network Solutions (pvNS) también tiene una plataforma optimizada para el *streaming* sobre redes móviles, que incluye un servidor (*pvServer*) y un codificador (*pvAuthor*). Además, dispone de una solución para la adaptación al ancho de banda, conocida como *FrameTrack*. Este mecanismo está basado en la escalabilidad temporal de MPEG-4 y en un sistema dinámico de control (DCR) propietario de PacketVideo. Con la información que le envía el reproductor (*pvPlayer*) al servidor en los paquetes RTCP, éste puede estimar el ancho de banda disponible en el canal y enviar más o menos cantidad de información, asegurando así que el cliente está obteniendo en cada momento la máxima calidad que le permite el canal.

16.2.2. El estándar 3GPP de “videostreaming” móvil

El proyecto 3GPP ha publicado una especificación que define un marco para el *streaming* en redes móviles 3GPP: la especificación «*Transparent end-to-end packet switched streaming service*» (PSS), que hace uso de estándares de otras organizaciones como IETF (protocolos), W3C (descriptores de escena), ISO y MPEG (*codecs* de audio y vídeo), ya usados en los servicios de *streaming* sobre redes fijas IP. La especificación PSS apareció por primera vez en la *Release 4* del 3GPP, definiendo los protocolos, *codecs* y el formato de archivo 3GPP que se deben utilizar en el servicio. En las *releases* posteriores se han ido introduciendo nuevas funcionalidades y mejoras (ver [16.1] a [16.7]) que se analizarán posteriormente. Los principales documentos donde se define este servicio se muestran en la **Tabla 16-1**.

Protocolos y “codecs”

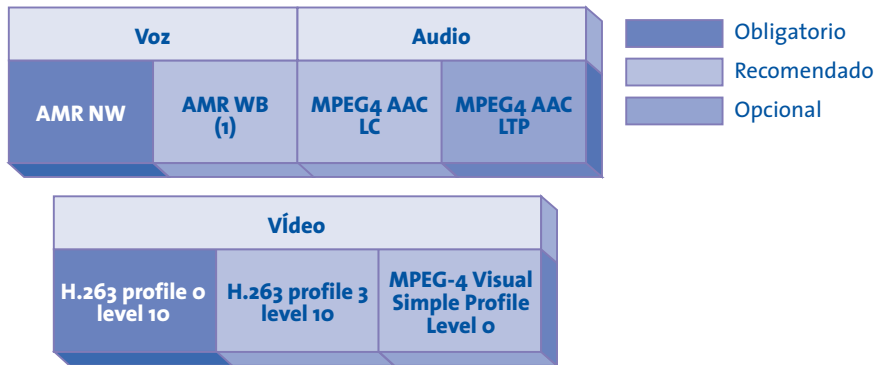
La especificación se divide en los siguientes bloques funcionales:

- *El bloque de control.* Realiza las funciones de:

Especificación	Contenido
TS 22.233	Stage 1 (Requirements)
TS 26.233	General description
TS 26.234	Protocols and codecs
TS 26.244	3GPP file format (3GP)
TS 26.245	Timed text format
TS 26.246	3GPP SMIL Language Profile
TR 26.937	RTP usage model

Tabla 16-1:
Especificaciones del servicio de “streaming” del 3GPP

Figura 16-1:
"Codecs" especificados
por 3GPP para medios
continuos



(1) Si se soporta voz muestreada a 16 kHz

- *Establecimiento de la sesión.* Establece los mecanismos por los que se invoca una sesión PSS desde un navegador, o directamente introduciendo un URI a través de la interfaz de usuario.
 - *Intercambio de capacidades ("capability exchange").* Permite la elección o adaptación de los contenidos en función de las capacidades del cliente.
 - *Control de la sesión.* Permite el control de la sesión, con métodos como «play», «pause», etc.
 - *El bloque de descripción de la escena.* Consiste en la descripción espacial y temporal de los diferentes flujos de datos («medias») que componen la sesión.
 - *El bloque de "codecs" de contenido.* La especificación incluye *codecs* tanto para vídeo, audio y voz, como para imágenes y texto.
 - *El bloque de transporte de datos,* tanto de contenidos como de control.
- PSS distingue entre flujos de datos para medios continuos (audio, vídeo) y discretos (imágenes, texto). Para todos ellos la especificación indica qué *codecs* se deben utilizar en el servicio de *streaming* sobre redes móviles. En la **Figura 16-1** se muestran los *codecs* que define la especificación para medios continuos (los discretos no se analizan aquí).

En la especificación se define un formato de archivo basado en el estándar «ISO/IEC 14496-12:2003 | 15444-12:2003». A partir de la *Release 5* ya se define este formato como 3GPP.

También define los protocolos que se deben usar en el servicio. Como la mayor parte de los protocolos que se usan no se diseñaron específicamente para las redes 3G, se añaden ciertas peculiaridades a los estándares (como determinados campos, ciertos mensajes, etc.). Los protocolos considerados son:

- *El protocolo SDP (Session Description Protocol),* que está descrito en la RFC 2327 y se usa junto con RTSP. Se encarga de dar información sobre la sesión: número de flujos, tipo de contenido, duración, ancho de banda, etc.

Es un protocolo basado en texto que puede ir incluido dentro de la señalización de RTSP («DESCRIBE») o ser descargado mediante otros protocolos (caso de HTTP).

- *El protocolo RTSP (Real Time Streaming Protocol)*, que está descrito en la RFC 2326. Este protocolo está basado en HTTP y se usa para el establecimiento y control de la sesión. Actúa como un «mando a distancia» de la sesión, permitiendo comandos como «play», «pause», etc. Hay que recalcar que este protocolo no es el encargado de transportar los contenidos.
- *Los protocolos RTP/RTCP (Real-Time transport Protocol/RTP Control Protocol)*, que están definidos en las RFCs 1889 y 1890. Son los encargados de transportar los contenidos de tiempo real (vídeo, audio y voz). RTP proporciona el soporte para el transporte de este tipo de datos, e incluye funcionalidades como la estampación temporal, la detección de pérdidas, la seguridad y la identificación de contenidos. Fue diseñado principalmente para la transmisión *multicast* de datos de tiempo real, pero también se puede usar para transmisiones *unicast*. Es importante destacar que no garantiza la calidad de servicio requerida ni implementa ningún tipo de reserva de recursos.

Por otro lado, el protocolo RTCP monitoriza la calidad de servicio (*jitter*, pérdidas, etc.) de la transmisión de los contenidos.

En el caso concreto de esta especificación, tanto RTP como RTCP trabajan sobre el protocolo UDP.

- *El protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol)*, que está definido en la RFC 2616. Se usa para el transporte de datos que no requieren tiempo real, como es el caso de las imágenes, textos, etc.

En la **Figura 16-2** se muestra la pila de protocolos que se utiliza en la especificación del 3GPP.

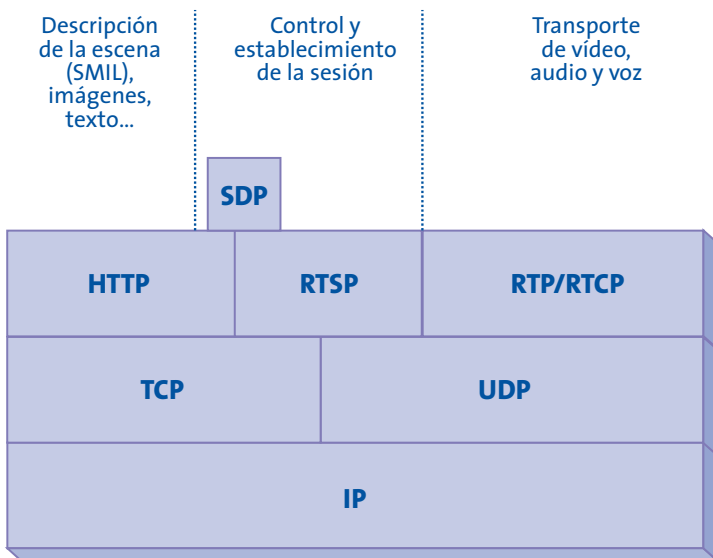
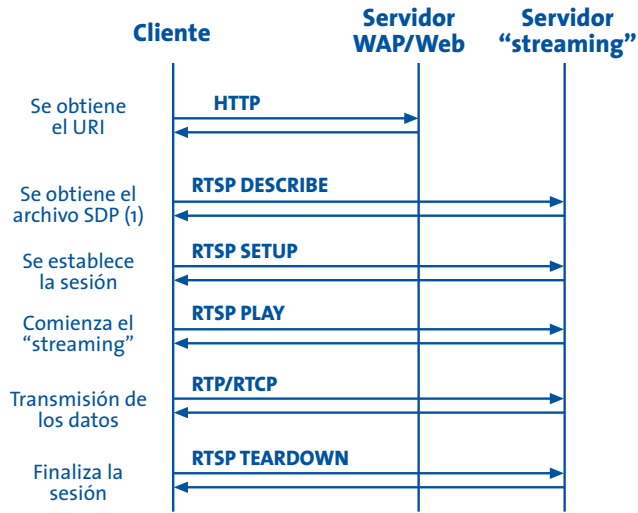


Figura 16-2: Pila de protocolos de la especificación del 3GPP

Figura 16-3:
Escenario de uso del servicio de "streaming"



(1) El archivo SDP se puede obtener de maneras alternativas (por ejemplo, vía http)

El escenario de uso más simple que se ha definido para el servicio de *streaming* (ver la **Figura 16-3**) es el siguiente:

- El usuario obtiene el URI (*Uniform Resource Identifier*) de un contenido. Este URI, que se puede obtener de diversas formas (mediante navegación WAP, teclado por el usuario, etc.), especifica un servidor de *streaming* y la dirección del contenido.
- En el terminal del cliente debe existir una aplicación (normalmente el reproductor de *streaming*) que entienda los archivos del protocolo SDP. El archivo SDP contiene información sobre la sesión que se va a abrir (tipo de contenido, *bitrate*, duración, autor, etc.). Este archivo SDP se puede obtener de muchas maneras, siendo las más habituales el enlace directo en una página wml/html (el terminal descargaría el archivo y comenzaría la sesión), vía MMS, o a través del protocolo RTSP, en su proceso de inicialización.
- El establecimiento de la sesión se realiza mediante el envío de un mensaje «RTSP SETUP» por cada flujo que el cliente quiera recibir, respondiendo el servidor con los puertos que se van a usar a lo largo de la sesión.
- Tras esto, el cliente ya puede realizar el *streaming*, controlado por el protocolo RTSP («play», «pause», etc.).

Nuevas versiones de la especificación

El anterior análisis se refería principalmente a la *Release 4* de la especificación. En la *Release 5* se han introducido nuevas funcionalidades, entre las que destaca la inclusión de un mecanismo de intercambio de capacidades (*capability exchange*). Este mecanismo es implementado como una extensión del UAProf. De

esta manera los servidores tienen conocimiento de las características del terminal que son importantes para el *streaming* (formatos que entiende, tamaño de la pantalla, etc.), pudiendo elegir qué tipo de contenido es óptimo para cada terminal. Asimismo, en esta *release* se incluye la opción de audio sintético (*Scalable Polyphony MIDI*).

La *Release 6* (aún sin terminar) va a añadir nuevas funcionalidades interesantes. La más llamativa es la adaptación del *bitrate* al ancho de banda disponible en cada momento. Hasta ahora, todos los sistemas de adaptación al ancho de banda disponibles eran propietarios (del tipo «*SureStream*» de Real Networks). Este mecanismo de adaptación al ancho de banda será controlado desde el servidor, el cual usará RTCP y RTSP como fuentes de la información básica necesaria para conocer el estado del cliente y de la red. Esto permite realizar la adaptación al ancho de banda de los clientes que no cumplan con la *Release 6*, ya que envían información RTCP susceptible de ser usada por esta funcionalidad. También es interesante la inclusión en esta nueva *release* de mecanismos de DRM y de nuevos *codecs* (se prevé la inclusión de H.264 como *codec* de vídeo opcional).

16.2.3. Servicios móviles basados en “videostreaming”

De entre los servicios basados en *videostreaming* proporcionados por los operadores móviles destacan los dos siguientes:

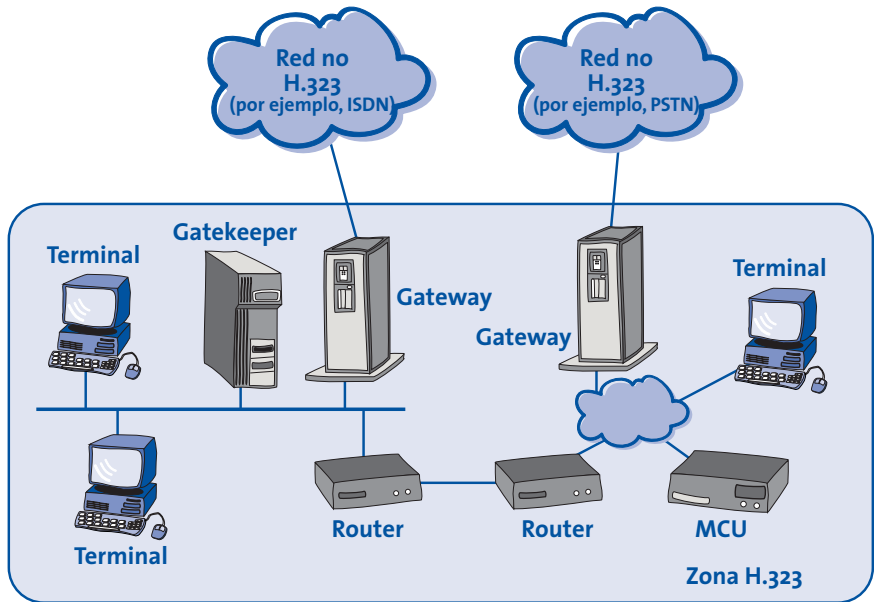
1. *El servicio de “videostreaming”*. Permite a los usuarios visualizar contenidos multimedia en sus terminales móviles, mediante navegación web o wap, mientras son enviados los datos.
2. *El servicio de videovigilancia*. Este servicio permite a un usuario visualizar en tiempo real las imágenes obtenidas por una cámara web instalada en un determinado lugar (domicilio, empresa, etc.) dotado de conectividad fija (T1, ADSL). El sistema se basa en la transmisión de las imágenes codificadas al terminal del cliente, el cual las muestra a medida que van llegando. Además, el sistema posee un infranqueable grado de seguridad que impide que otros usuarios no autorizados por el cliente puedan monitorizar las imágenes.

16.3. LA VIDEOTELEFONÍA MÓVIL

La videotelefonía requiere, como mínimo, de los terminales de los clientes y de un sistema de red que permita localizar al usuario con el que se pretende establecer la comunicación. En un entorno real son necesarios varios elementos (ver la **Figura 16-4**):

- *El terminal*. Es el equipo del cliente cuyas funciones básicas consisten en obtener el vídeo y el audio (para codificarlos y enviarlos) y de recibir los canales de vídeo y audio codificados (para descodificarlos y, final-

Figura 16-4:
Arquitectura de una
solución de videotelefonía



mente, presentarlos). Adicionalmente intercambia datos de control y señalización con la red.

- *El "gatekeeper"*. Es el elemento de red que se encarga de almacenar la información de las direcciones de los usuarios, así como controlar su estado y las sesiones abiertas. Se encarga también de enrutar las señales de llamada en caso de ser necesario, y de realizar la admisión y control de las sesiones de usuario.
- *La pasarela ("gateway")*. Es el elemento de red que permite la interconexión de unas redes con otras. Su función es traducir los datos de control y de establecimiento de sesión, así como los datos multimedia entre redes (un paquete UDP de petición de conexión sobre una red IP, se traduce en un «RING» según la señalización de una PSNT). También es el encargado, en ciertos casos, de realizar la recodificación de los contenidos multimedia entre dos clientes que no posean un *codec* común.
- *La unidad MCU*. Es un elemento que sólo es necesario para realizar la interconexión simultánea de varios clientes en una misma conferencia.

La red UMTS proporciona la funcionalidad necesaria para el despliegue del servicio de videotelefonía, aunque en general no dispone de recursos para implementar videoconferencias entre redes heterogéneas. Las funciones de enrutamiento de llamada, admisión, y establecimiento y mantenimiento de sesión, son realizadas por la infraestructura de red subyacente, con lo cual se dota a la red del servicio de videotelefonía entre terminales UMTS. Para poder permitir llamadas de este tipo entre terminales UMTS y terminales sobre redes IP, sería necesario desplegar *gateways* entre las diferentes redes a las que se quiere proporcionar el servicio.

16.3.1. Evolución histórica

Se puede empezar diciendo que no es incorrecto interpretar la videotelefonía como un caso especial de *videostreaming* bidireccional. Básicamente, la videotelefonía consiste en dos emisiones simultáneas, y en sentido contrario, de *videostreaming* en directo, con la salvedad de que se realizan en tiempo real.

La primera prueba de concepto comenzó a finales de 1998 y finalizó en octubre de 1999, y consistió en la conexión de dos PABX, mediante un enlace ATM dedicado PVC (*Permanent Virtual Circuit*).

Posteriormente, entre los años 2000 y 2001, se realizó ese mismo experimento sobre redes IP, que dio origen a lo que se denomina tecnologías de VoIP (*Voice over IP*). Cuando se popularizó el uso de las redes IP se utilizaron bastante estas tecnologías, llegándose incluso a utilizar privadamente para establecer conversaciones telefónicas internacionales, pues los precios de las conexiones a la red de datos eran más baratos que las tarifas de las llamadas internacionales de las operadoras de telefonía. Además, el equipo necesario era únicamente un PC con tarjeta de audio.

Desde entonces, la videotelefonía se ha desarrollado sobre casi todas las redes de acceso público, incluyendo el desarrollo de terminales (videoteléfonos) basados en hardware, sobre ATM, sobre RDSI y sobre redes IP.

Hasta ahora, las redes de datos móviles no presentaban ni el ancho de banda ni la latencia necesarias (alrededor de 1,5 segundos) para proporcionar servicios de videotelefonía, pero con la implantación del sistema UMTS, que amplía el ancho de banda y reduce notablemente la latencia, es factible este tipo de servicios. De hecho, para UMTS la videotelefonía es una de las llamadas «*killer application*», a la que se ha dado gran importancia, comprobable por el hecho de que la mayoría de los primeros terminales comerciales se fabrican con hardware y software preparados para este servicio. Esto incluye una serie de elementos hardware, como una cámara de vídeo enfocada al usuario (una cámara rotatoria, o dos cámaras, una en cada lado del terminal), y software, como la inclusión de los estándares necesarios (ver el siguiente apartado); o la posibilidad de generar conexiones de datos de circuito a 64 kbit/s, además de las conexiones de datos de paquetes normales para otros servicios.

Por parte de las empresas operadoras también se aprecia un esfuerzo en cuanto a la inclusión de estos servicios, proporcionando el tipo de conexión de videotelefonía de 64 kbit/s. Diversos fabricantes como Ericsson o Radvision proporcionan *videogateways* que permiten la interconexión de sistemas de videotelefonía entre varios tipos de redes.

16.3.2. El estándar 3GPP de videotelefonía UMTS

La ITU-T ha ido desarrollando una familia de estándares para videotelefonía sobre diferentes tipos de redes, que se conocen como el conjunto de estándares H.32x. Estos estándares datan de 1996 y son los siguientes:

- La recomendación H.320, para realizar conferencias sobre ISDN [16.8].
- La recomendación H.321, para realizar conferencias sobre ATM [16.9].
- La recomendación H.323, para realizar conferencias sobre LAN [16.10].
- La recomendación H.324, para realizar conferencias sobre conexiones de la red telefónica básica [16.11].

Cada una de estas familias de estándares especifica los diferentes requisitos de cada una de las redes donde opera. Por ejemplo, H.323 especifica que es necesario un mecanismo de búsqueda e identificación del terminal a conectar (en contraposición a las redes orientadas a conexión), o que deberá disponer o no de un ancho de banda garantizado, y también la probabilidad de error en la red para recomendar un mecanismo concreto de detección y corrección de errores.

En resumen, se puede decir que cada una de estas recomendaciones está constituida por un conjunto de estándares («estándares paraguas»), bajo los que se especifican otros estándares para tareas más concretas, como la codificación de vídeo, el transporte, la sesión, etc.

Todos estos estándares son interoperables entre sí, mediante dispositivos de red (*gateways*) que conectan unas redes con otras y adaptan los estándares (recodifican vídeo y audio, multiplexan y desmultiplexan, etc.)

La organización 3GPP ha definido un estándar de videotelefonía sobre redes móviles, que implementan los terminales y las redes de UMTS. Este estándar se denomina H.324M, y está basado, como su propio nombre indica, en el H.324.

La recomendación ITU-T H.324 originalmente se diseñó para estandarizar la comunicación utilizando módems con la norma V.34, y describe la arquitectura necesaria para las comunicaciones multimedia de bajo ancho de banda. La especificación del grupo 3GPP incluye como mandatorios los anexos «C» (H.324/M), para el funcionamiento sobre canales con errores, y «H», para posibilitar la operación con varios enlaces móviles.

La arquitectura descrita (ver la **Figura 16-5**) incluye lo siguiente:

- Un sistema de multiplexación, que debe cumplir la recomendación de la ITU-T H.223, con los anexos A y B obligatorios, y los C y D opcionales.
- Un canal de control, según la recomendación de la ITU-T H.245.
- La codificación de vídeo, que debe cumplir la recomendación H.263, aunque opcionalmente se puede utilizar la recomendación de la ITU H.261, más antigua aún. También es opcional el uso del estándar MPEG-4 Visual, aunque en este caso se debe utilizar el perfil «*simple profile 0*» y la multiplexación debe cumplir algunos requisitos más, como alinear cada comienzo de GOV (*Group of Video Object Plane*) al comienzo de una PDU (*Packet Data Unit*) del multiplexor.
- La codificación de audio, que debe utilizar el estándar AMR y opcionalmente cumplir la recomendación G.723.1.
- Un canal opcional de texto según la recomendación T.140.

El resto de las recomendaciones incluidas dentro de H.324 son opcionales, como es el caso de la T.120 para un canal de datos de usuario.

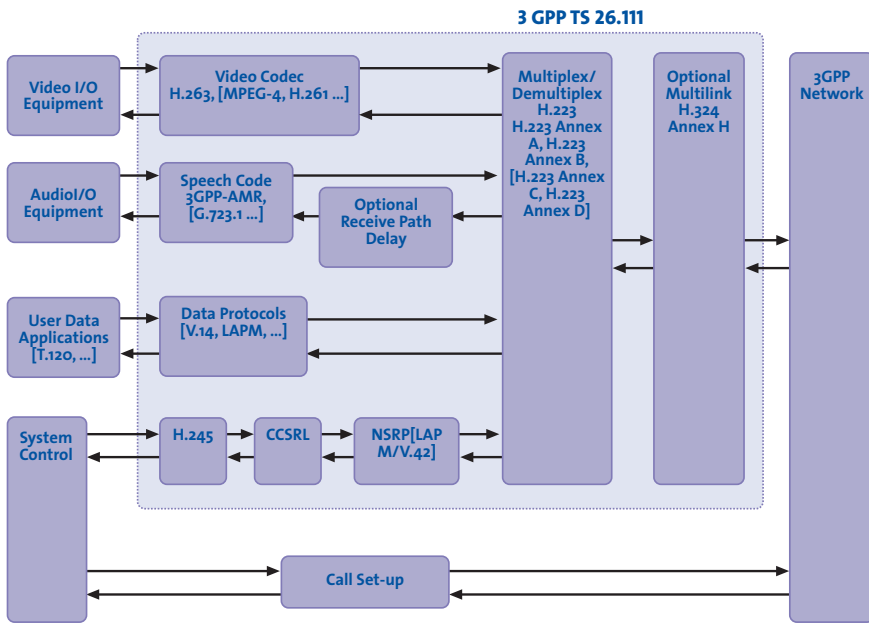


Figura 16-5: Arquitectura del estándar de videotelefonía definido por el 3GPP

Por último, es importante destacar que la recomendación incluye un «Terminal implementor's guide» (3GPP TR 26.911) para facilitar el trabajo de implementación de un dispositivo 3G-324M, dada la gran cantidad de opciones posibles, además de las obligatorias que recoge la norma.

16.4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Las perspectivas de futuro más destacables son principalmente dos: el estándar de codificación de vídeo H.264 (que permitirá la implementación de codificadores más eficientes que los existentes en la actualidad) y la convergencia entre los servicios de *videostreaming* y videotelefonía (que se puede lograr con el desarrollo de nuevas infraestructuras de red).

Estas dos perspectivas se analizan a continuación.

16.4.1. El estándar de codificación de vídeo H.264

Una de las formas de conseguir una mejora notable en las prestaciones de las tecnologías de *videostreaming* y videoconferencia consiste en optimizar la codificación de vídeo.

Para anchos de banda bajos, existen básicamente a día de hoy dos estándares y multitud de adaptaciones. Los dos estándares son H.263, desarrollado por el grupo *Video Coding Experts Group* (VCEG) perteneciente a la ITU-T, y MPEG-4, desarrollado por el grupo *Motion Picture Experts Group* perteneciente a la ISO/IEC. Ambos estándares son el resultado del desarrollo y evolución de otros anteriores.

El grupo VCEG desarrolló con posterioridad a H.263 un borrador sobre un nuevo estándar de codificación de vídeo que presenta el resultado de un esfuerzo llevado a cabo desde el año 1995 (al terminar el desarrollo de H.263). Este borrador define el estándar H.26L.

En el año 2001, el grupo MPEG decidió unir esfuerzos con el VCEG para desarrollar un único codificador de vídeo universal, formándose el JVT (*Joint Video Team*), con el objetivo de desarrollar el H.26L descrito en el borrador. Este mismo estándar se llama H.264 para la ITU-T, y MPEG-4 Part 10 para la ISO. El nombre común correcto es H.26L, pero por extensión se le llama H.264. El desarrollo completo de la especificación del estándar está en sus fases finales.

Los elementos básicos que componen la codificación de vídeo (predicción, transformación, *cuantización* y codificación entrópica) son modificaciones de los existentes en estándares anteriores. El cambio más notable de este esquema reside en el uso de los elementos, ya que se utiliza básicamente el mismo diagrama de flujo tanto para la codificación como para la decodificación.

Los cambios más destacables que hacen el codificador de vídeo H.264 dos veces más eficiente que MPEG-4, en cuanto a la estimación de movimiento, son:

- El uso de submacrobloques desde 4x4 hasta 16x16 píxeles y predicción de movimiento a un octavo de píxel. En el futuro se soportarán incluso resoluciones mayores que un octavo.
- El uso de múltiples imágenes reconstruidas para la predicción, tanto pasadas como futuras.
- La búsqueda de vectores de movimiento más allá de los bordes de la imagen.

En lo que se refiere a la transformación espacial, los cambios más destacables son:

- La predicción fina mediante bloques de 4x4 cuando mejore el rendimiento, y el uso de macrobloques de 16x16 para las partes planas de las imágenes.
- Los modos de transformación dependientes de la dirección. Para poder utilizar los distintos modos es necesario realizar la transformación en el dominio espacial antes de aplicar la DCT. Se definen cuatro modos para los bloques de 4x4 y nueve para los de 16x16.
- El cálculo de los residuos de estimación mediante bloques de 4x4.
- La aplicación de la DCT a zonas de tamaño variable en función de su correlación (por ejemplo, 4x8, 8x8, etc.).
- Los algoritmos de transformación basados en aritmética entera sin el uso de multiplicaciones, lo que permite aplicar la IDCT sin pérdidas por redondeo.
- El filtro de eliminación de efecto bloque interno a la transformación, lo que produce una mejora subjetiva de la calidad de la imagen sin coste de bits.

Por último, en cuanto a la codificación entrópica, se definen dos algoritmos alternativos:

- El algoritmo CAVLC (*Context-Adaptive Variable Length Coding*), basado en el uso de tablas constantemente adaptadas mediante un estudio estadístico de los símbolos ya transmitidos.
- El algoritmo CABAC (*Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding*), basado en el aumento de eficiencia en los casos en los que es estadísticamente mucho más probable la aparición de ciertos símbolos en lugar de otros.

16.4.2. Convergencia entre “videostreaming” y videotelefonía

De forma conceptual, la videotelefonía y el *videostreaming* parten del mismo principio: el envío de contenidos multimedia (típicamente audio y vídeo, pero no exclusivamente) a un receptor que los va mostrando simultáneamente a su llegada. Sin embargo, los requisitos de ambos servicios difieren en lo siguiente:

- La videotelefonía es bidireccional, es un servicio P2P, mientras que el *videostreaming* es un servicio unidireccional cliente-servidor.
- La videotelefonía requiere una demora sobre el tiempo real muy pequeña (típicamente de unos 100 a 200 milisegundos), esto es, requiere codificar, enviar, recibir, descodificar y presentar los contenidos en menos de ese tiempo. Sin embargo, el *videostreaming* no es estrictamente un servicio en tiempo real, ya que los contenidos están pregrabados en el servidor y habitualmente se emplea algún mecanismo de *buffer* en el cliente. Es por ello preferible aprovechar el ancho de banda disponible a costa de unos segundos de demora.

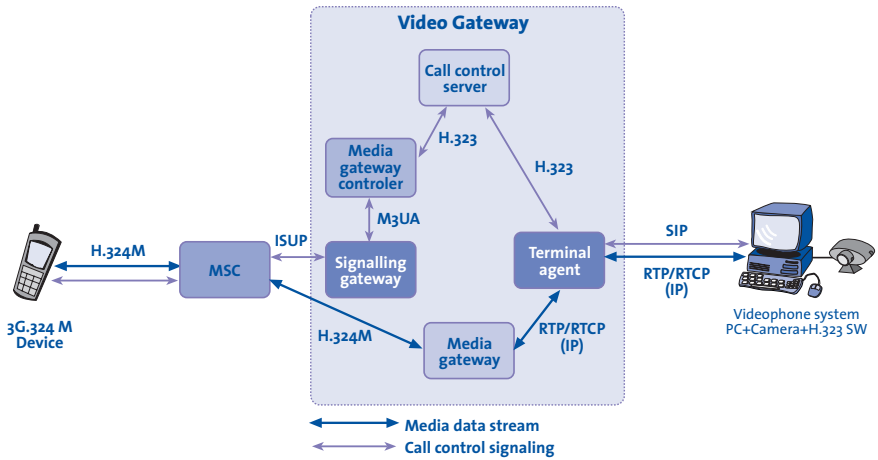
Se han especificado estándares diferentes para cada tipo de servicio debido a las diferencias que se han enumerado en los requisitos, de manera que:

- En lo que respecta a los servicios de videotelefonía, el 3GPP define un estándar basado en H.324 para videotelefonía sobre conmutación de circuitos, con ancho de banda y latencia garantizados.
- En el caso del *videostreaming*, el 3GPP define un estándar basado en H.323 para *streaming* sobre redes de paquetes, sin ancho de banda ni tiempo de vuelo de los paquetes garantizados.

Por todo esto, para la integración de ambos de tipos de tecnologías en un servicio es necesario contar con elementos de red que cambien de un estándar a otro «en el aire» y en tiempo real. Estos elementos de red son las pasarelas (*gateways*), que permiten transferir los datos multimedia y de control de un tipo de redes a otro. En la **Figura 16-6** se muestra una posible infraestructura para la integración de ambas tecnologías.

En algunas ocasiones hay que tener en cuenta que, además de cambiar la información de control (pequeña en comparación con los propios datos multimedia), puede ser necesaria una recodificación del vídeo y audio entre dos terminales, y debe hacerse en tiempo real. Por esta razón la carga computacional inducida en estos casos es bastante grande, y, por tanto, para proveer de sistemas

Figura 16-6:
 Infraestructura para la convergencia entre "videostreaming" y videotelefonía



de este tipo a un gran número de usuarios simultáneamente es necesaria una importante inversión en hardware por parte del operador.

Un operador dotado con esta clase de infraestructura podría ofertar servicios adicionales como mensajería multimedia. De manera similar a como funciona un buzón de voz, cuando un usuario intentase establecer una videoconferencia con otro y el terminal de este último no estuviera disponible, se conectaría el terminal del primer usuario a un sistema de videoconferencia que grabaría el mensaje del usuario. Al conectar el segundo usuario su terminal, el sistema le suministraría el mensaje, bajo petición, mediante tecnologías de *streaming* (como ocurre cuando se visualiza un vídeo cualquiera).

El concepto de «interacción multimodal» se refiere a la capacidad de emplear varias formas o «modos» de comunicación a la hora de suministrar y obtener información de un servicio. Junto al imparable avance de las capacidades multimedia de los terminales de telefonía móvil, la interacción multimodal se presenta como una pieza clave para el despliegue de una amplia gama de potentes y atractivos servicios para las redes de comunicaciones móviles.

En este capítulo se analizan las principales problemáticas que justifican el tratamiento multimodal de las interfaces, las principales iniciativas en este sentido y los esfuerzos de estandarización que se están llevando a cabo.

17.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LA MULTIMODALIDAD

Las principales líneas de desarrollo para la introducción de la interacción multimodal en los servicios móviles se centran en la integración de dos tendencias hasta el momento disjuntas:

1. El acceso visual a la información, cuyo exponente fundamental hoy por hoy es la navegación web.
2. El acceso vocal a la información, cuyo desarrollo se ha potenciado con la aparición de tecnologías como VoiceXML, que asimilan el desarrollo de servicios vocales a los servicios web.

La integración conseguida en el ámbito del desarrollo y prestación de los servicios se extiende mediante este nuevo concepto a la interacción del usuario, de forma que es posible acceder a los servicios no mediante una interfaz visual pura, sino empleando también las capacidades de entrada y salida de audio que son comunes en casi cualquier tipo de terminal. Así, se permite a los usuarios interactuar con las aplicaciones de múltiples formas:

- Introduciendo información (mediante su voz, usando un teclado, empleando un ratón, a través de un puntero, etc.).

- Recibiendo información (como voz sintetizada, audio grabado, texto plano, gráficos, vídeos, etc.)

Además de mejorar significativamente la capacidad de la interfaz, la multimodalidad produce una mejora importante de las prestaciones en la calidad de los productos basados en reconocimiento (por ejemplo, la combinación del reconocimiento del movimiento de los labios y la voz pueden reducir de forma significativa los errores de un reconocedor en un entorno ruidoso). Todo esto, sin olvidar que los servicios multimodales son esenciales para cubrir la necesidad de rentabilizar las nuevas redes de comunicación móvil 3G y de incrementar el tráfico de datos en las actuales redes móviles.

Ahora bien, la incorporación de nuevas pautas de interacción multimodal en las comunicaciones móviles debe contemplarse como un proceso gradual que vaya aglutinando tanto la integración de nuevas tecnologías, como las necesidades y preferencias de los usuarios. En este sentido, se prevé un progreso continuo desde los mínimos actuales, que permiten a un usuario elegir entre utilizar un modo u otro de forma excluyente (por ejemplo, enviar un SMS o hacer una llamada de voz), pasando por las posibilidades de salto entre modos en una misma sesión (como la consulta durante una llamada de una agenda de direcciones en el móvil), hasta una verdadera libertad en la combinación y cambio de modo (hablar, teclear, marcar, visualizar, etc.) de los terminales que accedan a canales simultáneos de voz y datos.

En este capítulo se analizará el objetivo básico de la interacción natural a través de la multimodalidad, sus beneficios sobre las interfaces unimodales tradicionales, la principal problemática de carácter general que tienen planteada, y las pautas de diseño y modos de operación de los sistemas de interacción multimodal.

17.2. MULTIMODALIDAD E INTERACCIÓN NATURAL

Uno de los principales retos en innovación con que se encuentran las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) es proporcionar vías de acceso simples y naturales a los servicios y aplicaciones de las futuras redes de información construidas sobre la base de las tecnologías del conocimiento. Para conseguir lograr alcanzar el objetivo general anterior es necesario destinar un importante número de esfuerzos en dos líneas de trabajo complementarias [17.1], como son:

1. La definición de tecnologías de diseño, creación y publicación de contenido multimedia, para la amplia variedad de redes de comunicación, fijas y móviles, y nuevos terminales (PDAs, Tablet PCs, teléfonos móviles de tercera generación, etc.).
2. El desarrollo de tecnologías de interfaces que ofrezcan modos de interacción hombre-máquina simples y naturales, que incluyan estrategias inteligentes de adaptación a los usuarios y acceso natural con capacidad multimodal de respuesta a diferentes estímulos.

La problemática asociada al desarrollo de las tecnologías de interfaz debe, en consecuencia, concentrarse sobre la exigencia de ofrecer modos de interacción simples y con un alto grado de naturalidad, adaptados a los futuros terminales y redes de comunicación. Es en este campo donde dichas tecnologías se enfrentan a su mayor reto: buscar la integración de los diferentes modos de comunicación (visual, oral, auditivo, gestual, etc.) para ofrecer nuevas y más potentes vías de interacción con el usuario, que suelen englobarse bajo el término *interacción natural*, superando así las limitaciones de las interfaces actuales.

Siguiendo los trabajos presentados en [17.2], [17.3] y [17.4], se puede decir que el objetivo último de la denominada interacción natural es permitir que los usuarios puedan emplear todos los recursos de comunicación de que disponen, lo que supone recurrir a múltiples modos de interacción. De esta forma, en un contexto determinado, la información de entrada podrá obtenerse de la voz, de un gesto o expresión, o del uso de un dispositivo de entrada como un teclado, un lápiz electrónico o un ratón. Y la información de salida podrá ofrecerse bien a través de voz y audio, o bien a través de la información visual, incluyendo gráficos o vídeos.

Cabe destacar dos aspectos principales que muestran la relevancia del desarrollo de la tecnología de interfaces multimodales:

1. La falta de adecuación de las interfaces visuales actuales a las características de los futuros terminales (teléfonos móviles 3G, PDAs, XDAs, Tablet PCs, etc.)

En lo que se refiere a este primer aspecto, las interfaces visuales actuales, basadas en texto y gráficos, son adecuadas cuando la entrada por teclado permite una recogida rápida y eficiente de información, y se dispone de pantallas amplias que permiten presentar una gran cantidad de información visual y que también permiten al usuario poder concentrar su atención en una determinada región de la pantalla. Sin embargo, las características de los terminales de nueva generación presentan importantes obstáculos a la utilización exclusiva de interfaces visuales, pues incorporan pequeñas pantallas, no poseen teclado o incluyen uno de tamaño reducido y difícil de utilizar, y las condiciones de uso del terminal impiden muchas veces al usuario el empleo de las manos, por ejemplo en los automóviles. Debido a estas limitaciones, se viene dedicando un importante esfuerzo tecnológico al desarrollo de las interfaces vocales. Sin embargo, estas interfaces tienen todavía planteados muchos retos, como se verá en el punto siguiente.

2. La ausencia de alternativas unimodales.

En este segundo aspecto, el empleo de la voz como forma de interacción con los nuevos terminales móviles es una de las vías más prometedoras a las que se está destinando un amplio esfuerzo de investigación (tómese como ejemplo los trabajos realizados dentro del proyecto Aurora [17.5] sobre reconocimiento de habla distribuido). Sin embargo, el empleo exclusivo de la voz no resulta totalmente satisfactorio, mientras que el recurso a una interacción multimodal está comenzando a plantear importantes mejoras por dos motivos principales [17.2]:

- El primero es la importante merma de las prestaciones de una interfaz vocal en situaciones de ruido (donde la tecnología de reconocimiento de habla no permite garantizar un nivel de funcionamiento satisfactorio), así como en aquellas situaciones donde un usuario puede encontrarse incómodo para utilizar la voz en su interacción con el terminal, por ejemplo en presencia de otras personas.
- El segundo hace referencia a la limitación intrínseca que un solo modo de interacción puede suponer a la hora de presentar al usuario determinados tipos de información (por ejemplo, la dificultad que supone la presentación de una larga lista de nombres o realizar la localización en un plano mediante una interfaz exclusivamente vocal). La multimodalidad, con la inclusión de técnicas visuales, puede complementar de una forma eficaz aquellas funcionalidades de difícil accesibilidad desde el control por voz.

A los dos aspectos anteriores puede añadirse también el derivado de las consideraciones relacionadas con las tecnologías de seguridad multimodal. En este sentido, la integración de varios modos de autenticación biométrica (voz, huella, firma, cara, etc.) surge como una de las alternativas más prometedoras para superar las importantes limitaciones tecnológicas de cada modo aislado, y alcanzar así los elevados niveles de seguridad exigidos por el uso y acceso de futuros servicios y aplicaciones seguras.

Una vez revisadas las limitaciones, se deben destacar el gran número de consideraciones prácticas que hacen muy atractivo el uso de las interfaces multimodales. Estas consideraciones pueden agruparse en dos niveles diferentes:

- En un primer nivel se encuentra la multimodalidad, que permite disponer de formas más naturales de interacción con las máquinas. Si bien es cierto que la utilización del adjetivo *natural* empieza a quedar algo desvirtuada en la terminología empleada en la tecnología de interfaces [17.6], pues debe entenderse en su doble vertiente de:
 - Permitir, por un lado, un uso simultáneo de los diferentes modos de comunicación humana (auditiva, visual, etc.), en función de las condiciones ambientales (por ejemplo, de ruido) o de la simple preferencia del usuario (por ejemplo, para disponer de una mayor intimidad).
 - Proponer, por otro, al usuario un modo simple y eficiente de interacción con los sistemas automáticos. Estudios recientes han demostrado que para la realización de una misma tarea, una interfaz basada en la utilización de un lápiz electrónico y la voz es entre 3,2 y 8,7 veces más rápida que una interfaz visual tradicional [17.7], y también un diez por ciento más rápida que una interfaz vocal unimodal [17.8]. Aunque también hay que indicar que cualquier tarea no tiene por qué beneficiarse necesariamente de la multimodalidad [17.9]. En cualquier caso, sí que se puede prever que las interfaces multimodales que combinen varios modos, tales como voz, gestos, punteros, lápices, pantallas táctiles, etc., darán soporte a nuevas aplicaciones en los ter-

minales móviles (teléfonos móviles, PDAs y ordenadores portátiles) y en los denominados entornos virtuales y de computación ubicua [17.10] [17.11], donde los modos actuales (teclado y ratón) son inapropiados.

- En un segundo nivel se encuentran las técnicas de diseño de interfaces multimodales, que permitirán disponer de mecanismos de interacción más robustos y con mayor capacidad de recuperación de errores que una interfaz unimodal. Nuestro lenguaje es por naturaleza ambiguo, por tanto las tecnologías del lenguaje tales como el reconocimiento del habla, el reconocimiento de la escritura o el reconocimiento de los gestos, podrán ir proporcionando mayores prestaciones en su desarrollo tecnológico, pero nunca serán perfectas. Resultados recientes de investigación han mostrado que las interfaces multimodales que integran dos técnicas de reconocimiento imperfectas (reconocimiento de voz y de gestos) pueden proporcionar resultados más precisos que el empleo de una sola de ellas, principalmente debido a su capacidad de desambiguación a partir de la información proporcionada por los diferentes modos de interacción. Pero, además, la disponibilidad de varios modos de interacción proporciona mayores posibilidades en la siempre difícil tarea de recuperación de errores. En este sentido, en [17.12] se argumentan las cuatro razones siguientes:
 - a) Los usuarios seleccionan el modo o modos de interacción que juzgan más robustos para sus características o entornos de operación.
 - b) Como resultado de la razón anterior, los usuarios hacen uso de un lenguaje de interacción más simple.
 - c) Los usuarios tienden a cambiar de modalidad ante la presencia de errores.
 - d) El grado de frustración frente a errores es inferior en las interfaces multimodales que en las unimodales, incluso para los mismos niveles de precisión.

17.3. PROBLEMÁTICA GENERAL DEL DESARROLLO DE INTERFACES MULTIMODALES

Una vez planteado el interés potencial del uso de varios modos de interacción, hay que considerar las dificultades y retos tecnológicos que marcan las principales líneas de investigación y desarrollo en la tecnología de interfaces multimodales. Estas dificultades pueden sintetizarse en las tres siguientes:

1. La problemática derivada de las exigentes necesidades de cómputo que demandan algunos de los modos de interacción. En este sentido, la carga computacional de un sistema de reconocimiento de habla o de un conversor texto-voz hace que sólo pueda disponerse de tales recursos si se incluyen limitaciones importantes para su utilización. Es decir, vocabularios reducidos para el reconocimiento, y baja capacidad y cali-

dad de la voz sintética para el conversor texto-voz. Como consecuencia de ello surge el problema de la distribución de funciones entre el cliente (terminal) y el servidor (red), que recientemente ha hecho cobrar fuerza para el desarrollo de sistemas de reconocimiento y síntesis de voz distribuidos [17.5].

2. El control de interacción multimodal exige desarrollar nuevos paradigmas de gestión de la interacción [17.13]. Un gestor de interacción multimodal es, obviamente, mucho más complejo que, por ejemplo, los gestores de interfaces gráficas o los gestores de diálogo desarrollados para interfaces unimodales visuales y vocales, respectivamente. De una forma simplificada se podría decir que el módulo de gestión de la interacción será el encargado de coordinar el funcionamiento de los módulos de captura y presentación de la información de y hacia el usuario. Como se ha indicado anteriormente, el objetivo a alcanzar es proporcionar a los usuarios una interacción simple y natural con el sistema. Pero aun siendo este componente un elemento crítico, el nivel de desarrollo tecnológico de sistemas de gestión multimodal no está tan evolucionado como el de las tecnologías base. En el caso particular de los sistemas multimodales, cobra gran importancia la dificultad vinculada al control temporal o sincronismo de los diferentes eventos asociados a los distintos modos de interacción posibles. Para ilustrar esta importante problemática hay que reseñar que el consorcio W3C, que mantiene una importante línea de actividad vinculada a la multimodalidad, establece tres niveles de sincronismo, de dificultad creciente [17.14]:

- a) *El nivel de multimodalidad secuencial*, donde en cada interacción sólo es posible un modo, no varios simultáneos. En la **Figura 17-1** se muestra un ejemplo de este nivel de interacción multimodal.
- b) *El nivel de multimodalidad simultánea no coordinada*. Este nivel contempla la activación de más de una modalidad por interacción,



Figura 17-1: Ejemplo de multimodalidad secuencial

pero no contempla un procesado integrado, sino un procesado independiente en orden aleatorio.

- c) *El nivel de multimodalidad simultánea coordinada.* Este nivel contempla la activación simultánea de varios modos y un procesado complementario de información procedente de diferentes modos. Este último nivel exige establecer procesos de sincronización complejos, que, generalmente, deben establecerse a partir de procesos de aprendizaje de tiempos de respuesta de los usuarios.
3. La complejidad de la integración de las tecnologías que dan soporte a los diferentes modos de interacción con el usuario, que se podrían denominar tecnologías de base. Entre estas tecnologías de base se pueden encontrar tecnologías tan diversas y complejas como las tecnologías del habla (el reconocedor de habla, el reconocedor de idioma y el conversor texto-voz) o las tecnologías de identificación biométrica (el reconocimiento de locutor, el reconocimiento de huella, el reconocimiento de firma, etc.). El diseño de arquitecturas de integración flexibles para incorporar las diferentes tecnologías de base, el desarrollo de modelos de integración de resultados (su interpretación y desambiguación), y el planteamiento de nuevos conceptos y metodologías de diseño de interfaces multimodales, son tres de los principales retos de carácter abierto de la compleja tecnología de interfaces multimodales [17.15] [17.2].

Unido a las dificultades anteriores, de carácter más científico-tecnológico, se encuentra la fuerte presión actual en innovación tecnológica que exige disponer de resultados industrializables a corto plazo, los cuales deberán permitir que se puedan ocupar posiciones de privilegio frente a futuras expectativas de negocio. Esta dinámica está originando la aparición de importantes estándares de facto que polarizan muchos de los esfuerzos y recursos de desarrollo tecnológico en este ámbito.

Por último, también se puede destacar otro de los principales retos planteados a las tecnologías de interfaz: la exigencia de una operatividad sobre los entornos hardware y software de los futuros terminales móviles. Durante los últimos años han adquirido gran popularidad los *handheld computers* (PDAs y Pocket PCs), pequeños ordenadores que requieren un nuevo paradigma de interacción hombre-máquina (*Human-Computer Interaction*, HCI), ya que los dispositivos de entrada tradicionales (teclado y ratón) son demasiado grandes para ellos. Una primera respuesta ha sido lo que se conoce como *pen computing*, es decir, ordenadores cuyo principal mecanismo de entrada es un lápiz con el que se puede escribir y señalar en la pantalla. En la actualidad están surgiendo con fuerza nuevos ordenadores, conocidos como Tablet PC, algo más pequeños que un ordenador portátil tradicional, que suelen incluir un teclado, pero que pueden funcionar también sin él ya que incluyen un lápiz similar a los que utilizan los Pocket PCs y PDAs.

17.4. DISEÑO DE INTERFACES MULTIMODALES

En esta sección se presentan las principales consideraciones que marcan las directrices de diseño de las futuras interfaces multimodales. Particularmente se describen los aspectos relacionados con los componentes que entran en juego en un sistema multimodal y en sus diferentes modos de operación.

17.4.1. Componentes de un sistema de interacción multimodal

Para la descripción genérica de los componentes que intervienen en un sistema de interacción multimodal se pueden seguir las pautas establecidas dentro del grupo de trabajo de interacción multimodal del W3C [17.13].

De este modo, tal y como muestra la **Figura 17-2** de una forma global, se pueden identificar en un sistema multimodal los siguientes componentes básicos:

- *El usuario.* Interacciona con el sistema a través de eventos y acciones, y recibe información a través de los diferentes modos de presentación.
- *El módulo de entrada.* Presenta al usuario los modos posibles de acción hacia el sistema, haciendo uso de su voz, mediante escritura, tecleando, a través de un puntero sobre la pantalla, etc. Este módulo integra el componente de reconocimiento (de habla, escritura, teclado, puntero o marcador, etc.) y los componentes de interpretación e integración que se encargan de proporcionar un «significado» a cada interacción o conjunto de interacciones recibidas del usuario. Es importante resaltar el gran esfuerzo que se está realizando para establecer estándares de representación de información semántica que garanticen la compatibilidad entre servicios y aplicaciones, como es el caso del formato EMMA [17.16].
- *El módulo de salida.* A través de este módulo el usuario recibe información en formato de texto, gráficos, voz, audio, animación, etc., según el formato óptimo de presentación de información que determinan los componentes de generación y de estilo. La información de salida podrá incorporar tanto información gráfica como la voz generada por un conversor a partir de texto e información prosódica CCS [17.17].

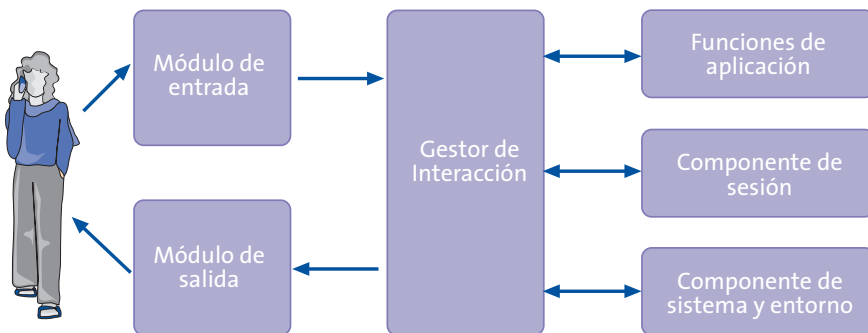


Figura 17-2: Componentes básicos de un sistema multimodal

- *El gestor de interacción.* Es el módulo que coordina la información y gestiona el flujo de ejecución a partir de los componentes de los objetos de interfaz asociados a los diferentes modos de entrada y salida. En algunas arquitecturas el gestor de interacción puede ser un componente único, mientras que en otras puede estar formado por la combinación de varios gestores distribuidos en procesos y terminales diferentes.
- *El componente de sesión.* Proporciona una interfaz al gestor de interacción para soportar la gestión de estados, así como las sesiones temporales y persistentes en las aplicaciones multimodales. Es un componente necesario para escenarios de operación como son las aplicaciones que se ejecuten en varios terminales, o las aplicaciones basadas en el concepto de sesión (juegos multijugador, *chats* multimodales, etc.).
- *El componente de sistema y entorno.* Permite que el gestor de interacción conozca y responda a los cambios que se producen en las capacidades y propiedades del terminal o dispositivo, a las preferencias del usuario, o a las condiciones ambientales.

17.4.2. Modos de operación de un sistema de interacción multimodal

Desde una perspectiva amplia se puede considerar que el principal modo de operación de los sistemas multimodales consiste en añadir voz a los datos, y datos a las aplicaciones vocales que se ejecutan sobre las redes inalámbricas. Como ya se ha destacado anteriormente, al menos inicialmente, las aplicaciones multimodales buscan combinar formas de interacción típicas de PCs (pantalla, teclado, ratón, vídeo, etc.) con las propias de la telefonía, a través de audio, utilizando síntesis y reconocimiento de habla. El objetivo último es desarrollar aplicaciones capaces de interactuar de forma transparente a través de una amplia gama de terminales de acceso, en cualquier modo o modos que el usuario prefiera o necesite. Los tres modos de trabajo típicos (representados gráficamente en la **Figura 17-3**) para los diferentes niveles de operación multimodal son:

1. *El modo de operación basado en servidor*

A corto plazo, el modo de operación multimodal que se plantea con un potencial más inmediato es el diseño de aplicaciones que operen presentando información gráfica en una pantalla como respuesta a comandos vocales. Este modo de operación, que puede verse como una solución de compromiso para las redes 2,5 GPRS/GSM, en espera de la llegada de las aplicaciones 3G, se plantea como «basado en servidor». Desde una perspectiva industrial presentan interés las aplicaciones multimodales sobre Pocket PCs o híbridos teléfono/PDA trabajando sobre redes inalámbricas 802.11b, incluso se catalogan de multimodales las aplicaciones sobre las redes 2G que combinan SMS con voz; por ejemplo, un directorio telefónico al que se accede por voz y que envíe el número de teléfono solicitado al móvil mediante SMS.

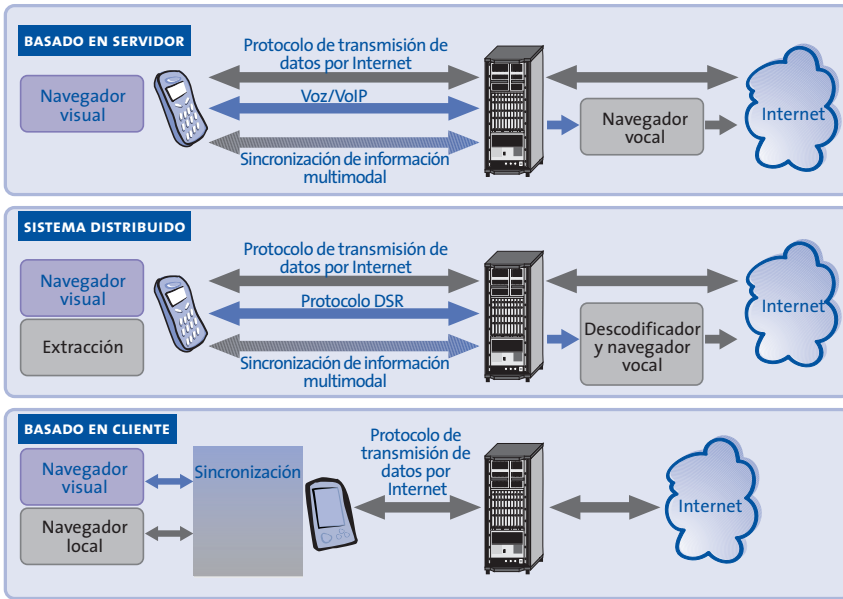


Figura 17-3: Modos de operación de un sistema de interacción multimodal

Pero dejando a un lado determinadas aplicaciones particulares y más restringidas, puede afirmarse que la mayoría de las aplicaciones para modos de operación «basados en servidor» corresponden a lo que se denomina «multimodalidad secuencial». Lo más habitual es combinar WML y VoiceXML sobre un terminal estándar WAP, por lo que dado que WAP y la voz no pueden viajar por la misma llamada, se precisa un modo de operación secuencial.

2. El modo de operación asociado a un sistema distribuido

Avanzando hacia los modos de trabajo que permitan una multimodalidad simultánea, se pueden encontrar experiencias piloto basadas en Pocket PCs conectados a redes WiFi (aunque también serían factibles para el ancho de banda de 2,5G). En este caso la voz y los datos viajan por el mismo enlace y pueden trabajar en paralelo. Como principal innovación para este modo de operación se encuentra la incorporación de lo que se denomina «reconocimiento de habla distribuido», o DSR (*Distributed Speech Recognition*) [17.5].

En lo que se puede denominar modo de operación asociado a un «sistema distribuido», el cliente incorpora parte de las tareas del sistema de reconocimiento de habla. Concretamente realiza la extracción de características de la voz sobre las que se llevará a cabo, en el servidor, el proceso de reconocimiento. Esto supone un aumento en las prestaciones del reconocedor (menor número de errores de reconocimiento) al realizar la *parametrización* de la voz sobre la señal de mayor calidad disponible en el cliente, evitando las distorsiones debidas a la codificación y transmisión. Además, el ancho de banda necesario para DSR puede

reducirse a 4,8 kbit/s, dejando suficiente margen para el despliegue de potentes aplicaciones multimodales.

3. *El modo de operación basado en cliente*

Para estos últimos modos de operación se empezó a concebir un modo de operación «basado en cliente», situándose en este caso tanto la navegación vocal como la visual en el terminal, que incorporará, por tanto, todo el control y sincronismo necesario para la integración de los diferentes modos de interacción. El mayor freno para este modo de operación lo imponen las exigentes necesidades de potencia de cálculo que demandan los sistemas de reconocimiento de habla con grandes vocabularios, o la memoria y cálculo exigidas para disponer de la elevada calidad de los conversores de voz de última generación (síntesis por corpus).

En consecuencia, junto a los tres modos de operación descritos, también se plantean modos mixtos que incorporen, por ejemplo, un modo «basado en cliente» para tareas sencillas que requieran reconocimiento de pequeños vocabularios o esquemas de síntesis de voz simples, recurriendo a un funcionamiento «basado en servidor» para aquellas otras tareas que necesiten recursos de tecnología del habla más potentes.

17.5. EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS MULTIMODALES

La evolución de las tecnologías de interacción multimodal pasa por extender la funcionalidad derivada de la combinación de «modos» de interacción más allá de la combinación de información visual y vocal, incorporando los nuevos mecanismos de interacción que se indican en los puntos siguientes.

17.5.1. Reconocimiento audiovisual

El reconocimiento audiovisual, AVSR (*Audio-Visual Speech Recognition*), es un campo tecnológico de gran atractivo para el desarrollo de futuros sistemas de interacción multimodal. Desde hace ya algunos años se viene asistiendo al desarrollo de sistemas experimentales de reconocimiento de voz que al integrar información visual muestran un aumento significativo de sus prestaciones comparadas con las de los sistemas de reconocimiento estándar [17.18]. La utilización combinada de la información acústica y visual, que se muestra en la **Figura 17-4**, encuentra su fundamento en estudios experimentales [17.19] que demuestran la mayor capacidad que tienen las personas en la discriminación de sonidos cuando se dispone tanto de la información acústica como de la visual. Adicionalmente, el uso de información visual proporciona a un sistema de reconocimiento un conjunto de características que no se ven afectadas por el principal problema del reconocimiento: la presencia de ruido.

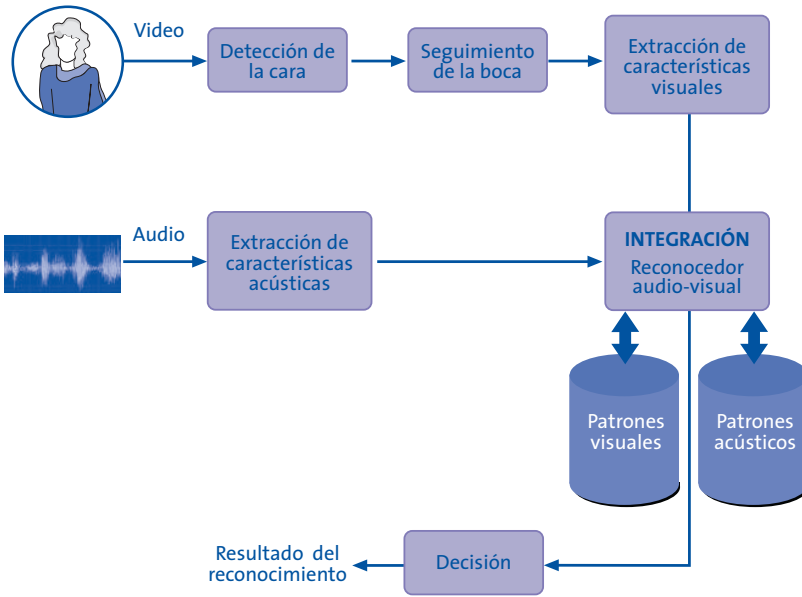


Figura 17-4: Sistema de reconocimiento audiovisual

De este modo, se puede afirmar que un sistema AVSR plantea la integración de características acústicas y visuales para mejorar las prestaciones de los sistemas de reconocimiento en entornos ruidosos.

17.5.2. Síntesis audiovisual

Junto con la integración de entradas acústicas y visuales, otro campo de gran interés es el relacionado con la integración de voz con caracteres animados para proporcionar información de salida al usuario. En este caso la problemática se concentra en la integración de audio, voz pregrabada o síntesis de voz (conversión texto-voz), con sistemas de animación de caras y cuerpos.

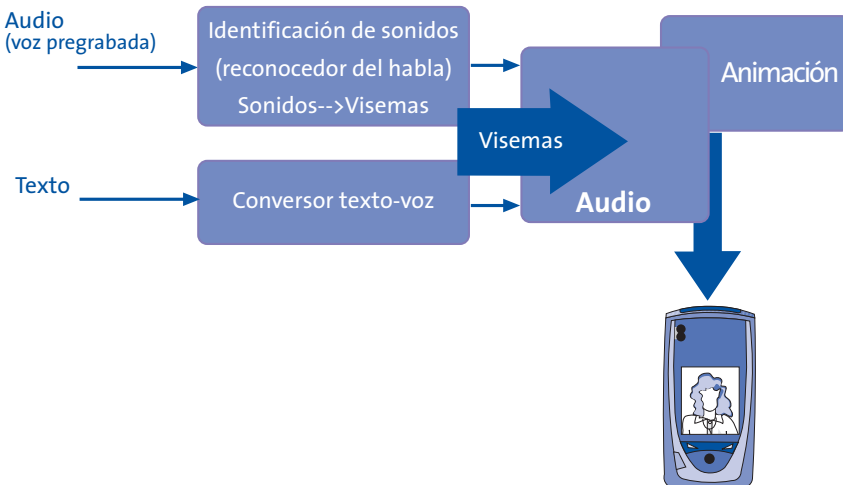


Figura 17-5: Sistema de síntesis audiovisual

Los sistemas de animación de cara y cuerpo cuentan ya con un importante esfuerzo de desarrollo tecnológico, que se manifiesta en la consideración realizada dentro de determinados estándares como el MPEG-4 [17.20]. La funcionalidad básica de un sistema de síntesis audiovisual, representada de forma esquemática en la **Figura 17-5**, se puede contemplar tanto a partir de una señal de voz pregrabada como en conjunción con un conversor texto-voz. En el primer caso será necesario disponer de un sistema de reconocimiento de habla que identifique de forma automática, a partir de la señal de voz, los sonidos que deba representar la cara animada. La representación, que para cada sonido pronunciado debe reflejar la boca de la cara animada, se denomina visema. En el segundo caso, al utilizar un conversor texto-voz será éste el que proporcione la información que permita realizar la animación. Este último caso se realiza habitualmente a partir de los códigos de los visemas que proporciona de manera síncrona el conversor texto-voz según va procediendo a la lectura del texto de entrada.

17.5.3. Verificación de locutor multimodal

Los sistemas actuales de reconocimiento de locutor se basan en la información de bajo nivel de la voz y en la energía del espectro, además utilizan ventanas de análisis cortas (de 20 a 30 milisegundos). Sin embargo, hay una gran cantidad de información de alto nivel disponible que se podría utilizar y que proporcionaría mayor robustez, dado que la información de bajo nivel es mucho más sensible al ruido y a la influencia del canal. Además, dicha información de alto nivel se situaría en un plano de conocimiento ortogonal a la de bajo nivel, por lo que se conseguiría un efecto aditivo de ganancia de información.

Como ejemplos de información de alto nivel se podría considerar la velocidad del habla, los patrones temporales, los patrones de entonación, el uso de palabras o frases idiosincrásicas, las pronunciaciones idiosincrásicas, la risa, etc. La integración de alguna de estas fuentes proporcionaría una mayor fiabilidad en el reconocimiento robusto de locutores.

Los terminales móviles de tercera generación llevan integrados dispositivos de captación de imagen, característica que permite utilizar el reconocimiento de cara para autenticar a los usuarios. La mayor complicación de estos sistemas de verificación viene derivada por la elevada dimensión del espacio de características de la imagen; por ejemplo, en una imagen de 128x128 píxeles la dimensión del espacio sería de 16.384 componentes. Debido a esto, es necesario el uso de técnicas que permitan reducir la dimensión del espacio en el que se realizaría el análisis. La técnica más utilizada para llevar a cabo esta reducción es la del análisis en componentes principales.

Esta técnica se fundamenta en la descomposición en autovalores y autovectores (*eigenfaces*) de la matriz de covarianzas de un conjunto de entrenamiento formado por imágenes frontales de la cara de un conjunto de individuos. La **Figura 17-6** muestra tres *eigenfaces* obtenidas al procesar las imágenes de seis usuarios distintos. La importancia de cada autovector a la hora de explicar la



Figura 17-6.
Tres «eigenfaces» obtenidas al procesar las imágenes de seis usuarios

variabilidad en la estadística de la imagen de entrada se cuantifica a partir de su autovalor asociado (que se puede interpretar como la información que resalta las características particulares o específicas de la cara de cada usuario).

El reconocimiento de caras mediante *eigenfaces* debe compensar una gran cantidad de factores de variabilidad en la distribución de los píxeles para originar una misma cara con posturas distintas, fuentes de iluminación variables, o cambios en lo que la cara «leve puesto» (barba, gafas, maquillaje, paso del tiempo, etc.). Debido a la gran cantidad de factores de variabilidad que están presentes en los sistemas de reconocimiento de caras, es conveniente combinarlo con un sistema de reconocimiento de locutor para poder conjugar los estadísticos obtenidos por cada uno de los módulos y conseguir sistemas robustos.

17.5.4. Sistemas de gestión de diálogo multimodales

La evolución de la interacción hombre-máquina no sólo contempla el aspecto «externo» que supone la incorporación de accesos multimodales, sino que se adentrará en un inexplorado camino hacia los *sistemas cognitivos o evolutivos y proactivos*.

Estos sistemas no se limitan a dar al usuario una respuesta ajustada a su petición, sino que la interacción petición-respuesta se caracteriza por la combinación de un entorno multimodal con una o varias de las acciones siguientes:

- El sistema intentará complementar la petición con *subtareas* relacionadas con la petición principal y aceptará la iniciativa del usuario cuando éste lo requiera (*sistema de diálogo colaborativo de iniciativa mixta*).
- El sistema o partes de él serán capaces de modularizarse en *subdiálogos expertos*, y admitir la utilización de estos en cualquier momento de su funcionamiento.
- El diseño del sistema incluirá módulos que faciliten la interacción hombre-máquina y la rápida obtención del objetivo marcado. En este caso, el sistema conseguirá generar un servicio *proactivo*, que hará sugerencias, acciones, dará información, ayuda y se adelantará a las peticiones del usuario. De esta manera se guiará al usuario en la obtención rápida de la tarea o en enlazar una tarea con otra, consiguiendo así mayor eficacia.
- Los futuros servicios serán capaces de detectar errores y cambios de opinión o confusiones del usuario, así como del propio sistema, actuando en consecuencia para subsanarlos. Por tanto serán *servicios autocrí-*

ticos y autorregulados, que corregirán o notificarán errores, tanto a los usuarios como a los diseñadores.

- Los nuevos sistemas marcarán un mapa de cada usuario y serán *personalizados*, con las preferencias que se desprendan del uso del sistema por el usuario y de las preferencias que el usuario exprese libremente al sistema de forma natural y en tiempo real.
- Los servicios automáticos del futuro estarán diseñados con *sistemas cognitivos o evolutivos*, que con la experiencia adquirida en tiempo de ejecución mejorarán su funcionamiento. De este modo, por un lado, aprenderán el conocimiento de una manera estructurada y relacionada (ontologías), y, por otro, aprenderán con la experiencia o adquisición automática de los ciclos objetivo-percepción-acción (objetivo marcado, percepción de la situación, acción llevada a cabo).
- Por último, poniendo a la tecnología en los límites de la investigación más avanzada, los sistemas del futuro podrán *reflexionar y crear nuevos objetivos y conocimientos*, cuando la interacción hombre-máquina no tenga un objetivo enfocado y satisfactorio dentro de la aplicación.

17.6. INICIATIVAS DE ESTANDARIZACIÓN DE LAS INTERFACES MULTIMODALES

Las principales iniciativas en el campo de la estandarización de las interfaces multimodales se encuentran en la formalización de los lenguajes de representación de dichas interfaces. El W3C, a través de la *Multimodal Interaction Activity* [17.4], se ha centrado en canalizar múltiples iniciativas de la industria, cuyo objetivo pretende, según su propia definición, «permitir múltiples modos de interacción (auditiva, visual y táctil) que permitan a los usuarios suministrar información empleando su voz o sus manos mediante una pantalla táctil, teclado, ratón o puntero. Para recibir la información los usuarios podrán escuchar voz sintetizada o grabada, y visualizarla mediante una representación gráfica».

Dentro de esta iniciativa compiten dos propuestas alternativas que presentan un alto interés, ya que cuentan con un amplio respaldo industrial e intentan homogeneizar las metodologías de diseño, potenciando la facilidad de configuración y abriendo las puertas a un rápido despliegue de nuevos servicios y aplicaciones. Estas dos propuestas alternativas son:

- *La propuesta X+V (xHTML+VoiceXML)*. Está promovida por IBM, Opera y Motorola [17.21], y propone la representación de los diálogos multimodales a través de la combinación de dos lenguajes preexistentes en la interacción unimodal: XHTML, como estándar para la representación de información visual y VoiceXML [17.22], como elemento que define la interacción basada en voz. La integración de ambos modos de interacción se realiza a partir de la especificación XML-Events del W3C [17.23].
- *La propuesta SALT*. Está promovida por Microsoft, Cisco, Comverse, Intel, Philips y SpeechWorks, y propone una extensión de HTML, y

otros lenguajes de marcado (cHTML, XHTML y WML), que añade una interfaz vocal a las páginas web existentes aprovechando las ventajas del modelo de desarrollo de aplicaciones web [17.24]. Las marcas definidas en este lenguaje han sido diseñadas para su empleo tanto para la navegación exclusivamente vocal (por ejemplo, el acceso telefónico) como para la navegación multimodal. SALT se compone de un pequeño conjunto de etiquetas XML, con un modelo de objetos, propiedades, eventos y métodos asociado, que puede emplearse en conjunción con un documento basado en marcas derivadas de SGML, aplicando de esta forma la funcionalidad vocal al mismo con independencia de su naturaleza.

De este modo, la etiqueta *<prompt>* se utiliza para la configuración y reproducción de voz sintetizada y audio pregrabado; la etiqueta *<listen>* se usa para la configuración, ejecución y procesado de reconocimiento de voz, así como para la grabación de audio; la etiqueta *<dtmf>* se usa para la configuración y control de la recogida de dígitos multifrecuencia (esta funcionalidad está orientada a entornos de navegación vocal basados exclusivamente en el empleo de teléfonos); y, por último, la etiqueta *<smex>* se utiliza para comunicaciones de propósito general con componentes de la plataforma.

Como resumen a lo expuesto, puede decirse que las previsible necesidades de disponer de vías rápidas de desarrollo de interfaces multimodales fuerzan la convergencia e integración de los navegadores web y los navegadores de voz. En esta dirección se están concentrando importantes esfuerzos de estandarización dentro del IETF [17.25], dirigidos a definir procedimientos de transmisión de eventos sobre SIP (*Session Initiation Protocol*). Con ello se persigue que los eventos puedan llevar datos asociados y, por tanto, permitan ser utilizados en el control de un amplio conjunto de acciones vinculadas a diversos modos de interacción. Sin embargo, a pesar del interés de este tipo de iniciativas de carácter horizontal, existe el importante escollo del rápido nacimiento de nuevas patentes e iniciativas comerciales propietarias que generalmente plantean soluciones particulares.

En otro ámbito de desarrollo, menos condicionado por la presión de una rápida salida al mercado, se encuentran los entornos de trabajo abiertos, que buscan aunar los esfuerzos en la incorporación de los trabajos de investigación más avanzados. En este entorno aparece el entorno DARPA Communicator en Estados Unidos [17.26], el proyecto SmartKom en Alemania [17.27] y el proyecto europeo CLASS [17.28], encuadrado dentro de los proyectos de tecnologías del lenguaje humano (*European Human Language Technologies*).

La evolución de las tecnologías digitales, y más en concreto el enfoque comercial que las empresas han visto en Internet, ha propiciado que se haya encontrado en los portales digitales una forma rápida, barata y flexible de desarrollar el negocio. A lo largo de la última década, las empresas realmente han podido comprobar que poner a disposición de sus clientes servicios de valor añadido digitales que faciliten la autogestión de sus productos, aparte del ahorro directo de costes, ha ampliado el ámbito del negocio más allá del hasta ahora restrictivo horario comercial.

En este capítulo se analiza la problemática del acceso a los portales desde los dispositivos móviles, sobre todo en lo que se refiere a las implicaciones que en este entorno tienen la personalización, la adaptación de formatos y las tecnologías habilitadoras.

18.1. PROBLEMÁTICA DE LOS PORTALES MÓVILES

Desde el punto de vista de la relación con el cliente, las empresas han descubierto que disponer de un portal en Internet, aparte de proporcionarles un nuevo canal para el negocio, también les ha abierto un flujo directo de comunicación con sus clientes. En este sentido, a través del portal las empresas pueden mantener informados a sus clientes, de una manera simple, rápida y sobre todo dinámica, de las últimas novedades sobre sus productos, estableciendo políticas de campañas y promociones de ámbito general, e incluso las pueden hacer segmentadas (*marketing one-to-one*).

Puede decirse que las empresas han dejado de ver los portales en Internet como una inversión de futuro, y han encontrado una potente herramienta para ejecutar su fuerza de ventas y estrechar la relación con sus clientes. Aunque la viabilidad es clara, aún siguen existiendo factores económicos y técnicos que pueden influir en el éxito a la hora de definir e implantar un portal que actúe como ventanilla digital del negocio convencional.

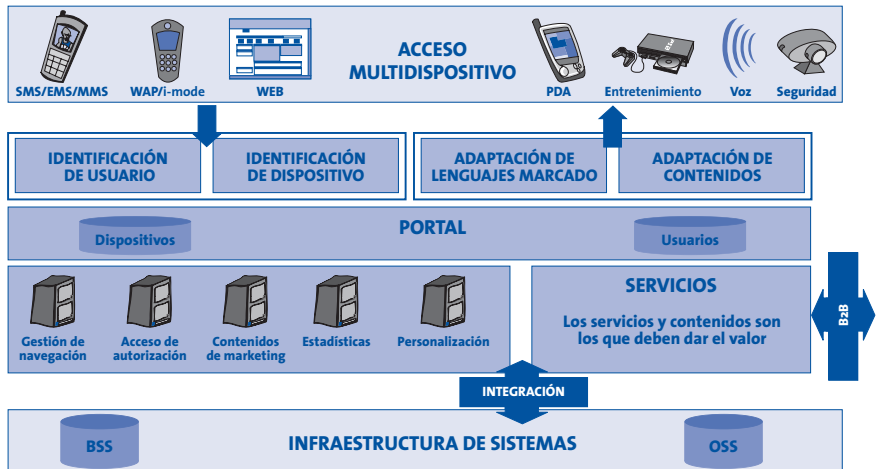
Con la llegada hace unos años de la tecnología móvil, y más en concreto, cuando recientemente se ha podido disponer de capacidades de transmisión con un mayor ancho de banda (GPRS y la inminente UMTS), se han ampliado los canales de comunicación digitales con los clientes. Todo ello ha permitido no sólo romper con la barrera horaria sino también con la de ubicación geográfica, y ha proporcionado una accesibilidad sin ningún tipo de limitaciones (disponibilidad 24 horas al día desde cualquier lugar).

Ahora bien, aunque la tecnología móvil presenta innumerables posibilidades para el presente y futuro desenvolvimiento del negocio, hasta hace poco sólo la mensajería y los servicios desarrollados sobre ella (descarga de tonos, logos, televoto, etc.) han proporcionado una penetración aceptable en el mercado. Una de las principales barreras para su expansión ha sido, aparte de la velocidad de acceso ya superada con la llegada de GPRS y UMTS, el disponer de una amplia disparidad de dispositivos con características propias y particulares. Ello se ha debido, en gran parte, a que se ha producido una incesante evolución de la tecnología móvil que no ha permitido disponer de un marco de estandarización suficientemente cerrado. Este escenario ha obligado a realizar grandes inversiones para poder ofertar contenidos y servicios que lleguen al mayor número posible de personas, llegando en muchas situaciones a tener que reescribir un mismo servicio para diferentes tecnologías y dispositivos de acceso.

Para conseguir el éxito será necesario disponer de portales que reduzcan la duplicidad de componentes, de modo que un servicio o contenido pueda ser creado una sola vez y estar disponible para los diferentes canales de acceso (portales multidispositivo). Para ello, se debería:

- Dejar en manos de las operadoras las particularidades de las tecnologías de acceso y las inversiones en los elementos más cercanos a la red (*gateways*, *proxies*, SMSC, etc.). De este modo, a la hora de crear el portal sólo se dispondrá de un punto de entrada único, al que se le puedan proporcionar diferentes salidas en función del dispositivo de acceso.
- Identificar de modo centralizado al usuario y al dispositivo de acceso para poder realizar las adaptaciones necesarias en cuanto a filtrado de contenidos, acceso a servicios, adaptación a dispositivo, generación de lenguajes de marcado y aplicación de reglas de personalización.
- Generar servicios donde la lógica de negocio esté separada de la lógica de presentación, de modo que un mismo servicio o contenido pueda ser adaptado a los diferentes canales de acceso, sin que esto implique disponer de replicación de servicios, con los ahorros de costes y tiempo asociados.
- Disponer de contenidos multimedia atractivos que fomenten el uso del portal, pudiendo disponer de diferentes versiones que se ajusten a las particularidades (reescalado, formato, tamaño, paleta de colores, etc.) de cada dispositivo de acceso.
- Aplicar la personalización y una gestión centralizada de la navegación que faciliten la localización de los contenidos y eviten los problemas

Figura 18-1:
Arquitectura de un portal móvil



derivados del reducido tamaño de las pantallas, consiguiendo de esta forma portales eficientes y fácilmente utilizables.

- Disponer de estadísticas de accesos al portal que permitan obtener medidas de la calidad de servicio que ayuden a tener una gestión flexible del negocio.
- Proporcionar al personal de marketing una gestión centralizada que permita incluir promociones, o cualquier otra información que pueda interesar a los usuarios y permita obtener un marco idóneo para fomentar el negocio.
- Habilitar APIs e interfaces unificadas que faciliten el acceso de los servicios a los sistemas de *back-office*, reduciendo los tiempos de desarrollo y los problemas de seguridad en el núcleo del negocio.

La **Figura 18-1** muestra, desde un punto de vista conceptual, los distintos niveles en los que puede descomponerse un portal móvil genérico.

En los puntos siguientes se describen en mayor profundidad aquellos aspectos que se encuentran asociados a las particularidades concretas de la tecnología móvil y que requieren un tratamiento especial.

18.2. LENGUAJES DE MARCADO PARA PORTALES MÓVILES

Los terminales móviles, al igual que se hace desde un PC con un navegador web, disponen de un micronavegador con el cual se solicitan a los servidores páginas que permiten la navegación a través de enlaces. Con esto se consigue llevar a los terminales móviles los servicios de datos disponibles en Internet.

Las peticiones en las diferentes tecnologías de acceso móvil (WAP 1.x, WAP 2.0 e i-mode) se realizan bajo el protocolo HTTP. Sólo en el caso de WAP las páginas se descargan codificadas en el canal de transporte utilizado, siendo el micronavegador del móvil el que las descodifica. Para realizar esto, es necesario que exista un equipo intermedio, denominado *gateway WAP* (pasarela WAP), que

entienda el protocolo WAP del móvil y lo convierta a protocolo de Internet para enviárselo al servidor web.

En el caso particular de WAP 2.0, por compatibilidad con los terminales WAP 1.x, se sigue soportando, adicionalmente a las peticiones HTTP, la pila de protocolos WAP.

Los lenguajes de marcado específicos para los terminales móviles ofrecen capacidades similares a las de HTML, pero adaptadas a las particularidades y limitaciones de visualización e interacción de este tipo de terminales. Los diferentes lenguajes de marcado disponibles son:

■ *El lenguaje WML (Wireless Markup Language)*

Es un lenguaje de marcas basado en XML, lo cual implica que las páginas, a diferencia de HTML, deben estar bien formadas (cada vez que se abre un *tag* o marca, ésta posteriormente debe ser cerrada). La respuesta recibida por un terminal WAP ante cualquier petición se asocia a un *deck* (bloque de todo el contenido enviado al terminal y delimitado por las marcas «<wml></wml>»), que puede incluir varias *cards* (cada página que se presenta al usuario y que se delimita por las marcas «<card></card>»). La navegación entre éstas no implica una nueva petición al servidor.

Los terminales WAP disponen de un micronavegador WML, aunque también puede estar implementado en PDAs o en *smartphones*.

Uno de los principales problemas asociados a WML es que no existe un estándar definido para los navegadores. Hay muchos fabricantes de móviles y cada uno ha optado por navegadores específicos, muy dependientes del hardware, creando terminales con características muy dispares.

■ *El lenguaje CHTML (Compact HTML)*

Es un subconjunto del lenguaje HTML que contiene la gran mayoría de las etiquetas estándar de esta especificación, y eliminando todas aquellas que excedan de las necesidades y posibilidades de las aplicaciones móviles. Este lenguaje está diseñado según las recomendaciones de la W3C para HTML, que define al HTML compacto como un subconjunto de HTML 2.0, HTML 3.2 y HTML 4.0. Por lo tanto, es una solución a medida creada para ajustarse a las necesidades y restricciones de los móviles y DAS, con las siguientes características:

- Se dispone de poca memoria, generalmente de 128 a 512 kilobyte de RAM y de 512 kilobyte a 1 megabyte de ROM.
- Se dispone de poca capacidad de proceso, con CPUs de 1 a 10 MIPS.
- Se dispone de un *display* pequeño, de 50 x 30 puntos, 100 x 72 puntos o 150 x 100 puntos.
- El número de colores es reducido.
- Se dispone de poca resolución gráfica.
- Se dispone de pocas fuentes de tipo de letra, generalmente un solo tipo.
- La entrada de datos es restringida, ya que normalmente sólo se dispone de teclado numérico y teclas de control.

- *El lenguaje I-HTML*

Es el lenguaje de marcado utilizado en *i-mode* y que está basado en el lenguaje HTML Compacto (CHTML) especificado por el *World Wide Web Consortium* (W3C). A esta versión simplificada del lenguaje HTML (CHTML), la operadora japonesa NTT DoCoMo, propulsora de *i-mode*, ha añadido una serie de funcionalidades extra, creando el lenguaje i-HTML.

El contenido de los servicios i-HTML es enviado al *proxy i-mode* por unos servidores que usan el protocolo HTTP. El *proxy i-mode* es el elemento equivalente al *gateway* WAP, y es el encargado de entregar el contenido a los teléfonos *i-mode* a través de la red GPRS.

A la hora de generar páginas *i-mode* los principales recursos disponibles son las imágenes en color, las animaciones, el texto con efectos, los pictogramas (iconos gráficos que residen en el propio terminal), etc. Con el lenguaje i-HTML se pueden enriquecer los contenidos y mejorar la navegabilidad por los servicios y menús.

- *El lenguaje XHTML Mobile Profile*

Se trata de una extensión del perfil básico del lenguaje XHTML adaptado a los terminales móviles WAP 2.0. Este formato es totalmente distinto al WML 1.x y representa la evolución de este lenguaje de marcado, que a día de hoy puede decirse que ha quedado obsoleto.

Una característica importante soportada por los terminales WAP 2.0 es el uso de WAP CSS, que es básicamente un subconjunto de CSS2 definido por el W3C (este soporte es tanto para los CSS externos como para los incluidos en la propia página XHTML). En este lenguaje también se dispone, al igual que en *i-mode*, de pictogramas que pueden ser referenciados desde páginas XHTMLMP, con el consiguiente enriquecimiento de páginas y ahorro de ancho de banda.

Adicionalmente, y con objeto de guardar la compatibilidad con los terminales WAP 1.x, en WAP 2.0 también se dispone del lenguaje WML2 (este lenguaje ha sido creado únicamente para guardar la compatibilidad con WML 1.x, pero no se recomienda su uso en la creación de nuevos contenidos). Se trata de unas extensiones añadidas al lenguaje XHTMLMP para que pueda realizar las mismas funciones que hacía el WML, ya que no se pueden implementar con el nuevo XHTMLMP añadido el WAP CSS. Una de las propuestas que realiza en este caso el WAP Forum es migrar todas las páginas WML 1.x a este lenguaje. De todas formas, determinados fabricantes, como es el caso de Nokia, ya han comentado que no soportarán este estándar y que implementarán terminales con micronavegadores duales que soporten directamente WML 1.x.

Para que los servicios y contenido sean accesibles por el mayor número de dispositivos, una buena práctica a la hora de desarrollarlos es aislar la capa de presentación de la capa de lógica de negocio, propiciando que esta última devuelva la información en lenguaje XML. De este modo, el nivel de presentación puede

generar el lenguaje de marcado correspondiente en función del dispositivo de acceso utilizado.

18.3. ADAPTACIÓN DE LOS CONTENIDOS AL TERMINAL

La existencia de diversos canales y tecnologías de acceso (SMS, WAP, i-mode, WAP 2.0, MMS, etc.) ha originado que se deba hacer frente a múltiples consideraciones técnicas con el fin de ofrecer servicios que dispongan de garantías de éxito entre los usuarios finales.

La adaptación de contenidos busca, por un lado, reducir los costes y esfuerzos necesarios para mantener diferentes versiones de un mismo contenido multimedia para los diferentes dispositivos, y, por otro, garantizar la interoperabilidad entre los diferentes terminales existentes. De esta forma, cualquier contenido debería ser visualizado de forma óptima de acuerdo a las características técnicas del dispositivo, o terminal, y al acceso utilizado.

El proceso encargado de modificar un contenido, ajustándolo al formato y las características de tamaño, dimensiones y gama de colores soportados por el dispositivo destino, recibe el nombre de *transcoding* (transcodificador). Un sistema de *transcoding* permite la adaptación o recodificación del contenido al formato correcto antes de que éste sea servido al terminal destino.

Los procesos de *transcoding* cobran especial relevancia en aquellos entornos y portales donde la comunicación no se limita exclusivamente a la «pura» navegación, sino que adicionalmente permite la intercomunicación a través de otros canales. Es el caso de la mensajería, donde existen incompatibilidades entre las diferentes tecnologías utilizadas (EMS, MMS, Smart Messaging, DigiPlug, G@te, etc.).

La diversidad de formatos y contenidos (texto, audio, imagen y vídeo) que pueden requerirse en aquellos servicios donde se busque un alto valor añadido visual es amplio y dispar, por lo que su procesamiento requerirá tener en cuenta diferentes aspectos. En este sentido, habrá que:

- Identificar cual es el dispositivo para el que se quiere generar la versión del contenido. Esta información suele recuperarse de la cabecera *user-agent* que mandan los terminales.
- Identificar cuales son las características del terminal destino, para establecer cuales son las modificaciones que deben aplicarse sobre el contenido a servir. Para ello, pueden utilizarse los archivos de características del terminal (*uaprofile*), aunque muchos sistemas mantienen su propia metainformación asociada a los dispositivos (base de datos de dispositivos).
- Aplicar los procesos requeridos de conversión de contenido para servirlo posteriormente.

Debido a la carga a la que se puede someter un sistema de estas características, disponer de políticas de *caching* de contenido por dispositivo puede llegar a convertirse en un requerimiento básico del sistema, de modo que su pro-

cesamiento sólo sea necesario en aquellas situaciones en que el contenido origen presente modificaciones sobre la versión anterior.

En aquellas situaciones donde el contenido no debe ser enviado dentro de la propia respuesta, sino que es referenciado mediante una URL para su posterior acceso, se puede proporcionar la URL del *transcoder* con la ubicación del contenido a convertir como parámetro. Con esto se conseguirá desligar la carga que puede sufrir el portal de la carga impuesta al sistema de *transcoding*.

Adicionalmente, también podrán encontrarse otras situaciones, como que se requiera obtener el máximo rendimiento posible, que se requiera que los contenidos multimedia no varíen frecuentemente en el tiempo y que el número de versiones requeridas de un mismo contenido no resulte excesivo. En estos casos, pueden plantearse políticas de gestión de contenidos que permitan generar y almacenar las versiones de un mismo contenido en tiempo de provisión, reduciendo el número de transformaciones en tiempo de ejecución.

18.4. NAVEGACIÓN EN MOVILIDAD

Una de las principales desventajas de los terminales móviles frente a la navegación en web con PC es el reducido tamaño de las pantallas. En web, las páginas pueden incluir diferentes alternativas de navegación (menús, enlaces en los contenidos, etc.) en diferentes zonas de una misma página, mientras que en los dispositivos móviles la navegación se resuelve en una estructura arborescente que organiza los servicios y contenidos por áreas temáticas. Tal es el caso, por ejemplo, de la *homepage* de un portal que contenga diez enlaces temáticos; al pulsar sobre uno de ellos, se entraría en un subnivel de esa área, y así progresivamente hasta encontrar un servicio o contenido final.

Por tanto, en los dispositivos móviles es necesario disponer de control sobre la vuelta atrás, más allá del proporcionado por el botón «atrás» disponible en los propios terminales. En este caso, los puntos a tener en cuenta son los siguientes:

- Se deben definir puntos de retorno dentro de los servicios o *sites* incluidos en el árbol de navegación del portal. En estas situaciones los servicios pueden desarrollarse conforme a una guía de estilo, proporcionando siempre una vuelta atrás hacia la página principal, de manera que sólo desde ésta será posible realizar el regreso al menú donde el servicio se encuentra disponible dentro del árbol de navegación.
- Se debe proporcionar a la navegación por menú un retorno al nivel superior, sin contemplar exclusivamente el botón de vuelta atrás. Esto es debido a que cuando se alcanza un menú y se sigue navegando por un determinado árbol, al querer regresar al menú se puede dar la situación de que el botón de vuelta atrás no siempre proporcione el comportamiento esperado.
- Se debe disponer de una barra de herramientas que pueda incluirse en todas las páginas con las opciones comunes de navegación, tales como

volver a la página principal del portal, llamar al buscador o incluir la página actual en una lista de favoritos.

Desde el punto de vista de la *usabilidad*, y pensando que la navegación se realiza progresando dentro de una estructura arborescente de navegación (hacia niveles inferiores), puede resultar tedioso y lento llegar a localizar el contenido o servicio sobre el que se tiene interés. Para ello, existen diferentes alternativas y políticas que pueden facilitar la navegación a los usuarios, como son:

- Disponer dentro del portal de un servicio de «favoritos» donde el usuario pueda crear enlaces a sus servicios de interés. De este modo, con un solo clic, el usuario podría acceder al servicio deseado, mientras que por navegación este servicio podría encontrarse, por ejemplo, en un cuarto o quinto nivel dentro del árbol.
- Disponer de un buscador accesible de modo simple en cualquier momento, donde el usuario pueda introducir aquellos términos o palabras clave de su interés para localizar los servicios o contenidos deseados. Este planteamiento obliga a que todos los contenidos o servicios del portal se encuentren categorizados y dispongan de términos clave asociados para proporcionar su búsqueda.
- Disponer de políticas de personalización que permitan mantener un listado de los servicios más usados por el usuario, de modo que éste pueda acceder a ellos desde un único punto del portal.
- Disponer de un historial de navegación que facilite la vuelta a los elementos visitados anteriormente.

Todas estas alternativas deberían ser de fácil acceso para el usuario. Por tanto, deberían ser incorporadas en la barra de herramientas, o al menos en la página principal del portal.

18.5. CONTENIDOS Y SERVICIOS PARA PORTALES MÓVILES

Los portales móviles disponen de particularidades diferentes a las de los servicios web, que deben tenerse en cuenta a la hora de enfocar la creación de servicios y contenidos. Las más destacables son las siguientes:

- La presentación debe ser ajustada a cada tipo de terminal, teniendo en cuenta aspectos como el tamaño, los colores soportados, etc.
- No todos los formatos multimedia son soportados por todos los terminales, por tanto, se necesitan convertir a otro formato antes de mostrarlos a los usuarios.
- No todos los terminales actúan de la misma forma ante una misma acción, como ocurre, por ejemplo, cuando se quiere iniciar una llamada vocal desde el micronavegador.
- La entrada de datos para solicitar una información debe ser lo más reducida posible, ya que puede resultar lenta y tediosa.
- Los resultados obtenidos ante una consulta deben ser paginados, permitiendo al usuario navegar por ellos.

- Para que un mismo servicio esté disponible para todos los terminales, hay que contemplar que estos pueden requerir diferentes lenguajes de marcado, en función de la tecnología de acceso utilizada.
- El tamaño de la página está limitado, por lo cual la información y los elementos gráficos que contenga no podrán exceder de ese límite.

A la hora de generar un servicio móvil es muy recomendable seguir una arquitectura en tres niveles: presentación, lógica de negocio y datos. En este sentido, el nivel correspondiente a la lógica de negocio será común con independencia del dispositivo de acceso, y sólo en el nivel de presentación será donde se apliquen todas aquellas políticas que se requieran para realizar el ajuste (generación de lenguaje de marcado, adaptación de contenidos, etc.) a un dispositivo de acceso concreto.

Desde el punto de vista del negocio, hasta hace muy poco sólo aquellos servicios orientados a mensajería, como es el caso de la descarga de iconos o melodías, el televoto o el servicio de alertas, han tenido una amplia penetración y han conseguido generar los beneficios esperados. Con la llegada de GPRS y UMTS (y la disponibilidad de i-mode y WAP 2.0) este concepto empieza a cambiar, ya que los servicios móviles disponen ahora de una velocidad similar a la de los accesos a través de las redes fijas de datos, y también disponen de mayores capacidades funcionales para presentar contenidos visualmente atractivos.

Las principales áreas temáticas que cubren los servicios en los portales móviles son las relativas a:

- Información: noticias, tiempo, transporte, turismo, etc.
- Entretenimiento: descargas de juegos, juegos *online*, música, horóscopo, contenido erótico, salvapantallas, tonos, etc.
- Bases de datos: directorio telefónico, diccionario, guía de restaurantes, etc.
- Localización. Acceso a información referenciada con la posición, como cines cercanos, restaurantes, etc.
- Transacciones y comercio electrónico: telebanca, compra y reserva de vuelos, compra de artículos *online*, etc.

En relación con los contenidos multimedia, hasta hace muy poco estos se limitaban a dotar de valor añadido al terminal, proporcionando iconos y melodías atractivas para los usuarios. Sin embargo, en los últimos tiempos también se permite la descarga de contenidos empaquetados, como son los *midlets Java* (J2ME) o su equivalente *Doja* en *i-mode*. Actualmente, al poder disponer de tecnologías que proporcionan un mayor ancho de banda y terminales mucho más evolucionados, han comenzado a proliferar contenidos multimedia avanzados, como son vídeos o música de alta calidad.

Puede decirse, por tanto, que salvo por las limitaciones existentes en el tamaño de la pantalla y en la memoria, o por la necesidad de controlar el ajuste de los contenidos según el tipo de terminal, los servicios y contenidos para móviles son equiparables, cada vez más, a los disponibles en web, con sus inconvenientes y ventajas.

Además, los servicios móviles aportan el valor añadido de estar disponibles en cualquier momento, ya que los usuarios siempre llevan su terminal consigo, resultando idóneos para los servicios de orientación «*push*», como son las alertas o notificaciones, y para explotar aspectos asociados a la localización, que acercan aún más la tecnología móvil al uso cotidiano.

18.6. PERSONALIZACIÓN EN MOVILIDAD

Se entiende por personalización a todas aquellas tareas que permiten ajustar el portal a las preferencias, necesidades o gustos de un usuario o grupo de usuarios. Cuando se habla de personalización existen dos alternativas, conocidas como:

1. *Personalización explícita*. Se refiere a todas aquellas particularidades o acciones que son expresadas o definidas directamente por el usuario (configuración personal). Dentro de este tipo de personalización pueden contemplarse determinados servicios, como es el servicio de «favoritos», o determinadas funciones, como, por ejemplo, que el usuario pueda elegir el fondo de una pantalla para que esté presente durante toda la navegación.

2. *Personalización implícita*. Se refiere a todas aquellas acciones que aplica el portal sin una definición directa por parte del usuario.

Estas acciones pueden ser definidas por el personal de marketing mediante reglas de negocio, o, en un sentido más exacto del término, en función del comportamiento del usuario. Para poder aplicar reglas o políticas, las acciones del usuario deben ser monitorizadas y registradas para su posterior análisis o para una aplicación directa de modo reactivo ante una petición.

Dentro de este tipo de personalización pueden contemplarse determinados servicios, como es el caso de los «sitios más visitados» o el «historial de navegación».

Cuando se quieren aplicar políticas de personalización implícita, en muchas situaciones se procede a generar segmentos de usuarios, de esta forma el personal de marketing o negocio del portal puede establecer reglas o políticas de comportamiento para un segmento concreto. Posteriormente, cada usuario, en función de los parámetros de definición del segmento (por ejemplo, cuando el usuario esté incluido en un segmento «vip», donde se incluyen todos aquellos usuarios que han gastado en el portal más de cien euros en el último mes), o en función de su comportamiento (por ejemplo, cuando el usuario esté incluido en un segmento de deportes, donde se incluyen todos los usuarios cuyas visitas a contenidos deportivos superan un tercio del total de las visitas realizadas), se asocia automáticamente a un segmento y se le aplican todas sus acciones asociadas.

La definición de segmentos por parte del personal de negocio suele apoyarse en el análisis del comportamiento de los usuarios, de modo que se establecen patrones de comportamiento a partir de los cuales se establecen los segmentos de los que se va a disponer. Para realizar el análisis de comportamiento suele

disponerse de herramientas basadas en procesos de análisis matemático y *data-mining*, que analizan el comportamiento de los usuarios y los *logs* de acceso.

Adicionalmente, en los portales también se pueden encontrar servicios de «recomendaciones», donde, en función del comportamiento y del análisis de los gustos y preferencias de los usuarios, se pueden establecer recomendaciones de servicios o contenidos que a priori deberían ser de su interés. Para poder disponer de un servicio de esta índole se debe disponer de un sistema de gestión que relacione contenidos y servicios, y donde estos se mantengan categorizados e interrelacionados por temática. De este modo, cuando un usuario demuestra su interés constante por visitar un determinado tipo de contenidos (por ejemplo, de tipo erótico, deportivo, de sociedad, etc.) se le puede recomendar que acceda a aquellas otras páginas que aún no ha visitado pero que se corresponden con la misma área temática. Este planteamiento puede ser enriquecido mediante inferencias realizadas a partir de los segmentos de usuarios, de modo que si se determina que existe un segmento de usuarios que les gusta visitar eventos deportivos y se identifica un determinado usuario que su comportamiento se identifica con ese segmento, entonces puede establecerse que el usuario también puede estar interesado en ese tipo de eventos.

Como ya se ha comentado, la navegación realizada a través de terminales móviles suele resultar lenta y, en muchas situaciones, tediosa. Para ello, la aplicación de la personalización puede ayudar a mejorar la navegación, ajustando ésta más allá de los servicios identificados como «favoritos», «historial», «más visitados», etc. Para ello, pueden contemplarse una serie de acciones, como son:

- *La reordenación de menús.* Consiste en reordenar automáticamente todas las opciones de menú según el comportamiento del usuario, de su segmento, o de todos los usuarios. Este planteamiento, con el fin de no confundir a los usuarios, que podrían llegar a perderse en una navegación cambiante, suele limitarse a la reordenación de las opciones de tipo menú dentro de un mismo nivel, no existiendo reordenación de opciones que involucren a varios niveles.
- *La promoción de opciones de menú.* Una alternativa, o complemento, del caso anterior puede ser la «promoción» de enlaces a niveles superiores en función de las visitas (accesos directos), sin que esto implique que dicha entrada de menú desaparezca de su ubicación original en el árbol de navegación.

Anteriormente ya se ha hecho referencia a las reglas de negocio. Estas reglas definen el comportamiento que se debe seguir a la hora de agrupar usuarios con características comunes (segmentos), o a la hora de decidir si un contenido o servicio debe ser presentado a un usuario o no (ocultación). En los portales móviles, las reglas de negocio se definen principalmente en función de unos criterios establecidos, tales como:

- *El perfil del usuario.* En este caso las reglas de negocio se definen y aplican en función de los atributos asociados al perfil del usuario, como son, por ejemplo, la edad, el sexo, el consumo realizado en el último mes, el número de accesos en la semana, etc.

- *El perfil del dispositivo.* Aquí las reglas están orientadas a filtrar aquellos tipos de contenidos que pueden o no ser soportados por un determinado terminal. Asimismo, también puede considerarse como la personalización del ajuste de la presentación según las características del terminal de acceso: tamaño de la pantalla, si admite iniciar llamadas vocales desde el micronavegador, si soporta pictogramas, etc.
- *La información de contexto.* En este caso las reglas permiten tomar decisiones en función del contexto del usuario, como puede ser, por ejemplo, la hora del día, el día de la semana, o incluso la localización física del usuario.

Las tecnologías de descarga han evolucionado desde la descarga de contenidos sencillos (logos, tonos, etc.) mediante SMS hasta las nuevas tecnologías que permiten descargar contenidos de una mayor calidad y de diferentes tipos.

Con el objetivo de adaptarse a las tendencias y evolución del mercado, y poder soportar contenidos de una mayor calidad y atractivo para los usuarios, los operadores han ido ofreciendo tecnologías concretas que se orientan a la mensajería (SMS, EMS, MMS, etc.), las descargas WAP, las descargas de aplicaciones Java (WAP/HTTP), etc.

En este sentido, deben ser analizadas las tecnologías de descarga y sus procesos de gestión, observando las posibles implicaciones para el operador, los proveedores y los servicios, mostrando las ventajas e inconvenientes de la gestión de la descarga, y estudiando la evolución del mercado con respecto a las políticas de descarga de contenidos. Para ello se necesitan unos procedimientos, como los ofrecidos por la tecnología DRM, que permitan regular y controlar el uso y la distribución de contenidos.

DRM (Digital Rights Management) se puede definir como la suma de tecnologías, herramientas y procesos que protegen la propiedad intelectual durante las operaciones comerciales realizadas con contenidos digitales, considerándose el elemento fundamental del mercado emergente de los contenidos en el entorno móvil.

En este capítulo se describe la situación actual de las tecnologías de descarga existentes y los módulos básicos que presenta un sistema de este tipo. Se realiza un especial énfasis en el módulo de gestión de derechos de autor, al ser un elemento crítico encargado de solucionar una de las principales barreras potenciales del negocio de los contenidos multimedia: la piratería.

19.1. LA DESCARGA DE CONTENIDOS

Actualmente existen en el sector múltiples tecnologías de descarga que cubren las necesidades de los usuarios y empresas. Dichas tecnologías ofrecen desde el envío de texto hasta la descarga de un vídeo o una aplicación.

En la **Tabla 19-1** se describen de manera resumida las principales tecnologías de descarga existentes en el mercado. Como se puede observar, algunas de ellas son propietarias mientras que otras están definidas como estándares.

Tabla 19-1:
Tecnologías de descarga

TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Alcatel-MSEQ	<ul style="list-style-type: none"> · MSEQ es un formato multimedia compacto que permite la reproducción de diferentes medios de manera sincronizada. Es compatible con EMS, y ha sido diseñado con el fin de ser un formato multimedia homogéneo para redes 2G, 2,5G y 3G. · Se presentó en el foro 3GPP
Descargas i-appli	<ul style="list-style-type: none"> · Las aplicaciones <i>i-appli</i> son las aplicaciones <i>java</i> del servicio <i>i-mode</i> originario del operador de telefonía móvil japonés NTT DoCoMo. Las aplicaciones <i>i-appli</i> son equivalentes a los <i>midlets</i> de OTA MIDP. · Una descarga típica <i>i-appli</i> consiste en: <ol style="list-style-type: none"> 1. El descubrimiento vía <i>i-mode</i> del contenido a descargar. 2. La descarga del descriptor de contenido al terminal. 3. La verificación del tamaño disponible en el terminal. 4. La descarga del contenido al terminal, vía HTTP. 5. La confirmación del fin de la descarga por el terminal. · Ésta tecnología de descarga es independiente de la tecnología de red subyacente (CDMA, TDMA, GSM), ya que realiza la descarga vía HTTP.
Digiplug	<ul style="list-style-type: none"> · Digiplug ha desarrollado una tecnología de compresión para contenidos musicales, así como la tecnología de descarga. · Es una tecnología incluida en gran número de dispositivos. · Digiplug trabaja, junto al 3GPP, en la estandarización de esta tecnología.
Download Fun	<ul style="list-style-type: none"> · Download Fun es un conjunto de protocolos propietarios de Openwave, que permiten la descarga de diferentes tipos de contenidos (melodías, iconos, <i>midlets</i>, etc.) Entre sus capacidades se encuentran la detección del tipo de contenido soportado por un móvil específico, la comprobación de espacio suficiente en el móvil para almacenar dicho contenido y el control del flujo entre el usuario y el servidor para verificar que la descarga se realiza correctamente. La descarga de contenidos se realiza mediante WAP. · Esta tecnología de descarga es independiente de la tecnología de red subyacente (DCMA, TDMA, GSM), ya que realiza la descarga vía WAP.
EMS	<ul style="list-style-type: none"> · Es un estándar abierto apoyado por el 3GPP. · Permite el envío de mensajes con contenidos embebidos de diferentes formatos. También permite descargar texto, melodías, sonidos, imágenes de diferentes tamaños, animaciones etc., usando mensajes SMS binarios.
MMS	<p>Multimedia Messaging Service es un estándar del 3GPP que permite el envío de mensajes con texto formateado, imágenes, sonidos y vídeo.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Una descarga típica de un mensaje MMS consiste en: <ol style="list-style-type: none"> 1. La solicitud de descarga del contenido MMS. 2. La notificación al usuario de la llegada del nuevo mensaje a través de mecanismos ligeros (SMS o Push WAP) 3. La descarga del contenido al terminal. · El acceso a los mensajes MMS es independiente de la red y del protocolo que se utilice. · Actualmente, los terminales incluyen clientes MMS que implementan la pila de protocolos WAP, y se conectan utilizando GPRS.
OMA GENERIC DOWNLOAD	<ul style="list-style-type: none"> · Es un estándar de OMA para la descarga de todo tipo de contenidos vía WAP/HTTP. · Se prevé que pueda ser el estándar futuro para la descarga de todo tipo de contenidos. Permite conocer si la descarga se ha realizado correctamente. · Una descarga típica pro OMA Generic Download consiste en: <ol style="list-style-type: none"> 1. El descubrimiento, vía WAP/WEB, del contenido a descargar. 2. La descarga del descriptor de contenido al terminal. 3. La verificación del tamaño disponible en el terminal. 4. La descarga del contenido al terminal, vía WAP/HTTP. 5. La confirmación del fin de la descarga por el terminal. · Esta tecnología de descarga es independiente de la tecnología de red subyacente (CDMA, TDMA, GSM), ya que realiza la descarga vía WAP/HTTP.

Tabla 19-1:
Tecnologías de descarga
(continuación)

TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
OTA COD	<ul style="list-style-type: none"> · Es un estándar abierto desarrollado inicialmente por Nokia. · Está pensado para descargar todo tipo de contenidos tonos, logos, aplicaciones java, etc., y permite conocer si la descarga se ha realizado correctamente. · Una descarga típica OTA COD consiste en: <ol style="list-style-type: none"> 1. El descubrimiento, vía WAP/WEB, del contenido a descargar. 2. La descarga del descriptor de contenido al terminal. 3. La verificación del tamaño disponible en el terminal. 4. La descarga del contenido al terminal, vía HTTP. 5. La confirmación del fin de la descarga por el terminal. · Esta tecnología de descarga es independiente de la tecnología de red subyacente (CDMA, TDMA, GSM), ya que realiza la descarga vía WAP/HTTP.
OTA MIDP	<ul style="list-style-type: none"> · Es un estándar desarrollado por SUN para la descarga de aplicaciones <i>java (midlets)</i> a pequeños dispositivos (teléfonos móviles, PDAs, etc). · Permite conocer si la descarga se ha realizado correctamente. · Una descarga típica OTA MIDP consiste en: <ol style="list-style-type: none"> 1. El descubrimiento, vía WAP, del contenido a descargar. 2. La descarga del descriptor de contenido al terminal. 3. La verificación del tamaño disponible en el terminal. 4. La descarga del contenido al terminal, vía HTTP. 5. La confirmación del fin de la descarga por el terminal. · Esta tecnología de descarga es independiente de la tecnología de red subyacente (CDMA, TDMA, GSM), ya que realiza la descarga vía WAP/HTTP.
SMART MESSAGING	<ul style="list-style-type: none"> · Es un formato de mensajería propietario de Nokia. · Permite el intercambio de mensajes con gráficos, melodías y otros tipos de información binaria, y también permite el intercambio de tonos de llamada y logos de operador o de grupo. · La información binaria es encapsulada dentro del campo de datos de usuario del mensaje SMS.
SMS	<ul style="list-style-type: none"> · Short Message Service es un servicio disponible en las redes GSM. Permite el envío de mensajes de texto de hasta 160 caracteres. · También permite enviar mensajes binarios, en los que se pueden codificar otros tipos de contenidos, tales como logos o melodías.
SYNCLML-DM	<ul style="list-style-type: none"> · SyncML Device Management (SyncML DM) es un estándar abierto para la gestión remota de terminales a través de OTA (Over The Air), lo que permite liberar a los usuarios de la complejidad asociada al terminal. · El ámbito de SyncML DM cubre la configuración de los parámetros de conexión, el mantenimiento del software (actualización firmware/software) y las tareas de inventariado y diagnóstico sobre los dispositivos.

La gestión de las descargas a dispositivos móviles por parte de cualquier operadora está compuesta por un conjunto de módulos que contribuyen a facilitar la complejidad asociada a las tecnologías de descarga (protocolos, codificación, características de los terminales, etc.), siendo estas funciones transparentes a los servicios y al usuario.

Los principales módulos de gestión son los siguientes:

- *El módulo de gestión de contenidos.* Permite realizar la provisión de cualquier tipo de contenidos mediante diversos flujos de provisión.
- *El módulo de gestión de conversión de formatos.* Permite adaptar los contenidos multimedia a las características del terminal del usuario.
- *El módulo de gestión de facturación.* Contempla la funcionalidad que permite a los servicios realizar las tareas de facturación independiente-

mente del tipo de cliente final (prepago, contrato, corporativo, etc.) y de la tecnología portadora utilizada, abstrayéndoles de la complejidad asociada a los medios de pago.

- *El módulo de gestión de usuarios.* La gestión de usuarios contempla toda la información relativa a los usuarios: perfiles de usuario, políticas de privacidad, etc.
- *El módulo de gestión de terminales.* La gestión de terminales dispone del conjunto de características de los terminales móviles de los usuarios.
- *El módulo de gestión de estadísticas.* Se encarga de analizar y proveer estadísticas sobre el uso del servicio, como, por ejemplo, las descargas realizadas y otras actividades que se definan.
- *El módulo de gestión de derechos de autor (DRM).* Contempla la gestión de los derechos de autor sobre los contenidos, y permite añadir las reglas de uso sobre los contenidos para que se pueda realizar una distribución de contenidos controlada y segura, respetando los derechos de autor.
- *El módulo de gestión de descarga y de tecnologías de descarga.* Contiene la lógica necesaria para poder realizar la descarga de un contenido, es decir, se encarga de múltiples tareas, desde obtener los contenidos, aplicar los derechos de autor, obtener las capacidades del terminal, etc., hasta seleccionar la tecnología de descarga adecuada para el tipo de contenido y características del terminal.

En el punto siguiente se describe con más detalle la tecnología subyacente en el módulo de derechos de autor, de gran importancia en la descarga de contenidos de nueva generación.

19.2. LA GESTIÓN DE DERECHOS DIGITALES

Hasta el momento, los derechos de acceso a un contenido venían impuestos por la ubicación del propio contenido. Normalmente, los contenidos se pueden encontrar desprotegidos en Internet, en los PCs, en los terminales móviles o en otro tipo de dispositivos, y el usuario puede distribuir el contenido una vez que éste se encuentra en su dispositivo sin demasiada complejidad. Esto implica que el proveedor del contenido y el operador pierden el control sobre su uso.

La tecnología de gestión de derechos digitales, conocida como DRM (*Digital Rights Management*), tiene como objetivo dar una respuesta a la problemática asociada a la gestión de los derechos digitales sobre los contenidos. Mediante la aplicación de la tecnología DRM en el entorno móvil se establecen los procedimientos para permitir la distribución controlada de contenidos y evitar el uso fraudulento.

Una solución de DRM comprende el conjunto de acciones, procedimientos, políticas y tecnologías (productos y herramientas) que permiten a una entidad (operador, proveedor de contenidos, etc.) gestionar los derechos sobre contenidos digitales de acuerdo a los requisitos previamente establecidos.

En el entorno móvil se dispone de diferentes tipos de soluciones, algunas de ellas propietarias y otras alineadas con estándares. Ambos tipos de soluciones tienen como objetivo permitir una distribución controlada de los contenidos, con el fin de garantizar el cumplimiento de los derechos establecidos por las distintas partes (proveedor de contenidos, sociedades de autores, etc.) sobre un contenido digital.

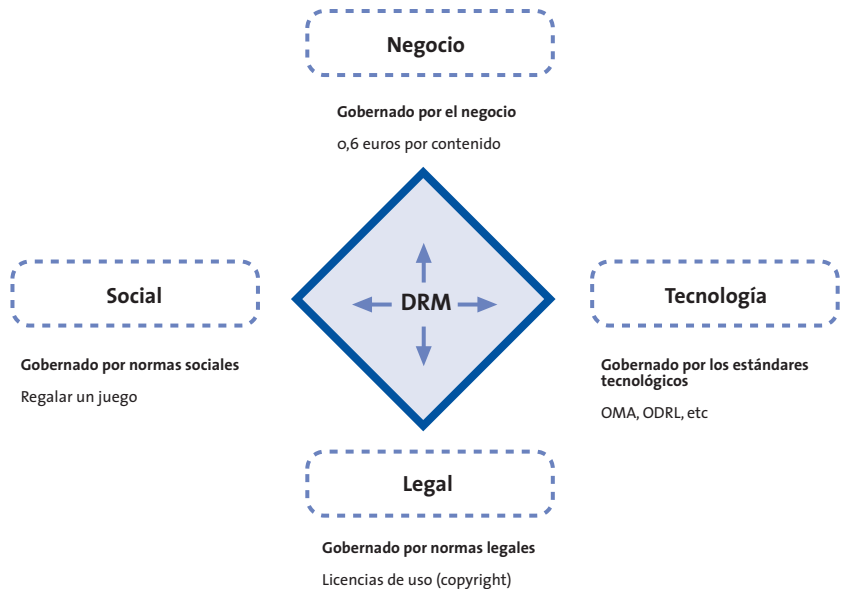
La gestión de los derechos sobre bienes digitales afecta a:

- **Usuarios.** Desde el punto de vista del usuario, la gestión de derechos digitales presentará nuevos modelos de negocio que tendrán implicaciones directas en su forma de consumir contenidos digitales.
- **Proveedores de contenidos.** Desde el punto de vista de los proveedores de contenidos, se podrán distribuir contenidos de valor añadido de una forma segura, con el objetivo de incrementar sus ingresos gracias a la distribución controlada.
- **Operadores.** El operador puede adoptar diferentes papeles en la gestión de derechos, ofreciendo o no dicha gestión a los proveedores, ejerciendo de recolector de pagos, etc.

La gestión de los derechos sobre bienes digitales (DRM) abarca aspectos de negocio, sociales, legales y tecnológicos. Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta debido a las implicaciones asociadas a la distribución de contenidos en el negocio de los proveedores, los autores de contenidos digitales, los operadores y los usuarios (ver la **Figura 19-1**).

Desde la perspectiva tecnológica se debe tener en cuenta la necesidad de disponer de estándares de DRM para el entorno móvil que sean ampliamente aceptados por la industria y que permitan dar cobertura a los aspectos de negocio, legales y sociales relacionados con la gestión de derechos digitales. En este sentido,

Figura 19-1:
Diferentes aspectos de la gestión de derechos digitales



han surgido las iniciativas del OMA, *Open Mobile Alliance* (descritas en el capítulo 5), que especifican la gestión de derechos digitales en el entorno móvil.

Antes de entrar en más detalles es importante definir una serie de conceptos relacionados con la tecnología DRM, como son:

- *El contenido*. Es un recurso digital, puede ser, por ejemplo, una imagen, un conjunto de sonidos, etc.
- *Los derechos de uso*. Son permisos y restricciones que definen el acceso a un contenido.
- *Los permisos*. Definen los tipos de operaciones que pueden realizarse sobre el contenido protegido (la visualización, la impresión, etc.).
- *Las restricciones*. Controlan el consumo de los contenidos (mediante restricciones puede expresarse, por ejemplo, que una imagen sólo pueda ser visualizada un determinado número de veces).
- *El contenido DRM*. Es un contenido que se consume de acuerdo a un conjunto de derechos (los derechos de uso pueden estar incluidos en el propio contenido o se pueden descargar de forma independiente). Un contenido DRM puede estar cifrado o no.
- *El mensaje DRM*. Es un mensaje que contiene un contenido DRM y, opcionalmente, sus correspondientes derechos.
- *El agente DRM*. Es una entidad residente en el dispositivo consumidor que se encarga de aplicar los derechos de uso y consumir el contenido protegido.
- *La superdistribución*. Es un procedimiento seguro que permite al usuario final redistribuir un contenido DRM a otros usuarios, a través de canales potencialmente inseguros. Por otro lado, también permite a los usuarios receptores adquirir los derechos de uso para el contenido DRM recibido.

En general, se puede afirmar que la aplicación de la tecnología DRM al entorno de las descargas en los dispositivos móviles potencia el negocio de la venta de contenidos digitales, gracias a una base tecnológica en la que se puedan apoyar los modelos de negocio. Mediante la aplicación de esta tecnología se aseguran los derechos de propiedad de los contenidos y se acaba con la superdistribución de contenidos no regulada por el operador.

19.2.1. Ciclo de vida de los derechos digitales

Un aspecto común entre las diferentes soluciones de DRM es la gestión del ciclo de vida de los derechos digitales. Este ciclo de vida constituye el conjunto de estados por el que pasa un derecho digital asociado a un contenido.

En la mayoría de los casos, los estados que constituyen el ciclo de vida de un derecho digital son los que se muestran en la **Figura 19-2**, de manera que:



Figura 19-2:
Ciclo de vida de los derechos digitales

- El estado de *empaquetado* es aquel donde se llevan a cabo, generalmente, las acciones que tienen que realizar los autores y proveedores de contenidos. Estas acciones serán las relativas a:
 - Crear los derechos asociados a un contenido. Estos derechos indican los permisos y restricciones sobre el contenido.
 - Especificar las políticas de gestión de derechos.
 - Detallar las condiciones de los derechos, como son, por ejemplo, la tarifa, el tiempo de validez y los tipos de acceso.
 - Especificar los requisitos de seguimiento de los derechos. En algunos casos puede ser necesario realizar un seguimiento de los contenidos mediante marcas imperceptibles para el usuario. Mediante estas marcas se podría, por ejemplo, detectar un uso fraudulento.
 - Asignar un identificador único de contenido.
- El estado de *protección y venta* es aquel que está asociado a los proveedores de servicios (operador, proveedor de contenidos, etc.). En este estado las acciones realizadas son las relativas a:
 - Definir el precio final de venta.
 - Definir el modelo de negocio.
 - Empaquetar el contenido con sus derechos.
 - Distribuir el contenido con sus derechos.
 - Comunicar la información financiera (*clearinghouse*) a las distintas partes.
 - Efectuar un seguimiento del uso de los contenidos.
- El estado de *consumo* es aquel donde el contenido es consumido por un usuario que ha adquirido los correspondientes derechos. Las acciones realizadas son las relativas a:
 - Personalizar el contenido para el usuario.
 - Adquirir los derechos sobre el contenido.
 - Consumir el contenido (reproducir un sonido, ver una imagen, etc.).
 - Efectuar un seguimiento del uso del contenido.
- El estado de *superdistribución* es aquel donde el usuario puede distribuir el contenido protegido a otros usuarios, garantizando una distribución controlada en la que se adquieren los correspondientes derechos digitales.

19.2.2. Clasificación de las soluciones de DRM

Atendiendo a su arquitectura, independientemente de que sean propietarias o alineadas con determinados estándares [19.1], las soluciones de DRM en el entorno móvil se pueden clasificar en dos grupos:

1. El grupo de soluciones orientadas a un modelo cliente-servidor

La especificación OMA sobre DRM se encuentra dentro del modelo cliente-servidor. También existen otras soluciones propietarias, tanto en

el entorno móvil como en el entorno fijo (Internet), que están basadas en este modelo.

Las soluciones de DRM orientadas a un modelo cliente-servidor disponen de un componente cliente y otro servidor, de manera que:

- El componente cliente, denominado *agente DRM*, reside en el dispositivo (terminal móvil, PDA, etc.) y se encarga de consumir el contenido en función de los derechos asociados. El cliente puede estar basado en múltiples tecnologías: hardware, software embebido en el dispositivo, aplicación de software asociada a un reproductor de contenidos, etc.

El agente DRM sabe aplicar los derechos de uso establecidos sobre el contenido, como puede ser, por ejemplo, ejecutar un juego un número determinado de veces o escuchar una canción durante un periodo de tiempo concreto.

- El componente servidor, constituido por la *plataforma DRM*, contempla tres aspectos relacionados con la gestión de los derechos asociados a contenidos: la protección del contenido, el empaquetado de los contenidos y derechos, y la gestión de derechos.

2. *El grupo de soluciones orientadas a un modelo servidor (basadas en red)*

Las soluciones de DRM orientadas a este modelo, en el entorno móvil, son generalmente propietarias. Estas soluciones se basan en la inclusión de marcas imperceptibles para los usuarios, pero pueden ser detectadas por la solución alojada en la red del operador.

Las principales características de estas soluciones son el marcado de contenidos (*watermarking*) y la detección de marcas.

También sería posible definir algún grupo de soluciones mixto que incluyese características de las dos anteriores. El principal inconveniente de este grupo reside en la complejidad de la plataforma DRM, ya que debe cubrir la problemática existente en el modelo cliente-servidor (protección del contenido, empaquetado, gestión de derechos, etc.) y en el modelo servidor (marcado de contenido, detección de marcas, etc.).

19.2.3. Tecnologías de DRM

Las tecnologías de DRM se basan principalmente en lenguajes de expresión de derechos y en los diversos aspectos de seguridad involucrados en DRM. Hay que hacer un énfasis especial en estos aspectos debido a que constituyen la base de las soluciones de DRM actuales, tanto en lo que respecta a las soluciones alineadas con determinados estándares como a las soluciones propietarias.

Lenguajes de expresión de derechos

Un lenguaje de expresión de derechos define la sintaxis y semántica de las reglas que gobiernan el uso de los derechos de un contenido protegido [19.2].

Los principales objetivos de un lenguaje de expresión de derechos son los siguientes:

- Definir un mecanismo ligero y simple para la definición de los derechos.
- Disponer de un conjunto mínimo de permisos y restricciones.
- Realizar una implementación sencilla que permita una rápida salida al mercado.
- Facilitar la adopción de las tecnologías de DRM por parte de los proveedores de contenidos.
- Permitir especificar los derechos, independientemente del tipo de contenido, del medio de transporte y de que el contenido esté o no cifrado.
- Permitir definir previsualizaciones de contenidos.
- Definir restricciones sobre el número de veces que se puede acceder a un contenido, así como los límites temporales y los intervalos de acceso al contenido.

Para especificar los derechos sobre los contenidos, los lenguajes de expresión de derechos permiten definir modelos que agrupan conjuntos de derechos de acuerdo a su funcionalidad, permitiendo así la definición concisa de los derechos y de su semántica.

De entre los lenguajes de expresión de derechos existentes se pueden destacar el lenguaje XrML, la especificación ODRL de OMA y el lenguaje XMCL. Estos lenguajes han sido diseñados teniendo en cuenta diversas consideraciones y puntos de vista. Para seleccionar uno u otro lenguaje hay que tener en cuenta la arquitectura y las necesidades concretas del sistema de DRM que se desea implantar.

Seguridad

La seguridad es un aspecto crucial de la tecnología DRM, ya que el principal objetivo de esta tecnología es ofrecer un canal seguro sobre el que se pueda realizar el uso y distribución de contenidos protegidos y derechos. Por tanto, la necesidad de confidencialidad en la información intercambiada es crítica.

Aparte de la confidencialidad, es deseable que un sistema de DRM cumpla las propiedades de autenticación, integridad y «no repudio».

Para proporcionar un canal seguro se utilizan las siguientes tecnologías:

- *Las tecnologías criptográficas.* En DRM se pueden utilizar estas tecnologías tanto en el ámbito de plataforma como en el de dispositivo. Las tecnologías criptográficas permiten identificar a los interlocutores involucrados en la distribución de un contenido DRM, evitando, además, que los usuarios no autorizados puedan acceder a contenidos protegidos o intenten suplantar a los usuarios autorizados.
- *Las tecnologías de marcado de agua (“watermarking”).* Este tipo de tecnologías permiten hacer un seguimiento del uso del contenido protegido y de sus correspondientes derechos.

19.2.4. Estándares de DRM

La estandarización de la tecnología DRM en el entorno móvil está actualmente liderada por OMA, *Open Mobile Alliance* (tal como se ha descrito en el capítulo 5).

El proceso de estandarización tiene como objetivo homogeneizar los aspectos relacionados con el consumo controlado de contenidos digitales. Estos aspectos son:

- Permitir a los proveedores de contenidos expresar los derechos de uso sobre los contenidos digitales.
- Gestionar la previsualización de contenidos DRM.
- Evitar que los contenidos DRM sean distribuidos ilegalmente a otros usuarios.
- Permitir la superdistribución de contenidos DRM.
- Definir el procedimiento de autenticación de los agentes DRM.
- Definir mecanismos para el empaquetado y transferencia de derechos y contenidos protegidos.

El estándar DRM de OMA, en su primera versión [19.3], se centra principalmente en la definición de los diferentes procedimientos de entrega de derechos y contenidos, en la especificación del formato de los contenidos, y en el lenguaje de expresión de derechos.

Los procedimientos de entrega definidos por el estándar son:

- *El procedimiento “combined delivery”*. En este procedimiento los derechos y el contenido se descargan de forma conjunta (ver la **Figura 19-3**).
- *El procedimiento “forward lock”*. Es un caso particular de *combined delivery*, en el cual el mensaje DRM no contiene los derechos asociados al contenido (ver la **Figura 19-4**).
- *El procedimiento “separate delivery”*. Mediante este procedimiento el contenido y los derechos se entregan de forma separada (ver la **Figura 19-5**).

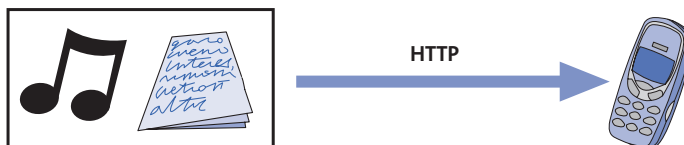


Figura 19-3:
Procedimiento “combined delivery”



Figura 19-4:
Procedimiento “forward lock”

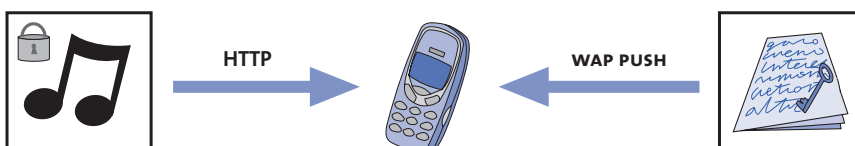


Figura 19-5:
Procedimiento “separate delivery”

- *El procedimiento de superdistribución.* En este procedimiento se aprovecha la flexibilidad de *separate delivery* de poder compartir contenidos protegidos sin comprometer ningún modelo de negocio asociado a los derechos.

Para la definición de los mensajes DRM, el estándar introduce el formato DCF. Este formato define el cifrado de contenidos DRM, así como una serie de metadatos que contienen la siguiente información [19.4]:

- Tipo del contenido original, por ejemplo «*image/gif*».
- Identificador único del contenido DRM, que permitirá asociarlo con sus derechos correspondientes.
- URL del emisor de derechos.
- Información sobre los detalles del proceso de cifrado.
- Información sobre los derechos asociados al contenido protegido.

El lenguaje de expresión de derechos ODRL especificado por OMA permite definir la sintaxis y la semántica asociada a los derechos sobre los contenidos.

La versión 2.0 del estándar DRM de OMA [19.5][19.6] aporta una serie de aspectos tecnológicos no cubiertos en la primera versión. Estos aspectos son:

- *La definición de nuevos modelos de distribución de contenidos.* Se propone un modelo alternativo basado en una filosofía *push*.
- *La copia de seguridad.* Se define un procedimiento para realizar copias de seguridad de contenidos protegidos y derechos.
- *La exportación de contenidos protegidos.* Los contenidos protegidos podrán exportarse a otros dispositivos DRM que no sean compatibles con el estándar de OMA.
- *El almacenamiento y redistribución.* Se soportan modelos de entrega que utilizan dispositivos intermedios en la distribución de contenidos protegidos y derechos.
- *Los agentes DRM.* No se define la implementación de un agente DRM, dejando esta decisión en manos de los proveedores de soluciones de DRM.
- *El modelo de seguridad.* Se definen los pasos básicos correspondientes al modelo de seguridad utilizado en la distribución de contenidos.
- *La autenticación de agentes DRM.* Todos los agentes DRM deben contener un par de claves (pública y privada) y un certificado.
- *El cifrado y empaquetado de contenidos.* En los casos que proceda, el contenido se cifra con una clave simétrica (CEK) y se empaqueta siguiendo el formato DCF, indicando que es un contenido protegido.
- *La generación de derechos.* Los derechos vienen representados por un documento XML conforme al lenguaje ODRL de OMA.
- *La gestión de claves.* El modelo de seguridad está basado en tecnologías estándar de clave pública (PKI).

En la **Figura 19-6** se muestra un ejemplo de entrega de contenidos conforme a la versión 2.0 del estándar DRM de OMA.

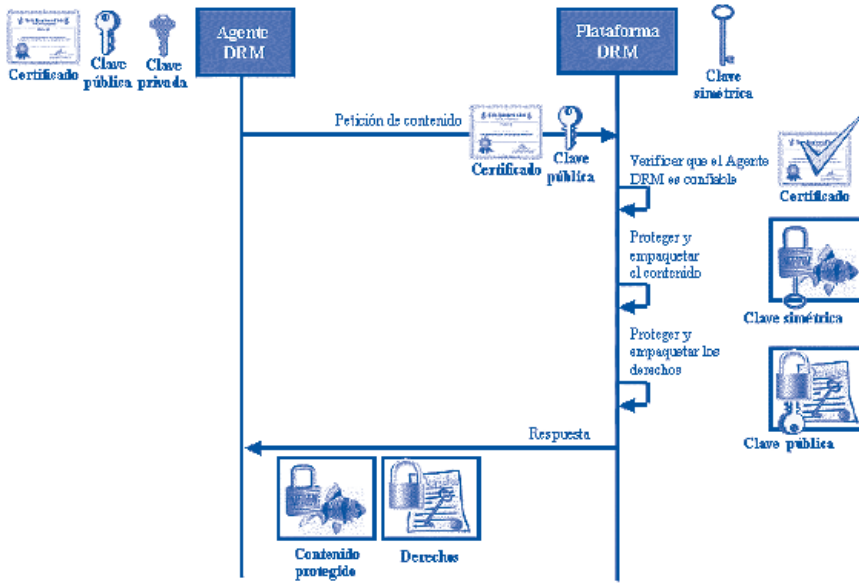


Figura 19-6: Entrega de contenidos conforme a la versión 2.0 del estándar DRM de OMA

La localización de los terminales móviles es un tema de gran interés para los operadores de la red móvil, por la gran cantidad de aplicaciones y servicios que se pueden ofrecer al usuario basados en la posición en la que se encuentra. El grado de precisión obtenido en la localización es un factor importante a la hora de decidir el tipo de servicios que se pueden ofrecer al usuario, y aunque con la precisión mínima basada en la identificación de la celda se pueden desplegar la mayoría de los servicios de localización, es necesario incluir técnicas avanzadas para mejorar la precisión. Este aspecto es vital para determinados servicios como los de asistencia de emergencias, si bien ello conlleva importantes costes de despliegue que han de ser analizados previamente por los responsables de las operadoras para tomar una decisión acertada y rentable.

En este capítulo se describe en qué consiste la localización en la red móvil, cuáles son las tecnologías aplicables y las plataformas necesarias en la red que hacen posible ofrecer determinados servicios de localización.

20.1. LOCALIZACIÓN EN LA RED

La capacidad de localizar un terminal dentro de una red móvil celular es intrínseca a este tipo de red. Para poder establecer una conexión, tanto de voz como de datos, con un terminal es necesario conocer la célula en la que se encuentra, con el fin de que los recursos radio se consuman únicamente en ella y no en el resto del sistema.

Las redes móviles celulares dividen el territorio en distintas células desde el punto de vista radioeléctrico, atendidas cada una de ellas por nodos de acceso distintos (las estaciones base en GSM o los nodos B en UTRAN) y en las que varía algún parámetro de la conexión radioeléctrica (la frecuencia en GSM, o el código en el WCDMA de UMTS). El terminal móvil debe conocer en todo momento en qué célula se encuentra para poderse comunicar con el nodo de acceso que

le corresponde, y la red de acceso debe ser capaz de obtener la célula en la que se encuentra el móvil para establecer la conexión con éste desde el nodo de acceso que le proporciona cobertura.

Por tanto, la capacidad de localización ha estado siempre presente en las redes celulares, pero la información relativa a dicha localización se utilizaba únicamente para ser capaz de establecer y mantener conexiones con los terminales en movimiento, y no existía un mecanismo para acceder a dicha información fuera de los nodos de red.

Tal es el caso, por ejemplo, de las redes GSM, donde la identidad de la MSC en cuya zona se encuentra el móvil se almacena en el HLR, con el fin de poder enrutar una llamada entrante hacia la MSC adecuada.

Las MSCs tienen asignadas una serie de BSCs, lo que determina ya una zona geográfica. En este sentido, cada MSC conoce el área de localización (*Location Area, LA*) en la que se encuentra el móvil, ya que éste envía un mensaje a la red actualizando su posición cada vez que cambia de LA. De esta forma, cuando es necesario establecer una conexión con el terminal se realiza una búsqueda (*paging*) de éste en el LA, con el fin de determinar el BSC y la célula donde se encuentra. Por tanto, puede comprobarse que existen los mecanismos necesarios para localizar el terminal, pero estos se encuentran dispersos en diferentes nodos de la red y no disponen de la posibilidad de hacer progresar la identidad de la célula más allá del BSC correspondiente, y de convertir dicha identidad de célula en una posición geográfica.

Debido al gran valor añadido que para las redes móviles, y los servicios que a través de ellas se prestan, supondría la capacidad de localización, se han ido introduciendo elementos de red propietarios que permiten manejar la información de localización y realizar servicios basados en ella. Asimismo, el organismo europeo de normalización, ETSI, ha estandarizado para GSM los nodos de red y los mecanismos necesarios para obtener la información de localización y para que ésta pueda utilizarse tanto dentro como fuera de la red celular.

En las redes de tercera generación UMTS, la capacidad de localización se considera un elemento integrante de la red de acceso radio, que debe proveer los mecanismos necesarios para obtener la posición de cualquier terminal que se encuentre en ella. Por otro lado, en el núcleo de red se incluyen los elementos necesarios para facilitar el tratamiento de la información de posicionado y para permitir realizar servicios basados en ella, tanto dentro como fuera de la red.

La capacidad de localización básica de las redes celulares consiste en obtener la identidad de la célula en la que se encuentra el terminal. En este sentido, si se conoce la zona geográfica de cobertura de cada célula se puede realizar una transformación unívoca entre la identidad de célula y la posición. Esto permite obtener para GSM, en aquellos entornos urbanos donde las células son de pequeño tamaño, precisiones de localización de entre 100 y 1.000 metros.

La precisión de localización permite realizar cierto tipo de servicios, pero puede suponer una incertidumbre demasiado grande para otros. Por esta razón, y de forma paralela a la introducción en la red de la posibilidad de manejar información de localización, se están definiendo e implementando nuevos mecanis-

mos de localización, que permitirán mejorar la precisión mediante procedimientos de triangulación similares a los realizados en GPS u otros sistemas de radio-determinación y radionavegación.

Estos métodos se basan en el análisis de las señales que desde distintos nodos de acceso (estaciones base o nodos B) llegan al móvil y en el análisis de la señal procedente del móvil, según se recibe en varios de los nodos de la red radio (estaciones base, LMUs o nodos B), o en una combinación de ambos.

20.2. TECNOLOGÍAS DE POSICIONAMIENTO

Para realizar la localización individualizada de los terminales móviles se necesita disponer de la información adecuada que permita localizar los terminales uno a uno con un alto grado de confianza. Esta información se puede obtener por medio de diversas técnicas, bien a partir de los terminales o bien a partir de los nodos de la red de acceso radio.

20.2.1. Técnica de localización basada en la identidad de celda

La localización del móvil se realiza a partir de la información de la celda que le da cobertura y de los parámetros asociados a la antena correspondiente. De este modo se obtiene una primera aproximación geográfica de la ubicación del móvil.

Esta técnica tiene la importante ventaja de estar ya disponible sin necesidad de realizar ninguna inversión en la red; sin embargo, cuenta con la desventaja de la baja precisión en la localización, fundamentalmente en las zonas rurales, donde puede no ser suficiente para ciertos servicios específicos.

En cualquier caso, la localización obtenida con esta técnica es suficiente para ser aplicada en gran cantidad de servicios.

20.2.2. Técnica de mejora de la localización basada en celda

Esta técnica se conoce como *enhanced CGI* y supone una mejora de la anterior. Se basa en los informes de medidas que reporta el móvil a la red para estimar la distancia del móvil a la EB.

La técnica básica, también conocida como CGI++, consiste en estimar, mediante el nivel de señal recibida (RxLev en GSM y RSSI en UMTS), la distancia del terminal a la estación base a la que está conectado, utilizando para ello los modelos de propagación más adecuados en cada caso. Existe una variante más avanzada que emplea también el nivel de señal de las estaciones base vecinas y que permite, mediante triangulación, obtener una localización más precisa.

20.2.3. Técnicas basadas en modificación de los terminales

En este apartado se encuentran incluidas dos clases de técnicas:

1. Las técnicas de localización basada en GPS

Una de las formas más inmediatas para conseguir la precisión requerida es utilizar el sistema GPS (*Global Positioning System*). Para ello, tal como se mencionó anteriormente, se puede instalar un receptor GPS completo, o parte de él, en el terminal (A-GPS, GPS asistido por la red), transfiriendo la información de posición a la red cuando sea necesario. Esta opción no parece muy atractiva, fundamentalmente por el aumento en peso, tamaño y coste de los terminales, por el mayor consumo de batería y por la inutilidad de la solución para usuarios en interiores. No obstante, sí puede serlo en los sistemas para vehículos, donde no importa el peso, el tamaño o el consumo.

Existen soluciones basadas en GPS que utilizan procesado distribuido, simplificando así el coste del dispositivo de usuario.

2. Las técnicas basadas en los tiempos de llegada (TOA y TDOA) con terminales modificados

Estas técnicas estiman la posición por los tiempos de llegada de la señal desde la red a los terminales, mediante modificaciones específicas de estos. Se pueden utilizar dos modelos de llegada, denominados:

- a) *Time of Arrival* (TOA). Este modelo se basa en los valores absolutos de los tiempos de llegada.
- b) *Time Difference of Arrival* (TDOA). Se basa en las diferencias existentes entre los tiempos de llegada desde una serie de estaciones base.

Cuando la posición se calcula en el móvil, se dice que la técnica está basada en el móvil (*mobile-based*), mientras que si el móvil reporta la información necesaria para los cálculos a la red se denomina «asistida por el móvil» (*mobile-assisted*).

En las técnicas de TOA, el tiempo absoluto de llegada de la señal entre el terminal y las estaciones base puede estimarse de diversas formas. La más simple es aquella donde el terminal es capaz de marcar el instante exacto de cualquier señal saliente, por lo cual la estación base puede determinar el tiempo que emplea la señal en llegar hasta ella. Si este procedimiento se repite para un mínimo de tres receptores, es posible posicionar el móvil.

Sin embargo, el método descrito necesita una sincronización muy precisa entre el reloj del terminal y los de las estaciones base. Por ello, este método es de una gran dificultad práctica, pues lograr esa sincronización llevaría a una gran complejidad (de tamaño y coste).

En cuanto a las técnicas basadas en las diferencias de los tiempos de llegada (TDOA), también denominadas E-OTD (*Enhanced Observed Time Difference*), se necesita una red paralela de estaciones base fantasma en

las localizaciones fijas. Estas estaciones se denominan LMU (*Location Measurement Units*, unidades de medida de posición).

Estas LMUs actúan como si fueran terminales móviles ficticios. A instantes periódicos, tanto los terminales como la LMU más próxima a cada terminal capturan parte de la señal proveniente de las estaciones base reales.

La comparación entre los tiempos de la estación base hasta uno y otro punto (terminales y LMUs) se utiliza para determinar la posición del terminal móvil (*observed time difference*). Como hay tres variables desconocidas (las variables «x, y» del terminal y la «y offset» de los tiempos de los relojes del terminal y de la LMU) se hace esta comparación para las señales provenientes de tres estaciones base distintas, resolviéndose el sistema de ecuaciones correspondiente.

Si las emisiones de las estaciones base no están sincronizadas (como ocurre en las redes GSM), entonces es necesario que la red conozca el desfase entre ellas para poder estimar las diferencias de tiempo reales (*Real Time Difference*, RTD).

20.2.4. Técnicas basadas únicamente en la infraestructura de red

Las técnicas referidas en la sección anterior requieren modificaciones de diversa importancia en los terminales. Como ya se ha comentado, este requisito hace poco práctico su despliegue en las redes existentes. En su lugar, se pueden utilizar otras técnicas que no requieren la modificación de los terminales, aunque obviamente si necesitan la modificación de los equipos de red o la adición de nuevos nodos.

Como en la sección anterior, aquí también existen dos grupos de técnicas:

1. *Las técnicas basadas en el ángulo de llegada* (AOA)

Los métodos basados en ángulos de llegada (*Angle of Arrival*, AOA) también se suelen denominar de dirección de llegada (*Direction of Arrival*, DOA).

Esta clase de técnicas utiliza antenas *multiarray* para estimar la dirección por la que llega la señal del terminal móvil. De este modo, la información que se obtiene localiza al móvil a lo largo de la recta que le une con la estación base. Por ello, son necesarias, como mínimo, dos estimaciones (de dos estaciones en posiciones diferentes) para localizar al móvil, aunque se suelen usar más (si están disponibles) para mejorar la precisión de localización.

Para realizar una estimación lo más precisa posible, se utilizan *arrays* específicos de orientación electrónica con haces adecuados para minimizar el error en la determinación del ángulo de llegada [20.4].

Aunque este tipo de técnicas parece muy interesante, presentan algunos inconvenientes, como, por ejemplo, no disponer de la capacidad de

resolver la posición en presencia de multitrayectos (cuando no hay línea de visión directa, la señal que llega a la antena *multiarrray* es fruto de una reflexión y, por tanto, el ángulo de llegada es distinto del buscado). Por otro lado, leves movimientos en las antenas debidos a viento o tormenta pueden producir errores considerables, ya que la estimación se basa en los ángulos absolutos existentes respecto a la antena.

2. *Las técnicas basadas en los tiempos de llegada (TOA y TDOA) con terminales estándar*

Como ocurre con los terminales modificados, aquí también se pueden utilizar técnicas de localización basadas en TOA y TODA; sin embargo, en este caso únicamente se realizan modificaciones en los nodos de red, manteniendo intactos los terminales móviles.

En las técnicas de TOA, una posibilidad de localización puede ser la utilización del tiempo de ida y vuelta de una señal para determinar indirectamente la distancia desde el terminal a la estación base.

No obstante, es necesario descontar el tiempo de procesado en el terminal, aspecto que añade bastante incertidumbre, al depender de las implementaciones de los diferentes fabricantes, de las diversas condiciones de carga de los propios terminales, etc.

Por otra parte, se incurre en el mismo tipo de error descrito en la sección anterior cuando existen reflexiones y no hay visión directa entre el terminal y la estación base.

En cuanto a las técnicas de TDOA, en el caso de terminales estándar la localización se basa en la correlación de la señal procedente de un terminal en pares de estaciones base. Esta correlación proporciona la diferencia de tiempos (y, por tanto, las distancias en los trayectos) para ese par concreto de estaciones, y de esa forma el lugar geométrico de puntos que cumplen esa diferencia de distancias (que, en concreto, tiene forma de hipérbola).

La repetición de la estimación para varios pares de estaciones permite la determinación de la posición.

Una ventaja de este sistema frente a los de AOA o TOA es que la sustracción que se realiza entre tiempos cancela posibles errores por reflexiones, sobre todo si el reflector está próximo al móvil. De este modo, el sistema puede llegar a funcionar, incluso, sin señal de visión directa.

20.2.5. Técnicas híbridas

Las técnicas híbridas se obtienen combinando las técnicas descritas anteriormente. En ellas, aunque, en general, se mantienen las consideraciones de coste y complejidad, se mejoran las características de precisión.

En este sentido, se pueden obtener dos tipos de técnicas:

1. *La técnica híbrida de AOA y TDOA*

Un sistema híbrido de este tipo combina la estimación mediante AOA para cada estación base, con estimaciones de TDOA para múltiples estaciones base.

La protección frente a multirayecto se hace mediante el uso de antenas adaptativas altamente directivas, que filtran espacialmente las componentes reflejadas.

Este es el sistema más preciso de los considerados aquí. Lógicamente, el procesamiento de la información debe hacerse con sumo cuidado, para evitar que las inexactitudes de una de las técnicas puedan afectar negativamente a la otra, pues puede suceder que en lugar de mejorar la precisión la empeore respecto a cada una de las técnicas consideradas individualmente.

2. *La técnica híbrida de AOA y TOA*

Este sistema híbrido es el único que permite determinar la posición del terminal con una sola estación base.

La combinación de la determinación del ángulo de llegada (AOA) con la distancia absoluta estimada (TOA) mediante bucle cerrado (ya que en este caso sólo se usa una estación base) permite localizar al terminal sin el concurso de estaciones adicionales, por lo que se simplifica la coordinación entre los nodos de red.

20.3. TECNOLOGÍAS DE RED UTILIZADAS PARA LOCALIZACIÓN

Estas tecnologías permiten que el acceso a la información de posicionamiento pueda realizarse por terceros ajenos a la red o por determinados elementos situados dentro de la propia red.

20.3.1. Elementos de la red GSM implicados en la localización

El ETSI establece una división de funcionalidades destinadas a permitir la localización de usuarios móviles, que están agrupadas según los distintos nodos existentes en la red GSM y en tres nuevos nodos especializados en localización (SMLC, GMLC y LMU) [20.1].

En el sistema de localización normalizado propuesto por el ETSI es posible localizar móviles, tanto si tienen establecida una comunicación como si están en reposo, a través de tres escenarios, denominados:

1. *Localización terminada en móvil (Mobile Terminated, MT)*. Es un escenario idéntico al de los sistemas propietarios, donde un cliente de localización inicia el proceso, solicitando al núcleo de red la posición de un usuario móvil.

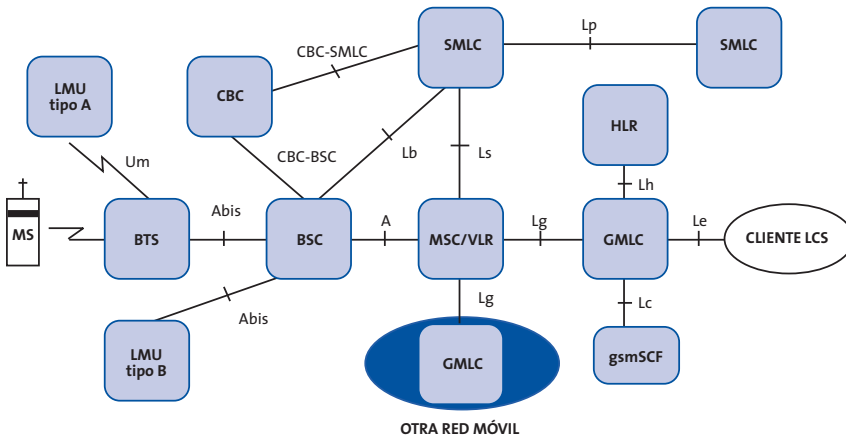


Figura 20-1:
Esquema de red GSM para localización

2. *Localización originada en móvil (Mobile Originated, MO)*. En este escenario es el propio móvil, mediante un cliente de localización residente en el terminal, el que solicita su localización.
3. *Localización originada en red (Network Initiated, NI)*. En este escenario es el núcleo de red el que decide iniciar la localización ante la detección de un determinado evento, como puede ser la realización de una llamada de emergencia.

En la **Figura 20-1** se muestra un esquema de red GSM, incluyendo los nodos de localización.

Los elementos más importantes relacionados con la localización son los siguientes:

- **La LMU (Location Measurement Unit)**

Es un elemento de la red radio que actúa como sensor de las emisiones de las estaciones móviles.

Instruida por el SMLC, la LMU realiza medidas sobre la señal de un determinado móvil y transmite el resultado de dichas medidas al SMLC. La posición geográfica de las LMUs es conocida, lo que permite al SMLC realizar triangulaciones con la información recibida desde varias de ellas y obtener una estimación de la posición del móvil.

La LMU incluye, además, una función encargada de dar información del sistema de localización, relativa a mantenimiento, prestaciones, capacidades, fallos, etc.

- **El SMLC (Serving Mobile Location Center)**

En este elemento se agrupan todas las funcionalidades destinadas a obtener la información necesaria y a calcular la posición del usuario móvil. Es un nodo que puede considerarse incluido dentro de la subred radio, ya que controla las LMUs y las BSCs en los aspectos relacionados con las medidas de las señales procedentes de los móviles.

El SMLC interactúa con la BSC directamente o a través de la MSC. La interacción con las LMUs y el terminal móvil la realiza a través de la BSC.

En caso de que esté capacitado el terminal para ello, el SMLC puede obtener medidas. De esta manera con las medidas obtenidas, y haciendo uso de la información sobre la posición geográfica de las LMUs y las BTS (así como de la potencia radiada por cada antena, su apertura de haz y demás parámetros radioeléctricos), el SMLC es capaz de calcular una estimación de la posición en la que se encuentra el terminal móvil. Para mejorar la precisión de la localización también podría, incluso, hacer uso de bases de datos geográficas con modelos del terreno.

El ETSI sitúa en el SMLC una serie de funciones relacionadas con la localización, como son:

- El control de la movilidad de las LMUs de tipo A, registrando el estado y la posición de cada LMU.
- La difusión de información de apoyo a E-OTD y A-GPS, en caso de utilizar estos métodos de posicionado.
- La coordinación y selección de los recursos radio, necesarios para realizar una localización en función de la calidad de servicio y las capacidades de la red y del móvil.
- El cálculo de una estimación de la posición del móvil, en función de la información obtenida de los BTSs, LMUs y MS, y de las bases de datos de los BTSs y LMUs con información radioeléctrica.
- La difusión de la información de mantenimiento, prestaciones, capacidades, fallos, etc.

■ *El GMLC (Gateway Mobile Location Center)*

Agrupar todas las funciones relacionadas con el modelo de negocio y la interacción con el cliente externo que solicita la información de localización.

El GMLC ofrece una interfaz a los clientes externos que oculta completamente la complejidad de la red móvil. El cliente únicamente solicita una localización y el GMLC obtiene la respuesta de la red.

Este nodo realiza el control de acceso con listas blancas y negras de clientes permitidos, y con listas de usuarios móviles que pueden ser localizados por cada cliente externo (esta funcionalidad es realizada también por el HLR, dentro del control general que éste tiene de los servicios suscritos por cada usuario). El GMLC realiza también transformaciones de sistemas de coordenadas entre las proporcionadas por la red y las deseadas por cada cliente externo. Además, genera la información necesaria para la tarificación del servicio, tanto para los usuarios externos como para los clientes de la red móvil.

Las funciones situadas por el ETSI en el GMLC son las siguientes:

- El control del proceso de localización, gestionando la interfaz con los HLRs, MSCs y otros nodos de la red GSM, y haciendo uso de las funciones LCAF, LSBF y LCCTF, según sea necesario en cada petición.
- El control del acceso de los clientes de los servicios de localización.
- La tarificación.
- La transformación entre los sistemas de coordenadas.

- La función de operación, encargada de dar información de mantenimiento, prestaciones, capacidades, fallos, etc.
- *El CBC (Cell Broadcast Center)*
 Este nodo es el encargado de difundir en las celdas la información de apoyo a los sistemas de localización, como A-GPS. No es necesaria su intervención en los sistemas de localización que no necesitan información adicional, como es el caso de los sistemas basados en la identidad de célula.

20.3.2. Elementos de la red UMTS implicados en la localización

En la red UMTS se realiza una división entre la red de acceso radio y el núcleo de red, más clara que la existente en GSM, donde las MSCs tienen parte del control de la red radio, al mismo tiempo que forman parte del núcleo de red.

Esta misma línea se mantiene en lo relativo a los sistemas de localización, quedando para ello las funciones de cálculo de la posición y obtención de los datos necesarios englobadas en la RAN, mientras que las funciones de acceso a dicha información de localización aparecen en el núcleo de red.

En la **Figura 20-2** se muestra un esquema de red UMTS, versión 99, en el que aparecen los nodos relacionados con la localización [20.2]. En ella se puede ver la presencia explícita de un nodo GMLC, con la misma funcionalidad del nodo GMLC de la red GSM que aparecía en el apartado anterior, y la presencia implícita de la funcionalidad de SMLC dentro de los SRNC (*Serving Radio Network Controller*) de la red de acceso radio RAN.

La distribución de funcionalidades entre el GMLC y el SMLC en la red UMTS, dentro de la versión 99, es la misma que la que aparece en la red GSM.

En el GMLC aparecen las funcionalidades relacionadas con el acceso de clientes externos y el modelo de negocio: transformación de coordenadas, coordinación y control de las peticiones de clientes, autorización de clientes, facturación, y operación y mantenimiento.

En la RAN, dentro de la funcionalidad de SMLC, aparecen una serie de funciones relacionadas tanto con la obtención de información de la interfaz radio como con el cálculo de la posición. Estas funciones son:

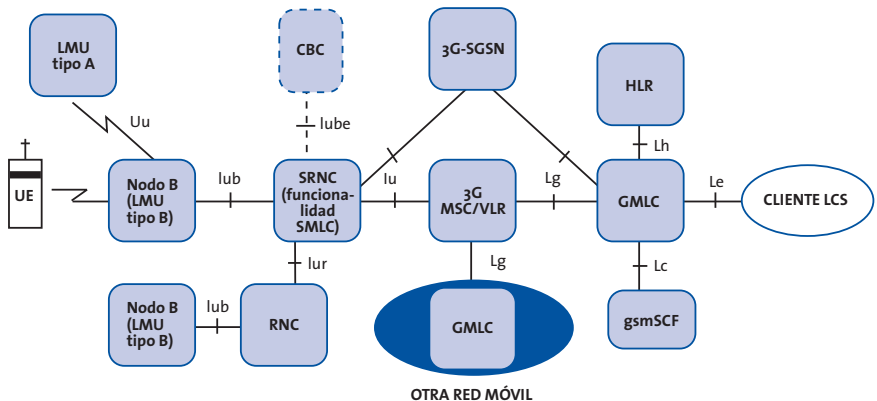


Figura 20-2: Esquema de red UMTS para localización

- El control y organización de los recursos de localización para atender las peticiones (*UMTS-Location System Control Function*, U-LSCF).
- La operación y mantenimiento (*Location System Operation Function*, LSOF).
- El control de la interfaz radio para posicionado (*UMTS-Positioning Radio Control Function*, U-PRCF).
- El cálculo de la posición a partir de la información de la interfaz radio (*UMTS-Positioning Calculation Function*, U-PCF).
- La toma de medidas de la interfaz radio (*UMTS-Positioning Signal Measurement Function*, U-PSMF).
- El control de los recursos de la interfaz radio (*UMTS-Positioning Radio Resource Management*, U-PRRM).

Como puede observarse, todas las funciones de obtención de la posición que interactúan con la interfaz radio quedan englobadas dentro de la RAN. De esta forma, la capacidad de posicionado del terminal (que en UMTS se denomina *User equipment Positioning*, UP) pasa a formar parte de la red de acceso radio, de la misma forma que lo es la capacidad de establecer conexiones entre el terminal móvil y el núcleo de red.

La capacidad de posicionado (UP) estará presente en la versión 99 de UTRAN, red terrestre de acceso radio de UMTS, tanto en la versión de división de frecuencia como en la de división de tiempo, y deberá poderse aplicar a todos los equipos de usuario. Sin embargo, en función de las capacidades de localización que presenten los diferentes terminales, puede haber diferencias en la calidad de servicio prestada.

Las especificaciones actuales de UMTS del ETSI señalan que en el caso del GMLC deben aprovecharse las interfaces MAP existentes actualmente en GSM, lo cual indica (junto con la funcionalidad asignada a dicho nodo en GSM y UMTS, que es idéntica en ambos casos) que en la versión 99, y posiblemente en las versiones siguientes de UMTS, se podrán utilizar los nodos GMLC, con ligeras modificaciones para adaptarlos a las posibles diferencias de protocolos.

20.4. SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN

El objetivo final de la implantación de las tecnologías de localización indicadas anteriormente es ofrecer servicios atractivos al usuario que permitan hacer un mayor uso de la red móvil y, por tanto, generar mayores ingresos por usuario a las operadoras.

Una posible clasificación de los servicios de localización puede realizarse en función de quien inicia la localización; esto es, se pueden dividir en dos grupos:

1. *Los iniciados por el usuario*

Los servicios en los que la localización es iniciada por el propio usuario están relacionados con la posibilidad de ofrecerle asistencia o con el suministro de información relacionada con su posición. Este tipo de ser-

vicios responde a preguntas del tipo: «¿Dónde estoy?», «¿Qué hay cerca de mi posición?», etc., u ofrece ayuda, como el servicio de emergencias.

2. Los iniciados por la red

Los servicios en los que la localización es iniciada por la red están asociados a peticiones de terceras aplicaciones y se usan generalmente para obtener algún tipo de beneficio. Dentro de este tipo se pueden incluir los servicios de publicidad, la búsqueda de amigos o la gestión de flotas.

En cualquier caso, todos los servicios de localización han de tener presente aspectos legales relacionados con la seguridad y protección de la privacidad de los usuarios.

Algunos servicios específicos de localización son los siguientes:

■ El servicio de emergencias

Este servicio consiste en obtener la localización asociada a un terminal desde el que se realiza una llamada de emergencia (el número 112 en Europa, o el 911 en América) y ofrecerla al centro de atención más próximo, transfiriéndole también la llamada directamente (ver la **Figura 20-3**). De este modo se puede ofrecer ayuda y asistencia de forma más rápida y eficiente a personas en situaciones de peligro, y, consecuentemente, salvar más vidas humanas o evitar lesiones de mayor gravedad. Se puede incluso ofrecer asistencia en aquellos casos extremos donde el usuario llamante ha podido realizar la llamada y no encontrarse en condiciones de hablar, siendo imposible, por tanto, que pueda dar información sobre su ubicación geográfica.

El servicio de emergencias es de gran interés por el beneficio social que aporta, y por ello se considera el más representativo de la gran utilidad que se puede obtener con la localización de los terminales móviles.

En este servicio la precisión obtenida representa un papel muy importante, y por ello es un aspecto sometido a regulación por los gobiernos de la Unión Europea y Estados Unidos. El organismo FCC (*Federal*

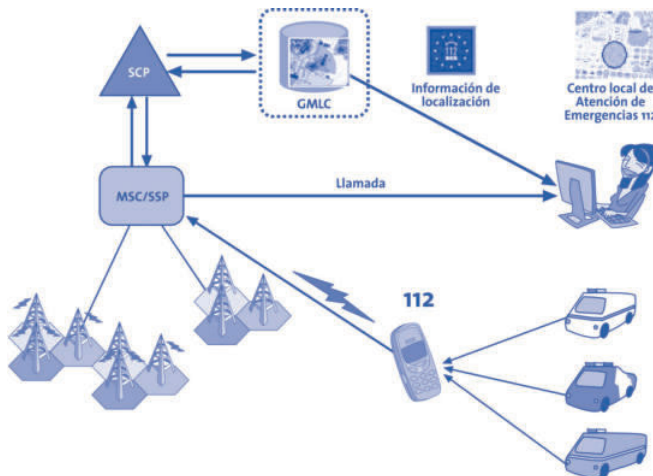


Figura 20-3:
El servicio de emergencias 112

Communications Commission) ha sido el encargado en EE.UU. de la regulación de las llamadas de emergencias al 911, contemplando diferentes precisiones dependiendo de la tecnología usada por las operadoras (basada en el terminal o en la red). Por otro lado, en la Unión Europea se ha trabajado para definir una solución unificada del servicio de llamadas de emergencias al 112, siendo los grupos CGALIES y LOCUS los encargados de coordinar estos trabajos, cuyos resultados se han incluido en los estándares definidos por LIF (*Location Interoperability Forum*) y OMA (*Open Mobile Alliance*) para las interfaces abiertas que han de ofrecer las operadoras hacia sistemas externos. En este caso no se han establecido normas severas en cuanto la precisión que se ha de ofrecer y los plazos para obtenerla, y se ha permitido que dicha precisión se vaya incrementando en función de la disponibilidad de soluciones comerciales que cumplan las recomendaciones iniciales realizadas por el grupo CGALIES.

■ *La información sobre servicios comerciales próximos*

Este tipo de aplicaciones ofrece al usuario, de forma automática, información de los servicios de interés más próximos a su ubicación. De este modo es posible conocer, por ejemplo, la farmacia más cercana, los restaurantes de la zona o las películas que se están ofreciendo en los cines más cercanos.

Dentro de este grupo se pueden considerar también los servicios de localización que ofrecen la ruta a seguir para llegar al destino seleccionado.

El éxito de este tipo de servicios depende fundamentalmente del nivel de actualización de los datos consultados así como de la precisión de la localización.

■ *El servicio de tarificación basada en la localización*

Este servicio consiste en tarificar las llamadas en función de la ubicación del usuario llamante, de modo que el usuario puede definir su «*home zone*» desde la cual las llamadas se tarificarán más baratas. Este concepto puede aplicarse en el ámbito empresarial, de modo que se pueda definir una «área corporativa» («*office zone*») para la empresa desde la cual las llamadas se traten según criterios específicos, e incluso se pueda añadir una variable temporal que restrinja las tarifas baratas a determinados rangos horarios.

■ *El servicio de localización de personas*

Este servicio permite que se pueda conocer, por ejemplo, la localización de los amigos más cercanos a la posición del usuario, e incluso proponer puntos intermedios de reunión (bares, *pubs*, etc.), y que se pueda interactuar estableciendo una llamada o intercambiando mensajes.

Además, el servicio de localización de personas no requiere disponer de alta precisión en la localización, por lo que es fácil desplegarlo en la red.

- *El servicio de juegos*

Dado que el tema de los juegos siempre ha supuesto un gran negocio, la posibilidad de incluir la localización suministra un valor diferenciador a los juegos en los terminales móviles. Estos juegos pueden detectar la proximidad de otros jugadores, y, a partir de ahí, permitir que se puedan desempeñar diferentes papeles en el juego, e incluso, mediante el envío de mensajes, que se puedan formar grupos de usuarios interactuando en la misma partida.

- *El servicio de publicidad*

Este servicio consiste en ofrecer información publicitaria a través de mensajes en los terminales cuando los usuarios se ubican en determinadas zonas geográficas. De este modo se pueden ofrecer, por ejemplo, descuentos valederos durante las dos próximas horas en el centro comercial más cercano, o información de las películas que se van a proyectar en la siguiente sesión en el cine de al lado, o la oferta del día en el restaurante situado en la siguiente manzana.

- *El servicio de navegación*

Cuando se dispone de métodos avanzados de localización, como A-GPS, es posible ofrecer servicios de navegación en los que el usuario define el destino al que quiere llegar. En este sentido, el servicio va indicando en tiempo real, a través de mensajes en el terminal, la ruta que se debe seguir.

Obviamente, este servicio requiere una alta precisión en la localización y un intercambio de información entre el terminal y el servidor, de modo que la posición estimada se debe obtener cada cierto espacio de tiempo para poder dar la siguiente orden al terminal.

El servicio de navegación pueden combinarse con la búsqueda de lugares o establecimientos comerciales cercanos (farmacias, gasolineras, etc.), con el fin de ir indicando al usuario la ruta a seguir. En un tipo de servicio avanzado, incluso, puede utilizarse la información del estado del tráfico para ofrecer al usuario rutas alternativas en tiempo real cuando se desplaza en un vehículo.

- *El servicio de gestión de flotas*

Este servicio consiste en ofrecer una solución básica para localizar vehículos y gestionar sus rutas de forma optimizada. Es de especial interés para compañías de transporte, taxis, asistencia en carretera, etc.

El servicio de gestión de flotas será de mayor calidad si se puede utilizar un mecanismo de localización avanzada basado en GPS, ya que permitiría, por ejemplo, calcular los tiempos necesarios para cubrir las rutas dentro de ciudades, lo cual resulta fundamental en el caso de los taxis.

- *El servicio de asignación óptima de recursos (o selección automática de red)*

Este servicio es diferente de los anteriores, se trata más bien de una aplicación de localización del usuario por parte del operador, y está en fase

de investigación, ya que las tecnologías actuales de terminales y equipos de red aún no permiten ofrecerlo.

La idea consiste en que un operador que disponga de diferentes redes de acceso (GSM, UMTS, WLAN, etc.) pueda reencaminar a cada usuario a la red más adecuada en función de su perfil, del servicio requerido, y de los recursos de red disponibles en cada momento en una localización determinada. Todo este procedimiento sería transparente para el usuario, el cual accedería a la red más apropiada en cada momento y cada lugar, sin necesidad de intervenir en el proceso. Gracias a esta técnica se podrá optimizar el uso de las redes en función de diferentes criterios: económicos, estratégicos, de disponibilidad de recursos, etc.

Hoy en día es relativamente frecuente que diversos servicios públicos e industriales estén controlados por máquinas y sistemas automatizados. Aunque algunas de estas máquinas tienen un funcionamiento autónomo o programado, existe un número relevante de casos en los que se hace necesario el establecimiento de algún tipo de comunicación con ellas, bien para tareas de monitorización, bien para ordenar alguna actuación.

En muchos casos, estas necesidades de comunicación se cubren con líneas fijas, con el alto coste que esto conlleva, o sencillamente no se cubren por falta de una solución adecuada. En este sentido, las redes móviles representan un papel importante, ya que proporcionan una infraestructura capaz de ofrecer servicios de comunicación inalámbricos en cualquier punto geográfico. De esta forma, el término M2M puede entenderse como «machine to machine», «mobile to machine» o «machine to mobile».

Así, pues, el objetivo de los servicios M2M en lo que a redes móviles se refiere consiste en facilitar la comunicación entre máquinas, adaptando y configurando la red móvil de acuerdo a las necesidades de este tipo de servicios, e incluso proporcionando las plataformas adecuadas para la explotación de dichos servicios.

21.1. ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE LOS SERVICIOS M2M

A fin de comprender mejor el ámbito de aplicación de los servicios M2M, en este apartado se analizan diversos escenarios donde el concepto M2M tiene un nicho de mercado, en algunos casos aún por explotar.

Observando las áreas de interés de los foros de discusión sobre M2M [21.4] pueden comprobarse las inquietudes reales existentes alrededor de estos escenarios, los cuales están directamente relacionados con una serie de sectores relativos a:

- *«Vending»*

El *vending* es el sector por excelencia de los servicios M2M. Las máquinas expendedoras de productos reúnen una serie de características que las hacen idóneas para ser controladas remotamente. En ellas, la reposición de productos y monedas puede optimizarse conociendo en tiempo real las existencias. También puede conocerse la recaudación, así como el estado de la máquina en lo que a funcionamiento se refiere (averías).

- *Procesos de fabricación industrial*

En estos procesos existe un gran número de máquinas y robots que suelen estar controlados por autómatas. Dadas las condiciones de estos entornos (temperatura, ruidos, etc.), resulta interesante poder reprogramar las máquinas de forma remota, ya sea actuando directamente sobre ellas o sobre los autómatas que las controlan.

- *Lectura de contadores*

Las empresas distribuidoras disponen de personal que se desplaza hasta cada contador para efectuar la lectura e introducir los datos correspondientes en los sistemas de las empresas. La introducción de los servicios M2M en la lectura de contadores permitiría no sólo realizar una lectura más cómoda y rápida de los contadores, sino también ofrecer a sus clientes servicios de valor añadido relacionados con el consumo y con el hecho de disponer de la información en tiempo real.

- *Medicina*

En el ámbito de los tratamientos domiciliarios, los servicios M2M permiten la transferencia de la información recogida por diversos dispositivos médicos, sin que sea necesario enviar manualmente dicha información a los hospitales. También los vehículos de urgencias pueden aprovechar los servicios M2M, disponiendo de conectividad con los hospitales.

- *Automoción*

Aprovechando los sistemas de control electrónico con los que se equipan los vehículos en la actualidad, los servicios M2M permiten realizar diagnosis remotas sin necesidad de desplazar el vehículo al taller, mejorando, por tanto, su mantenimiento. También pueden implementarse alarmas para vehículos basadas en estos servicios, pudiéndose notificar en tiempo real.

- *Control de acceso*

Los servicios M2M permiten automatizar el control de acceso a edificios, recintos, aparcamientos, hoteles, peajes, etcétera, proporcionando no sólo un canal de comunicación con los centros de control, sino también la posibilidad de llevar a cabo la identificación de los usuarios basándose en medios proporcionados por la red móvil.

- *Control y supervisión del tráfico*

En este sector existen multitud de dispositivos (paneles informativos, semáforos, contadores de aforo de vehículos, sensores meteorológicos,

etc.) que pueden aprovecharse de los servicios M2M, bien sea para establecer la comunicaci3n con los centros de control de tr3fico, o bien como redes de respaldo a las existentes basadas en fibra.

■ *Medio ambiente*

Generalmente, las estaciones medioambientales (de meteorolog3a, de contaminaci3n, de ruido, etc.), as3 como los medidores de nivel de agua en presas y pantanos, est3n emplazados en lugares con escasas posibilidades de comunicaci3n. Los servicios M2M permiten establecer una red de comunicaci3n m3vil sobre la que poder transferir toda la informaci3n necesaria.

■ *Gesti3n de flotas*

Si bien la gesti3n de flotas tradicionalmente se ha basado en la localizaci3n a trav3s de GPS, los servicios M2M, al estar basados en la red m3vil, proporcionan un medio de localizaci3n que, aunque menos preciso, puede resultar suficiente para ciertas aplicaciones. Adem3s, se cuenta con la posibilidad de transferir informaci3n sobre rutas, avisos, etc.

21.1.1. Caracterizaci3n de las aplicaciones M2M

Aunque el campo de aplicaci3n de las soluciones M2M es muy variado, generalmente presentan una serie de componentes b3sicos comunes en la comunicaci3n entre un centro de control y las m3quinas remotas. Algunos de estos componentes b3sicos son:

- *La recolecci3n de datos.* Los datos se recogen a trav3s de sensores y son enviados y almacenados en el centro de control o en los sistemas de gesti3n de las empresas.
- *El control remoto.* Se basa en la realizaci3n de una serie de operaciones sobre la m3quina remota.
- *La configuraci3n remota.* Consiste en el cambio de la programaci3n o de los modos de funcionamiento de las m3quinas controladas.
- *La supervisi3n remota.* La supervisi3n es necesaria en los sistemas con capacidad para detectar situaciones de alarma. En estos casos, la informaci3n que se transmite suele ser cr3tica.
- *La presentaci3n de datos.* Los datos puedan ser visualizados a trav3s de diversos dispositivos, como, por ejemplo, paneles luminosos en las autopistas, paneles publicitarios, etc.

En la **tabla 21-1** se reflejan cu3les de estos componentes se aplican a los escenarios descritos anteriormente.

21.1.2. Identificaci3n de las caracter3sticas de los servicios M2M

Tras analizar los escenarios, resulta evidente que el primer factor com3n a todos ellos es la necesidad de conectar las m3quinas, y para ello es necesario

Tabla 21-1:
Componentes aplicables a los escenarios M2M

	Recolección de datos	Control remoto	Configuración remota	Supervisión remota	Presentación de datos
Vending			✓	✓	
Procesos de fabricación industrial	✓	✓	✓	✓	
Lectura de contadores	✓				
Medicina	✓		✓	✓	
Automoción				✓	
Control de acceso			✓	✓	
Control y supervisión del tráfico	✓	✓	✓	✓	✓
Medio ambiente	✓				✓
Gestión de flotas	✓				✓

saber qué tipo de interfaces presentan. Por lo general, todos los escenarios pueden cubrirse proporcionando conectividad a través de líneas serie, y de entradas y salidas digitales y analógicas.

Otro factor a destacar es que las comunicaciones deben ser remotas e inalámbricas, por lo que se requiere un buen nivel de seguridad, un coste ajustado al valor de los datos y una alta fiabilidad.

Una vez que se asume que un servicio M2M debe proporcionar conectividad entre máquinas de forma inalámbrica, es importante entender que para conseguir un rápido despliegue de estos servicios, su implantación debe ser lo más transparente posible. En la mayor parte de los casos, el control y monitorización de las máquinas debe poder realizarse desde una oficina o un puesto de control, y, a poder ser, con las mismas herramientas que se vengán utilizando habitualmente. Esto permitirá una mayor aceptación por parte de los usuarios.

21.2. EL PAPEL DE LA RED MÓVIL EN LOS SERVICIOS M2M

El principal valor de los servicios M2M consiste en la posibilidad de establecer comunicaciones de datos remotas entre máquinas apoyándose en la red móvil. Para poder transmitir la información de este tipo, la red móvil ofrece una serie de servicios, como CSD/HSCSD, SMS, USSD y GPRS.

Cada uno de estos servicios presenta ventajas e inconvenientes por su efectividad para transportar información, aunque el objetivo ideal es conseguir, de

manera transparente a los usuarios de los servicios M2M, un transporte de datos que se apoye en todos ellos, eligiendo el más apropiado en cada momento.

Por otro lado, para facilitar la implantación de los servicios M2M, los modelos de facturación deben adaptarse a la naturaleza de las aplicaciones a las que va dirigido. Concretamente, sería interesante contar con tarjetas SIMs específicas para M2M donde sólo se habilitasen los servicios de datos necesarios y estuviesen asociadas a un contrato específico con una facturación específica.

21.2.1. Servicios de la red móvil aplicados a M2M

Llegados a este punto es necesario identificar cuales son los servicios de la red móvil que pueden utilizarse para transportar información entre máquinas, con objeto de poder establecer las prioridades a seguir en el uso de estos servicios dependiendo de la disponibilidad de cada uno y del tipo de tráfico a cursar. En este sentido, los diferentes servicios de la red móvil aplicados a M2M son:

- *El servicio CSD/HSCSD (Circuit Switched Data/High Speed Circuit Switched Data)*

El uso de conexiones CSD es recomendable en aquellas aplicaciones M2M en que se transmiten datos de forma continua. En esos casos se dispone de un canal de datos no compartido, con un ancho de banda asegurado de 9.600 bit/s. Además, se cuenta con la seguridad derivada del canal de datos basado en conmutación de circuitos.

Un caso típico de este tipo de servicios sería la monitorización del estado del tráfico mediante la transmisión de imágenes capturadas periódicamente.

Su utilización tiende a ser menos aconsejable en las aplicaciones M2M en que predomine el tráfico a ráfagas, debido al alto coste de la infrautilización del canal, o a los tiempos de establecimiento de conexión propios de CSD.

- *El servicio SMS (Short Message Service)*

Este servicio es una portadora de datos que puede resultar útil en los casos en que la cantidad de información a transmitir por las aplicaciones M2M es baja y a ráfagas, y no se requiere fiabilidad en la transmisión de datos (seguridad en la entrega de los mensajes, desorden en la entrega, etc.). Así mismo, la velocidad media en la transmisión de los datos es baja debido a la alta latencia del servicio y al pequeño tamaño de las PDUs de datos (en caso de considerar un módem enviando un SMS cada cinco segundos la velocidad de transmisión será de 256 bit/s).

- *El servicio USSD (Unstructured Supplementary Service Data)*

Al contrario que en el caso del servicio SMS, USSD es un servicio síncrono, lo cual permite asegurar la entrega de la información en un tiempo corto. Por otra parte, la orientación a sesiones y el alto consumo de recursos radio que supone, hace que su utilización masiva pueda dar lugar a la saturación de la red.

■ *El servicio GPRS (General Packet Radio Service)*

De entre los servicios GPRS que las operadoras ofrecen a sus clientes, cabe destacar las soluciones que permiten que los terminales móviles se conecten a la *intranet* de una empresa, convirtiéndose estos terminales en nodos de dicha *intranet* (compartiendo incluso el espacio de direcciones IP). Este tipo de soluciones permiten tratar las máquinas de una empresa como nodos de su *intranet*, lo cual facilita sobremedida la comunicación con ellas, manteniendo la ventaja de la comunicación remota e inalámbrica. Además, en estos casos es factible que la empresa administre por sí misma la asignación de direcciones IP, con lo que se consigue una mayor flexibilidad a la hora de asignar recursos y acceder a las máquinas.

En cualquier caso, los servicios M2M deben vigilar la conexión, ya que a pesar del concepto «*always-on*», la red puede eliminar el contexto PDP (*Packet Data Protocol*) tras un periodo de inactividad. Por otro lado, la asignación de recursos radio para GPRS compite con los recursos de voz, y esto, junto con la ausencia generalizada de políticas de calidad de servicio, pone de manifiesto la necesidad de configurar las redes GPRS orientándolas a M2M.

Tal como ha establecido el análisis realizado en la identificación de los servicios, es difícil emitir un juicio sobre el servicio más adecuado para M2M. No obstante, los inconvenientes de cada uno de ellos hay que entenderlos en el contexto de los servicios M2M y de las posibles modificaciones de la configuración de la red que pueda realizar el operador para conseguir una mejor adaptación.

Por otro lado, el uso de un servicio u otro dependerá del tipo y de la prioridad del tráfico a cursar, así como de la disponibilidad de cada servicio en un momento determinado. Una posibilidad es la de ofrecer un canal para la transmisión de datos independiente de la portadora de datos que se utilice, de forma transparente para la aplicación, permitiendo que dichas portadoras de datos puedan variar en función del estado de la red móvil en cada momento, y pudiendo seleccionar el orden de utilización de unas u otras.

En la **Figura 21-1** se refleja la idoneidad de cada uno de los servicios anteriormente comentados, teniendo en cuenta la continuidad del tráfico a generar frente a su capacidad.

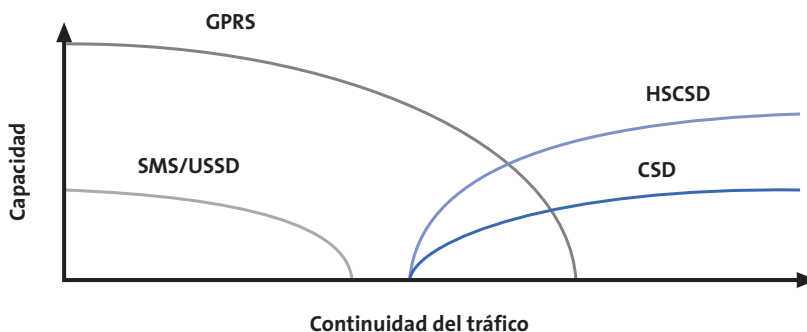


Figura 21-1: Comparación de los servicios de transmisión de datos de la red móvil

21.2.2. Localización mediante red móvil

Otro de los servicios de la red móvil que resulta útil para los servicios M2M, aunque no esté relacionado con la transferencia de datos, es la localización.

La localización basada en la red móvil permite estimar la posición de un terminal con una precisión que, si bien es considerablemente inferior al sistema GPS (*Global Position System*), puede ser suficiente para determinadas aplicaciones. Esta localización puede proporcionarse en forma de coordenadas, carreteras y puntos kilométricos, códigos postales, municipios y provincias, etc.

Hay una diferencia importante entre la localización basada en red móvil y el sistema GPS. Esta consiste en que en un sistema GPS el terminal conoce su posición y tiene que transmitirla al centro de control, mientras que en la localización basada en red móvil es la propia red la que conoce la posición, por lo que el centro de control puede obtener dicha posición realizando una consulta directamente.

21.3. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS LOCALES APLICADAS A LOS SERVICIOS M2M

Como ya se ha indicado anteriormente, los servicios M2M giran en torno al concepto de comunicación entre máquinas. Aunque en la mayor parte de los casos esta comunicación tendrá lugar entre máquinas ubicadas en localizaciones distantes entre sí, existen algunas situaciones en las que la proximidad entre las máquinas permite cubrir parte de las comunicaciones mediante otras tecnologías distintas de la red móvil que optimizan la inversión en equipamiento de comunicaciones.

Estos escenarios pueden cubrirse con tecnologías inalámbricas locales como Bluetooth o WLAN, ya que ambas permiten una comunicación inalámbrica de corto alcance con anchos de banda que en cualquier caso están por encima de los proporcionados por la red móvil.

No obstante, y aunque ambas tecnologías parecen equivalentes desde un punto de vista funcional (en lo que a servicios M2M se refiere), Bluetooth presenta una serie de ventajas que lo identifican como la tecnología inalámbrica local más apropiada para implementar comunicaciones entre máquinas físicamente cercanas. Las principales ventajas de Bluetooth frente a WLAN son su reducido tamaño, su bajo consumo y su bajo coste. Por otro lado, la pila de protocolos es muy sencilla, pudiéndose establecer las comunicaciones sin necesidad de realizar la implementación de TCP/IP. Finalmente, de cara a una posible interacción entre máquinas y usuarios, es más factible incorporar Bluetooth que WLAN a los dispositivos portátiles, como es el caso de los teléfonos y PDAs.

A continuación se presentan dos escenarios donde puede verse la utilidad de las tecnologías inalámbricas en los servicios M2M.

21.3.1. Comunidades de máquinas

Por lo general, toda máquina que desee establecer una comunicación remota estará equipada con un terminal y una tarjeta SIM que permita el acceso a la red móvil. Estos elementos suponen un coste a tener en cuenta.

Una solución a este inconveniente consiste en formar una comunidad de máquinas que se comuniquen entre sí mediante Bluetooth. En esta comunidad, una de las máquinas (la máquina maestra), además de estar equipada con un dispositivo Bluetooth, incorporará un terminal de acceso a la red móvil. De esta forma, las máquinas restantes (las máquinas esclavas) encaminarán a través de la máquina maestra toda la información que deseen intercambiar con el centro de control (ver la **Figura 21-2**).

Esta solución permite reducir el coste final, ya que sólo la máquina maestra incorpora un terminal móvil, que es considerablemente más caro que un dispositivo Bluetooth.

Por otro lado, cabe destacar que en ningún momento se sacrifica la cantidad de tráfico que se transmite a través de la red móvil, ya que el módulo maestro concentra el tráfico de las restantes máquinas, que de otra forma sería transmitido individualmente por cada una de ellas. En este sentido, una tecnología como Bluetooth proporciona un ancho de banda suficiente como para no formar un cuello de botella en la máquina maestra, que retransmite la información al cen-

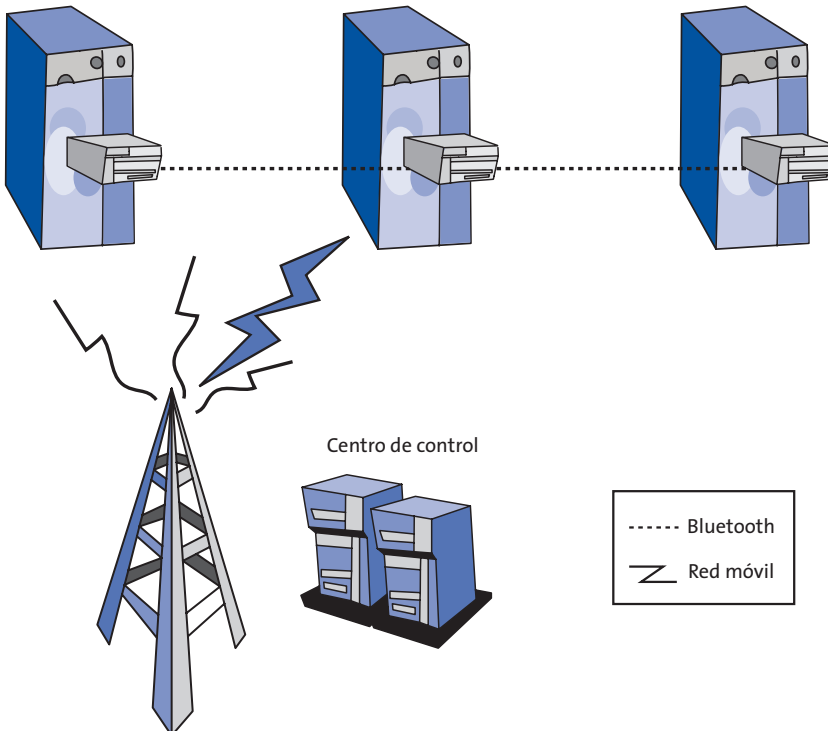
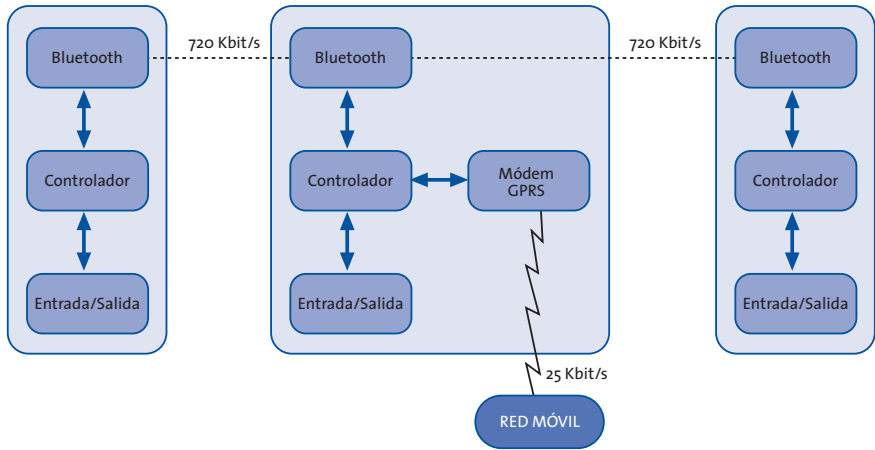


Figura 21-2:
Arquitectura de una comunidad de máquinas conectadas mediante Bluetooth

Figura 21-3:
Comunicación entre máquinas y con la red móvil



tro de control a través de la red móvil, la cual proporciona anchos de banda inferiores a los de Bluetooth (ver la **Figura 21-3**).

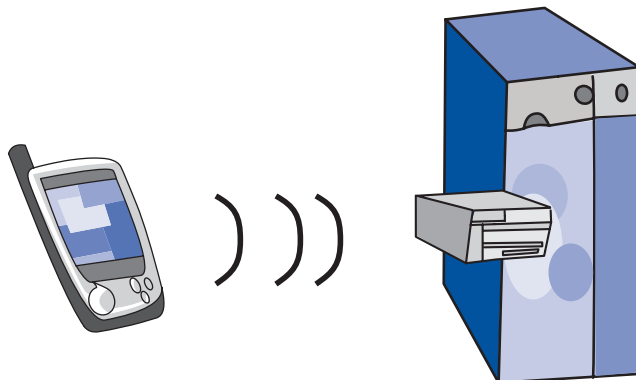
21.3.2. Comunicación local entre máquinas y usuarios

Otro escenario en el que las tecnologías inalámbricas locales representan un papel importante es aquel en el que los usuarios, equipados con terminales portátiles con Bluetooth (teléfonos, PDAs), requieran comunicarse localmente con las máquinas.

Esta posibilidad abre nuevas vías de comunicación hombre-máquina, ya que los terminales presentan cada día que pasa una mayor sofisticación y unas interfaces de usuario más amigables. En este sentido, el terminal puede convertirse en la interfaz de usuario remota de la máquina (ver la **Figura 21-4**), ofreciendo distintas funcionalidades tales como la selección de productos, el diagnóstico de la máquina y la autenticación, o incluso la realización del pago por la compra de un producto.

Todo lo anteriormente especificado lleva a la conclusión de que es posible que las tecnologías inalámbricas locales no sean el corazón de los servicios

Figura 21-4:
Comunicación local entre máquinas y usuarios



M2M, pero ofrecen un valor añadido que puede ayudar a su implantación, ya sea por la reducción de costes o por su facilidad de uso.

21.4. CASO DE APLICACIÓN DE LA ARQUITECTURA PARA SERVICIOS M2M

Hasta ahora se ha descrito cómo la red móvil y las tecnologías inalámbricas locales ofrecen los medios para comunicar máquinas entre sí o con los centros de control, bien sea de forma local o remota. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, además de contar con los medios para llevar a cabo la comunicación entre máquinas, será necesario contar también con un sistema que ofrezca una solución M2M completa. En este sentido, es importante definir una arquitectura orientada a un gran número de aplicaciones M2M.

21.4.1. Factores que intervienen en los servicios M2M

Para poder definir una arquitectura orientada a M2M es necesario analizar previamente los distintos factores que intervienen en un servicio M2M completo. En este sentido, los elementos que intervienen son:

■ *Las máquinas*

Las máquinas representan la razón principal de la existencia de los servicios M2M, pues al fin y al cabo constituyen aquello que se quiere controlar o monitorizar remotamente. Tras un estudio realizado a las máquinas susceptibles de ser controladas mediante soluciones M2M, y a pesar de su heterogeneidad, pueden abstraerse una serie de características que de forma global cubren la mayor parte de estas máquinas. Estas características son:

- *Las interfaces.* Son el elemento más importante a tener en cuenta, ya que constituyen el medio de comunicación entre la máquina y el exterior. Las máquinas más tradicionales utilizan medios de comunicación basados en líneas de entrada y salida digitales o analógicas, si bien es cierto que, cada vez con más frecuencia, los automatismos modernos simplifican sus interfaces basándose en *buses* estandarizados como RS-232, RS-485 o USB.
- *El tamaño.* Este factor también es importante, ya que en caso de incorporar algún dispositivo a la máquina hay que tener en cuenta su tamaño, así como el espacio libre disponible. Algunas veces el dispositivo M2M podrá incorporarse a la máquina y otras veces será un elemento externo.
- *El consumo.* En ocasiones las máquinas no cuentan con un suministro permanente de energía eléctrica, sino que funcionan por medio de baterías. Este factor se debe tener en cuenta a la hora de incorporar dispositivos nuevos a la máquina, los cuales deberán ser de bajo consumo o incorporar sus propias fuentes de alimentación.

- *La ubicación.* Los campos en los que hoy en día se utilizan las máquinas son muy diversos, por lo cual hay que pensar que éstas pueden ubicarse en entornos con condiciones climatológicas adversas, en entornos agresivos, etc.
- *El tráfico generado.* De cara a la red móvil se debe tener en cuenta la cantidad de tráfico que las máquinas pueden llegar a generar. En este sentido, pueden encontrarse máquinas que transmiten pequeñas cantidades de información cada poco tiempo, o sistemas que requieren una transmisión continua de datos, pasando por todos los estados intermedios imaginables. Además, hay que tener en cuenta la criticidad de los datos a transmitir, analizando su prioridad e importancia. Por tanto, una vez realizado el estudio del tráfico se elegirán, en función de éste, los servicios de la red móvil que sean más apropiados.

En la **Figura 21-5** pueden verse una composición con diferentes tipos de máquinas en diferentes escenarios M2M.

■ *La red móvil*

Constituye el medio de comunicación remoto que utilizarán las máquinas. Anteriormente se han descrito las ventajas e inconvenientes de los servicios que proporciona la red móvil para la transmisión de datos. Una solución ideal es combinar todos los servicios ofreciendo a las aplicaciones M2M una línea de comunicación que se ajuste de forma transparente a sus necesidades y a las condiciones de la red.

■ *La gestión e implantación de los servicios*

Como en cualquier servicio, el usuario necesitará una consola desde la que poder administrar los componentes del servicio y obtener la información relativa a sus máquinas. Esto obliga a contar con un centro que controle todas las máquinas y que ofrezca a los usuarios las interfaces necesarias para obtener información de sus máquinas, controlarlas, generar informes, etc.

Figura 21-5:
Máquinas en diversos
escenarios



■ *El desarrollo de los servicios*

Una de las características en la que más se ha incidido hasta ahora es la heterogeneidad de los servicios M2M. Por tanto, es conveniente proporcionar herramientas que permitan personalizar las soluciones M2M a cada escenario particular. También es interesante que los usuarios no necesiten conocer los detalles de los servicios M2M ni las tecnologías en las que se apoyan, disponiendo de un entorno amigable que permita el rápido desarrollo y la implantación de los servicios.

Telefónica I+D dispone, como resultado de los trabajos realizados en torno a M2M, de una solución M2M, llamada Atlantis M2M, que se ajusta al ejemplo de arquitectura aquí presentado. Esta solución permite al usuario desarrollar e implantar servicios M2M centrándose únicamente en su área de negocio, ya que Atlantis M2M se encarga de los detalles de comunicación entre máquinas.

21.4.2. Arquitectura propuesta

Teniendo en cuenta todos los factores anteriores, se podría definir una arquitectura para una plataforma de servicios M2M basada en tres componentes principales:

1. *Los módulos de control*

Son unos dispositivos electrónicos que se instalarán en cada máquina a controlar, y que se comunicarán con el centro de control para recibir instrucciones, notificar avisos y alarmas, etc. Incorporan toda la lógica necesaria para su funcionamiento y las interfaces necesarias para mantener comunicación tanto con el centro de control como con la máquina en la que están instalados.

Con el fin de lograr una arquitectura que sea lo más universal posible, estos módulos no estarán programados inicialmente para ninguna labor en concreto sino que su funcionalidad se especificará mediante las herramientas de configuración. En la **Figura 21-6** se muestra un prototipo de módulo de control.



Figura 21-6:
Prototipo de módulo de control

2. *El centro de control*

Concentra todas las comunicaciones con los módulos de control y permite a los usuarios obtener toda la información relacionada con sus máquinas. Su comportamiento será parcialmente configurable en función del servicio M2M concreto (que se habrá diseñado con las herramientas de configuración).

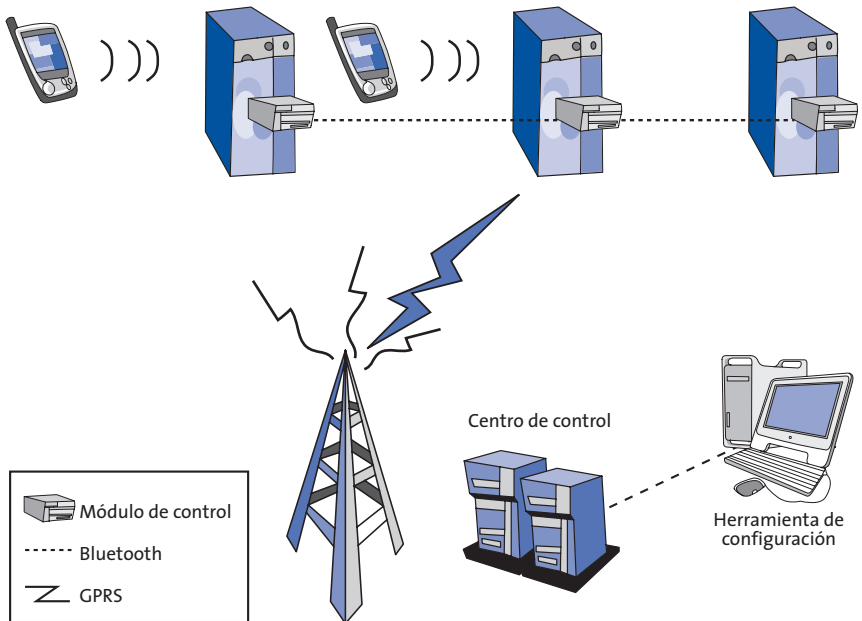
El centro de control permite organizar y gestionar todos los módulos de control de una solución M2M y proporciona los medios para comunicarse con ellos, abstrayéndoles de los detalles de la red móvil.

3. *Las herramientas de configuración*

Tal como se ha descrito hasta ahora, la propuesta de arquitectura se basa en una solución universal en la que ni los módulos de control ni el centro de control están previamente diseñados para llevar a cabo una funcionalidad concreta. En su lugar, los usuarios utilizarán las herramientas de configuración para particularizar el comportamiento de la solución M2M.

En la **Figura 21-7** se muestra la arquitectura propuesta.

Figura 21-7:
Arquitectura de una plataforma M2M



22

Nuevos terminales móviles

Los terminales móviles son los elementos fundamentales para realizar la prestación de los servicios de movilidad. La evolución de la tecnología hace que los operadores puedan ofrecer nuevas modalidades de servicios que impulsen una mejora de los beneficios.

En este capítulo se presenta el estado actual de la tecnología de los dispositivos que componen la nueva generación de terminales móviles avanzados.

22.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LOS TERMINALES MÓVILES

Las capacidades exigidas a los terminales para la prestación de los servicios de movilidad se sustentan en las funciones, prestaciones y coste de los dispositivos electrónicos que los componen, por lo que los componentes electrónicos que constituyen estos terminales son una base fundamental en el servicio de movilidad. En la **Figura 22-1** se muestran los componentes electrónicos principales de un terminal móvil.

El estado actual de la tecnología de los dispositivos ha hecho posible el desarrollo de una nueva generación de terminales avanzados (pantallas en color, cámaras, Bluetooth, etc.), que es la base del estudio que se realiza en este capítulo.

Los componentes de radiofrecuencia (RF) y el procesador de banda base, encargados de la realización de los protocolos básicos de comunicaciones, no son objeto de este estudio.

22.2. PANTALLAS EN COLOR

La incorporación de pantallas gráficas en color y de gran tamaño en los terminales ha hecho posible el desarrollo de nuevos servicios de transmisión de datos en los terminales, tal es el caso, por ejemplo, de los servicios de navega-

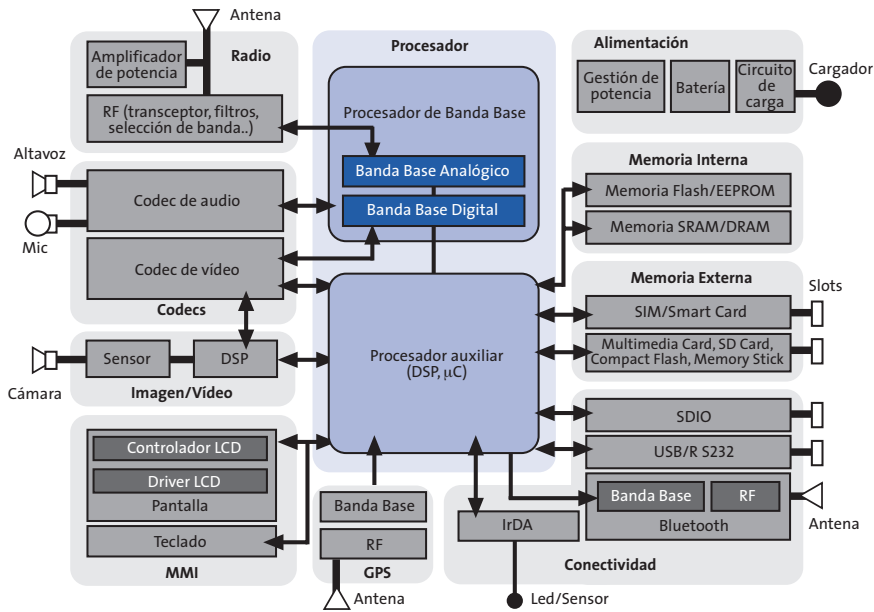


Figura 22-1: Componentes de un terminal móvil

ción iMode o WAP, o de la mensajería multimedia. Estos servicios no se podían ofrecer con pantallas monocromas en modo texto, por lo que el fracaso de la tecnología WAP 1.X estuvo muy ligado a la pobre capacidad de presentación de estos terminales.

En la actualidad, la mayor parte de los teléfonos móviles con pantallas en color emplean la tecnología de cristal líquido LCD, distinguiéndose dos tipos de pantallas diferentes:

1. *Las pantallas LCD de matriz pasiva*

Estas pantallas no tienen un único interruptor para cada píxel, de manera que cuando se quiere iluminar un píxel se activan la fila y columna correspondiente. Para las pantallas en color se emplea el tipo SNT (*Super Twisted Nematic*), en donde las moléculas de material realizan un giro de 270º entre los electrodos, lo que permite aumentar el contraste. El filtro de color utilizado es de tres componentes (rojo, azul y verde), por tanto dependiendo del conjunto de componentes iluminados y de la intensidad de cada uno se pueden conseguir distintos colores en cada píxel.

2. *Las pantallas LCD de matriz activa*

Estas pantallas disponen de un único interruptor por cada píxel, y reciben el nombre de TFT si el interruptor es un transistor y TFD si es un diodo TFD. Al tener un único interruptor por píxel se evita el problema de *crosstalk* (fuga de corriente hacia otros píxeles cercanos que hace que la imagen aparezca sombreada en torno al píxel activado). El funcionamiento de las pantallas esta relacionado con la fuente de luz empleada para poder visualizarlas. Existen tres tipos:

1. *Pantallas de tipo reflectivo.* En este tipo de pantallas la luz proviene del exterior, por tanto no serían visibles en la oscuridad.
2. *Pantallas de tipo transmisivo.* En estas pantallas existe una fuente de luz interna, lo cual hace que sean visibles en la oscuridad.
3. *Pantallas de tipo transmisivo-reflectivo.* En estas pantallas la luz puede provenir tanto del exterior como de una fuente interna, por tanto si hay suficiente luz ambiental funcionan como reflectivas y si no como transmisivas.

Hay diversidad de modelos de pantallas en color en cuanto a tamaño, número de colores y resolución. Como referencia, los modelos oscilan entre pantallas de 256 colores, con una resolución de 120x160 píxeles y un tamaño de 1,5", hasta pantallas de 256 Kcolores, con 320x240 píxeles y un tamaño de 3,5".

La tecnología destinada a sustituir a las pantallas LCD es OLED (*Organic Light Emitting Diode*). Esta tecnología resulta muy prometedora, ya que ofrece prestaciones superiores a las pantallas TFT-LCD, y promete un menor consumo, grosor y coste.

En la **Figura 22-2** se muestra el modo de funcionamiento de estas dos tecnologías.

22.3. PROCESADORES Y MEMORIA

Tal como se muestra en la **Figura 22-2**, en los terminales móviles se incorporan dos tipos de procesadores:

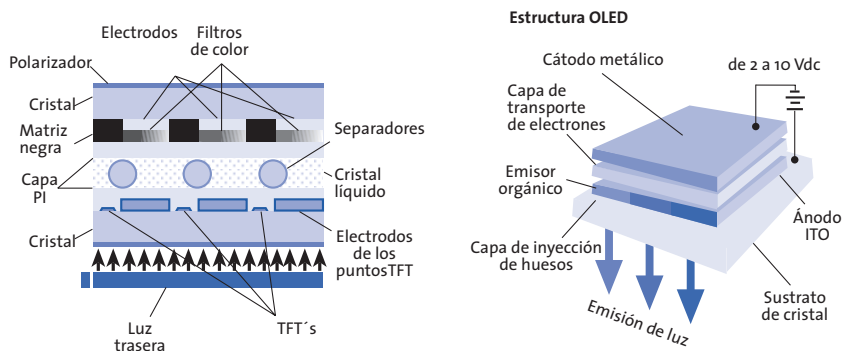
1. *El procesador de banda base.*

Este procesador funciona de manera conjunta con la circuitería de radiofrecuencia (RF), encargándose de realizar los protocolos de comunicaciones de bajo nivel (modulación/desmodulación, codificación, gestión de la pila de protocolos especificados en GSM/GPRS/UMTS, etc.).

2. *El procesador de aplicaciones.*

Este procesador, similar al de los PCs, es el responsable de gestionar la interfaz (conocida como MMI, *Man Machine Interface*) con el usuario:

Figura 22-2:
Pantallas TFT y OLED



teclado, pantalla y puntero. También se encarga de proporcionar los nuevos servicios ofrecidos por el terminal, ejecutando un sistema operativo polivalente (Symbian, Microsoft, Palm, etc.) y las correspondientes aplicaciones.

Desde un punto de vista funcional, el procesador de aplicaciones es el que se puede considerar como un “nuevo dispositivo”. Ello se debe a que su aumento de capacidad de proceso (junto con el aumento de memoria) ha hecho posible que los terminales móviles se acerquen a la versatilidad y prestaciones de los PCs, ejecutando aplicaciones cada vez más complejas que incluyen manejo, intercambio y almacenamiento de información multimedia en tiempo real.

Es de destacar que en los terminales móviles se observa un fuerte proceso de integración de dispositivos, reduciéndose el número de Circuitos Integrados (CI) con el objetivo principal de bajar el coste de producción. Por esta razón es habitual que un único CI integre parte de la circuitería de RF, el procesado en banda base, el procesador de aplicaciones, la memoria, los circuitos de control de la batería y las interfaces externas. De los 160 componentes que en el año 2002 se necesitaban para fabricar un terminal, se han pasado a utilizar 60 actualmente, y esta previsto que esta cifra disminuya a 40 en el año 2006.

Al igual que ocurrió con los PCs, el avance tecnológico en los dispositivos hardware, que lleva asociada una reducción de precios, está haciendo que el coste de los terminales se traslade desde el hardware, donde tradicionalmente se concentraba, hacia el desarrollo y las licencias de los componentes software.

Los principales fabricantes de procesadores de aplicación (Texas Instruments, Intel, Motorola, etc.) ofrecen plataformas basadas en procesadores ARM para la interfaz con el usuario (y para el sistema operativo), así como otras basadas en DSP para las aplicaciones multimedia, que integran un gran número de controladores (USB, pantalla, Bluetooth, IrDA, etc.). Actualmente los procesadores más avanzados trabajan a una frecuencia de hasta 400 MHz (hace unos años las frecuencias típicas eran de 8 MHz), acercándose cada vez mas a las velocidades de los microprocesadores de los PCs

En la **Tabla 22-1** se muestra la evolución de la capacidad de memoria de los terminales avanzados. En la memoria Flash se almacena el sistema operativo del terminal, observándose un sustancial incremento (de 4 Mbyte en el año 2002 a 32 Mbyte previstos para 2006) debido al mayor tamaño de los nuevos sistemas operativos como Symbian o Microsoft. La memoria RAM, además de su tradicional papel de ejecución de aplicaciones, se emplea para almacenar los datos descargados en el terminal (juegos, aplicaciones, música, fotos, video, etc.). Además, el aumento de la memoria en los terminales tiene una enorme repercusión en su precio de compra, por lo que está muy ligada a la producción y a la integración con otros dispositivos.

Finalmente, hay que mencionar que el procesado de RF y banda base también ha sufrido una gran evolución en los últimos años. Cabe citar la conversión directa de frecuencia (eliminando la etapa de frecuencia intermedia) y la integración de componentes con el objetivo de que ocupen un único CI.

Tabla 22-1:
Evolución de la capacidad de la memoria

Tipo de memoria	Capacidad en MB (valores medios)		
	2002	2004	2006 (previsto)
Flash	4	8	16-32
RAM	1	2	4-8

22.4. BATERÍAS

Con frecuencia, en la literatura técnica la batería es un componente de los terminales al que no se presta la debida atención. En los nuevos terminales es un componente crítico, ya que debido al alto consumo de los dispositivos (procesador, pantallas grandes y en color, música de calidad, etc.) determina en gran medida las prestaciones del terminal.

Los diferentes tipos de baterías existentes en la actualidad son:

- Las baterías de Ni-MH (*Nickel Metal Hydride*). Son las más antiguas y las que ofrecen la menor densidad energética (relación capacidad/volumen).
- Las baterías de tecnología Li-Ion (*Lithium Ion*). Tienen mayor densidad energética que las de Ni-MH, pero requieren mayor tiempo para cargarse y son más caras.

Este tipo de baterías necesita de un control del pico de tensión durante la carga, así como un control de las corrientes máximas de carga y descarga y de la temperatura, para evitar una posible fusión por exceso de temperatura..

- Las baterías de Li-Ion Polymer. Son un híbrido entre las baterías de Li-Ion y las de Li-Polymer (todavía no disponibles comercialmente). Presentan una densidad energética similar a la de las baterías Li-Ion y también son más caras, sin embargo son más ligeras. Además, tienen un factor de forma flexible y son más seguras.

En la **Tabla 22-2** se muestra la capacidad típica de los diferentes tipos de batería para terminales móviles

Aunque las baterías han experimentado un gran avance en los últimos años, aun no se ha desarrollado una tecnología capaz de producir comercialmente baterías que aumenten drásticamente las prestaciones de los terminales en cuanto a autonomía de uso y tamaño. Una tecnología prometedora son las baterías de células de combustible (*fuel cells*).

22.5. CÁMARAS

Como ocurre con la pantalla en color, la inclusión de cámaras es un elemento diferenciador de los nuevos terminales móviles, imprescindible para el des-

Tipo de batería	Capacidad
Ni-Mh	1,2 V 1.400 mA-h (25 g de peso)
Li-Ion	3,6 V 2.000 mA-h (30 g de peso)
Li-Ion Polymer	3,7 V 12.300 mA-h (30 g de peso)

Tabla 22-2:
Capacidad típica de los
diferentes tipos de
baterías

arrollo de los servicios multimedia, ya que con ellas se puede realizar tanto el envío de fotos mediante mensajería multimedia como una videoconferencia.

Los dispositivos de los que consta una cámara son la lente, el sensor y el controlador. Las prestaciones de la cámara dependen principalmente de la capacidad de proceso y codificación de vídeo, audio e imágenes, y en menor medida del sensor y de la lente de captura. También varían en función de la tecnología empleada (CCD y CMOS).

El controlador es un elemento importante, ya que la incorporación de un dispositivo hardware que realice el procesado de la señal, además de mejorar las prestaciones, permite liberar al procesador de una tarea compleja.

Los parámetros que caracterizan a las cámaras digitales son:

- La resolución, medida en píxeles, que típicamente es de tamaño CIF (352x288 píxeles), QCIF (176x144 píxeles) o VGA (640x480 píxeles). Últimamente han aparecido modelos de 1 a 3 megapíxeles de resolución, comparable a la de una cámara digital de gama intermedia.
- La tasa de trama (*frame rate*), medida en cuadros por segundo (*frames per second*). A partir de 15 frame/s se obtiene un vídeo de calidad aceptable.
- El número de colores distintos, que varía desde 4 Kcolores a 65 Kcolores.
- El zoom (digital y óptico).

Aunque en principio las prestaciones de la cámara deberían estar en relación con las prestaciones de la pantalla, es habitual que, debido al menor coste de la cámara, ésta proporcione una resolución muy superior a la que la pantalla puede mostrar.

Las cámaras se pueden integrar en los terminales de tres formas distintas:

1. Terminales que disponen de una cámara como un dispositivo auxiliar. Fue habitual en los primeros modelos y en aquellos teléfonos en donde lo fundamental es el tamaño.
2. Terminales que disponen de una sola cámara, situada en la parte posterior del terminal.

En este caso la utilidad principal de la cámara es realizar fotografías, de manera que la imagen que recoge se puede ver simultáneamente en la pantalla.

Figura 22-3:
Teléfono con dos cámaras



Figura 22-4:
Teléfono Samsung con cámara de 3 megapíxeles y zoom óptico



3. Terminales que disponen de dos cámaras, una en la parte posterior y otra en la parte anterior.

En esta último caso, la cámara situada en la misma cara que la pantalla facilita la realización de videoconferencias, ya que permite captar la imagen del usuario a la vez que éste observa en la pantalla la del participante remoto.

En la **Figura 22-3** se muestra un terminal provisto de dos cámaras y en la **Figura 22-4** un terminal Samsung con cámara de 3 megapíxeles y zoom óptico

22.6. CAPACIDADES DE CONEXIÓN

La capacidad de conexión de los terminales móviles con otros dispositivos ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años. Se ha evolucionado: desde los antiguos terminales con línea serie a los actuales terminales con Bluetooth.

En estos momentos no solo se intenta resolver la conexión del terminal móvil con el PC para sincronizar los datos (agenda, tarea, citas o correo-e), o para proporcionar a los PCs portátiles un acceso a Internet, sino que se está intentando resolver la conexión con otros dispositivos o terminales, como es la conexión inalámbrica con los auriculares, el control de electrodomésticos, la transferencia de información entre terminales, etc.

En la **Figura 22-5** se muestran algunos dispositivos Bluetooth.



Figura 22-5:
Auricular y kit de teléfono
bluetooth para coche

Las principales tecnologías empleadas (sin considerar la conexión con cable serie RS-232, que esta decayendo frente a otras tecnologías inalámbricas) actualmente para los dispositivos de conexión incluidos en los terminales móviles son:

■ IrDA

Infrared Data Association (IrDA) es el nombre de la organización que ha desarrollado este estándar, el cual fue lanzado en 1993. En esta tecnología de transmisión, un haz enfocado de luz situado en el espectro de frecuencia infrarrojo, medido en THz, se modula con la información a transmitir y se envía desde el transmisor al receptor a una distancia relativamente corta. Los diferentes modelos de IrDA, según su velocidad, son los siguientes:

- El modelo Fast IrDA. Permite velocidades de transmisión de 4 Mbit/s.
- El modelo Slow IrDA. Alcanza velocidades de hasta 115 kbit/s.
- El modelo Very Fast IrDA. Puede alcanzar velocidades de hasta 16 Mbit/s.

IrDA es la tecnología más popular incluida en la casi totalidad de los terminales móviles y PCs portátiles. Actualmente se encuentra en fuerte competencia con Bluetooth, teniendo como principal desventaja su corto alcance, y como fortaleza su bajo coste.

■ Bluetooth

Es un estándar global de comunicación inalámbrica de corto alcance y posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia (a 2,45 GHz).

Es la tecnología llamada a sustituir a IrDA, aunque su penetración en el mercado se ha visto retrasada por la incapacidad de la industria de reducir los costes de fabricación.

■ USB

El Bus Universal en Serie (USB), de gran éxito en el mundo del PC, es una norma para bus periférico desarrollada por las industrias de la informática y las telecomunicaciones. Un USB permite adjuntar dispositivos periféricos al terminal de forma rápida, sin necesidad de reiniciar el sis-

tema ni de volver a configurarlo. Los dispositivos con USB se configuran automáticamente tan pronto como se han adherido físicamente.

Según la velocidad, se pueden distinguir varias modalidades de USB:

- El modelo Low Speed, que permite hasta 1,5 Mbit/s.
- El modelo Full Speed, que permite hasta 12 Mbit/s.
- El modelo High Speed, que permite hasta 480 Mbit/s.

Se dispone también de otro modelo, denominado USB OnTheGo, que permite conectar dispositivos entre sí (sin necesidad de *host*).

USB ofrece prestaciones muy superiores a IrDA y Bluetooth con un coste mayor, por lo que se incluye en los terminales de gama alta.

22.7. CAPACIDADES PARA LA REPRODUCCIÓN MULTIMEDIA

Bajo esta denominación se engloba el conjunto de dispositivos incorporados a los terminales para la prestación de servicios multimedia. A partir de las capacidades ofrecidas por estos dispositivos se realizan en el terminal móvil tanto la reproducción de contenidos multimedia, como los servicios de videotelefonía y *videostreaming*.

22.7.1. Sonido polifónico

Esta denominación se refiere a la capacidad que tiene un dispositivo de reproducir más de una melodía a la vez. Los terminales con esta capacidad incorporan un sintetizador y un interprete del lenguaje.

Los lenguajes más empleados en sonido polifónico son:

■ El lenguaje MIDI

Las especificaciones adecuadas del lenguaje MIDI para los terminales móviles son:

- SP-MIDI (*Scalable Polyphony MIDI*), que es el estándar de 3G para tonos polifónicos y MMS.
- GM-Lite, que es un MIDI que tiene algunas limitaciones.

■ El lenguaje XMF (*eXtensible Music Format*)

Es un estándar relacionado con la reproducción de música en el terminal, desarrollado por Beatnik, Sun y Nokia, y aprobado por la MMA (*MIDI Manufacturers Association*). Los archivos XMF incluyen toda la información necesaria para su reproducción (archivos MIDI, muestras de audio y efectos de sonido).

■ El lenguaje iMelody

Es un estándar de descripción de melodías para terminales especificado por IrDA. El formato iMelody fue adoptado por los creadores de EMS (Alcatel, Ericsson, Motorola y Siemens).

22.7.2. “Codecs” para la reproducción de audio y vídeo

La codificación y decodificación de audio y vídeo en los terminales supone la integración de un *codec* hardware con la disponibilidad de memoria de almacenamiento para los contenidos, bien interna (Flash y RAM, de 2 a 4 Mbyte) o bien externa a través de tarjetas.

Entre los estándares contemplados para la inclusión de *codecs* en los terminales cabe citar:

- *Windows Media*. Sigue el formato especificado por Microsoft para audio (WMA) y video (WMV).
- *Real Media*. Permite la reproducción de audio y vídeo en el terminal siguiendo el formato de este fabricante.
- *MP3*. Permite reproducir música siguiendo el estándar MPEG-1 Layer 3.
- *MPEG4 Visual*. Este estándar se puede utilizar para funciones de:
 - *Videotelefonía*, donde hay dos modelos distintos:
 - a) El *MPEG-4 Visual Simple Profile, Level 0*, que permite vídeo a 15 cuadros por segundo en formato QCIF.
 - b) El *MPEG-4 Visual Simple Scalable Profile, Level 0*.
 - *Videostreaming*, que utiliza el *codec* *MPEG-4 Visual Simple Profile, Level 0*.
- *H.263*, que es un *codec* de vídeo estandarizado por ITU-T. También se puede utilizar para funciones de:
 - *Videotelefonía*, donde se utilizan dos modelos:
 - a) El *H.263 Baseline Profile 0 Nivel 10*.
 - b) El *H.263 Advanced Profiles 3 y 4*.
 - *Videostreaming*, donde se utilizan tres modelos:
 - a) El *H.263 Baseline Profile 0 Nivel 10*.
 - b) El *H.263 Advanced Profile 3 Nivel 10*.
 - c) El *H.263+*, que mejora las capacidades del H.263.
- *MPEG-4 AAC* o *MPEG-4 Advanced Audio Coding*, que emplea el estándar Dolby.
- *Wideband AMR* (ITU-T G722.2). Es un *codec* de audio con tasa binaria adaptativa, y que también dispone de nueve modos distintos con tasas comprendidas entre 6,6 y 23,85 kbit/s.

22.8. OTROS DISPOSITIVOS

Además de los dispositivos especificados anteriormente, también se incluyen en los nuevos terminales una serie de dispositivos para dotarlos de capacidades avanzadas. Las funciones de estos dispositivos se indican en los apartados siguientes

22.8.1. Dispositivos para WLAN

Actualmente no existe ningún terminal móvil que incorpore la popular tecnología *Wireless LAN* (WLAN), debido a su alto consumo de energía y a la dificultad técnica para implantarla. Sin embargo, hay varios fabricantes que están desarrollando una solución integrada en formato de tarjeta SDIO, que ya existe en formato PC Card (PCMCIA), CardBus y Compact Flash.

Además, también se pretende realizar la incorporación del estándar IEEE 802.11b en los teléfonos móviles.

En lo que respecta a la tecnología WiFi, Motorola y Nokia tienen previsto realizar el lanzamiento de terminales duales GPRS/WiFi, y NTT DoCoMo, por su parte, ha presentado un terminal dual FOMA/WiFi fabricado por NEC.

22.8.2. Dispositivos para localización

La tecnología GPS utiliza satélites como puntos de referencia para determinar la posición. El procedimiento para calcular la posición consiste en averiguar la distancia que existe entre el terminal y al menos tres satélites, y a partir de estas medidas aplicar un algoritmo de cálculo con el que se obtiene el resultado final. El terminal obtiene la distancia que le separa del satélite midiendo el tiempo que tarda la señal en viajar desde el satélite hasta el terminal.

Aunque existen en el mercado varios terminales móviles con GPS para colectivos especiales (personas en riesgo, ancianos y excursionistas), el coste de los componentes (receptor, procesador y antena), su alto consumo y sus bajas prestaciones en tiempo de respuesta y exteriores han provocado que no sea un dispositivo habitualmente integrado en los terminales.

La tecnología A-GPS (*Assisted GPS*) es una evolución del GPS desarrollada para suavizar algunas de sus limitaciones. Para calcular el tiempo que tarda una señal en llegar desde el satélite hasta el terminal móvil es necesario realizar la desmodulación de los datos que llegan desde los satélites GPS, los cuales se reciben a una velocidad bastante lenta. Además, la tecnología GPS tiene otro inconveniente y es que la potencia de las señales de salida del satélite debe ser muy alta.

Un receptor A-GPS cuenta con información auxiliar procedente de un *A-GPS Location Server*. Esta información mejora la sensibilidad del receptor y reduce el tiempo de medida (entre 5 y 10 segundos). A pesar de mejorar la exactitud de las medidas de GPS en lugares cerrados, A-GPS sigue presentando algunas deficiencias en interiores.

El receptor A-GPS tiene dos modos de funcionamiento:

1. El modo "*MS/UE-based*", donde la posición se calcula en el receptor A-GPS a partir de los datos que le llegan de los satélites y de información adicional procedente del A-GPS LS.
2. El modo "*MS/UE-assisted*". Este modo consiste en que el receptor A-GPS del terminal toma información de los satélites y del A-GPS LS (recibe

menos información del A-GPS LS que en el caso anterior), obteniendo algunos resultados parciales que reenvía posteriormente al A-GPS LS para que éste calcule finalmente la posición.

La localización A-GPS es un método más exacto (5 m a 50 m, en tres dimensiones) que otros métodos basados en el cálculo de la posición por parte de la red, tales como Cell-ID, E-OTD (*Enhanced Observed Time Difference*) y OTDOA-IPDL (*Observed Time Difference of Arrival – Idle Period Downlink UMTS positioning method*).

22.8.3. Dispositivos de almacenamiento externo

Son varios los estándares de tarjetas de almacenamiento externo de datos, que se hacen imprescindibles para descargar, guardar y transferir contenidos multimedia entre el terminal móvil y otros dispositivos. Los tres más importantes son:

1. El estándar PC-Card (anteriormente PCMCIA).
2. El estándar CF (Compact Flash).
3. El estándar SDIO.

22.9. TENDENCIAS FUTURAS

Actualmente los terminales de gama baja o gama media-baja (terminales vocales, con pantallas pequeñas en blanco y negro o con pocos colores, y con escasas prestaciones multimedia y de datos) conforman la mayoría del parque de terminales. Previsiblemente, en los próximos años los nuevos terminales, actualmente de gama alta (terminales centrados en servicios de datos y multimedia, con grandes pantallas a color), se popularizarán incrementando su cuota de mercado gracias al esfuerzo de la industria para abaratar los costes de fabricación de los dispositivos.

El elemento más llamativo de los nuevos terminales es, a su vez, el más crítico: la pantalla. Es crítico en el sentido que determina la percepción que el usuario tiene de la utilidad de los nuevos servicios basados en datos a alta velocidad (videoconferencia, *videostreaming*, navegación, etc.), y constituye uno de los elementos que más influyen en el coste de los terminales. Por tanto, es en este dispositivo donde se esperan los mayores avances de manos de la tecnología OLED (*Organic Light-Emitting Diode*), que tiene mayores prestaciones y un consumo más bajo que la actual tecnología TFT-LCD.

Los circuitos de RF, el procesador, o los procesadores, y la memoria, son también dispositivos con un peso importante en el coste final y que determinan las capacidades del terminal. Sin embargo, se espera de estos dispositivos microelectrónicos que sigan cumpliendo la ley de Moore (aumento de la capacidad cada dos años aproximadamente, manteniéndose el precio).

El componente de los terminales que puede frenar su evolución es a menudo el más olvidado: la batería. Los nuevos dispositivos y servicios imponen un aumento considerable del consumo, y aunque en los últimos años las baterías

as han experimentado un considerable avance (sustitución de las baterías de NiMH por las de Li-Ion), la tecnología no ha avanzado lo esperado. A medio plazo se espera la popularización de las baterías de Li-Polymer y a medio-largo plazo se espera que las baterías de células de combustible resuelvan el problema.

El resto de los dispositivos descritos en este capítulo (cámaras, Bluetooth, *codecs*, etc.), que proporcionan gran parte de las prestaciones que percibe el usuario, son actualmente dispositivos maduros y de coste moderado que se incorporaran progresivamente a la mayoría de los terminales.

Nuevas plataformas para terminales móviles

No es necesario insistir en el papel desempeñado por los terminales en el éxito de los servicios móviles. Retrocediendo en el tiempo, al comienzo de la década de los años 90 el hecho de no disponer de terminales ocasionó un retraso en la implantación del sistema GSM (se puede recordar como anécdota que el acrónimo GSM era conocido en algunos lugares como “God Send Móviles”. Por otro lado, recientemente, y de manera más dramática por las expectativas creadas, los terminales han sido el último elemento disponible comercialmente en el sistema UMTS. Aunque conocido, es conveniente recordar que la percepción que tienen los usuarios de la utilidad y calidad de los servicios (y por extensión del operador de telefonía móvil) está fuertemente determinada por las prestaciones del terminal.

No hay necesidad de remontarse a la primera generación de telefonía celular analógica para observar que desde el arranque comercial del sistema GSM los terminales móviles han sufrido una profunda evolución. Desde el punto de vista de un sistema de comunicación celular esta evolución se percibe de modo que parece que los terminales “se han vuelto inteligentes”, en el sentido de que gran parte de la lógica de los servicios se ha desplazado de la red al terminal. En lo que respecta al punto de vista del usuario, el terminal ha dejado ser un dispositivo sólo “para hablar y comunicarse por mensajes cortos” y a pasado a ser un “PC en miniatura” con prestaciones y servicios avanzados (fotos, vídeo, música, juegos, agenda personal, correo-e, navegación por Internet, etc.).

23.1. CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS NUEVAS PLATAFORMAS

El incremento en las capacidades de proceso y la incorporación de nuevos dispositivos en los teléfonos móviles ha posibilitado la introducción de una serie de capacidades avanzadas en los terminales móviles, que los acercan cada

vez más al concepto tradicional de ordenador personal frente al concepto más restringido de simple dispositivo de comunicaciones.

El desarrollo y gestión de las nuevas aplicaciones y servicios, que hacen uso de estas capacidades avanzadas de los terminales multimedia, ha sido posible gracias al empleo de nuevos sistemas operativos o plataformas de ejecución, más potentes y semejantes a los de los ordenadores personales. En los últimos años han aparecido diversas alternativas en esta área, entre las que destacan:

- El sistema operativo Symbian, que es empleado por diversos fabricantes en una gran variedad de tipos de terminales. Su éxito está asociado a que no es propiedad de un único fabricante, sino de un consorcio de fabricantes.
- J2ME (*Java 2 Micro Edition*), que no es un sistema operativo, sino una plataforma de ejecución que es soportada por múltiples sistemas operativos. Dicho de otra manera, un terminal que disponga del SO Symbian, del SO Microsoft o de otro cualquiera, incluirá habitualmente la correspondiente plataforma J2ME que le permita ejecutar aplicaciones escritas en Java.
- JavaCard. Es una plataforma similar a la J2ME, pero se ejecuta en la tarjeta SIM de los terminales.
- El sistema operativo Windows Mobile, que es propiedad de Microsoft. Se utiliza en las PDAs (*Pocket PCs*) y los teléfonos (*SmartPhones*).
- El sistema operativo PalmOS, que es propiedad de Palm y es empleado en sus PDAs y en algunos modelos de teléfonos.
- El sistema operativo Linux. Está adquiriendo una considerable importancia en las PDAs y en los sistemas empotrados.

Una característica común de todos estos sistemas es que son abiertos, lo que significa que permiten el desarrollo, por parte de terceros, de nuevas aplicaciones que hagan uso de las capacidades ofrecidas por cada uno de ellos, y su posterior instalación en los terminales. Esta característica proporciona ventajas al usuario y al operador de telefonía móvil, pues:

- Por un lado, al usuario le permite “descargar” aplicaciones en el terminal de manera similar a como lo haría en un PC.
- Por otro, al operador le permite desarrollar sus propias aplicaciones, haciendo que se pueda diferenciar de los operadores de la competencia. Esta diferenciación se produce por dos vías:
 - a) A través del desarrollo de aplicaciones exclusivas no disponibles con otros operadores.
 - b) Mediante la personalización (por ejemplo, con los colores y logotipos corporativos) y homogeneización de la apariencia (*look & feel*) de las aplicaciones de uso más corriente en los distintos tipos de terminales (reduciendo, por tanto, el período de aprendizaje al cambiar de terminal).

Para el desarrollo de aplicaciones se dispone de avanzados entornos IDE (*Integrated Development Environment*) que facilitan la tarea, ya que estos sistemas

disponen, por ejemplo, de emulación de terminales y depuración de aplicaciones paso a paso.

Finalmente, hay que indicar que actualmente entre los operadores de telefonía móvil se está planteando la posibilidad de realizar el desarrollo o adquisición de un sistema operativo, que además de ser abierto (sin comprometer la seguridad) no sea propiedad de un fabricante. Este sistema operativo sería controlado por los operadores y se convertiría en el estándar para todos los terminales.

La principal razón para esta estrategia es que las nuevas plataformas están cambiando la cadena de valor tradicional, y los operadores corren el riesgo de convertirse en meros “transportistas de datos” para servicios explotados por terceros. Un ejemplo de esta estrategia se puede ver en el SO SavaJe, que está despertando la atención de los operadores.

23.2. EL SISTEMA OPERATIVO SYMBIAN

Actualmente Symbian es un consorcio propiedad de algunos de los principales fabricantes de terminales móviles a escala mundial: Nokia, Panasonic, Samsung, Siemens, Ericsson y Sony-Ericsson. El uso del sistema operativo (SO Symbian) realizado por este consorcio no está limitado exclusivamente a los propietarios, sino que cualquier otra compañía puede adquirir una licencia para incorporar dicho SO a sus terminales.

Un aspecto relevante actualmente, desde el punto de vista estratégico y comercial, en la evolución futura del consorcio Symbian es el papel dominante de Nokia, después de la salida de Motorota y Psion (ambos socios fundadores). Aunque Motorota ha abandonado completamente el consorcio sigue fabricando terminales con el SO Symbian como licenciatario de la tecnología.

Esta situación plantea dudas acerca del interés para otros fabricantes de permanecer como propietarios de Symbian. Tradicionalmente Nokia y Sony-Ericsson eran las compañías con un papel más relevante dentro del consorcio. Por ello ha habido distintas versiones del SO y las interfaces de usuario: los terminales de Nokia basados en las plataformas Series 60, 80 y 90 disponen de la versión 6.1 y la versión 7.0s; y los terminales de Sony-Ericsson disponen de la versión 7.0 con UIQ. Sin embargo, con la nueva situación es posible que Nokia adquiera un papel más predominante en la evolución futura del SO Symbian, lo cual es probable que provoque reacciones por parte de los restantes miembros del consorcio.

A continuación se repasan las principales características de las dos versiones del SO, con objeto de dar una visión de las capacidades que dispone y su posible evolución.

23.2.1. Las versiones 6 y 7 del SO Symbian

La versión más novedosa del SO Symbian es la 7. Sin embargo, existe un gran parque de terminales con la versión 6.

El primer terminal basado en el SO Symbian, el Nokia Communicator 9200, utilizaba la versión 6.0, que fue sustituida posteriormente por la versión 6.1.

En la **Figura 23-1** se presenta la arquitectura del SO Symbian con sus funciones básicas. En la figura también se ilustra la dependencia entre los componentes del sistema (los componentes de los niveles más altos dependen de los componentes situados en los niveles inferiores).

Los componentes más importantes a destacar son:

- *La base.* Incluye los componentes básicos de todo sistema operativo: *kernel*, gestión de la memoria y de los procesos, sistema de ficheros, manejadores de dispositivos, seguridad de bajo nivel, librerías básicas de usuario, etc.
- *El gestor de telefonía.* Realiza la Gestión de los sistemas de móviles celulares.
- *Las pilas de infraestructura de comunicaciones y red.* Incluyen la infraestructura de comunicaciones TCP/IP, GSM, GPRS, WAP, infrarrojos, Bluetooth y comunicaciones serie.
- *El gestor multimedia.* Se encarga de gestionar tanto la reproducción y grabación del audio como las diferentes funcionalidades de la imagen.
- *El gestor de la seguridad.* Se encarga de gestionar la seguridad relacionada con la descarga e instalación de las aplicaciones.
- *La aplicación “framework”.* Contiene las librerías de *middleware* para la gestión de los datos, el texto, los portapapeles, los gráficos, la internacionalización y los componentes básicos de la interfaz gráfica de usuario.
- *El gestor de mensajería.* Realiza la gestión del correo electrónico, de los mensajes de texto y del fax.
- *Los motores de la aplicación.* Realizan la gestión de los contactos, la agenda, las tareas y otras aplicaciones.
- El entorno de ejecución Java.

Las principales características de la serie de versiones 6.x del SO Symbian son las siguientes:

- Es posible la integración de la información correspondiente a los contactos, la mensajería, la navegación y la telefonía.

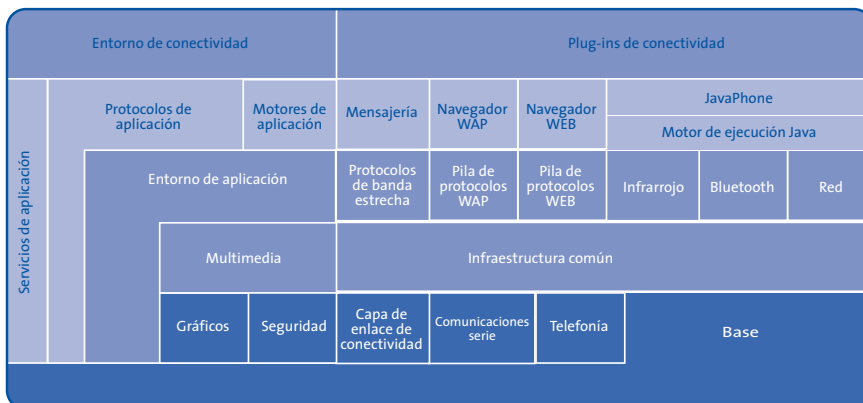


Figura 23-1: Arquitectura del SO Symbian

- El correo electrónico (POP3, IMAP4, SMTP, MHTML) dispone de soporte para archivos adjuntos (incluyendo documentos de Word), fax y mensajería SMS.
- Se dispone de protocolos de telefonía de 2G (voz y datos por circuitos) y 2,5G (datos por paquetes).
- Se dispone de protocolos de comunicación: TCP/IP, WAP, Bluetooth, IrDA, Serial.
- Es posible realizar la encriptación y gestión de los certificados. Se dispone de protocolos seguros de comunicación (HTTPS, WTLS y SSL), con objeto de realizar la instalación de las aplicaciones basadas en certificados.
- Se dispone de un conjunto de motores de aplicación (contactos, agenda, mensajería, navegación, voz, etc.).
- Es posible el intercambio de objetos mediante el protocolo OBEX.
- Se dispone de soporte para varios formatos de audio y vídeo.
- Se dispone de soporte para codificación Unicode.
- Se dispone de varias opciones para programación y desarrollo de contenido: C++, Java, WAP y Web.
- Es posible realizar la sincronización de los datos con el PC, utilizando Symbian Connect.
- Se dispone de soporte para varias interfaces de usuario (teléfonos móviles basados en teclado y pantalla táctil con lápiz, y teléfonos móviles con capacidades avanzadas de datos).

Los terminales móviles basados en la serie de versiones 6.x del SO son la familia de Communicators de Nokia (que están basados en la versión 6.0) y los modelos Nokia 7650 y 3650 (que están basados en la versión 6.1).

La versión 7.0 del SO Symbian añade a la serie de versiones 6.x las siguientes características:

- Incluye un motor para soportar una navegación web completa.
- Incluye soporte para MMS y EMS.
- Dispone de librerías de aceleración de gráficos, *streaming* y acceso directo a la pantalla.
- Dispone de IPv6 (con IPSec) y USB.
- Incluye una librería abstracta para estándares de comunicaciones móviles 2G, 2,5G y 3G.
- Dispone de sincronización OTA (*Over The Air*) basada en el protocolo SyncML, con objeto de realizar la sincronización de los datos de información personal (PIM) y la conversión de documentos.
- Dispone de soporte para J2ME MIDP 1.0.

También se ha desarrollado una nueva versión basada en la 7.0. Esta se conoce como versión 7.0s y añade a la anterior lo siguiente:

- Un entorno multimedia con soporte para múltiples *threads*.
- El soporte para J2ME MIDP 2.0
- El protocolo de comunicaciones Bluetooth 1.1



Fuente: Nokia y Sony-Ericsson

Figura 23-2: Teléfonos móviles con el SO Symbian: Nokia 3650 y 6600 (Interfaz Serie 60) y Sony-Ericsson P800 (Interfaz UIQ)

Los terminales móviles basados en estas dos últimas versiones son el Sony-Ericsson P800 (que está basado en la versión 7.0) y el Nokia 6600 (que está basado en la versión 7.0s).

En la **Figura 23-2** se muestran diversos modelos de terminales móviles que disponen del SO Symbian.

23.2.2. Las interfaces gráficas Series 60 y UIQ

Existen dos interfaces de usuario diferenciadas en el consorcio Symbian: la plataforma Series 60 impulsada por Nokia y la plataforma UIQ desarrollada por Sony Ericsson. Ambas están disponibles para que otros fabricantes puedan obtener una licencia y basar en ellas el diseño de sus propios terminales Symbian. La principal diferencia entre ambas es que la Series 60 está pensada para que el usuario interactúe con el terminal mediante un teclado, mientras que la UIQ está diseñada para ser manejada mediante un lápiz y una pantalla táctil. Ambas plataformas incluyen, además de la especificación de los elementos propios de la interfaz de usuario, un conjunto de aplicaciones estándar que realizan las tareas más comunes en un terminal móvil multimedia.

Otro aspecto a reseñar es que estas interfaces requieren versiones diferentes del SO Symbian para su ejecución. En este sentido, la plataforma Series 60 funciona sobre la versión 6.1 (concretamente, la versión 1.0. de la Series 60) y la versión 7.0s (concretamente, la versión 2.0 de la Series 60) del SO, y la plataforma UIQ funciona sobre la versión 7.0. del SO.

La interfaz gráfica Series 60

La interfaz Series 60 requiere una pantalla en color de tamaño predeterminado (176 x 208 píxeles), e incluye soporte para realizar una serie de funciones especiales, por lo cual dispone de dos teclas configurables por software (*soft-keys*), de *joystick* de cuatro direcciones, de lanzamiento de aplicaciones, de rotación de aplicaciones (para pasar de una aplicación en ejecución a otra) y de teclas

de inicio y finalización de llamada. También incluye teclas de borrado y edición. El teclado es de tipo numérico con doce teclas.

En esta interfaz se recomienda que el procesador sea ARM de 32 bit y que el tamaño de las memorias ROM y RAM sea de 16 Mbyte y 8 Mbyte, respectivamente.

Otros fabricantes de terminales, que no sean Nokia y Sony, también tienen la posibilidad de personalizar la apariencia de la interfaz Series 60 en aspectos como:

- Poder reemplazar todos los *bitmaps* ofrecidos por Nokia por los gráficos propios del fabricante.
- Poder integrar sonidos, animaciones, esquemas de colores y fuentes específicos del fabricante
- Incluir nuevas teclas e indicadores.
- Incluir nuevos servicios y aplicaciones.

Además, el usuario puede personalizar la apariencia de la interfaz mediante el empleo de temas que modifiquen determinados aspectos del terminal, como los iconos, los fondos de pantalla, los esquemas de colores, etc. Del mismo modo, también es posible modificar las funciones asociadas a las teclas, definir accesos directos (o secuencias) asociados a teclas específicas o modificar los menús. Estas capacidades ofrecen un conjunto de oportunidades de personalización de la interfaz por parte del operador

Las aplicaciones de utilidad general de la plataforma Series 60 son las correspondientes a agenda, calendario, tareas, bloc de notas, álbum de fotos, cámara, reproductoras de audio y vídeo, compositor musical, reloj, calculadora, conversor de unidades, grabador de voz, juegos, etc. También incluye otras aplicaciones, como son:

- La gestión del teléfono (configuración, registros de llamadas, perfiles de usuario, marcación rápida, marcación por voz, tonos asociados a llamada, etc.).
- La descarga, gestión e instalación de las aplicaciones. Las descargas se pueden realizar a través de múltiples interfaces: Bluetooth, WAP, correo-e, SMS/MMS, USB, etc.
- La descarga de contenido multimedia.
- La posibilidad de disponer de cliente de correo electrónico.
- La posibilidad de disponer de navegador WAP y WEB
- La posibilidad de realizar la sincronización remota con el PC.

La Series 60 está disponible en los terminales Nokia 7650, Nokia 3650, Nokia N-Gage y Siemens SX-1. La versión que utilizan todos ellos es la 1.0 sobre SO Symbian 6.1.

El terminal Nokia 6600 dispone de la versión 2.0 de Series 60 sobre SO Symbian 7.0s.

La interfaz gráfica UIQ

UIQ es una interfaz gráfica personalizable basada en pantalla táctil y lápiz, y que se ejecuta sobre el SO Symbian. Los fabricantes no incluidos en el consor-



Figura 23-3:
Interfaz UIQ

cio Symbian pueden obtener una licencia para desarrollar sus propios terminales a través de la plataforma UIQ.

La última versión de UIQ es la 2.1., que permite distintas configuraciones. La pantalla tiene dos opciones diferentes de tamaño: el tipo *Communicator* de 240 x 320 píxeles (1/4 VGA) o el tipo *Smartphone* de 208 x 320 píxeles, aunque también es posible definir nuevas configuraciones en el rango comprendido entre 208 y 240 píxeles.

Esta versión de UIQ dispone de un módulo de telefonía integrado y puede emplear una configuración PDA para que cualquier dispositivo pueda ser desarrollado sin el módulo de telefonía.

En la **Figura 23-3** puede verse un ejemplo típico de la interfaz UIQ.

Tanto el usuario como las empresas que disponen de licencia pueden personalizar la interfaz UIQ mediante el uso de un menú de temas que incluyen un fondo de pantalla, esquema de colores y sonidos. El fabricante con licencia puede también personalizar determinados elementos, como el selector y el lanzador de aplicaciones, la pantalla inicial y los ficheros de ayuda.

El hardware de referencia para la implementación de UIQ es un procesador Intel StrongArm, que disponga de 64 Mbyte de memoria RAM y 32 Mbyte de memoria Flash (ROM), IrDA, USB, bahías PCMCIA y Compact Flash, y dos puertos de comunicaciones RS232. El tamaño de punto de la pantalla debe estar comprendido entre 0,192 y 0,24 pulgadas, y el color puede variar entre 8 bit y 24 bit de resolución. También son necesarias las teclas que realizan la función de Arriba, Abajo y Confirmar, y son opcionales las que realizan la función de Derecha, Izquierda y Grabar, además de otras teclas que quiera incluir el poseedor de la licencia.

UIQ incluye un conjunto de aplicaciones y funciones similares a los terminales Series 60. El usuario las elige mediante el selector (situado en la parte superior de la pantalla) o el lanzador de aplicaciones.

23.2.3. La versión 8.0 del SO Symbian

Los aspectos más destacados de la evolución futura de la tecnología Symbian serán la aparición de la versión 8.0 del SO, y la introducción tanto de las plataformas Series 80 y 90, como de la plataforma UIQ 3.0.

El aspecto más relevante de la versión 8 del SO Symbian es realizar el soporte a las últimas tecnologías y versiones de los estándares, tales como J2ME CLCD1.1/MIDP2.0, IPv6 y DM-OTA SyncML 1.1.2. También soporta las últimas arquitecturas de CPU y periféricos, e incorpora un *kernel multithread* en tiempo real que mejorará las prestaciones multimedia de los terminales.

La interfaz Series 80 ofrece un gran tamaño de pantalla (640 x 200 píxeles) y un teclado completo. Esta interfaz está orientada a los dispositivos tipo PDA con grandes capacidades de procesado.

El primer teléfono basado en esta interfaz es el Nokia 9500 Communicator. Como novedad este terminal incorpora el Navegador Opera 6.x con XHTML, y dispone de compatibilidad con Word, Excel y Power Point.

En lo que respecta a la interfaz Series 90, ésta básicamente permite integrar las capacidades multimedia con las características de las PDAs. El primer terminal que dispondrá de esta interfaz será el Nokia 7700.

23.3. LA PLATAFORMA J2ME

La compañía Sun Microsystem lanzó a mediados de los años 90 la tecnología Java, la cual, gracias al paradigma *Write Once, Run Anywhere*, se ha convertido en la tecnología dominante para el desarrollo de aplicaciones empresariales. Para el lector no familiarizado con este tema, hay indicar que una aplicación desarrollada en Java se puede ejecutar en cualquier plataforma que disponga de una máquina virtual Java, lo que no ocurre con otros lenguajes de programación, como es el caso de C++. El motivo es que la máquina virtual (que es diferente en cada plataforma específica) si “interpreta” los programas Java; sin embargo, aquellos programas que son “compilados” deben ser generados para cada una de las plataformas objetivo.

J2ME (*Java 2 Micro Edition*) es la realización de la plataforma Java orientada a dispositivos con prestaciones inferiores a las de un PC, como es el caso de los teléfonos móviles. Forma parte de la versión 2 de Java, que incluye J2EE (*Java 2 Enterprise Edition*) para servidores y J2SE (*Java 2 Standard Edition*) para ordenadores de sobremesa.

La principal ventaja de J2ME es su independencia de la plataforma, lo que ha supuesto que prácticamente todos los fabricantes de terminales móviles, independientemente del SO empleado en el terminal, incorporen J2ME para la ejecución de aplicaciones desarrolladas por terceros (principalmente juegos).

Actualmente, excepto en los terminales de gama baja, la inmensa mayoría de los fabricantes de terminales incluyen esta tecnología.

23.3.1. Arquitectura

J2ME se estructura en configuraciones y perfiles. Una configuración contiene la máquina virtual Java (KVM) y un conjunto de clases genéricas (“configuración”) que pueden ser empleadas en un amplio rango de dispositivos. Por su parte, el “perfil” contiene las clases que permiten el desarrollo de las aplicaciones en un tipo de dispositivo determinado.

Hay especificadas varias configuraciones y perfiles. Sin embargo, en los terminales móviles se emplea la combinación de la configuración CLDC (*Connected Limited Device Configuration*) y el perfil MIDP (*Mobile Information Device Profile*).

En la **Figura 23-4** puede verse una representación de la arquitectura J2ME. La configuración consta fundamentalmente de:

- El subconjunto del lenguaje Java, que se puede emplear, y una API mínima que recoge las funciones más importantes.
- Los requerimientos impuestos al hardware.

En este sentido, CLDC impone 160 kbyte de memoria, repartidos en 128 kbyte de memoria no volátil para la máquina virtual KVM (K es el prefijo del acrónimo Virtual Machine) y la API CLDC, y 32 kbyte de memoria volátil para el sistema Java. El perfil MIDP ocupa unos pocos kbyte más que CLDC.

23.3.2. La configuración CLDC

La configuración CLDC sólo contiene la máquina virtual KVM y las clases Java más básicas. Por tanto, esta configuración no se encarga de aspectos como la gestión del ciclo de vida de la aplicación, la gestión de la interfaz de usuario o la gestión de los eventos que se llevan a cabo con las clases del perfil.

La mayor parte de las clases que componen la configuración CLDC son heredadas de J2SE, tal es el caso de las funciones básicas de E/S, los tipos de datos, el manejo de errores y excepciones y las utilidades básicas. También dis-

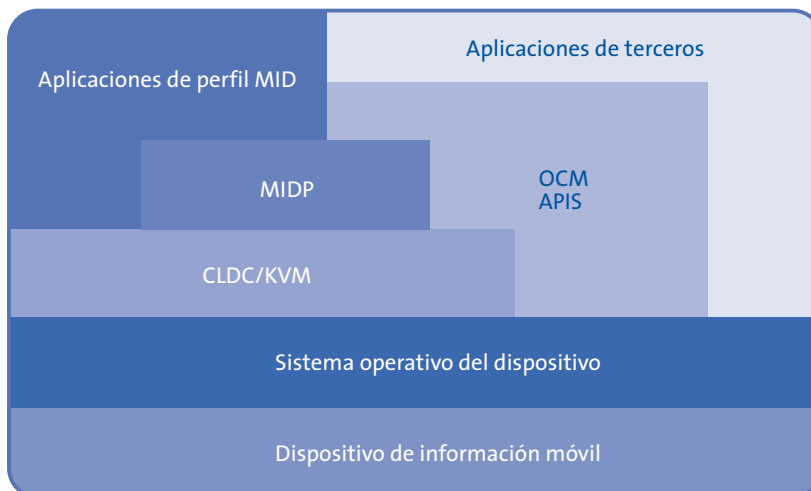


Figura 23-4:
Arquitectura J2ME

pone de una serie de clases específicas que, de manera generalizada y expansible, definen funcionalidades de E/S y comunicaciones. El conjunto de estas clases forma lo que se conoce como *Generic Connection Framework* (GCF).

Con objeto de establecer la base para todas las comunicaciones en J2ME, la configuración CLDC introduce el concepto de GCF. En este caso, la implementación del protocolo es específica de cada tipo de plataforma, por eso GCF no implementa nada, sólo define de forma abstracta y genérica cómo manejar los distintos tipos de conexiones. La implementación de los protocolos debe ser realizada por el perfil MIDP o por las clases específicas añadidas por el fabricante en sus dispositivos.

La clase principal de GCF se utiliza para realizar los distintos tipos de conexiones relacionados con:

- Los ficheros.
- El dispositivo serie de entrada y salida (puertos serie).
- Las comunicaciones en modo datagrama.
- Las comunicaciones TCP.
- La conexión básica a un servidor web, a través de HTTP

23.3.3. El perfil MIDP versión 1.0

La primera versión del perfil MIDP define un conjunto de APIs específicas cuyo objetivo es facilitar el desarrollo de las aplicaciones J2ME.

Las APIs son una agrupación de funciones (paquetes en terminología Java) relativas a.

- *La interfaz de usuario*

El concepto central de la interfaz de usuario en MIDP 1.0 es el de “pantalla” (*screen*), que es un objeto que encapsula una serie de gráficos específicos del dispositivo representados a través de la interfaz de usuario. Únicamente una “pantalla” puede ser visible en un momento determinado y los objetos que podrá emplear el usuario serán los disponibles en ella. La interfaz se encarga también de la gestión de los eventos que ocurren durante la interacción del usuario con la “pantalla”, pasando a la aplicación sólo los eventos de alto nivel.

Desde un punto de vista lógico, la interfaz de usuario está compuesta de dos APIs:

- a) La API de alto nivel

Está diseñada para aplicaciones comerciales, ya que aunque las interfaces que se pueden conseguir están limitadas en el control de su aspecto, se consigue la portabilidad que es lo importante. En otras palabras, usando la API de alto nivel se asume que la implementación J2ME disponible en el terminal adaptará la interfaz de usuario a un dispositivo en concreto con su propio estilo. De esta manera permite, por ejemplo, realizar menús y cuadros para introducir texto, o presentar imágenes inmutables (que no se pueden modificar). La implementación de esta API permite:

- Mostrar una pantalla con texto o imágenes durante un tiempo para informar al usuario de algún evento.
- Realizar listas de elementos, como pueden ser los menús.
- Contener varios elementos: imágenes, campos de texto editables o de sólo lectura, etc.
- Que el usuario pueda introducir y editar texto.

a) La API de bajo nivel

Está diseñada para tener poca abstracción y mucho control sobre la interfaz. Se utiliza en aplicaciones que precisan mucho control de los elementos gráficos, o el control de determinados eventos de entrada de bajo nivel (pulsación de determinada tecla), como ocurre en los servicios de videojuegos. El inconveniente que tiene es que la portabilidad de estas aplicaciones no está garantizada, ya que puede haber detalles específicos de un dispositivo en particular que otros no tengan (por ejemplo, aplicaciones que dependan de las dimensiones de la pantalla o de las teclas específicas que incorporan algunos teléfonos). Esta API permite:

- La realización de aplicaciones que necesiten mucho control de los elementos gráficos. Es posible obtener las dimensiones de la pantalla, manejar eventos del teclado y del puntero, e identificar las capacidades del móvil (cuando soporta punteros, tipo de teclado, etc.).
- Proveer las funciones necesarias para realizar gráficos en 2D (para ello dispondrá de líneas, rectángulos, arcos, imágenes, texto, etc.), pudiendo el usuario seleccionar el color o escala de grises a utilizar.

■ *El ciclo de vida de la aplicación*

MIDP 1.0 define un modelo de aplicación para permitir que los recursos del sistema sean compartidos por varios MIDlets (aplicaciones MIDP). En la definición se aclara qué es un MIDlet, cómo debe ser empaquetado, qué entorno de ejecución tiene disponible y cómo debe comportarse. También se adjunta la información relativa a cómo múltiples MIDlets pueden ser empaquetados juntos en una sola aplicación y cómo pueden compartir los recursos de una única máquina virtual.

Es responsabilidad del dispositivo implementar las funciones requeridas por el usuario para instalar, seleccionar, ejecutar y borrar MIDlets. También es responsable de la gestión de los errores durante la instalación, así como de la ejecución o eliminación de la aplicación y de las interacciones necesarias con el usuario.

Todas las aplicaciones MIDP deben extender la clase *midlet*. Los métodos de esta clase permiten al software de gestión de aplicaciones del dispositivo crear, ejecutar, detener y borrar la aplicación. También puede arrancar y detener los diferentes MIDlets de una aplicación de manera individual.

■ *El mecanismo de persistencia*

MIDP 1.0 ofrece un mecanismo denominado RMS (*Record Management System*) para que los MIDlets puedan almacenar y recuperar datos. Los registros son guardados en un almacén de registros representado por la clase *RecordStore*. La plataforma es la responsable de mantener lo mejor posible la integridad de estos registros durante el uso normal del dispositivo, incluyendo las situaciones relacionadas con el reinicio del sistema o el cambio de baterías.

La localización de los registros depende de la plataforma. En este sentido, los MIDlets que pertenecen a una misma *suite* pueden crear diversos registros (con distinto nombre) y acceder a los registros de las MIDlets de su *suite*. Cuando se borra un MIDlet también se eliminan todos sus registros asociados.

Cada registro es identificado por un identificador denominado *recordId*, que es un número entero asignado que comienza por el uno.

Los métodos de los que consta el paquete permiten crear, abrir, cerrar y borrar registros; listar todos los registros de los que consta la MIDlet *suite*; crear, leer, escribir y borrar registros dentro de un *record store*; y obtener la cantidad de espacio disponible o el tamaño ocupado.

■ *Las funciones de conexión*

MIDP soporta mediante este paquete un subconjunto de elementos del protocolo HTTP, que puede ser implementado con otros protocolos IP (como TCP/IP) o con otros protocolos que no son IP (como WAP o i-Mode), utilizando un *gateway* para permitir el acceso a los servidores HTTP. También define los métodos necesarios para establecer las conexiones HTTP y realizar peticiones a los servidores Web.

■ *El mecanismo de seguridad*

La seguridad en J2ME está centrada en dos áreas:

a) La seguridad de bajo nivel (maquina virtual)

En este caso, la especificación CLDC garantiza que la aplicación no sea capaz de dañar el dispositivo en el que se está ejecutando.

b) La seguridad de nivel de aplicación

En el nivel de aplicación, el modelo de seguridad se basa en restringir las clases que puede emplear una aplicación respecto a las definidas en la configuración, en los perfiles y en las propias definiciones del dispositivo, de modo que no se pueden emplear las clases definidas por el usuario. Además se exige que la implementación CLDC proteja estas clases para que no puedan ser sobrescritas.

MIDP 1.0 no incluye ninguna funcionalidad extra de seguridad ni a bajo nivel ni a nivel de aplicación (salvo la propia semántica que deben obedecer las aplicaciones MIDP). Tampoco se incluye ningún mecanismo de seguridad extremo-a-extremo, debido a la gran variedad de infraestructura de red móvil existente a escala mundial.

23.3.4. El perfil MIDP versión 2.0

Las APIs provistas en MIDP 1.0 eran bastante limitadas, y, aparte de las características básicas del lenguaje Java, prácticamente no ofrecen más que una arquitectura rudimentaria de interfaz gráfica y la posibilidad de acceder a información remota mediante HTTP.

También hay que señalar que los operadores de servicios móviles presionaron para que no se incluyese en estas APIs acceso a funciones básicas del terminal (gestión de llamadas, manejo de la agenda, contactos, etc.), que pudiesen causar, por parte de aplicaciones maliciosas, la indisponibilidad del terminal o el uso de comunicaciones sin consentimiento del usuario (es decir, se intentaba atajar la inseguridad del mundo del PC).

Por otra parte, la limitación de las APIs para el desarrollo de aplicaciones, que no se extendían más allá de sencillos juegos o la simple obtención de información, provocó que la mayoría de los fabricantes de terminales incluyesen APIs adicionales específicas para sus modelos de terminales. Esta situación supuso que J2ME no fuese totalmente independiente de la plataforma, que era su principal ventaja y por la cual se había sacrificado la introducción de funcionalidades importantes.

Para paliar esta situación en el año 2002 se lanzó la versión 2.0 de la especificación MIDP, la cual intenta remediar la falta de funcionalidades avanzadas sin comprometer la seguridad.

Las principales características de MIDP 2.0 son:

- Su retrocompatibilidad con MIDP 1.0.
- Dispone de una interfaz avanzada de usuario, que tiene mayor control de la pantalla y portabilidad, y también incluye nuevos elementos gráficos (*pop-up*, *scroll*, *text-box*, formularios u objetos definidos por el usuario) mejorados.
- Dispone de soporte multimedia: tonos, secuencias de tonos, ficheros WAV y soporte para *videostreaming*.
- Dispone de soporte avanzado para juegos, aprovechando mejor las capacidades nativas de los terminales.
- Dispone de conectividad avanzada, incluyendo HTTPS y soporte *push* para la activación de MIDlets.
- Dispone de provisión OTA (*Over-The-Air*), para la descarga de MIDlets.
- Dispone de seguridad extremo a extremo: HTTPS, SSL y WTLS.

23.4. JAVACARD EN LA SIM

La tarjeta SIM (*Subscriber Identity Module*) de los terminales móviles nació en el momento de la estandarización GSM con el único objeto de contener la configuración del usuario. Sin embargo, ha ido evolucionando hasta conseguir su especificación como tarjeta inteligente (conteniendo un microprocesador, memoria RAM y ROM, y un bus de entrada/salida de datos), tomando con el paso de

los años un papel preponderante desde el punto de vista del operador móvil, ya que es el elemento del terminal móvil que está totalmente bajo su control.

Cuando se realizó su inclusión en las tarjetas del STK (*SIM Toolkit*), la tarjeta SIM se convirtió en una plataforma de ejecución de aplicaciones (tal es el caso, por ejemplo, del menú Movistar), y hasta este momento no se ha transformado en una plataforma abierta e independiente del fabricante.

El estado actual de la tecnología, que hace posible disponer de tarjetas de hasta 128 kbytes de memoria, y la estandarización de una máquina virtual Java para la tarjeta SIM, junto con los protocolos de transporte seguros OTA (*Over-The-Air*), han convertido a esta tarjeta en una plataforma para la ejecución de aplicaciones (que se ejecutan en la CPU de la tarjeta, y utilizan como periféricos el teclado y las pantalla del terminal, además de todas las capacidades de comunicación del móvil).

El conjunto de tecnologías y protocolos relacionado con este tema ha sido estandarizado por el 3GPP (adaptando las especificaciones existentes de Sun y Visa), y se conoce popularmente como JavaCard.

Además, la descarga y ejecución de aplicaciones no sólo se limita al operador (por ejemplo, en lo que se refiere a la configuración de los servicios y la actualización de menús), sino que el operador puede abrir determinadas aplicaciones a terceros para que las descargen y ejecuten en la SIM (por ejemplo, los concursos, la publicidad, el televoto), siempre en un entorno totalmente controlado por el operador.

23.5. EL SISTEMA OPERATIVO PALM

PalmOS es el sistema operativo que desarrolló el fabricante de PDAs Palm, actualmente PalmOne; y en estos momentos ha sido transferido a una empresa independiente denominada PalmSource. Aunque hay algunos fabricantes, como es el caso de Handspring (actualmente integrado en PalmOne), que usan PalmOS en los equipos que disponen de capacidad de comunicación móvil incorporada, mayoritariamente este SO se emplea en aquellas agendas que no integran conexión a una red móvil. No obstante, las agendas pueden tener capacidad de conexión empleando un teléfono auxiliar que se conecta a ellas a través de una interfaz IrDA o Bluetooth.

PalmOS (actualmente en su versión 6.0) es un sistema operativo completo, como lo puede ser Symbian, que además de las funciones habituales de un SO proporciona acceso a todas las capacidades del dispositivo (desde la gestión de información del usuario hasta la sincronización y el control de las conexiones de datos por redes celulares).

Además, PalmOS define un modelo extremadamente sencillo de ejecución concurrente de aplicaciones, basado en una emulación poco costosa de técnicas de *multithreading*. El sistema de archivos de PalmOS no es equiparable al de un ordenador de sobremesa, sino que se estructura en una base de datos simple de registros asociados a las distintas aplicaciones. Estas soluciones son radicalmente

distintas a las adoptadas en los sistemas operativos de sobremesa, lo que complica, hasta cierto punto, el aprendizaje de los nuevos programadores.

Las aplicaciones PalmOS tradicionalmente tienen una ocupación en memoria muy reducida en comparación con su competidor Microsoft Pocket PC, en línea con la relativamente baja capacidad computacional y de almacenamiento de esta plataforma. Con PalmOS, las capacidades gráficas y funcionales de los dispositivos Palm se equiparan a las PDAs de gama alta, basadas en soluciones de Microsoft. Con todo ello, la cuota de mercado de los dispositivos Palm, que en años pasados era mayoritaria, sobre todo en Estados Unidos, ha ido decreciendo en favor de Pocket PC.

Este SO es un sistema abierto, provisto de avanzados entornos de desarrollo integrados (incluyendo depuración paso a paso) y SDKs para el desarrollo de aplicaciones por terceros. La programación se realiza en lenguaje C++.

El desarrollo del sistema se ha dividido en dos versiones diferentes:

1. La versión de Cobalt (Palm OS 6.0) para PDAs de altas prestaciones. Esta versión dispone de unos requisitos de memoria de 256 Mbyte de RAM y 256 Mbyte de ROM, y está basado en la tecnología de BeOS (un sistema operativo para PCs desarrollado por antiguos empleados de Apple).
2. La versión de Garnet (Palm OS 5.4) para teléfonos inteligentes. Esta versión dispone de unos requisitos de memoria de 128 Mbyte de RAM y 16 Mbyte de ROM.

23.6. EL SISTEMA OPERATIVO DE MICROSOFT PARA DISPOSITIVOS MÓVILES

Todos los sistemas operativos o plataformas de Microsoft para dispositivos con capacidades más reducidas que los PCs derivan de Windows CE, que a su vez proviene de la especificación Win32 empleada en PC, y se denominan genéricamente Windows Mobile.

La plataforma Windows Mobile for Pocket PC es un subconjunto bastante amplio de la API de Windows CE, y está orientada a dispositivos tipo PDA dotados de microprocesadores potentes y grandes pantallas.

Hay otra plataforma, conocida como Windows Mobile for Smartphone, que también es una adaptación de Windows CE, pero que, sin embargo, es más restrictiva, ya que esta adaptada a teléfonos móviles. Smartphone especifica con alto grado de detalle las capacidades suministradas por el dispositivo, el modo de interacción con el usuario y las dimensiones de la pantalla gráfica (176 x 220 píxeles en la configuración preferente). Por esta razón, una aplicación diseñada para un dispositivo Smartphone concreto funcionará de forma correcta en otro dispositivo que disponga de este sistema operativo, sin necesidad de realizar cambios (de forma similar a lo que ocurre con las plataformas Symbian Series 60, 70, etc.).

Además de las funciones propias de un SO heredadas de Windows CE, Smartphone proporciona una serie de APIs orientadas al desarrollo de aplicaciones en teléfonos móviles, como son:

Figura 23-5:
Teléfono Smartphone



- La gestión y sincronización de agendas y listas de contactos.
- El establecimiento de conexiones de voz y datos.
- La conectividad HTTP.
- La navegación WAP.

Por otro lado, la construcción de las interfaces gráficas se apoya en controles de interfaz similares a los de Windows (cajas de edición, listas, botones, controles estáticos, etc.).

Uno de los mayores atractivos que tiene esta plataforma para el usuario final es que, junto al sistema operativo, se incluyen de fábrica diferentes versiones adaptadas de algunos de los programas de ofimática más populares de Microsoft, como son Internet Explorer y MSN Messenger.

El entorno de programación usado para el desarrollo de aplicaciones sobre Smartphone es Embedded Visual C++, que es funcionalmente muy similar a Visual Studio y que se utiliza de forma generalizada para la programación de aplicaciones en sistemas Windows.

El primer dispositivo Smartphone fue el SPV de Orange (mostrado en la **Figura 23-5**), que se lanzó a finales de diciembre de 2002 en Francia y el Reino Unido, después de algún fracaso en la alianza de Microsoft con los fabricantes de terminales. La promoción de este sistema operativo por parte de Microsoft se ha encontrado con obstáculos técnicos y comerciales (a nadie se le oculta que Microsoft pretende reproducir en los teléfonos el modelo de negocio de Windows en los PCs). Además, los grandes fabricantes de teléfonos móviles, como Nokia, Samsung o Sony-Ericsson, han rechazado de forma generalizada aliarse con Microsoft en esta iniciativa.

Por el contrario, la plataforma de Pocket PC se ha convertido en el sistema operativo líder en los dispositivos PDA y WDA, partiendo de una situación de desventaja frente a las PDAs de Palm.

23.6.1. El entorno Windows CE.NET

Windows CE.NET no es un lenguaje de programación sino un entorno de ejecución sobre los sistemas operativos de la familia Windows CE, con características muy similares a la tecnología Java. Sin embargo, uno de los aspectos más interesantes de esta tecnología es que la naturaleza interpretada del entorno de ejecución, soportada por la CLR (*Common Language Run-time*), permite el des-

arrollo de aplicaciones en una amplia variedad de lenguajes de programación, como Managed C++ (versión especial de C++ para .NET), VB.NET y, sobre todo, C#. En este sentido, Windows CE.NET busca aprovechar sinergias con el entorno .NET de Microsoft para los sistemas operativos de la familia Windows, de forma que se posibilite la reutilización de código y que se reduzca la barrera de entrada de los nuevos programadores.

Como ocurre con Smartphone, Windows CE.NET está siendo usado por un número muy limitado de fabricantes en dispositivos que no están destinados al gran público, fundamentalmente por las razones de estrategia comercial mencionadas anteriormente.

23.7. LOS SISTEMAS OPERATIVOS EMPOTRADOS: LINUX

Existe un gran mercado en expansión para los dispositivos empotrados, que incluye consolas de información y dispositivos móviles. Las aplicaciones comerciales presentan compatibilidad con los terminales de los puntos de venta, con los sistemas de tarjeta de crédito para los surtidores de gasolina, con el equipamiento médico, con los sistemas accesorios del televisor, con los asistentes personales digitales (PDAs), con las lavadoras y con los cierres de las habitaciones de los hoteles. El mercado de los ordenadores empotrados absorbe más del 95 por ciento de todos los microchips que se venden cada año.

Hay varias opciones de software para sistemas empotrados, que incluyen DOS, Microsoft Windows y Linux. Actualmente Linux es el sistema operativo mejor preparado para los sistemas empotrados de tiempo real.

El sistema operativo Linux ofrece muchas ventajas para los servidores empotrados, pues se puede portar a muchas de las CPUs y plataformas hardware existentes, es estable y escalable para un amplio rango de capacidades, y su utilización por los desarrolladores es sencilla.

En los sistemas empotrados los márgenes comerciales son muy bajos, y el hecho de que Linux esté desarrollado sobre software libre ayuda a este mercado. El uso de código abierto para los sistemas empotrados evita las cuotas de licencia de los fabricantes de código cerrado, lo que implica importantes ahorros de coste en la producción de un volumen elevado de estos sistemas. En este sentido, los desarrolladores de sistemas empotrados pueden parametrizar Linux para que se ajuste a las necesidades de sus aplicaciones específicas, y permite a todos los desarrolladores poder mejorar de forma cooperativa el software y arreglar los errores en tiempo real.

Linux no fue originalmente diseñado para los sistemas empotrados, pero ha sido adoptado por ellos. Además, no fue diseñado desde el principio de forma integrada, sino dividido en componentes. Por esta razón, los desarrolladores de sistemas empotrados tienen la seguridad de que sus sistemas se pueden modificar y reparar de forma inmediata, dado que el código de Linux está siendo constantemente mejorado.

Hay un riesgo de que se produzca fragmentación en el mercado de Linux para los sistemas empotrados, ya que existen más de cien sistemas operativos comerciales de tiempo real y una gran variedad de dispositivos empotrados (desde teléfonos celulares a frigoríficos).

En este sentido, para adaptar Linux a estos dispositivos y poder utilizar la menor cantidad de hardware posible, se extraen diferentes partes del código básico común de GNU/Linux y se añaden diferentes extensiones específicas a los dispositivos que optimicen el rendimiento.

ELC es un consorcio de Linux para sistemas empotrados, que se constituyó como una asociación sin ánimo de lucro independiente de los fabricantes, y que se dedica a promover y hacer que Linux avance como el sistema operativo de la comunidad de los sistemas empotrados.

Actualmente existe una comunidad de desarrollo de software libre que está trabajando en portar Linux a los terminales de HTC Wallaby e Himalaya (que se corresponden a los modelos de Telefónica Movistar TSM 400 y TSM 500, respectivamente).

Esta comunidad lleva trabajando un año en este entorno. HTC no colabora directamente en el proyecto como lo está haciendo Compaq en su proyecto homólogo, sin embargo se han conseguido hasta la fecha avances significativos que confirman que la migración a Linux es factible. No obstante, aún no se ha completado el desarrollo de la versión Linux adaptada a los dispositivos mencionados.

23.8. TENDENCIAS FUTURAS

Como se ha puesto de manifiesto a lo largo de este capítulo, los terminales móviles han comenzado su transformación en entornos de ejecución abiertos, acortando la distancia que los separa de los PCs.

En un futuro próximo esta tendencia se acentuara, aunque todavía está por dilucidar si, como ocurre en el caso de los PCs que disponen de los SO de Microsoft, habrá una tecnología que se imponga como estándar de hecho (que podría ser cualquiera de los SO de Microsoft o el SO Symbian) o convivirán varias tecnologías (incluyendo la PalmOS o las nuevas propuestas de SO). Con la experiencia adquirida en el pasado con los PCs no es previsible que se llegue a la misma situación de dominio de Microsoft, aunque siempre existirá esa incertidumbre.

En el caso de la plataforma J2ME, debido a su independencia de la plataforma hardware y a los escasos recursos que precisa, parece claro que será la plataforma preferida para los terminales de gama baja y de gama baja-media, conviviendo con aquellos terminales de gama alta que dispongan de sistemas operativos más potentes. Por su parte, Linux, siguiendo el actual modelo del PC, tendrá su cuota de mercado en los dispositivos tipo PDA que se ofertan para un tipo de usuarios con perfil tecnológico.

Los entornos de ejecución en la tarjeta SIM (JavaCard) ofrecerán más prestaciones conforme aumente la capacidad de proceso y memoria de las tarjetas. En este sentido, los operadores de telefonía móvil no escatimaran esfuerzos para desarrollar y estandarizar esta tecnología, ya que la ejecución de aplicaciones desde la SIM tiene ventajas incuestionables tanto para el operador (ya que es el componente del terminal que controla totalmente) como para el usuario (pues es el elemento personal que le identifica y le independiza de un terminal concreto).

En cualquier caso, estos nuevos entornos de ejecución pueden suponer un cambio en la cadena de valor tradicional del negocio de la tecnología móvil, por lo que los operadores estarán vigilantes para que los cambios no supongan su marginación, sino nuevas oportunidades de desarrollar servicios.

Aunque no se ha mencionado explícitamente en el contenido del capítulo, a nadie se le escapa que las cuestiones de seguridad asociadas a estos nuevos entornos deberán experimentar un importante desarrollo para no repetir los problemas actuales de seguridad asociados a los PCs.

1xEV-DO	<i>cdma2000 1x Evolution - Data Optimized.</i> Variante del estándar cdma2000 1x (ver 1xRTT) optimizada para la transmisión de datos a alta velocidad.
1xEV-DV	<i>cdma2000 1x Evolution - Data and Voice optimized.</i> Variante del estándar cdma2000 1x (ver 1xRTT), mejora sobre 1xEV-DO, optimizada conjuntamente para voz y datos a alta velocidad.
1xRTT	<i>One Time Radio Transmission Technology.</i> Variante del estándar de comunicaciones móviles celulares cdma2000.
2G	Segunda generación de comunicaciones móviles. La principal diferencia respecto de la primera generación fue la digitalización completa de la red.
3G	Tercera generación de comunicaciones móviles. Denominación genérica para referirse a las redes móviles digitales posteriores a los primeros sistemas digitales. Generalmente engloba las redes consideradas bajo el paraguas del IMT-2000 (www.itu.int), aunque el término 3G es anterior.
3GPP	<i>Third Generation Partnership Project.</i> Iniciativa para el desarrollo del estándar UMTS de sistema de comunicaciones móviles de tercera generación (www.3gpp.org).
3GPP2	<i>Third Generation Partnership Project 2.</i> Proyecto colaborativo dedicado a la estandarización de la tercera generación de comunicaciones móviles, siguiendo el estándar cdma2000, de forma paralela al 3GPP, que sigue el estándar UMTS (www.3gpp2.org).
3xRTT	<i>Three Times Radio Transmission Technology.</i> Variante del estándar de comunicaciones móviles celulares cdma2000. Actualmente sin desarrollo, se diferencia del 1xRTT en la utilización de señales de amplitud espectral tres veces mayor.

- 4G** Cuarta generación de comunicaciones móviles. Se usa de forma genérica para referirse a los conjuntos de conceptos e ideas que avanzan más allá de los definidos en los estándares de la 3G. Ver también B3G.
- AAA** *Authentication, Authorization and Accounting*. Autenticación, autorización y contabilidad.
- AAC** *Advanced Audio Coding*. Codificación avanzada de audio.
- ACK** *Acknowledgement*. Asentimiento o confirmación.
- ADSL** *Asymmetric Digital Subscriber Line*. Bucle de abonado digital asimétrico.
- A-GPS** *Assisted GPS*. Sistema de localización GPS con soporte de la red móvil.
- AKA** *Authentication and Key Agreement*. Autenticación y acuerdo de clave.
- All-IP** Todo IP. Modelo de red basado exclusivamente en el uso del protocolo IP.
- AMPS** *Advanced Mobile Phone System*. Sistema de comunicaciones móviles analógicas desarrollado por la TIA (www.tiaonline.org) e implantado principalmente en los mercados americanos.
- AMR** *Adaptive Multi Rate*. Codificación de voz adaptativa en tasa binaria.
- AMR-NB** *Adaptive Multi Rate Narrow Band*. AMR para banda estrecha.
- AP** *Access Point*. Punto de acceso en redes WLAN.
- API** *Application Programming Interface*. Interfaz de programación de aplicaciones.
- APN** *Access Point Name*. Nombre de punto de acceso, utilizado por la red de paquetes (GPRS, UMTS) para el enrutamiento de la información solicitada por el usuario.
- AR** *Access Router*. Enrutador de acceso a la red.
- ARIB** *Association of Radio Industries and Businesses*. Organización industrial para el desarrollo de las telecomunicaciones en Japón (www.arib.or.jp/english).
- ARP** *Address Resolution Protocol*. Protocolo del conjunto TCP/IP utilizado para establecer la relación entre las direcciones IP a partir de las direcciones de capa física (por ejemplo, Ethernet).
- ARPANET** *Advanced Research Projects Agency Network*. Proyecto de investigación en entornos de computación promovido por la agencia estadounidense ARPA, dependiente del Departamento de Defensa de EE.UU.
- ARPU** *Average Revenue Per User*. Ingresos medios por usuario.

ASIC	<i>Application Specific Integrated Circuit</i> . Circuito integrado para aplicaciones específicas.
ASP	<i>Application Service Provider</i> . Proveedor de servicios de aplicaciones.
ATIS	<i>Alliance for Telecommunication Industry Solutions</i> . Organización americana para el desarrollo de estándares de telecomunicaciones y su promoción (www.atis.org).
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i> . Modo de transferencia asíncrono (MTA). Tecnología de transferencia de datos a alta velocidad, basada en el empleo de paquetes (células) de tamaño fijo y pequeño, lo que supuestamente lo hace muy adecuado para manejar tipos de tráfico muy heterogéneo (voz, vídeo, datos genéricos, etc.)
AuC	<i>Authentication Center</i> . Centro de autenticación en una red GSM.
AVSR	<i>Audio-Visual Speech Recognition</i> . Reconocimiento de habla audiovisual.
B3G	<i>Beyond 3G</i> . Más allá de la 3G. Denominación de las tecnologías y redes móviles posteriores a las de tercera generación. Ver también 4G.
BER	<i>Bit Error Rate</i> . Tasa de error.
BG	<i>Border Gateway</i> . Pasarela de borde en una red GPRS, comunicando con las redes de otros operadores.
Bluetooth	Tecnología de comunicaciones personales de corto alcance. Varios organismos actúan en su promoción, entre ellos el Bluetooth SIG (www.bluetooth.com) y el grupo IEEE 802.15.1.
Bluetooth SIG	<i>Bluetooth Special Interest Group</i> . Grupo de promoción de la tecnología Bluetooth (www.bluetooth.org).
BMC	<i>Broadcast/Multicast Control protocol</i> . En las redes UMTS, protocolo para adaptar a la interfaz radio los mensajes de difusión o multidifusión.
BMP	<i>Bitmap</i> . Formato gráfico basado en un mapa de puntos o bits.
BM-SC	<i>Broadcast Multicast Service Center</i> . Nodo de la red UMTS para la provisión del servicio de difusión o multidifusión.
BS	<i>Bearer Service</i> . Servicio Portador. Servicio de telecomunicaciones para el transporte de tráfico genérico de usuario.
BSC	<i>Base Station Controller</i> . Controlador de estaciones base.
BSS	<i>Base Station Subsystem</i> . Subsistema de estación base. En la arquitectura ETSI GSM se denomina BSS al conjunto formado por el controlador de estaciones base (BSC) y todas las estaciones base (BTS) que dependen de él.

BTA	<i>Basic Trading Areas</i> . Definición geográfica utilizada en EE.UU. Son zonas que agrupan varios condados y que definen áreas de influencia comercial de una ciudad. Fueron utilizadas por el FCC como base para señalar las demarcaciones de las licencias concedidas para la explotación de comunicaciones móviles. EE.UU. está dividido en 493 BTAs.
BTS	<i>Base Transceiver Station</i> . Estación base para comunicaciones celulares.
BWA	<i>Mobile Broadband Wireless Access</i> . Acceso inalámbrico móvil de banda ancha.
C/I	Relación portadora/interferencia.
CAMEL	<i>Customized Applications for Mobile Enhanced Logic</i> . Tecnologías de red inteligente en redes móviles que permiten la extensión de sus servicios a usuarios en itinerancia en otras redes móviles.
CC	<i>Call Control</i> . Control de llamada.
CCD	<i>Charge-Coupled Device</i> . Dispositivo de carga acoplada.
CCK	<i>Complementary Code Keying</i> . Codificación complementaria en código. Tecnología de codificación empleada en los estándares IEEE 802.11 para permitir tasas binarias de 5,5 y 11 Mbit/s en la banda de 2,4 GHz.
CCSA	<i>China Communications Standards Association</i> . Organización para la estandarización de las telecomunicaciones en China (www.ccsa.org.cn/english).
CDG	<i>CDMA Development Group</i> . Organismo para la promoción de los estándares basados en CDMA.
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i> . Acceso múltiple por división en código.
cdma2000 1x	Ver 1xRTT.
cdma2000 3x	Ver 3xRTT.
cdmaOne	Conjunto de especificaciones de un sistema de comunicaciones móviles 2G basadas en los estándares TIA/EIA IS-95 CDMA.
CDMA-UWB	<i>Code Division Multiple Access Ultra Wide Band</i> . Tecnología mixta CDMA-UWB.
CEK	<i>Content Encryption Key</i> . Clave de cifrado de contenido.
Cell-ID	<i>Cell Identity</i> . Identificador de celda.
CF	<i>Compact Flash</i> . Formato de tarjeta multimedia para dispositivos electrónicos.
CGALIES	<i>Coordination Group on Access to Location Information by Emergency Services</i> . Grupo internacional para la estandarización del acceso a la información de localización para los servicios de emergencia.

Chat	Charla. Aplicación de conversación interpersonal interactiva basada en mensajes.
CHTML	<i>Compact Hypertext Markup Language</i> . HTML compacto. Definición de contenidos de hipertexto usado en el sistema i-mode.
CI	Circuito Integrado.
CIF	<i>Common Intermediate Format</i> . Formato de señal de vídeo.
CLDC	<i>Connected Limited Device Configuration</i> . Configuración Java para dispositivos con recursos limitados.
CMOS	<i>Complementary Metal Oxide Semiconductor</i> . Semiconductor complementario de óxido metálico. Tecnología para fabricación de circuitos integrados.
Contexto PDP	Conexión lógica establecida entre el terminal móvil y la red para el transporte del tráfico IP
COPS	<i>Common Open Policy Service protocol</i> . Protocolo común abierto para políticas de servicio.
CPE	<i>Customer Premises Equipment</i> . Equipos de cliente. Se refiere a los equipos que es necesario instalar en el domicilio del cliente, como son, por ejemplo, los <i>routers</i> , los <i>módems</i> , etc.
CRM	<i>Customer Relationship Management</i> . Conjunto de técnicas y soluciones para la gestión de la relación de una empresa con sus clientes, así como para la organización de la información correspondiente.
CS	<i>Circuit Switched</i> . Conmutación de circuitos, como oposición a la conmutación de paquetes.
CSCF	<i>Call State Control Function</i> . Función de control de estado de llamada.
CSD	<i>Circuit Switched Data</i> . Mecanismo para transmisión de datos mediante conmutación de llamadas, en oposición a la conmutación de paquetes.
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i> . Técnica de acceso múltiple al medio (radio, cable) en la que se utiliza la monitorización de éste para reducir colisiones entre accesos. Ver CSMA/CD.
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection</i> . Técnica de acceso múltiple al medio (radio, cable) en la que se utiliza la monitorización de éste para reducir colisiones entre accesos. Difiere del CSMA/CA en la forma de iniciar la transmisión (CD se limita a detectar colisiones, mientras que CA trata de evitarlas emitiendo una señal aleatoria previa).

CSS	<i>Cascading Style Sheets</i> . Hojas de estilo en cascada. Mecanismo para la automatización de contenidos utilizando XML.
CT2	<i>Cordless Telephony 2</i> . Estándar de telefonía inalámbrica digital. Nunca llegó a ser adoptado globalmente, lo que sí consiguió el estándar posterior DECT.
CTV	Conversor Texto-Voz. Aplicación o dispositivo para la generación de una señal de voz como transcripción de un texto almacenado.
DAB	<i>Digital Audio Broadcasting</i> . Difusión de audio digital. Estándar desarrollado como un proyecto Europeo, dentro del marco Eureka (www.eureka.be), para la difusión de canales de audio digital. Existe un foro internacional (www.worlddab.org) para su promoción y desarrollo. EE.UU. apoya otros estándares locales alternativos que ofrecen compatibilidad con los estándares analógicos.
DCH	<i>Dedicated Channel</i> . Canal de transporte dedicado. En UMTS es un canal lógico para el transporte continuado de información de usuario (por ejemplo, un canal de voz).
DCT	<i>Discrete Cosine Transform</i> . Transformada discreta del coseno.
DECT	<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i> . Telefonía inalámbrica digital mejorada. Estándar desarrollado por el ETSI para comunicaciones inalámbricas que ha alcanzado un gran desarrollo incluso fuera de Europa.
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> . Protocolo dinámico de configuración de <i>hosts</i> .
<i>DiffServ</i>	<i>Differentiated Services</i> . Estándar de QoS desarrollado por el IETF.
DM	<i>Device Management</i> . Gestión de dispositivos.
DOJA	<i>DoCoMo Java</i> . Versión de Java para i-mode desarrollada por NTT DoCoMo.
DRM	<i>Digital Rights Management</i> . Gestión de derechos de los contenidos digitales.
DS	<i>Distribution System</i> . Sistema de distribución.
DS-CDMA	<i>Direct Sequence-Code Division Multiple Access</i> . Variante de la técnica de comunicaciones CDMA basada en ensanchamiento por secuencia directa (ver DSSS).
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i> . Bucle de usuario digital. Término genérico para referirse a las distintas técnicas que utilizan el bucle telefónico de usuario para la transmisión de datos a alta velocidad (por ejemplo, ADSL).
DSP	<i>Digital Signal Processing</i> . Procesado digital de señal.
DSR	<i>Distributed Speech Recognition</i> . Reconocimiento distribuido de voz.

DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> . Técnica de espectro ensanchado con expansión del código mediante secuencia directa.
DTMF	<i>Dual Tone Multi-Frequency</i> . Señalización dentro de banda mediante multifrecuencia con dos tonos.
DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i> . Difusión de vídeo digital.
DVB-T/H	<i>DVB Terrestrial/Handheld</i> . DVB terrestre o portátil. Dos variantes del estándar de difusión de vídeo digital DVB.
EAP	<i>Extensible Authentication Protocol</i> . Protocolo de autenticación extensible. Protocolo de seguridad para redes que permite mecanismos de autenticación múltiples, dependiendo del sistema operativo empleado.
ECMA	Asociación industrial internacional para el fomento y desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (www.ecma-international.org).
ECMAScript	Lenguaje de programación en entorno <i>host</i> promovido por ECMA y estandarizado por la ISO a partir del lenguaje Javascript desarrollado por Netscape.
EDCH	<i>FDD Enhanced Uplink DCH</i> . Nuevo canal definido en la <i>Release 6</i> de UMTS para un canal ascendente más eficiente basado en DCH, pero con técnicas de <i>hybrid-ARQ</i> , <i>scheduling</i> en el Nodo B y TTI reducidos.
EDGE	<i>Enhanced Data rates for GSM Evolution</i> . Tecnología que mejora el estándar GSM mediante el uso de codificaciones más avanzadas para el incremento de las tasas binarias, fundamentalmente para servicios de datos, utilizando modulación 8PSK. Se considera un punto intermedio entre las tecnologías GSM/GPRS y UMTS.
EIR	<i>Equipment Identity Register</i> . Registro de identidades de equipos (IMEIs) en una red GSM.
E-mail	Correo electrónico. Aplicación de comunicación sobre redes de datos desarrollada en 1971 para ARPANET y que posteriormente ha encontrado gran aceptación como servicio de comunicaciones sobre redes TCP/IP.
EMS	<i>Enhanced Messaging Service</i> . Servicio de mensajería mejorada, evolución del SMS.
E-OTD	<i>Enhanced Observed Time Difference</i> . Técnica de localización mediante la medida mejorada de la diferencia de tiempos observada.
EPERM	<i>Execution Policy Enforcement Management</i> . Mecanismo definido por OMA (www.openmobilealliance.org) para especificar las condiciones en que se pueden ejecutar otros servicios, definiendo perfiles de políticas de acceso y ejecución, y convirtiéndose en un entorno de ejecución controlado que complementa la iniciativa

Parlay y que define unas interfaces para permitir el acceso a una determinada funcionalidad.

- ERMES** *European Radio Messaging System*. Sistema paneuropeo de red de mensajería digital disponible en Europa, Oriente Medio y Asia.
- ERP** *Enterprise Resource Planning*. Planificación de los recursos de la empresa. Conjunto de técnicas y procesos para la gestión avanzada de los procesos en la empresa.
- ESS** *Extended Service Set*. Conjunto extendido de servicio. En WLAN, un ESS es un conjunto de BSS, constituyendo un superconjunto de puntos de acceso a través de los cuales un usuario puede moverse y permanecer conectado.
- Ethernet** Tecnología de red de nivel 2 originaria del mundo de la LAN que actualmente se está extendiendo a otros entornos de red como MAN y WAN.
- ETSI** *European Telecommunication Standards Institute*. Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones.
- FA** *Foreign Agent*. Agente extranjero, uno de los elementos funcionales de la tecnología Mobile-IP.
- FACH** *Forward Access Channel*. Canal de acceso directo. En UMTS, es un canal asociado al RACH para el envío en el canal descendente de la señalización y de pequeñas cantidades de tráfico del usuario.
- FCC** *Federal Communications Commission*. Comisión Federal de Comunicaciones de EE.UU.
- FDD** *Frequency Division Duplex*. Técnica de *duplexado* por división en frecuencia. Es la empleada en el estándar WCDMA FD-CDMA.
- FDMA** *Frequency Division Multiple Access*. Acceso múltiple por división en frecuencia.
- FFT** *Fast Fourier Transform*. Transformada rápida de Fourier.
- FH** *Frequency Hopping*. Mecanismo de salto en frecuencia. Ver FHSS.
- FHSS** *Frequency Hopping Spread Spectrum*. Técnica de espectro ensanchado con expansión del código mediante salto en frecuencia.
- Flash** Tipo de memoria de lectura y escritura persistente.
- FLO** *Flexible Layer One*. Con este nombre el *3GPP Release 6* introduce el concepto de canal de transporte en la capa física de GERAN.
- FM** *Frequency Modulation*. Modulación en frecuencia.
- FO** *Fibre Optic*. Fibra óptica.
- FOMA** *Freedom of Mobile multimedia Access*. Servicio de comunicaciones móviles de tercera generación del operador japonés NTT DoCoMo. Se basa en la tecnología WCDMA, aunque tiene algunas diferencias es parecida a la utilizada por el estándar UMTS.

FPGA	<i>Field Programmable Gate Array</i> . Estructura de puertas lógicas programables.
FR	<i>Frame Relay</i> . Retransmisión de trama. Tecnología de conmutación de paquetes.
GERAN	<i>GSM-EDGE Radio Access Network</i> . Red de acceso radio de segunda generación definida por ETSI.
GFSK	<i>Gaussian Frequency Shift Keying</i> . Modulación FSK con filtrado <i>gaussiano</i> . Se utiliza como modulación en la tecnología Bluetooth.
GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node</i> . Nodo pasarela de soporte GPRS. Pasarela GPRS hacia las redes externas de paquetes.
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i> . Formato de intercambio de gráficos.
GMLC	<i>Gateway Mobile Location Center</i> . Centro de localización de móviles con funciones de pasarela a otras redes.
GMSC	<i>Gateway MSC</i> . MSC pasarela. Central de conmutación móvil (MSC) empleada como pasarela con otras redes de telefonía (móviles o no).
GPP	<i>Genasys Positioning Platform</i> . Plataforma de localización de Genasys.
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> . Servicio radio genérico de datos por paquetes. Evolución del estándar GSM para la provisión de datos en modo paquete en la interfaz radio.
GPS	<i>Global Positioning System</i> . Sistema mundial de determinación de posición. Red de satélites desarrollada por el Departamento de Defensa de EE.UU. para la provisión de un servicio de localización global.
GSM	<i>Global System for Mobile communications</i> . Sistema global de comunicaciones móviles. Las siglas inicialmente se referían al grupo encargado de su definición y estandarización (<i>Groupe Spéciale Mobile</i> , en francés).
GSMA	<i>GSM Association</i> . Asociación GSM. Asociación de entidades interesadas en la coordinación y promoción del estándar GSM de ETSI.
GSR	<i>Gigabit Switch Router</i> . Conmutador-enrutador con capacidad de varios gigabit.
GTP	<i>GPRS Tunneling Protocol</i> . Protocolo de <i>tunelado</i> GPRS. Protocolo usado internamente en la red GPRS para el encapsulado y conmutación de la información de usuario hasta las pasarelas con otras redes.

- H.263** ITU-T *video codec*. Estándar de codificación de vídeo para videoconferencia y videotelefonía, definido por ITU-T.
- HA** *Home Agent*. Agente doméstico. Uno de los elementos funcionales de la tecnología *Mobile-IP*.
- Half duplex** Comunicación bidireccional entre la red y el terminal, que sólo puede existir en un sentido en un cierto instante de tiempo. Los flujos de datos no pueden ser transmitidos en ambos sentidos a la vez, por lo que en el caso de la voz, el usuario no puede hablar y escuchar simultáneamente.
- HASP** *High-Altitude Stratospheric Platform*. Plataforma estratosférica a gran altura. Concepto de estaciones base volantes para la cobertura de áreas extensas a bajos costes y sin los inconvenientes de los sistemas por satélite.
- HCI** *Human-Computer Interaction*. Interacción hombre-máquina.
- HLR** *Home Location Register*. Registro de posiciones base. Base de datos de información de usuarios y perfiles en una red móvil.
- HO** *Handover*. Traspaso. Proceso de transferencia de una comunicación entre dos puntos de una red móvil (por ejemplo, entre dos estaciones base).
- HomeRF** Tecnología de radiofrecuencia para la conexión inalámbrica de dispositivos en el hogar. Actualmente está obsoleta.
- HSCSD** *High Speed CSD*. Mecanismo de transmisión de datos mediante conmutación de circuitos a alta velocidad. Variante del estándar GSM para llamadas de datos utilizando simultáneamente varios intervalos de tiempo por trama para aumentar la tasa binaria.
- HSDPA** *High Speed Downlink Packet Access*. Variante de UMTS (a partir de la *Release 5*) que introduce un nuevo canal descendente de datos, compartido y de alta velocidad, para mejorar las prestaciones de los servicios de datos.
- HSS** *Home Subscriber Server*. Servidor de abonado base. Base de datos de información de usuario en UMTS.
- HTML** *Hypertext Markup Language*. Lenguaje de hipertexto mediante marcas.
- HTTP** *Hypertext Transfer Protocol*. Protocolo de transferencia de hipertexto.
- Hybrid-ARQ** *ARQ híbrido*. Esquema para retransmisiones selectivas implementado en UMTS HSDPA.
- I-CSCF** *Interrogating - Call State Control Function*. Función de control de estado de llamada - interrogador.
- IDE** *Integrated Development Environment*. Entorno de desarrollo de aplicaciones integrado.

IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> . Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos (www.ieee.org).
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i> . Foro de definición de los protocolos de Internet (www.ietf.org).
i-HTML	<i>I-mode HTML</i> . Formato de descripción de contenidos HTML en su variante para el sistema i-mode.
IPMD	<i>IP Multimedia Domain</i> . Dominio IP multimedia. Definido por el 3GPP (a partir de la <i>Release 5</i>) para realizar el control de los diversos flujos de datos en los servicios multimedia de una red móvil de paquetes.
IMEI	<i>International Mobile Equipment Identity</i> . Identificador único de un equipo terminal en el estándar GSM/UMTS.
<i>i-mode</i>	Nombre comercial del servicio de información móvil desarrollado por NTT DoCoMo de forma propietaria. El servicio i-mode permite enviar y recibir información diversa (imágenes, información bancaria, horarios de trenes, intercambio de <i>e-mail</i> , etc.) entre terminales móviles de la red PDC-P (<i>Personal Digital Cellular-Packet</i>) de DoCoMo.
IMS	<i>IP Multimedia Subsystem</i> . Subsistema IP multimedia. Según 3GPP, a partir de la <i>Release 5</i> de los estándares de UMTS, IMS es el plano de control de los servicios IP multimedia.
IMSI	<i>International Mobile Subscriber Identity</i> . Identificador único de un usuario en el estándar GSM/UMTS. Se compone de un conjunto de identificadores parciales que definen el país, el operador y el usuario.
IMT FT	<i>IMT Frequency Time</i> . Una de las opciones barajadas por ITU para el IMT.
IMT	<i>International Mobile Telecommunications</i> . Nombre dado por ITU al conjunto de estándares de telecomunicaciones móviles de tercera generación. También conocido como IMT-2000.
IMTC	<i>International Multimedia Telecommunications Consortium</i> . Consorcio internacional de telecomunicaciones multimedia (www.imtc.org).
IMT-DS	<i>IMT Direct Sequence</i> . Una de las opciones barajadas por ITU para el IMT.
IMT-MC	<i>IMT Multicarrier</i> . Otra de las opciones barajadas por ITU para el IMT.
IMTS	<i>Improved Mobile Telephone Service</i> . Servicio de telefonía móvil mejorado. Sistema de telefonía móvil analógica desarrollado en EE.UU.
IMT-SC	<i>IMT Single Carrier</i> . Otra de las opciones barajadas por ITU para el IMT.

IMT-TC	<i>IMT Time Code</i> . Otra de las opciones barajadas por ITU para el IMT.
IN	<i>Intelligent Network</i> . Red inteligente.
IOT	<i>Inter-Operability Testing</i> . Pruebas de interoperabilidad.
IP	<i>Internet Protocol</i> . Uno de los protocolos del conjunto TCP/IP para comunicaciones de datos (www.ietf.org/ip).
IP-M	<i>IP Multicast</i> . Servicio IP para multidifusión de información.
IPSec	<i>IP Security protocol</i> . Conjunto de protocolos para implementar seguridad y capacidades de autenticación en redes IP (www.vpnc.org/ietf-ipsec).
IPv4	IP versión 4. Versión actualmente desplegada del protocolo IP en la gran mayoría de las redes del mundo (www.ietf.org).
IPv6	IP versión 6. También conocida como IPng (<i>new generation</i>), es la evolución del protocolo IPv4. El objetivo de la evolución es permitir el crecimiento de las redes IP, tanto en volumen de tráfico como en número de nodos conectados.
IPv6 Forum	Organización para la promoción de la tecnología IPv6 (www.ipv6forum.com).
IrDA	<i>Infrared Data Association</i> . Asociación de datos por infrarrojos (www.irda.org).
ISDN	<i>Integrated Services Data Network</i> . Red digital de servicios integrados (RDSI).
ISG	<i>IMT-2000 Steering Group</i> . Grupo de coordinación sobre aspectos de IMT-2000 en la GSMA (www.gsmworld.org).
ISIM	<i>IP Multimedia Subsystem Subscriber Identity Module</i> . Módulo de identificación de usuario IMS.
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> . Organismo de estandarización internacional (www.iso.org).
ISP	<i>Internet Service Provider</i> . Proveedor de acceso a Internet.
ITU	<i>International Telecommunication Union</i> . Unión Internacional de Telecomunicaciones (www.itu.int).
ITU-T	<i>International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector</i> . Sector de estandarización de telecomunicaciones de la ITU.
IWF	<i>InterWorking Function</i> . Función de adaptación entre dos sistemas basados en torres de protocolos diferentes.
J2EE	<i>Java 2 Enterprise Edition</i> . Edición empresarial de la plataforma Java 2.
J2ME	<i>Java 2 Platform Micro Edition</i> . Edición reducida de la plataforma Java 2.

J2SE	<i>Java 2 Standard Edition</i> . Edición estándar de la plataforma Java 2.
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i> . Grupo de expertos en fotografía. Por extensión, formato gráfico de imágenes definido por dicho grupo (www.jpeg.org).
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> . Indicador de prestaciones clave.
LAN	<i>Local Area Network</i> . Red de área local de ordenadores.
LASP	<i>Link Service Access Point</i> . Punto de acceso de servicio a nivel de enlace.
LBS	<i>Location Based Services</i> . Servicios de localización.
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i> . Visualizador de cristal líquido.
LIF	<i>Location Interoperability Forum</i> . Foro de interoperabilidad de servicios de localización. Actualmente ha desaparecido y sus funciones han sido incorporadas a OMA (www.openmobilealliance.org).
LLC	<i>Logical Link Control</i> . Control de enlace lógico. Capa del modelo lógico de protocolos donde se engloban todos los mecanismos de gestión de un enlace lógico entre un nodo de una red y la propia red.
LMDS	<i>Local Multipoint Distribution System</i> . Sistema de distribución local multipunto. Tecnología de banda ancha multiservicio (voz, datos, vídeo) para bucle de usuario inalámbrico en la banda de 25 GHz y superior, dependiendo de las condiciones de la licencia correspondiente. Requiere de una visión directa entre transmisor y receptor.
LMU	<i>Location Measurement Unit</i> . Módulo de medida para localización.
LOCUS	<i>Location of Cellular Users for Emergency Services</i> . Localización de usuarios móviles para servicios de emergencia.
M2M	<i>Machine to Machine, Mobile to Machine, Machine to Mobile</i> . Comunicaciones máquina a máquina.
MAC	<i>Medium Access Control</i> . Control de acceso al medio. Capa del modelo lógico de protocolos donde se engloban todos los mecanismos de gestión de acceso de los diferentes nodos de una red con acceso múltiple a un mismo medio (radio, cable).
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i> . Red de área metropolitana.
MANET	<i>Mobile Ad-hoc Network</i> . Red móvil ad-hoc. Red basada en enrutamiento dinámico del tráfico TCP/IP sobre una estructura de nodos móviles no predeterminados.
MAP	<i>Mobile Application Part</i> . Parte de aplicación móvil. Protocolo en las redes GSM para el intercambio de información entre las cen-

trales de conmutación (MSC) y los nodos de las bases de datos (por ejemplo, HLR), para los procesos de autenticación, identificación de equipos, *roaming*, etc.

MASP	<i>MAC Service Access Point</i> . Punto de acceso a servicio de la capa MAC.
MBMS	<i>Multimedia Broadcast/Multicast Service</i> . Servicio de difusión o multidifusión multimedia.
MBS	<i>Mobile Broadcast Service</i> . Servicio de difusión móvil.
MC	<i>Multi-carrier</i> . Ver IMT-MC.
MCCH	<i>MBMS point-to-multipoint Control Channel</i> . Canal de control punto a multipunto para servicios de difusión o multidifusión.
MCU	<i>Multi Conference Unit</i> . Módulo para multiconferencia.
MGCF	<i>Media Gateway Control Function</i> . Función de control de pasarelas multimedia.
MGIF	<i>Mobile Gaming Interoperability Forum</i> . Foro de interoperabilidad de juegos para móviles. Actualmente ha desaparecido y sus funciones han sido incorporadas a OMA (www.openmobilealliance.org).
MGW	<i>Media Gateway</i> . Pasarela multimedia. Nodo de red en UMTS Release 4 y posteriores.
MIDI	<i>Musical Instruments Digital Interface</i> . Interfaz digital de instrumentos musicales (www.midi.org).
MIDP	<i>Mobile Information Device Profile</i> . Perfil de dispositivo de información móvil.
MIMO	<i>Multiple Input Multiple Output</i> . Sistema de múltiples entradas y múltiples salidas. Se refiere comúnmente a los sistemas de antenas con gestión inteligente de trayectos múltiples.
MIP	<i>Mobile IP</i> . Ver Mobile IP
MLP	<i>Mobile Location Protocol</i> . Protocolo de localización en las redes móviles.
MM	<i>Mobility Management</i> . Gestión de la movilidad.
MMDS	<i>Microwave Multipoint Distribution Systems</i> . Sistema de distribución multipunto en microondas. Es análogo a la tecnología LMDS, pero en bandas de frecuencias inferiores (3 GHz).
MMI	<i>Man Machine Interface</i> . Interfaz hombre-máquina.
MMS	<i>Multimedia Messaging Service</i> . Sistema de mensajería multimedia.
MMSC	<i>Multimedia Messaging Service Center</i> . Centro de control de mensajería multimedia.
MMS-IOP	<i>MMS Inter-Operability Process</i> . Proceso de interoperabilidad entre redes de mensajería multimedia.

MobileIP	Conjunto de protocolos definido por el IETF (www.ietf.org) para soportar la movilidad de los terminales en las redes de datos IP, haciéndola transparente a las capas superiores.
MOBITEX	Tecnología móvil (originalmente desarrollada por Ericsson) para servicios de datos en banda estrecha basados en técnicas de almacenamiento y reenvío (<i>store&forward</i>).
MOS	<i>Mean Opinion Score</i> . Nota media de opinión. Se refiere a una valoración cuantitativa de la calidad subjetiva de una señal (por ejemplo, la referida a voz, imágenes o vídeo).
MP3	<i>MPEG 1 Layer 3</i> . Capa 3 del protocolo MPEG 1. Estándar de compresión de audio definido por MPEG.
MPEG	<i>Moving Pictures Experts Group</i> . Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento. Por extensión, formato de codificación de información multimedia definido por dicho grupo (www.chiariglione.org/mpeg/index.htm).
MPLS	<i>MultiProtocol Label Switching</i> . Conmutación mediante etiquetas multiprotocolo. Técnica de control de flujos de datos IP en conmutación mediante el etiquetado de éstos.
MS	<i>Mobile Station</i> . Estación móvil.
MSC	<i>Mobile Switching Center</i> . Central de conmutación móvil.
MT	<i>Mobile Termination</i> . Terminación móvil.
MTA	<i>Major Trading Areas</i> . Áreas compuestas por una o más BTAs. Son usadas en EE.UU. por la FCC para componer las áreas de servicio para comunicaciones móviles. Los EE.UU. están divididos en 51 MTAs.
MTCH	<i>MBMS point-to-multipoint Traffic Channel</i> . Canal lógico de tráfico necesario en UMTS Release 6 para la introducción de servicios MBMS.
Multicast	Técnica de direccionamiento en las redes IP que permite la distribución de contenidos a múltiples destinos a partir de un único flujo origen.
MWIF	<i>Mobile Wireless Internet Forum</i> . Antiguo foro dedicado a armonizar las arquitecturas de red Todo IP de UMTS y cdma2000. Actualmente ha desaparecido y sus funciones han sido incorporadas en OMA (www.openmobilealliance.org).
NAMTS	<i>Nippon Advanced Mobile Telephone System</i> . Primer sistema público de comunicaciones móviles analógicas que entró en funcionamiento en Japón a finales de la década de los ochenta.
NGN	<i>Next Generation Network</i> . Redes de nueva generación.
NLOS	<i>No Line-of-Sight</i> . Sin visión directa. Término que indica la situación relativa de un transmisor y un receptor entre los que no hay

visión óptica directa, y por lo cual a frecuencias radioeléctricas elevadas se produce una alta atenuación en el enlace.

- NMT** *Nordic Mobile Telephony*. Estándar de comunicaciones móviles analógicas desarrollado por las administraciones de telecomunicaciones en los países escandinavos a principios de los años ochenta. Se implantó en las bandas de 450 y 900 MHz.
- NTT** *Nippon Telephone and Telegraph*. Operadora dominante en Japón. Su filial de móviles es DoCoMo.
- ODRL** *Open Digital Rights Language*. Lenguaje abierto de gestión de derechos digitales. Definido por la iniciativa ODRL (*odrl.net*).
- OFDM** *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*. Multiplexado por división ortogonal en frecuencia.
- OLED** *Organic Light Emitting Diode*. Diodo luminoso orgánico.
- OMA** *Open Mobile Alliance*. Alianza de operadores, fabricantes y otros organismos para la definición abierta de procedimientos e interfaces para el desarrollo de aplicaciones móviles (*www.openmobilealliance.org*).
- OSA** *Open Service Architecture*. Arquitectura abierta de servicios.
- OSI** *Open Systems Interconnection*. Marco conceptual definido por ISO para estructurar en siete capas las funciones de los protocolos de interconexión de redes.
- OTA** *Over The Air*. Vía aire. Se refiere a la configuración remota de dispositivos a través de la propia interfaz radio.
- OTDOA-IPDL** *Observed Time Difference of Arrival - Idle Period Downlink UMTS positioning method*. Método de posicionamiento variante de OTDOA (tiempo observado de diferencia de llegada) en UMTS, con medida en los periodos inactivos del enlace descendente.
- P2P** *Peer to peer*. Comunicación entre pares. Se refiere a aplicaciones muy extendidas en Internet en las que la comunicación o el intercambio de contenidos se realiza directamente entre dos extremos o usuarios.
- PAM** Plataforma Avanzada de Mensajería
- PAN** *Personal Area Network*. Red constituida por diferentes dispositivos personales (teléfono, agenda, etc.) conectados entre sí.
- PC** *Personal Computer*. Ordenador personal
- PCF** *Packet Control Function*. En las redes IS95 es el nodo encargado de coordinar la transferencia de paquetes de datos entre la estación base y la red externa de paquetes (a través del nodo PDSN).
- PCS** *Personal Communication Services*. Servicios de comunicaciones personales.

P-CSCF	<i>Proxy - Call State Control Function</i> . Función de control de estado de llamada - <i>Proxy</i> .
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i> . Asistente personal digital.
PDC	<i>Personal Digital Cellular</i> . Estándar de comunicaciones móviles digitales desarrollado en Japón por NTT en la década de los noventa. Está implantado únicamente en los países asiáticos.
PDCP	<i>Packet Data Convergence Protocol</i> . Protocolo utilizado en las redes móviles de paquetes (GPRS, UMTS) para la adaptación de los datos de usuario a las características de la interfaz radio.
PDC-P	<i>PDC Packet</i> . Red de paquetes de la red PDC de NTT DoCoMo.
PDG	<i>Packet Data Gateway</i> . Pasarela de datos por paquetes.
PDN	<i>Packet Data Network</i> . Red de datos por paquetes.
PDP	<i>Packet Data Protocol</i> . Protocolo de datos por paquetes.
PDSN	<i>Packet Data Serving Node</i> . En las redes IS95 es el nodo pasarela entre la red móvil y la red externa de paquetes.
PDU	<i>Protocol Data Unit</i> . Unidad de datos de protocolo.
PHASP	<i>Physical Service Access Point</i> . Punto de acceso de servicio de la capa física.
PHS	<i>Personal Handyphone System</i> . Tecnología inalámbrica digital desarrollada en Japón a finales de los años ochenta como método de acceso inalámbrico a la red telefónica básica.
PHY	<i>Physical Layer</i> . Capa física.
PIAFS	<i>PHS Internet Access Forum Standard</i> . Foro que estandariza los protocolos de acceso a Internet desde terminales con el estándar de telefonía inalámbrica PHS.
PIN	<i>Personal Identification Number</i> . Número de identificación personal.
PKI	<i>Public Key Infrastructure</i> . Infraestructura de clave pública. Sistema formado por los servicios que hacen posible el soporte de la aplicación de firmas digitales y cifrado de la información.
PLMN	<i>Public Land Mobile Network</i> . Término de la ITU para referirse a las redes móviles públicas terrestres.
PoC	<i>Push to talk over Cellular</i> . Emulación de los servicios tipo PTT sobre las redes celulares.
PPG	<i>Push Proxy Gateway</i> . Pasarela <i>proxy</i> para servicios <i>push</i> .
PPM	<i>Pulse Position Modulation</i> . Modulación de impulsos en posición.
PPP	<i>Point to Point Protocol</i> . Protocolo definido por el IETF (www.ietf.org) para la conexión TCP/IP remota entre <i>routers</i> o entre un nodo y una red.

PS	<i>Packet Switched.</i> Conmutación de paquetes, como oposición a la conmutación de circuitos (CS).
PSE	<i>Personal Service Environment.</i> Entorno de servicio personal. Ver también VHE.
PSI	Proveedor de Servicios de Internet
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network.</i> Red telefónica pública conmutada.
PTM	<i>Point to Multipoint.</i> Conexión punto a multipunto (uno a varios). Se dice de los enlaces radio en los que uno de los extremos se enlaza con varios extremos distantes.
PTM-GC	<i>Point to Multipoint Group Call.</i> Llamada de grupo punto a multipunto.
PTP	<i>Point to Point.</i> Punto a punto. Comunicación uno a uno entre dos extremos remotos.
PTT	<i>Push to Talk.</i> Modo de funcionamiento de comunicaciones de voz en las redes semidúplex, mediante el cual en cada momento habla únicamente uno de los intervinientes, que debe presionar un pulsador para hablar. Es el caso de las redes de telefonía de grupo cerrado (<i>trunking</i>).
QCIF	<i>Quarter CIF.</i> Señal de vídeo QCIF. Una variante de la codificación CIF (ofrece un cuarto de su resolución).
QoS	<i>Quality of Service.</i> Calidad de Servicio. Término genérico para definir el conjunto de parámetros que definen el tipo y la calidad del servicio proporcionado.
RA	<i>Routing Area.</i> Área de enrutamiento. Conjunto de celdas que definen un área geográfica (la correspondiente a su cobertura) dentro de la cual un terminal mantiene los mismos parámetros de enrutamiento de sus paquetes de datos. Al salir de dicha área se inicia automáticamente un proceso (transparente al usuario) mediante el cual se realiza una actualización del área de enrutamiento.
RAB	<i>Radio Access Bearer.</i> Portadora de acceso radio.
RACH	<i>Random Access Channel.</i> En las redes móviles, el canal de acceso aleatorio para el enlace ascendente utilizado por el terminal para solicitar acceso a la red. Está asociado generalmente a un canal FACH.
RADIUS	<i>Remote Authentication Dial-In User Service.</i> Servicio de autenticación remota para usuarios de acceso telefónico.
RAI	<i>Routing Area Identifier.</i> Identificador de área de enrutamiento.
RAT	<i>Radio Access Technology.</i> Tecnología de acceso radio.
RF	<i>Radio Frequency.</i> Radiofrecuencia.

RFC	<i>Request For Comments</i> . Literalmente, petición de comentarios. Mecanismo de revisión de los borradores de documentos en el marco del IETF, de cara a convertirse en un estándar de Internet. Un borrador (<i>draft</i>) de documento de especificación se somete a un periodo de petición de comentarios, convirtiéndose en un RFC con un número asignado. El mecanismo completo se define precisamente en un RFC (RFC 2026) y se puede consultar en « www.ietf.org/rfc/rfc2026.txt ».
RLC	<i>Radio Link Control</i> . Capa de control del enlace radio. Junto con la capa MAC (<i>Medium Access Control</i>) constituye la capa 2 (nivel de enlace) según la terminología OSI.
RNC	<i>Radio Network Controller</i> . Controlador de red radio. Nodo de la red de acceso UMTS encargado de controlar las estaciones base (Nodos B).
RNS	<i>Radio Network System</i> . Equivalente en UMTS al BSS de las redes GSM. Comprende un controlador radio (RNS) y todos los Nodos B que dependen de él.
ROI	<i>Return Of Investment</i> . Retorno de la inversión. Indicador financiero de la expectativa de rentabilidad de una inversión.
Router	Enrutador o encaminador. Nodo de una red TCP/IP que se encarga de la conexión con otras redes, efectuando funciones de encaminamiento, filtrado, etc.
RRM	<i>Radio Resource Management</i> . Gestión de recursos radio. Mecanismos de control de la interfaz radio mediante la gestión de los recursos radio disponibles.
RSVP	<i>Resource Reservation Protocol</i> . Protocolo de reserva de recursos. Técnica de gestión de calidad en la transmisión de datos que se realiza mediante la reserva de recursos para cada flujo de datos individual.
RTB	Red Telefónica Básica.
RTCP	<i>RTP Control Protocol</i> . Protocolo de control de RTP.
RTP	<i>Real Time Protocol</i> . Protocolo de transferencia en tiempo real.
RTS/CTS	<i>Request to Send/Clear to Send</i> . Señales definidas en diversos protocolos de comunicaciones para indicar, respectivamente, la disponibilidad para el envío de datos (RTS) y la correspondiente confirmación del otro extremo (CTS). Este tipo de señales o mensajes se utilizan, en concreto, en los mecanismos CSMA/CA implementados en el protocolo 802.11.
RxQual	Calidad de la señal recibida. Parámetro definido dentro de los protocolos del estándar GSM.

SALT	<i>Speech Application Language Tags</i> . Etiquetas del lenguaje de programación de aplicaciones de habla definido por el SALT Forum (www.saltforum.org).
S-CCPCH	<i>Secondary Common Control Physical Channel</i> . En UMTS, canal físico de control común secundario, utilizado para transportar los canales FACH y PCH (<i>Paging Channel</i>).
SCF	<i>Service Capabilities Features</i> . Funcionalidades ofrecidas por la red a través de interfaces OSA para la composición de servicios avanzados. Las entidades funcionales encargadas de proporcionar los SCFs son los SCS.
SCM	<i>Sub-Carrier Multiplexing</i> . Multiplexado de subportadora. Técnica para multiplexado de señales sobre una fibra óptica.
SCS	<i>Service Capabilities Servers</i> . Entidades funcionales que proporcionan interfaces OSA para el desarrollo de servicios basados en elementos denominados SCF.
S-CSCF	<i>Serving-Call State Control Function</i> . Función de control de estado de llamada - servidora.
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i> . Jerarquía digital síncrona. Técnica de transmisión síncrona usada en las redes ATM.
SDIO	<i>Secure Digital Input/Output</i> . Estándar de la tarjeta de almacenamiento de datos para los dispositivos multimedia portátiles.
SDK	<i>Software Development Kit</i> . Kit de desarrollo de aplicaciones.
SDP	<i>Session Description Protocol</i> . Protocolo de descripción de sesión, destinado a la gestión de sesiones (anuncio, invitación e iniciación), definido por el IETF.
SDR	<i>Software Defined Radio</i> . Sistema radio reconfigurable. Son sistemas en los que las interfaces y protocolos se implementan mediante software, de modo que se flexibiliza su modificación o adaptación al medio. Ver el SDR Forum en « www.sdrforum.org ».
SDU	<i>Service Data Unit</i> . Unidad de datos de servicio.
SGSN	<i>Serving GPRS Support Node</i> . Nodo servidor de soporte GPRS. Nodo para el control de la red GPRS.
SIM	<i>Subscriber Identity Module</i> . Módulo de identificación de usuario. Elemento que permite al usuario mantener su información de suscripción y perfil de usuario independientemente del terminal que use. Generalmente adopta la forma de una tarjeta inteligente.
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i> . Protocolo de iniciación de sesión, definido por el IETF (www.ietf.org).
SLA	<i>Service Level Agreement</i> . Acuerdo de nivel de servicio.

SMIL	<i>Synchronized Multimedia Integration Language</i> . Lenguaje de integración multimedia sincronizada, desarrollado por el W3C (www.w3.org).
SMLC	<i>Serving Mobile Location Center</i> . Nodo servidor de localización de móviles.
SMPP	<i>Short Message Peer to Peer</i> . Mensaje corto entre pares.
SMS IWMSC	<i>Short Messages Services Interworking MSC</i> . Central de conmutación móvil en una red GSM para el interfuncionamiento del servicio de mensajes cortos (SMS).
SMS	<i>Short Message Service</i> . Servicio de mensajes cortos. Servicio de intercambio de mensajes cortos en las redes móviles.
SMSC	<i>Short Message Service Center</i> . Centro servidor del servicio SMS.
SMS-GMSC	<i>Short Messages Services Gateway MSC</i> . Central de conmutación móvil en una red GSM, actuando de pasarela con otras redes para el servicio de mensajes cortos (SMS).
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i> . Protocolo simple de transferencia de correo.
SO	Sistema Operativo.
SS7	Sistema de Señalización número 7. Conjunto de estándares y protocolos utilizados en las redes de telecomunicación digitales para la transmisión de la información de señalización.
SSD	<i>Source Statistics Descriptor</i> . Descriptor estadístico de fuente. Modelo estadístico de las características y distribución del tráfico de datos generado por una aplicación o servicio.
SSF	<i>Service Switching Function</i> . Función de conmutación de servicio. Elemento funcional en una arquitectura de red inteligente encargado de proveer el camino entre la función de control de llamada (CCF) y la función de control de servicio (SCF).
SSID	<i>Service Set Identifier</i> . Identificador de una red WLAN. Permite distinguir entre las redes existentes en un mismo lugar, de cara a la asociación entre un terminal y un punto de acceso.
STK	<i>SIM Toolkit</i> . Entorno de desarrollo de aplicaciones sobre tarjetas SIM.
STN	<i>Super Twisted Nematic</i> . Tecnología de pantallas de visualización LCD basada en técnicas pulsantes para reorientación de las moléculas.
SVG	<i>Super Vector Graphics</i> . Formato gráfico de vídeo.
SyncML	Estándar de sincronización de datos basado en XML.
TACS	<i>Total Access Communication System</i> . Sistema de comunicaciones móviles celulares analógicas surgido como modificación del AMPS.

TAF	<i>Terminal Adaptation Function.</i> Función de adaptación del terminal.
TBF	<i>Temporary Block Flow.</i> Flujo de bloques temporal entre dos entidades RR (<i>Radio Resource</i>) para el intercambio de datos a nivel de la capa LLC.
TBS	<i>Transport Block Set.</i> Conjunto de bloques de transporte transferidos entre la capa MAC y la capa 1 de la torre de protocolos UMTS, utilizando un mismo canal de transporte en un momento dado.
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol.</i> Conjunto de protocolos para la transmisión de datos en modo paquete en el mundo Internet.
TD-CDMA	<i>Time Division Code Division Multiple Access.</i> Tecnología de acceso radio para comunicaciones móviles de tercera generación (dentro del conjunto de estándares definidos por IMT-2000) que ha sido desarrollada por diversos suministradores europeos, y aceptada como uno de los dos modos de funcionamiento de UMTS dentro del 3GPP. Esta tecnología es conocida como sistema TDD «de banda ancha», como contraposición al TD-SCDMA, y está destinada a las bandas no pareadas del sistema UMTS (TDD).
TDD	<i>Time Division Duplex.</i> Técnica de <i>duplexado</i> por división en el tiempo. Es la empleada en el estándar TD-CDMA.
TDM	<i>Time Division Multiplexing.</i> Multiplexación por división en el tiempo.
TDMA	<i>Time Division Multiple Access.</i> Acceso múltiple por división en el tiempo.
TD-SCDMA	<i>Time Division Synchronous Code Division Multiple Access.</i> Estándar de comunicaciones móviles de tercera generación (dentro del conjunto de estándares definidos por IMT-2000) que ha sido desarrollado conjuntamente por Siemens y la Academia China de las Ciencias. Está destinado a las bandas no pareadas del sistema UMTS (TDD). También es conocido como sistema TDD «de banda estrecha», en contraposición al TD-CDMA.
TE	<i>Terminal Equipment.</i> Equipo Terminal
TE	<i>Traffic Engineering.</i> Ingeniería de tráfico
TETRA	Telefonía móvil de uso privado o <i>trunking</i> . Estándar de telecomunicaciones digitales de grupo cerrado definido por ETSI.
TF	<i>Transport Format.</i> Formato de transporte. En UMTS el formato de transporte (TF) se define como la combinación de atributos de un canal lógico, que incluye protección frente a errores, temporización, entrelazado, tasa binaria y correspondencia con los canales físicos.
TFD	<i>Thin Film Diode.</i> Diodo de película fina

TFT	<i>Thin Film Transistor</i> . Transistor de película fina
TIA	<i>Telecommunications Industry Association</i> . Asociación norteamericana sin ánimo de lucro dedicada a la promoción de las telecomunicaciones, así como al desarrollo de estándares que contribuyan a dicho fin.
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
<i>Tilt</i>	Inclinación de las antenas respecto del plano horizontal para el control de la zona de cobertura.
TISPAN	Grupo del ETSI dedicado a la estandarización de servicios y redes fijas, particularmente en la evolución de las redes de circuitos a redes de paquetes.
TSG-A	<i>3GPP2 Technical Specification Group - Access Network Interfaces</i> . Grupo técnico perteneciente al 3GPP2 dedicado a la estandarización de las redes de acceso.
TSG-C	<i>3GPP2 Technical Specification Group - Cdma2000</i> . Grupo técnico perteneciente al 3GPP2 dedicado a la estandarización del cdma2000.
TSG-S	<i>3GPP2 Technical Specification Group - Services and Systems Aspects</i> . Grupo técnico perteneciente al 3GPP2 dedicado a la estandarización de los aspectos de servicios y sistemas.
TSG-X	<i>3GPP2 Technical Specification Group - Core Networks</i> . Grupo técnico perteneciente al 3GPP2 dedicado a la estandarización de la red troncal.
TSL	<i>Timeslot</i> . Intervalo de tiempo en una trama TDM.
TSR	<i>Terabit Switch Router</i> . Conmutador-enrutador con capacidad de varios terabit.
TTA	<i>Telecommunications Technology Association</i> . Organismo encargado de la estandarización de las telecomunicaciones en Corea del Sur (www.ttc.or.kr/english).
TTC	<i>Telecommunications Technology Committee</i> . Organismo encargado de la estandarización de las telecomunicaciones en Japón (www.ttc.or.jp/e).
TTI	<i>Transmission Time Interval</i> . Intervalo de tiempo de transmisión. Es el intervalo de tiempo existente en la recepción de los TBS (<i>Transport Block Set</i>), que es equivalente a la periodicidad con la que un TBS se transfiere por parte de la capa física en la interfaz radio.
UDI	<i>Unrestricted Digital Information</i> . Información digital sin restricciones. Concepto de ISDN relativo a la posibilidad de transferir cualquier tipo de información en formato binario sobre una portadora digital.

UE	<i>User Equipment</i> . Equipo de usuario
U-GGSN	<i>UMTS Gateway GPRS Support Node</i> . Nodo GGSN en una red UMTS.
U-GMSC	<i>UMTS Gateway MSC</i> . Nodo MSC pasarela en una red UMTS.
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones. Acrónimo en castellano de la ITU (<i>www.itu.int</i>).
UIT-D	Grupo perteneciente a la UIT que se encarga de los aspectos de “Desarrollo” de las telecomunicaciones.
UIT-R	Grupo perteneciente a la UIT que se encarga de la estandarización de los aspectos de “Radiocomunicaciones”.
UIT-T	Grupo perteneciente a la UIT que se encarga de la normalización de los aspectos de “Telecomunicaciones”.
U-MSC	<i>UMTS Mobile-services Switching Center</i> . Nodo MSC en una red UMTS.
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> . Sistema de telecomunicaciones móviles universales. Término utilizado en el marco europeo para las comunicaciones móviles de tercera generación.
UPT	<i>Universal Personal Telecommunications</i> . Concepto definido por la ITU (en la recomendación E.850) para las comunicaciones personales.
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i> . Identificador de recursos uniforme.
USB	<i>Universal Serial Bus</i> . <i>Bus</i> serie universal. Estándar de <i>bus</i> serie para la conectividad entre ordenadores y periféricos, desarrollado por el USB Implementers Forum (<i>www.usb.org</i>).
U-SGSN	<i>UMTS Serving GPRS Support Node</i> . Nodo SGSN en una red UMTS.
USIM	<i>UMTS Subscriber Identity Module</i> . SIM para UMTS. Se diferencia con la SIM para redes GSM/GPRS en el conjunto de datos que se almacenan.
USSD	<i>Unstructured Supplementary Service Data</i> . Datos de servicio suplementario no estructurados. Servicio del estándar GSM para transferencias breves de datos de usuario que se soporta sobre la señalización (es el caso de los SMS, que aquí no disponen de su mecanismo de almacenamiento y envío típico).
UTRA FDD	<i>UMTS Terrestrial Radio Access FDD</i> . Red de acceso en la variante FDD del UMTS.
UTRA TDD	<i>UMTS Terrestrial Radio Access TDD</i> . Red de acceso en la variante TDD del UMTS.
UTRAN	<i>UMTS Terrestrial Radio Access Network</i> . Red de acceso radio terrestre UMTS.
UWB	<i>Ultra Wide Band</i> . Banda ultraancha. Tecnología radio consistente en un ensanchado máximo del espectro a transmitir.

VGA	<i>Video Graphics Array</i> . Tecnología para pantallas de visualización.
VHE	<i>Virtual Home Environment</i> . Entorno doméstico virtual. Concepto según el cual un usuario disfruta del mismo entorno (interfaz de usuario, servicios, perfil de usuario, etc.), independientemente de la red y el terminal desde el que accede.
VLR	<i>Visitor Location Register</i> . Nodo encargado del registro de los usuarios visitantes en una red GSM.
VoiceXML	<i>Voice Extensible Markup Language</i> . Lenguaje extensible de marcas para voz.
VoIP	Voz sobre IP. Tecnología de transmisión de voz a través de redes IP.
VPN	<i>Virtual Private Network</i> . Red privada virtual.
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i> . Consorcio para la promoción de la Web mediante el desarrollo de tecnologías interoperables (www.w3.org).
WAG	<i>WLAN Access Gateway</i> . Pasarela de acceso WLAN.
WAN	<i>Wide Area Network</i> . Red de área extensa. Red de datos constituida entre nodos situados en emplazamientos distantes y unidos entre sí por líneas de comunicación.
WAP Forum	Organización creada para el desarrollo de la tecnología WAP (www.wapforum.org). Actualmente ha desaparecido y se ha integrado en OMA (www.openmobilealliance.org).
WAP	<i>Wireless Application Protocol</i> . Protocolo de aplicaciones inalámbricas. Definido en sus diversas versiones por el WAP Forum, y actualmente integrado en OMA.
WAV	<i>Windows Wave</i> . Formato de audio de Microsoft.
WCDMA	<i>Wideband CDMA</i> . CDMA de banda ancha. Es la tecnología utilizada en el estándar UMTS.
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i> . Multiplexación por división en longitud de onda. Técnica de multiplexación utilizada en transmisión óptica.
WDS	<i>Wireless Distribution System</i> . Sistema de distribución inalámbrico.
WEP	<i>Wired Equivalent Privacy</i> . Mecanismo de seguridad y autenticación implementado en las redes WLAN (IEEE 802.11b).
WG	<i>Workgroup</i> . Grupo de trabajo.
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i> . Sello de cumplimiento para implementaciones de sistemas WLAN (IEEE 802.11) según las normas de interoperabilidad definidas por la alianza WiFi (www.wi-fi.org).
WiMAX	Tecnología para el bucle de usuario inalámbrico de banda ancha basada en el estándar IEEE 802.16. Sello de compatibilidad con las

pruebas de certificación en interoperabilidad de dicha tecnología (ver «www.wimaxforum.org»).

WISP	<i>Wireless Internet Service Provider</i> . Proveedor de servicios de Internet inalámbricos.
WISPr	<i>WISP roaming</i> . Itinerancia entre proveedores de servicios de Internet inalámbricos.
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> . Red inalámbrica de área local.
WLAN-I	<i>WLAN Interworking</i> . Interfuncionamiento con WLAN.
WMA	<i>Windows Media Audio</i> . Formato de audio digital de Microsoft.
WMAN	<i>Wireless MAN</i> . Red MAN inalámbrica.
WML	<i>Wireless Markup Language</i> . Lenguaje de marcas para aplicaciones inalámbricas, definido dentro de las especificaciones de WAP.
WMV	<i>Windows Media Video</i> . Formato de vídeo digital de Microsoft.
WPAN	<i>Wireless PAN</i> . Red PAN inalámbrica.
WRC	<i>World Radio Conferences</i> . Conferencias mundiales sobre aspectos radio auspiciadas por la ITU.
X.25	Conjunto de protocolos desarrollados por la ITU para redes de transmisión de paquetes.
XGSN	Referencia genérica a los diferentes nodos GSN (<i>GPRS Support Node</i>), como son, por ejemplo, SGSN o GGSN.
XHTML	<i>Extensible Hypertext Markup Language</i> . HTML extensible.
XHTMLMP	<i>XHTML Mobile Profile</i> . Perfil para móviles de XHTML.
XMCL	<i>Extensible Media Commerce Language</i> . Lenguaje extensible para comercio de contenidos.
XMF	<i>Extensible Music Format</i> . Formato extensible de música.
XML	<i>Extensible Markup Language</i> . Lenguaje extensible de marcas.
XrML	<i>Extensible Rights Markup Language</i> . Lenguaje extensible de marcas para gestión de derechos.
XSL	<i>Extensible Style Language</i> . Lenguaje extensible de estilos.
Zigbee	Nombre comercial del estándar WPAN basado en UWB para comunicaciones personales, que actualmente se encuentra en proceso de desarrollo por el IEEE dentro de su comité 802.15.4 (ieee802.org/15/pub/TG4.html). Existe una alianza para desarrollar su proceso comercial y promoción (www.zigbee.org).

Capítulo 2

- 2.1 Raymond Steele and Lajos Hanzo: *Mobile Radio Communicatios*. John Wiley & Sons, 2nd ed., 1999.

Capítulo 3

- 3.1 Cayetano Lluch Mesquida y José M^a Hernando Rábanos: *Comunicaciones móviles de tercera generación UMTS (vol. I)*. Telefónica Móviles España S.A., 2^a ed., 2001.
- 3.2 3GPP TS 22.105: *Services and Service Capabilities (Release 1999)*.
- 3.3 3GPP TS 22.060: *General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 1 (Release 99)*.
- 3.4 3GPP TS 23.107: *Quality of Service (QoS) concept and architecture (Release 6)*.
- 3.5 GSMA-ISG: *Typical Radio Parameter Sets Document Submission*. IS Doc 039/00.
- 3.6 3GPP TS 22.003: *Circuit Teleservices supported by a Public Land Mobile Radio (PLMN) (Release 200)*.
- 3.7 3GPP TS 22.004: *General on Supplementary Services (Release 99)*.
- 3.8 Unión Internacional de Telecomunicaciones: www.itu.int
- 3.9 *Comparison of W-CDMA and cdma2000*. Siemens, www.siemens-mobile.com/repository/731/73128/WP_CDMA_CDMA2000_0602.pdf
- 3.10 TIA-ANSI: *Cellular Radiotelecommunications Intersystem Operations*. Rev. D, 2002, Telecommunication Industry Association.
- 3.11 ITU-R Recommendation M.1457-3: *Detailed specifications of the radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000)*. December 2003.

Capítulo 4

- 4.1 EITO 2003: *Digital World Research Centre Questionnaire 2002 y The UMTS Forum*.
- 4.2 Estudio realizado por *WapOnLine* en el Reino Unido. Citado en www.wired.com/news/wireless/0,1382,52966,00.html
- 4.3 Netsize: *El libro blanco del SMS en Europa*. Marzo de 2003.
- 4.4 Utilización de la mensajería SMS y MMS en el sector sanitario: www.diariomedico.com/edicion/noticia/0,2458,310047,00.html
- 4.5 Utilización de SMS en el sector sanitario: www.diariomedico.com/edicion/noticia/0,2458,470707,00.html
- 4.6 Netsize: *The Netsize Guide: Developing the mobile multimedia market*. 2004 Edition, www.netsize.com

Capítulo 5

- 5.1 IEEE: www.ieee.org
- 5.2 IETF: www.ietf.org
- 5.3 OMA: www.openmobilealliance.org
- 5.4 ETSI: www.etsi.org
- 5.5 3GPP: www.3gpp.org
- 5.6 3GPP Work Plan: www.3gpp.org/Management/WorkPlan.htm
- 5.7 LAN/MAN Standards Committee: www.ieee802.org
- 5.8 IETF: *Session Initiation Protocol (SIP) Charter*. www.ietf.org/html.charters/sip-charter.html
- 5.9 3GPP IETF Dependencies: www.3gpp.org/TB/Other/IETF.htm
- 5.10 ETSI Collaborative Portal: portal.etsi.org
- 5.11 Unión Internacional de Telecomunicaciones: www.itu.int
- 5.12 ITU Activities on IMT-2000: www.itu.int/home/imt.html
- 5.13 ITU-R Recommendation M.1457-3: *Detailed specifications of the radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000)*. December 2003.
- 5.14 IETF: *Authentication, Authorization and Accounting Charter*. www.ietf.org/html.charters/aaa-charter.html
- 5.15 IETF: *Extensible Authentication Protocol Charter*. www.ietf.org/html.charters/eap-charter.html
- 5.16 IEEE P802.11: *The Working Group for Wireless LANs*. www.ieee802.org/11
- 5.17 IEEE 802.15: *Working Group for WPAN*. www.ieee802.org/15
- 5.18 IEEE 802.16: *Working Group on Broadband Wireless Access Standards*. www.ieee802.org/16
- 5.19 IEEE 802.20: *Mobile Broadband Wireless Access (MBWA)*. www.ieee802.org/20/
- 5.20 IEEE 802.21: www.ieee802.org/21

Capítulo 6

- 6.1 Cayetano Lluch Mesquida y José M^a Hernando Rábanos. *Comunicaciones móviles de tercera generación UMTS (vol. I)*. Telefónica Móviles España S.A., 2^a ed., 2001.
- 6.2 José M^a Hernando Rábanos y Cayetano Lluch Mesquida: *Tecnología, servicios y negocios GPRS*. Telefónica Móviles España S.A., 2002.
- 6.3 Brasche Götz and Walke Bernhard: *Concepts, Services, and Protocols of the New GSM Phase 2+ General Packet Radio Service*. IEEE Communications Magazine, August 1997, pp. 94-104.
- 6.4 Christian Bettstetter, Hans-Jörg Vögel and Jörg Eberspächer: *GSM Phase+2 General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols and Air Interface*. IEEE Communications Surveys, Third Quarter 1999, Vol. 2, No 3, p2.
- 6.5 Furuskär Anders, Näslund, Jonas and Olofsson, Hakan: *Edge-Enhanced data rates for GSM and TDMA/136 evolution*. Ericsson Review, No, 1999.
- 6.6 WWRF: *Book of visions*. www.wireless-world-research.org
- 6.7 *La Sociedad de la Información en España 2003*. Telefónica S.A., 2003.
- 6.8 Software Defined Radio Forum: www.sdrforum.org

Capítulo 7

- 7.1 J. Lempiäinen: *Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS*. Kluwer Academic Publishers, 2001.
- 7.2 H. Holma: *WCDMA for UMTS*. John Wiley&Sons, 2000.
- 7.3 J. Laiho: *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*. John Wiley & Sons, 2002.
- 7.4 Cayetano Lluch Mesquida y José M^a Hernando Rábanos: *Comunicaciones móviles de tercera generación UMTS (Vol. I)*. Telefónica Móviles España S.A., 2^a ed., 2001.
- 7.5 José Luis Miranda, Miguel Ángel Díaz-Guerra, Beatriz Solana, M^a Teresa Aparicio, Manuel Martínez y Beatriz González: *Métodos y algoritmos avanzados para la optimización de redes móviles*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 32, noviembre 2003.
- 7.6 Juan Manuel Vázquez Burgos, Ignacio Berberana Fernández de Murias, Raquel García Pérez y César Gutiérrez Miguélez: *Problemáticas de red en la operación dual GSM/GPRS y UMTS*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 33, marzo 2004.

Capítulo 8

- 8.1 ITU-T Recommendation E.800: *Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability*, 1994. www.itu.int
- 8.2 3GPP TS 22.060: *GPRS (Release 99); Service Description Stage 1*. March 2000.
- 8.3 GSM Association: *Identification of QoS aspects of popular services (GSM and 3G)*. IR4.1 v.3.1.0, April 2002.

Capítulo 9

- 9.1 Cayetano Lluch Mesquida y Hernando José M^a Rábanos: *Comunicaciones móviles de tercera generación UMTS (vol. I, cap.7)*. Telefónica Móviles España S.A., 2^a ed., 2001.
- 9.2 CPRI: www.cpri.info
- 9.3 OBSAI: www.obsai.org
- 9.4 IEC (International Electrotechnical Commission): *International standard IEC 825-1, Safety of laser products*.
- 9.5 D. Kedar and S. Arnor: *Urban optical wireless communication networks: the main challenges and possible solutions*. IEEE Communications Magazine, May 2004, pp. 52-57.

Capítulo 10

- 10.1 John Sam Lee and Leonard E. Miller: *CDMA Systems Engineering Handbook*. Artech House.
- 10.2 Richard van Nee and Ramjee Prasad: *OFDM for wireless multimedia communications*. Artech House
- 10.3 Shinsuke Hara and Ramjee Prasad: *Overview of Multicarrier CDMA*. IEEE Communications Magazine, Dec. 1997, pp.126-133.
- 10.4 G.J.Foschini and M.J.Gans: *On limits of wireless communication in a fading environment when using multiple antennas*. Wireless Personal Communications, Vol. 6, No, pp. 311-335, March 1998.
- 10.5 T.Weber, A.Sklavos, Y.Liu and M.Weckerle: *The air interface concept JOINT for beyond 3G mobile radio networks*. Proc. 15th International Conference on Wireless Communications (WIRELESS 2003), Vol. 1, Calgary, 2003, pp. 25-33.
- 10.6 Domenico Porcino and Walter Hirt: *Ultra Wideband Radio Technology: Potential and challenges ahead*. IEEE Communications Magazine, July 2003, pp. 66-74.

Capítulo 11

- 11.1 José Antonio Pozas Álvarez: *Deployment of Multimedia Services to Residential Customers*. Whitepaper presented in the Computer Science and Telecommunication Board (CSTB), November 2000. www7.nationalacademies.org/cstb
- 11.2 Jesús Peña Melián, Rafael López da Silva y Pedro Aranda Gutiérrez: *Redes IP de nueva generación*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 24, enero 2002.
- 11.3 Félix Eduardo Nodal Martín, Pau Nadal Salazar, Adolfo María Rosas Gómez, María Luisa Antón Mata, Javier Hurtado Martínez y Francisco Javier López Benito: *Evolución de las redes de contenidos y NGN*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 33, marzo 2004.

- 11.4 Marco V. Fernández: *Redes de Nueva Generación*. Tecnología-ICE, diciembre de 2000.
- 11.5 Andrew Campbell, Cristina Aurrecochea and Linda Hauw: *A review of QoS Architectures*. 4th International Workshop on Quality of Service, March 1996.
- 11.6 IETF RFC 2474: *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*.
- 11.7 IETF RFC 2475: *An Architecture for Differentiated Services*.

Capítulo 12

- 12.1 3GPP TS 22.228 v5.6.0: *IP Multimedia subsystem (IMS); Stage 1*.
- 12.2 3GPP TS 23.228 v5.9.0: *IP Multimedia subsystem (IMS); Stage 2*.
- 12.3 3GPP TS 24.228 v5.5.0: *Signalling flows for the IP Multimedia call control based on SIP and SDP; Stage 3*.
- 12.4 IETF RFC 3261: *SIP Session Initiation Protocol*.
- 12.5 IETF RFC 2327: *SDP Session Description Protocol*.
- 12.6 3GPP TS 23.002 v5.9.0: *Network architecture*.
- 12.7 3GPP TS 23.207 v5.6.0: *End-to-end concept and architecture*.

Capítulo 13

- 13.1 3GPP TS 23.060 V3.16.0: *General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2 (Release 99)*.
- 13.2 3GPP TR 23.923: *Combined GSM and Mobile IP mobility handling in UMTS IP CN*.
- 13.3 3GPP TS 23.234 V6.0.0: *3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking; System description (Release 6)*.

Capítulo 14

- 14.1 Open Mobile Alliance: *Push to Talk over Cellular Requirements, version 1.0*. March 2004.
- 14.2 Open Mobile Alliance: *Push to Talk over Cellular Architecture, draft version 1.0*. April 2004.
- 14.3 Antonio Sánchez, Marta García, David Artuñedo y Francisco Sáez: *El sistema avanzado de telefonía IP*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 20, marzo 2001.
- 14.4 Antonio Sánchez, Marta García, Santiago Prieto y Daniel Fernández: *Servicios de voz sobre IP en redes de satélites*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 23, noviembre 2001.
- 14.5 Antonio Sánchez, Santiago Prieto y David Artuñedo: *Servicios avanzados de voz sobre IP basados en SIP*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 25, marzo 2002.
- 14.6 Gustavo García, José Luis Urien y Antonio Sánchez: *El servicio Videotel ADSL: Videoconferencia sobre ADSL*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 27, septiembre 2002.

- 14.7 Antonio Sánchez, Marta Heredia y Luis Miguel Vaquero: *Multivideoconferencia IP "multicast" por satélite*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 30, marzo 2003.
- 14.8 Gonzalo Valencia, Antonio Sánchez, Antonio del Carmen e Iban López: *Plataforma de Servicios de Comunicaciones IP Integradas*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 30, marzo 2003.
- 14.9 3GPP: *Technical Report 3GPP enabler for OMA PoC Services; Stage 2 (Release 6)*. Versión 0.3.0.
- 14.10 Ericsson, Nokia, Motorola and Siemens: *Push-to-talk over Cellular. Technical Specifications for PoC Release 1.0*. September 2003.
- 14.11 3GPP TS 23.228 v5.9.0: *IP Multimedia subsystem (IMS); Stage 2*.

Capítulo 15

- 15.1 Open Mobile Alliance: *MMS Conformance Document 1.2*. September 29, 2003. www.openmobilealliance.org
- 15.2 Open Mobile Alliance: *Multimedia Messaging Service Architecture Overview Version 1.2*. September 20, 2003. www.openmobilealliance.org
- 15.3 Open Mobile Alliance: *Enabler Release Definition for MMS Version 1.2*. September 23, 2003. www.openmobilealliance.org
- 15.4 Open Mobile Alliance: *Multimedia Messaging Service. Encapsulation Protocol. Version 1.2*. September 15, 2003. www.openmobilealliance.org
- 15.5 Open Mobile Alliance: *Multimedia Messaging Service. Client Transactions. Version 1.2*. September 16, 2003. www.openmobilealliance.org
- 15.6 3GPP TS 26.140: *Multimedia Messaging Service (MMS); Media formats and codecs (Release 5)*. December 2003. www.3gpp.org
- 15.7 3GPP TS 23.140 V5.9.0 (2003-12): *Functional description; Stage 2 (Release 5)*. December 2003. www.3gpp.org
- 15.8 3GPP TS 22.140 V6.6.0 (2004-6): *Technical Specification, Stage 1 (Release 6)*. June 2004. www.3gpp.org
- 15.9 José Luis Núñez Díaz y Bernardo Campillo Soto: *Servicios de mensajería en redes UMTS*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 21, junio 2001.
- 15.10 David Bartolomé Sedano, Bernardo Campillo Soto, Juan Lambea Rueda, Joaquín López Muñoz, José Luis Núñez Díaz, Manuel Jesús Prieto Martín y Luz María Encinas López: *Mensajería móvil multimedia MMS*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 30, marzo 2003.
- 15.11 *Las Telecomunicaciones Multimedia*. Telefónica S.A., 2003.

Capítulo 16

- 16.1 3GPP TS 22.233: *Transparent end-to-end packet-switched streaming service; Stage 1*. September 2003.
- 16.2 3GPP TS 26.233: *Transparent end-to-end packet switched streaming service (PSS); General description*. March 2002.

- 16.3 3GPP TS 26.234: *Transparent end-to-end streaming service; Protocols and codecs*. June 2004.
- 16.4 3GPP TS 26.244: *Transparent end-to-end streaming service; 3GPP file format (3GP)*. April 2004.
- 16.5 3GPP TS 26.245: *Transparent end-to-end Packet switched Streaming Service (PS); Timed text format*. June 2004.
- 16.6 3GPP TS 26.246: *Transparent end-to-end Packet-switched Streaming Service (PSS); 3GPP SMIL language profile*. June 2004.
- 16.7 3GPP TR 26.937: *Transparent end-to-end packet switched streaming service (PSS); Real-time Transport Protocol (RTP) usage model*. April 2004.
- 16.8 ITU-T H.320: *Narrow-band visual telephone systems and terminal equipment*. March 2004.
- 16.9 ITU-T H.321: *Adaptation of H.320 visual telephone terminals to B-ISDN environments*. February 2002.
- 16.10 ITU-T H.323: *Packet-based multimedia communications systems*. July 2003.
- 16.11 ITU-T H.324: *Terminal for low bit-rate multimedia communication*, March 2003.
- 16.12 ITU-T H.264: *Advanced video coding for generic audiovisual services*. May 2003.
- 16.13 3GPP TS 26.071: *AMR speech Codec; General description*. June 2002.
- 16.14 3GPP TS 26.111: *Codec for Circuit switched Multimedia Telephony Service; Modifications to H.324*. June 2003.

Capítulo 17

- 17.1 Cordis: *Research and Technology Development beyond 2002*. EU Sixth Framework Programme, www.cordis.lu/jfp6/eoi-instruments/infosoc.htm
- 17.2 S. L. Oviatt et al.: *Designing the user interface for multimodal speech and gesture applications: State-of-the-art systems and research directions*. Human Computer Interaction, 2000, Vol. 15, No 4, pp. 263-322.
- 17.3 M.E. Sajor: *Multimodality: the coming revolution*. Wireless Future Magazine, september-october 2002, www.wirelessfuturemagazine.com/multimodality.html
- 17.4 W3C: *Multimodal Interaction Activity*. www.w3.org/2002/mmi
- 17.5 ETSI Telecom Standards: *Proyecto AURORA, Distributed Speech Recognition (DSR)*. www.etsi.org/frameset/bome.htm?/technicalactiv/DSR/dsr.htm
- 17.6 N. O. Bernsen: *What is natural interactivity? Proc. of the Workshop From Spoken Dialogue to Full Natural Interactive Dialogue. Theory, Empirical Analysis and Evaluation*. LREC, 2000, pp. 34-37.
- 17.7 P.R.Cohen et al.: *The efficiency of multimodal interaction: A case study*. In Proc. ICSLP, Sydney, Australia, 1998, pp. 249-252.
- 17.8 S.L. Oviatt: *Multimodal Interactive Maps: Designing for human performance*. In Proc. Conference on Human Factors in Computing Systems, 1997, pp. 93-129.

- 17.9 S.L. Oviatt: *Ten myths of multimodal interaction*. Communications of the ACM, Vol. 42, No 11, November 1999, pp 74-80.
- 17.10 B. MacIntyre and S. Feiner: *Future multimedia user interfaces*. Multimedia Systems, Springer-Verlag, 1996, pp 250-268.
- 17.11 P.R. Cohen et al.: *Multimodal interaction for 2D and 3D environments*. IEEE Computer Graphics, 1999, 19(4), pp 10-13.
- 17.12 S.L. Oviatt: *Mutual disambiguation of recognition errors in a multimodal architecture*. In Proc. Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, 1999, pp. 576-583.
- 17.13 W3C: *W3C Multimodal Interaction Framework*. May 2003, www.w3.org/TR/mmi-framework
- 17.14 W3C: *Multimodal requirements for voice markup languages*. Working Draft, 10 July 2000, www.w3.org/TR/multimodal-reqs
- 17.15 S.L. Oviatt: *Multimodal Interface Research: A Science Without Borders*. In Proc ICSLP, Beijing, China, 2000, Vol. 3, pp. 1-6.
- 17.16 W3C: *Requirements for EMMA*. W3C Working Draft, January 2003, www.w3.org/TR/EMMAreqs
- 17.17 W3C: *CSS3 Speech Module*. W3C Working Draft, May 2003, www.w3.org/TR/css3-speech
- 17.18 C. Neti et al.: *Audio visual speech recognition*. In Final Workshop 2000 Report, 2000.
- 17.19 H. McGurk and J. MacDonald: *Hearing lips and seeing voices*. Nature, pages 746-748, September 1976.
- 17.20 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4668: *Overview of the MPEG-4 Standard*. March 2002, www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm
- 17.21 W3C: *XHTML+Voice Profile*. W3C Submission, November 2001, www.w3.org/Submission/2001/13
- 17.22 VoiceXML Forum: *VoiceXML: Voice eXtensible Markup Language*. 2002, www.voicexmlforum.org
- 17.23 W3C: *XML Events*. W3C Recommendation, 14 October 2003, www.w3.org/TR/xml-events
- 17.24 SALT Forum: *SALT: Speech Application Language Tags*. 2002, www.saltforum.org
- 17.25 IETF: *Session Initiation Protocol (SIP)*. 2003, www.ietf.org/btml.charters/sip-charter.html
- 17.26 DARPA Communicator: fofoca.mitre.org
- 17.27 SmartKom: *Dialog-based Human-Technology Interaction by Coordinated Analysis and Generation of Multiple Modalities*, smartkom.dfki.de/start_en.html
- 17.28 CLASS: *Collaboration in Language and Speech Science and Technology*. European Project IST-1999-12611.

Capítulo 19

- 19.1 Open Mobile Alliance: *Rights Expression Language Version 1.0*. Septiembre 2002, www.openmobilealliance.org
- 19.2 Open Mobile Alliance: *Generic Content Download Over The Air Specification*. Version 1.0, www.openmobilealliance.org
- 19.3 Open Mobile Alliance: *Digital Rights Management*. Version 1.0., September 2002, www.openmobilealliance.org
- 19.4 Open Mobile Alliance: *OMA DRM Architecture Overview*. Draft Version, www.openmobilealliance.org
- 19.5 Open Mobile Alliance: *OMA DRM Requirements Version 2.0*. Draft Version, April 2003, www.openmobilealliance.org
- 19.6 Open Mobile Alliance: *OMA DRM Specification V 2.0*. Draft Version, May 2003, www.openmobilealliance.org
- 19.7 Open Mobile Alliance: *DRM Interoperability Test Plan*. Draft Version, February 21, 2003, www.openmobilealliance.org

Capítulo 20

- 20.1 ETSI TS 101 724 v8.8.0: *Location Services (LCS)*. 2004.
- 20.2 ETSI TS 123 171 v3.11.0: *Universal Mobile Telecommunications System; Location Services*. 2004.
- 20.3 Official Journal of the European Union: *On the processing of caller location information in electronic communication networks for the purpose of location-enhanced emergency call services*. Commission Recommendation of 25 July 2003.
- 20.4 David Ford: *Mobile Location Services*. February 2002, www.mobilepositioning.com

Capítulo 21

- 21.1 José Antonio Rodríguez Fernández, José Luis Martín Peinado y Santiago Pérez Marín: *Tecnologías inalámbricas locales para servicios M2M basados en redes móviles*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 30, marzo 2003.
- 21.2 OPTO 22: *What is M2M?* www.opto22.com/m2m/index.aspx
- 21.3 Harbor Research, Inc.: *Harbor SmartSphere® for the Pervasive Internet/M2M*. Enero 2004. harborresearch.com/pdfs/smartsphere_pervasive.pdf
- 21.4 M2M Forum 2004: *Interest Areas*. www.m2mforum.com

Capítulo 22

- 22.1 Dispositivos Texas Instruments: www.ti.com
- 22.2 Terminales Motorola: www.motorola.com
- 22.3 Terminales Nokia: www.nokia.com

- 22.4 Terminales Sony Ericsson: *www.sonyericsson.com*
- 22.5 Dispositivos Infineon: *www.infineon.com*
- 22.6 Procesadores Arm: *www.arm.com*
- 22.7 Procesadores Intel: *www.intel.com*
- 22.8 Dispositivos Philips: *www.philips.com*
- 22.9 Terminales Samsung: *www.samsung.com*
- 22.10 Terminales LG: *www.lge.com*

Capítulo 23

- 23.1 Sistema operativo Symbian: *www.symbian.com*
- 23.2 Plataforma de ejecución J2ME: *java.sun.com/j2me*
- 23.3 Sistema operativo PalmOS: *www.palmos.com*
- 23.4 Plataforma de ejecución JavaCard: *java.sun.com/products/javacard*
- 23.5 Sistemas operativos Windows Mobile: *www.microsoft.com/windowsmobile*
- 23.6 Consorcio de Linux para sistemas empujados (ELC): *www.embedded-linux.org*

