

COMUNICACIONES MOVILES

9.1. INTRODUCCION

Es un hecho contrastado que conforme la tecnología avanza se encuentran nuevas aplicaciones a las técnicas existentes. Este fenómeno es especialmente relevante en el campo de las telecomunicaciones, donde continuamente somos testigos de ello; así, vemos que dos técnicas existentes desde hace mucho tiempo –la telefonía y la radio– se combinan para prestar un nuevo servicio –la telefonía móvil– que viene a cubrir la demanda de los usuarios.

El espectacular crecimiento que está experimentando la telefonía móvil automática (TMA) en los últimos años supera todas las expectativas, previéndose que para el año 2000 existan, sólo en Europa, más de 25 millones de usuarios de este servicio. Sin duda, éste es uno de los servicios que acapara más la atención, tanto de fabricantes, como de compañías operadoras y de usuarios, por el gran potencial de futuro que representa, estimándose que en la próxima década la mitad de las nuevas peticiones de líneas correspondan al mismo. Los factores decisivos que harán que las comunicaciones móviles se popularicen serán, por un lado, el abaratamiento de los terminales y el precio de los servicios, y, por otro, la mejora de su calidad.

Debido al enorme incremento de la demanda de estos servicios por parte de los usuarios y en previsión a las crecientes demandas de la Comunidad Europea, en el año 1982 se iniciaron los estudios para perfilar un modelo totalmente nuevo de telefonía móvil que viniera a superar las limitaciones de los existentes –AMPS, ADC, NMT y TACS–. El resultado fue el MoU (*Memorandum of Understanding*) del GSM –y la creación del grupo de estudio GSM (*Groupe Special Mobile*) dentro del CEPT–, compuesto en 1987 por 18 países de la Comunidad.

9.2. COMUNICACIONES MOVILES

Un aspecto importantísimo de las comunicaciones vocales lo constituye el servicio de comunicaciones móviles, ya que cada día es mayor el número de usuarios que hacen uso del mismo, por necesidades de trabajo o personales –necesidad de estar permanentemente localizado, desplazamientos continuos, imposibilidad de tener una línea fija por razones de cobertura, etc.

Para las comunicaciones de empresa, las comunicaciones móviles en sus distintas modalidades –mensajería, teléfono móvil, centralita sin hilos, radiobúsqueda, etc.– constituyen una herramienta muy poderosa para mejorar la competitividad, pudiendo ofrecer toda una gama de servicios que de otra forma no serían posibles. Este hecho ha sido reconocido por los diferentes gobiernos y administraciones, que están impulsando su implantación; así la Comunidad Europea trata de armonizar los servicios de telecomunicación en todo su ámbito y de crear un mercado europeo para los terminales móviles que favorezca el desplazamiento de los usuarios móviles por cualquier país de la Comunidad, con el fin de favorecer la unión europea.

En el caso concreto de nuestro país, Telefónica está haciendo un gran esfuerzo por recuperar el retraso tecnológico que tenía acumulado y ponerse a la altura de los países de nuestro entorno. En el año 1986 se introduce el sistema TMA 450, basado en el estándar nórdico NMT; en 1989 entra en operación el servicio de radiopaging MENSATEL; en 1990 se introduce el TMA 900, basado en el estándar TACS, y a finales de 1993 se implantará la siguiente generación –digital– de sistemas celulares, denominada GSM, y de radiomensajería, representada por el sistema paneuropeo ERMES.

9.3. EVOLUCION TECNOLOGICA

En primer lugar, antes de incidir de lleno en lo que son los actuales sistemas de TMA, haremos un somero repaso del espectro electromagnético, que nos permitirá conocer en qué banda de frecuencias se ubica cada uno de los sistemas (Fig. 9.1) y entender las razones de sus ventajas y limitaciones, causadas por tal motivo.

9.3.1. Espectro electromagnético

En la figura 9.1 se muestra, en forma de tabla, la designación dada al espectro electromagnético según la longitud de onda, los diversos medios de transmisión utilizados y las aplicaciones más usuales. Veamos seguidamente una breve descripción del mismo:

- **Ondas de extremadamente baja frecuencia (ELF).** Forman la banda de 30 a 300 Hz. Son señales audibles y no tienen interés desde el punto de vista de las telecomunicaciones.
- **Ondas de muy baja frecuencia (VLF).** Se denominan así las comprendidas en la banda de 3 a 30 KHz. En general, por debajo de los 30 MHz la ionosfera refleja o absorbe las ondas, permitiendo la propagación a largas distancias, razón por la que se utilizan para transmisiones que pretenden un gran alcance. Son muy seguras.
- **Ondas de baja frecuencia (LF).** Son las comprendidas en la banda de 30 a 300 KHz. Presentan una propagación similar a las VLF, salvo durante el día, en el que su absorción (atenuación) es mayor.
- **Ondas de media frecuencia (MF).** Se encuentran en la banda de 300 a 3.000 KHz. Presentan baja atenuación por la noche y alta durante el día, siendo utilizadas para radiodifusión y servicio móvil marítimo.
- **Ondas de alta frecuencia (HF).** Comprendidas en la banda de 3 a 30 MHz. Su propagación depende mucho de las condiciones de la ionosfera, por lo que su alcance será variable según las horas del día y la estación del año. Son utilizadas para múltiples aplicaciones a distancias moderadas y largas, sobre todo en el servicio móvil marítimo.
- **Ondas de muy alta frecuencia (VHF).** Comprendidas dentro de la banda de 30 a 300 MHz. Su propagación se realiza en línea recta y se utilizan para transmisiones a corta distancia, en televisión, radio FM, radar, navegación aérea y el servicio móvil marítimo. La ionosfera es transparente a las mismas.
- **Ondas de ultra alta frecuencia (UHF).** Forman la banda de 300 a 3.000 MHz. Poseen características de propagación similares a las VHF, siendo la banda empleada para el servicio TMA, así como para el de telepunto, satélite y telefonía móvil personal. Por esta razón serán las que más nos interesan en este estudio.
- **Ondas de super alta frecuencia (SHF).** Forman la banda de 3 a 30 GHz. Las ondas pasan a denominarse "microondas" en razón a su pequeña longitud de onda –de sólo unos pocos cm–. Se ven muy afectadas en su propagación por los elementos meteorológicos, que pueden ocasionar atenuaciones muy importantes. Su propagación es en línea recta y son utilizadas en radioenlaces de gran capacidad, radares, radionavegación y comunicaciones entre-satélites.
- **Ondas de extremadamente alta frecuencia (EHF).** El resto de la parte alta del espectro –de 30 a 3.000 GHz– constituye las ondas milimétricas y decimimétricas que forman el espectro de infrarrojos, luz visible y ultravioleta, no siendo interesantes desde el punto de vista de las comunicaciones móviles. Son utilizadas para la transmisión de señales a través de fibra óptica, rayos láser o infrarrojos. Presentan una gran capacidad de transmisión, debido al gran ancho de banda disponible.

N° DE BANDA	DENOMINACION	BANDA	GAMA DE FRECUENCIAS
2	Megamétricas	ELF	30 a 300 Hz
3	-----	VF	300 a 3000 Hz
4	Miriamétricas	VLF	3 a 30 KHz
5	Kilométricas	LF	30 a 300 KHz
6	Hectométricas	MF	300 a 3000 KHz
7	Decamétricas	HF	3 a 30 MHz
8	Métricas	VHF	30 a 300 MHz
9	Decimétricas	UHF	300 a 3000 MHz
10	Centimétricas	SHF	3 a 30 GHz
11	Milimétricas	EHF	30 a 300 GHz
12	Decimilimétricas	--	300 a 3000 GHz

Fig. 9.1.a. Nomenclatura de las bandas de frecuencias según la UIT.

Las bandas de frecuencias se asignan a diferentes servicios, definiéndose el *servicio móvil*, según la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), como la comunicación vía radio entre estaciones móviles mientras están en movimiento o paradas, en puntos cualesquiera, o entre éstas y estaciones fijas.

Como se ve, una de las características que definen a este tipo de servicio es que al menos uno de los extremos implicados en la comunicación está en movimiento, aunque, eventualmente, pueda encontrarse parado. Este puede ser de dos tipos:

- UNIDIRECCIONAL. Radiomensajería. Destinado a hacer llegar al usuario móvil una cierta información –acústica, numérica o alfanumérica– sin que éste pueda responder a la misma a través del servicio. Se incluye en esta categoría el servicio mensafónico que permite recibir mensajes vocales.
- BIDIRECCIONAL. Telefonía móvil. Servicio telefónico entre usuarios móviles o entre un usuario móvil y uno fijo. Introducción al principio de *Telefonía Celular*, consistente en dividir el territorio en células cubiertas por estaciones radio de baja potencia, para la prestación del servicio.

9.3.2. Sistemas celulares

El elemento básico de los sistemas celulares es la celda o célula. Se denomina así por su forma de celdilla hexagonal de un panel que presenta el área de cobertura de una estación base, la cual debe estar dotada de un número de radiocanales suficiente para cursar el tráfico generado por los móviles que se encuentran en su interior.

Los emisores situados en los móviles –en automóvil o no– enlazan vía radio con las estaciones base, normalmente emplazadas en lugares elevados para dar

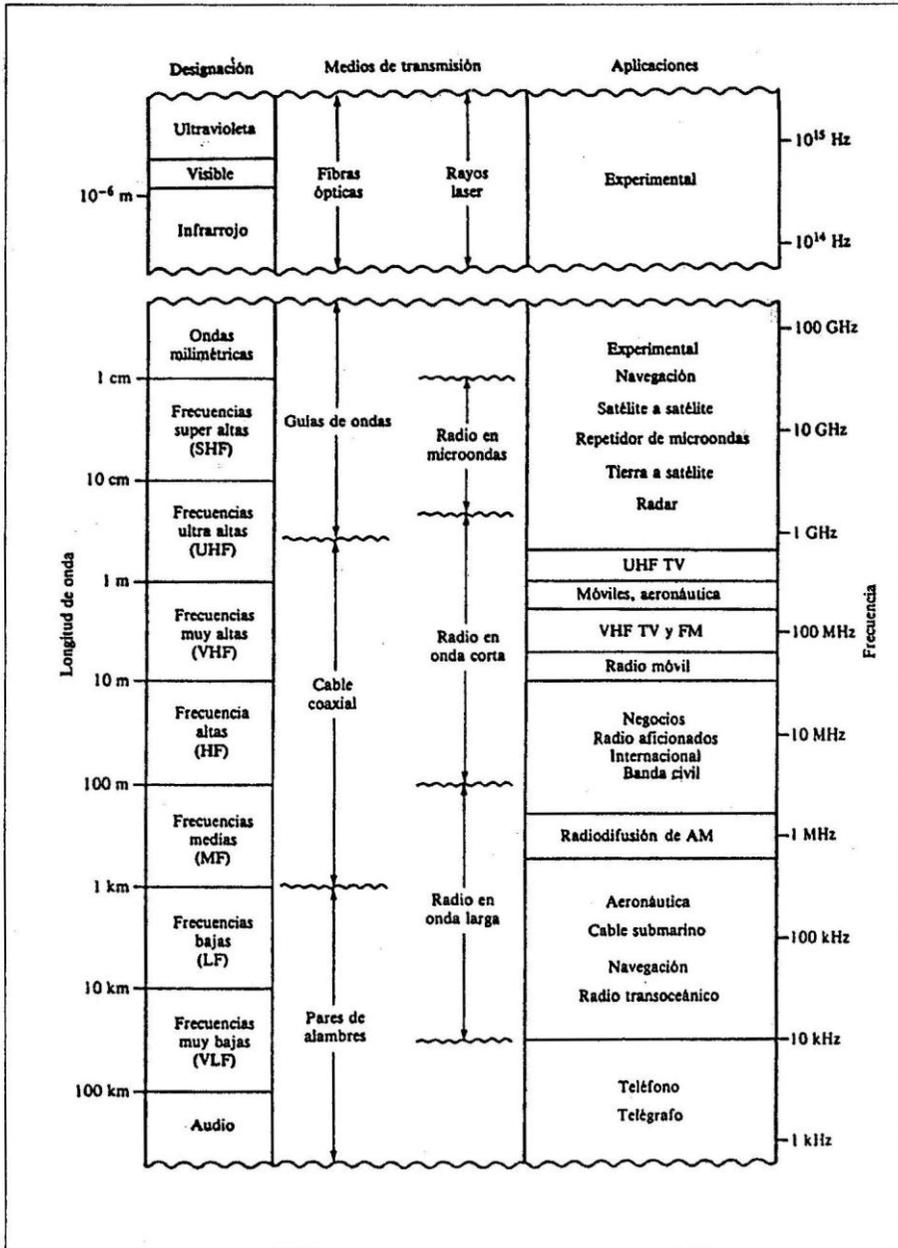


Fig. 9.1. b) División en bandas del espectro electromagnético, según la UIT, y aplicaciones más usuales.

cobertura a un amplio territorio, conectadas a su vez con la red telefónica básica (RTB). Los terminales móviles se sintonizan automáticamente, en cada momento, con la estación base más cercana, ya que durante su desplazamiento pueden salir del área de influencia de una estación base y entrar en la de otra; esta operación de traspaso de llamadas entre células se denomina *handover* (Fig. 9.2).

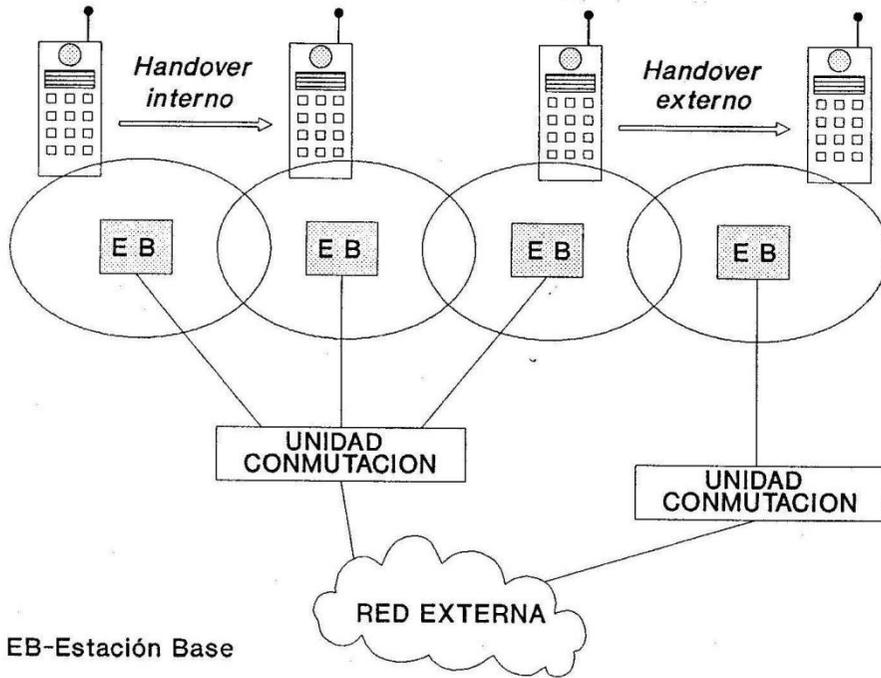


Fig. 9.2. Traspaso entre células (*handover*) pertenecientes a la misma o a distinta unidad de conmutación.

Dependiendo de la tecnología empleada, del número de usuarios a cubrir y de la orografía del terreno, para dar cobertura a un determinado territorio hay que instalar un cierto número de estaciones base repartidas estratégicamente.

Por otra parte, los sistemas celulares tratan de aprovechar al máximo el número de radiocanales disponibles, restringiendo el área de cobertura de la estación base para poder reutilizar el espectro de frecuencias; ello se logra recurriendo a antenas de baja potencia y alta directividad. Esto determina que en áreas con gran densidad de usuarios (comercios, aeropuertos, estaciones, etc.) las celdas serán más pequeñas que en aquellas otras con menor densidad (zonas rurales). No obstante, hay que tener en cuenta que el traspaso entre células –*handover*– da lugar a interferencias que dificultan la comunicación, por lo que el tamaño de las mismas será un compromiso entre la capacidad del sistema – n° de canales (usua-

rios) disponibles— y el nivel de interferencias admitido, pudiendo coexistir células de distinto tamaño dentro del mismo sistema y con la posibilidad de dividir las células en otras más pequeñas —“sectorización”—; ello confiere a los sistemas celulares una gran flexibilidad y dinamismo.

Los sistemas celulares recogen información puntual sobre la situación de los móviles, de tal manera que si se produce una llamada desde un terminal fijo a uno móvil, la encaminan a la estación base que le da servicio en ese momento. Esta facilidad de seguimiento se conoce con el nombre de *roaming*; para ello cada estación base envía mensajes codificados de supervisión y localización a todos los terminales y recibe sus respuestas mediante un canal de control existente en cada célula —cuando un móvil pasa de una a otra, es detectado por el sistema, que informa al órgano que controla la localización (registro de usuarios) de su nueva situación—.

Cuando un móvil desea establecer una llamada, envía un código por el canal de control de la estación base, la cual, a su vez, informa a la central de conmutación correspondiente, que le asignará un canal libre para que establezca la comunicación. Cuando la llamada procede de un terminal fijo y se encamina a un móvil, existen varios procedimientos que tratan de optimizar el enlace: dirigiéndola, en primer lugar, a la central que se corresponde con su domicilio habitual y, si no lo localiza, se encamina hacia la que en ese momento se encuentre; o bien, directamente, se procede como en este último caso.

9.4. EVOLUCION DE LOS SISTEMAS

Para atender la floreciente demanda existente, han ido surgiendo numerosos sistemas móviles —generalmente basados en estándares incompatibles—, muchos de los cuales, antes de haber alcanzado cierta difusión, han sido superados por otros, mucho más potentes, que los han desplazado. Así observamos multitud de sistemas cuyos campos de aplicación y utilización se solapan y que, en la práctica, compiten entre sí.

Con el fin de ofrecer una mayor calidad en las comunicaciones, la tecnología avanza hacia la digitalización, técnica que permite el mejor aprovechamiento del espectro electromagnético, utilizando la compartición del mismo por varios canales mediante la técnica TDMA (*Time Division Multiple Access*), frente a la FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) —analógica— que asigna un rango de frecuencias fijo a cada canal. Esta tecnología digital hará compatible la red de telefonía móvil con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), la cual permite el envío y recepción tanto de voz como de datos e imágenes.

En la evolución de las redes de telecomunicaciones, una línea estratégica de actuación es la de dotar a los usuarios de “movilidad”, de forma tal que éstos puedan realizar o recibir llamadas telefónicas independientemente del lugar donde

se encuentren. En este punto conviene aclarar dos conceptos (Fig. 9.3) que, a menudo, se suelen confundir:

- Movilidad del terminal: El usuario dispone de un teléfono, asociado a un número de la red, pudiendo hacer uso del mismo en cualquier lugar con cobertura.
- Movilidad personal: Al usuario, y no al equipo telefónico, se le asocia un determinado número de la red que, de forma inteligente, le "sigue" en sus desplazamientos, pudiendo hacer uso de éste desde cualquier teléfono, sea fijo o móvil.

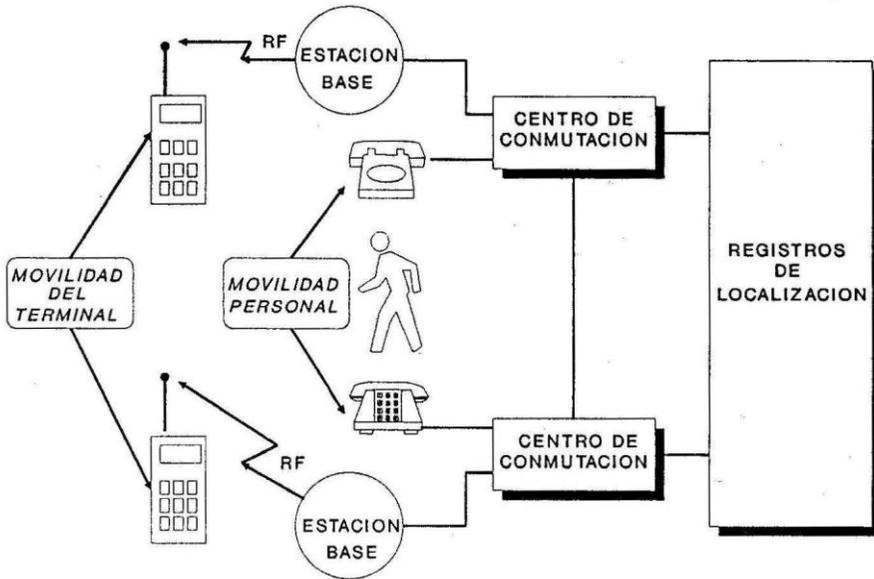


Fig. 9.3. La movilidad personal y la movilidad del terminal son dos conceptos diferentes, asociados con el movimiento del individuo o del equipo, respectivamente.

Esta movilidad estará basada en dos pilares fundamentales que son:

- El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles –UMTS– (Fig. 9.4) que está siendo concebido y diseñado en el CCITT, ETSI y en el seno del proyecto europeo RACE.
- Una estructura de "Red Inteligente" avanzada con la que se podrá ofrecer una cierta movilidad a los usuarios apoyándose en el número personal de la red fija.

Quando estos dos objetivos se alcancen, una persona no llamará al teléfono de una casa o de una oficina en el que casi nunca es contestado, cuando desee comunicarse con otra; simplemente llamará a su número personal –personalización del servicio–.

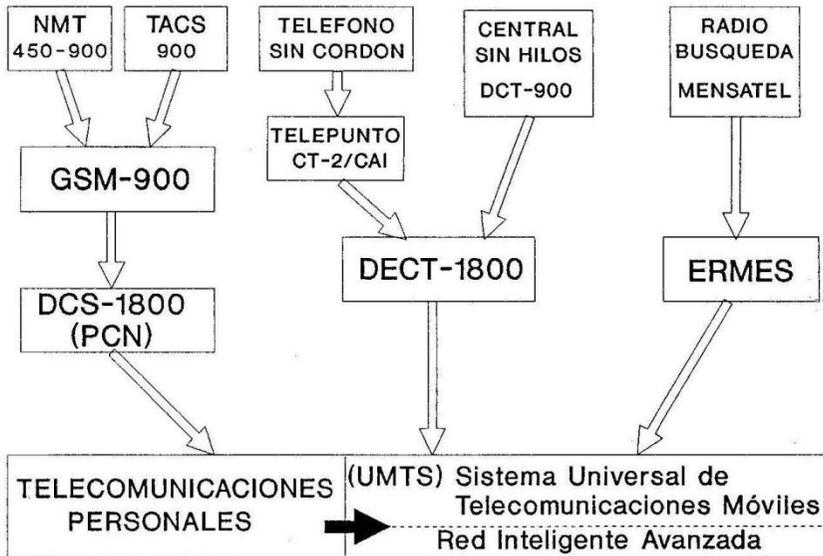


Fig. 9.4. Evolución de los sistemas móviles hacia las Telecomunicaciones Personales: combinación entre el UMTS y la RI avanzada.

9.5. TELEFONIA MOVIL

A partir de los trabajos del ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) –que asumió en 1.987 las actividades técnicas del CEPT–, y de los de la Comisión de las Comunidades Europeas, se puede deducir que el sistema de comunicaciones móviles que se impondrán en forma masiva, en la década de los 90, será el GSM, que describiremos a continuación, junto con los actualmente en vigor NMT y TACS, englobados, en España, bajo la denominación de TMA.

9.5.1. TMA (Telefonía Móvil Automática)

Este servicio puede ser considerado en cierta forma como una extensión del servicio básico telefónico, ya que su finalidad es proporcionar idénticos servicios al abonado que se encuentra desplazándose en su automóvil, mediante el teléfono instalado en el mismo. Por consiguiente, el abonado TMA puede efectuar y recibir llamadas, desde su vehículo, a/desde cualquier abonado fijo o móvil, nacio-

nal o internacional, dentro de la zona de cobertura del sistema. La consecución de una amplia cobertura y capacidad de tráfico, utilizando un número limitado de frecuencias, es posible sólo gracias al empleo de una estructura celular (división de la zona de cobertura en otras más pequeñas, denominadas celdas, generalmente con una geometría hexagonal).

Los objetivos fundamentales que pretende este sistema son:

- Gran capacidad de abonados.
- Amplia zona de cobertura.
- Utilización eficaz del espectro.
- Calidad telefónica aceptable.
- Conmutación automática de radiocanales.
- Capacidad de crecimiento.
- Costo adecuado al servicio.

Los interfaces fundamentales que definen los sistemas TMA son dos: el radioeléctrico, que permite la conexión entre los terminales móviles y las estaciones base, y el interface de conexión entre las estaciones base y las centrales de telefonía móvil. Cada sistema tiene sus propios interfaces y protocolos, lo que origina incompatibilidad en la mayor parte de los casos; en concreto, en el sistema TACS, al no estar definido el último interface, ambos sistemas –estaciones base y centrales– han de ser del mismo fabricante.

9.5.2. Sistemas "NMT 450" y "TACS 900"

Dos sistemas ampliamente en uso en los países europeos para la prestación del servicio TMA son los conocidos como NMT (*Nordic Mobile Telephony*) y el TACS (*Total Access Communications System*), que se implantan en España en 1986 y 1990 respectivamente.

El sistema NMT 450 surge como un servicio normalizado en los países nórdicos (Suecia-Noruega-Dinamarca-Islandia) en el año 1981. Es un sistema ideal para cubrir la mayor extensión de terreno con la menor inversión. Otra versión es la denominada NMT 900 o TMA 900, que utiliza la gama de frecuencias de 900 MHz, permitiendo de esta forma un mayor número de canales, y siendo utilizado en aquellos puntos en que el NMT 450 se halla saturado.

El sistema NMT 450

El sistema NMT 450, también llamado TMA 450 en España, es analógico multiplexado en frecuencia (FDM) de banda ancha, significando esto que la anchura

de banda disponible se divide en porciones, cada una de las cuales constituye un semicanal, y teniendo en consideración que un canal completo consta de un semicanal estación base/móvil y de otro móvil/estación base. Por tanto, y para evitar interferencias, es necesario que cada estación base utilice un juego de frecuencias diferente al de su colateral.

Funciona en la banda de 450 MHz; tiene capacidad para manejar hasta 180 canales dúplex de 25 KHz de ancho de banda y presenta 10 MHz de separación entre las frecuencias de transmisión y recepción.

El sistema TACS 900

Adoptado primeramente en Inglaterra en el año 1985, deriva del AMPS (*Advanced Mobile Telephone Service*) de la Bell, lanzado comercialmente en los Estados Unidos en el año 1984. Se obtiene una mejor calidad del servicio, al mismo tiempo que se mejora la relación señal/ruido al tener una mayor anchura del canal; precisa de equipos más pequeños y económicos.

El sistema TACS 900, también llamado TMA 900A en España, es del mismo tipo que el anterior, analógico multiplexado en frecuencia (FDM), pero difiere de él en que utiliza una tecnología mucho más avanzada y barata que la empleada en el NMT, dando una mejor calidad de audio así como una mejor conmutación al pasar de una a otra célula, ya que la señalización se realiza fuera de banda, al contrario que NMT, que lo hace dentro de ella; así resulta casi imperceptible el "click" para el usuario; sin embargo, sus estaciones bases cubren un radio menor –20 Km frente a 50 Km–.

La banda de frecuencias empleada es la de 900 MHz, y cada MHz del ancho de banda se divide en 40 semicanales de 25 KHz cada uno, por lo que resulta extremadamente útil, por su gran disponibilidad de canales, para cubrir áreas urbanas. Dispone por tanto de 1.320 canales dúplex, de los que 21 se dedican exclusivamente a control –señalización digital–, y el resto lo son para voz –señal analógica–.

9.6. UN NUEVO DESARROLLO TECNOLOGICO

Frente a las tecnologías celulares mayoritariamente en uso en Europa y Estados Unidos –NMT, TACS y AMPS– de tipo analógico, el GSM (*Global System for Mobile Communications*) presenta la novedad de ofrecer tráfico digital extremo-a-extremo mediante técnicas de multiplexado en el tiempo (TDM) de banda estrecha y modulación GMSK (*Gaussian Minimun Shift Keying*), operando en la banda de 900 MHz. Podemos decir que la red GSM es la precursora de las redes de comunicaciones móviles personales (PCN), en las que los números no se asociarán ya a un terminal, sino a su propietario.

Entre otras, una de las razones que impulsan el desarrollo del GSM es el disponer de un estándar único de comunicaciones móviles, que permita el desplazamiento de sus usuarios a través de todos los países de la Comunidad sin necesidad de cambiar de equipo telefónico y realizando la propia red el seguimiento de los mismos. En la actualidad unos sistemas no son compatibles con otros y las redes no presentan cobertura total para cada uno de ellos, lo que condiciona y limita la movilidad. Con la implantación definitiva de la infraestructura digital GSM, todos estos inconvenientes desaparecerán, permitiéndose además la prestación de nuevos y más variados servicios.

En su faceta más sencilla, el sistema GSM facilita una mayor funcionalidad, rendimiento y flexibilidad, que no es posible con los analógicos. Permite un mayor tráfico totalmente automático entre células y el traspaso entre ellas sin corte de la comunicación, así como integración absoluta y compatibilidad de voz y datos con la RDSI y otras redes públicas o privadas.

Cada célula utiliza un canal de radio independiente de las células contiguas, y cada una de ellas se sirve de una estación base (BS) que recibe y transmite cada llamada de o hacia la estación móvil (MS) —el terminal de abonado: fijo o móvil—, conectándose un grupo de BS's a un controlador de estaciones base (BSC) encargado de realizar el traspaso de la llamada cuando el MS se desplaza de una célula a la siguiente y el control de la potencia de transmisión.

El centro de autenticación proporciona las claves de seguridad para poder identificar a un usuario y proteger la información, así como evitar el fraude. Para ello cada usuario dispone de un código, denominado IMSI (Identidad del Usuario Móvil Internacional) que ha de enviar antes de iniciar la comunicación. Además, la información puede codificarse, lo que aumenta la seguridad. Continuamente se está transmitiendo por la red información de señalización, aunque ninguna estación móvil esté comunicando; ésta es requerida para diversas tareas, tales como registro del móvil, establecimiento de la llamada, traspaso entre estaciones base, facturación y servicios suplementarios.

Las llamadas se conectan con otras redes a través de la central de conmutación móvil (MSC), encargada del control de las rutas por las cuales se conmutan las llamadas enviándolas hacia su destino, y de localizar el móvil en su área geográfica, para lo cual posee dos bases de datos, una para usuarios residentes y otra para visitantes.

Todos los interfaces que enlazan estos componentes, así como otros auxiliares —Fig. 9.5— con las redes públicas de telefonía y de datos quedan claramente definidos con la especificación del sistema GSM, permitiendo que los distintos proveedores de sistemas desarrollen ofertas propias para el mismo producto, empleando un interface común. Las comunicaciones entre los distintos elementos funcionales, a excepción de las BS y MS, requieren información de señalización que se transmite a través de enlaces MIC a 2 Mbit/s de la RTB.

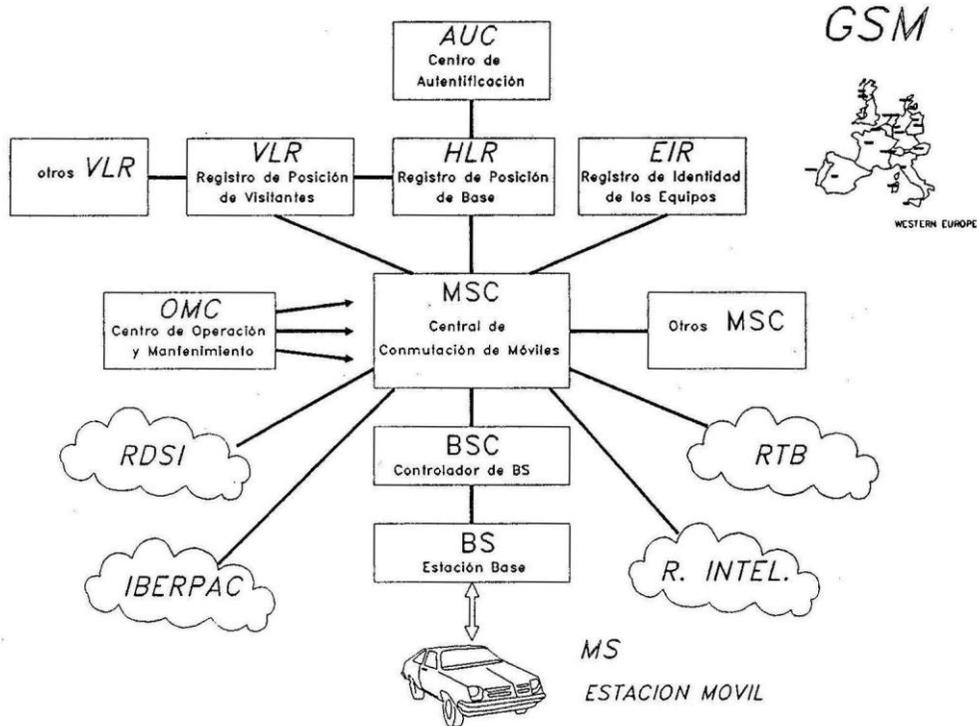


Fig. 9.5. Elementos básicos de una red GSM.

9.6.1. GSM (Global System for Mobile-communications)

También denominado en España, TMA 900D, es un sistema celular de tipo digital que permite a los usuarios móviles iniciar, recibir y mantener comunicaciones telefónicas con cualquier abonado a las redes fijas, contratando el servicio en un solo país. Además del servicio de telefonía, el sistema GSM ofrecerá servicios para comunicación de datos, como videotex, facsímil o correo electrónico, todos ellos con multitud de facilidades. La introducción coordinada en Europa de este sistema se apoya en un Protocolo de Acuerdo (MOU/GSM) firmado por 18 operadores, estando en la actualidad implantado en algunos países y en fase de experimentación en otros.

La arquitectura de la red GSM –en su forma más simplificada– es la que aparece en la figura 9.6.

Los datos técnicos más relevantes de este sistema son:

- Técnica de acceso TDMA con 8 (16) canales por portadora.

COMUNICACIONES MOVILES

- 124 portadoras en las bandas 890-915 MHz (sentido de terminal móvil a estación base) y 935-960 MHz (sentido contrario), con un ancho de banda de 200 KHz por portadora.
- Velocidad de transmisión por portadora de 270 Kbit/s.
- Tipo de modulación: GMSK (MSK precedida de un filtrado gaussiano de la señal moduladora para reducir la radiación fuera de banda y disminuir la interferencia entre canales).
- Canales de tráfico disponibles 992: (124 x 8).
- Velocidad máxima admitida del móvil: 250 Km/h.

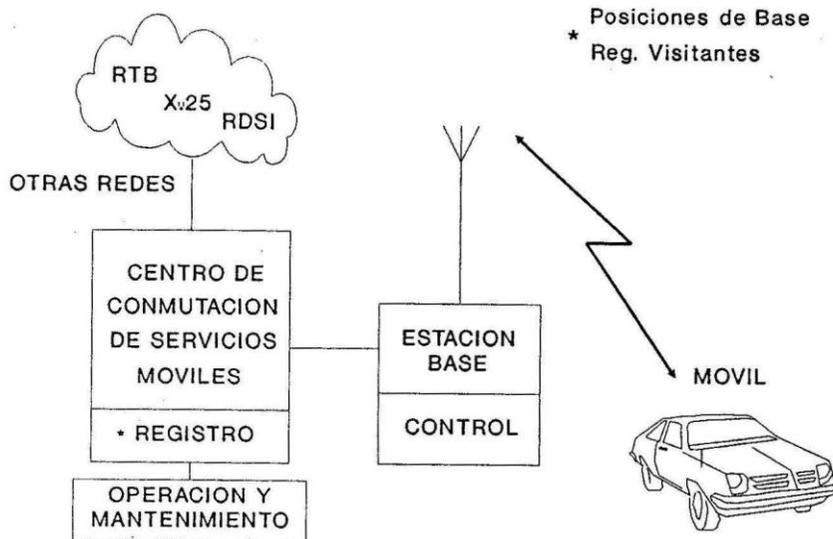


Fig. 9.6. Estructura jerárquica de la red GSM, en forma simplificada.

Existen especificadas 5 categorías diferentes de unidades de teléfonos móviles para GSM: 20, 8, 5, 2 y 0.8 W. En cuanto a la estructura de la red se utilizará el solapamiento en áreas metropolitanas, variando el tamaño de las células desde unos cientos de metros hasta unos 35 Km.

La iniciativa británica denominada PCN (*Personal Communications Network*) se ha tratado de incorporar en el sistema GSM, de forma que éste se está modificando para incluir una nueva banda de frecuencias en el entorno de 1,8 GHz. A esta modificación se la denomina DCS-1800 (*Digital Cellular System*), que va a ser explotado en el Reino Unido a partir del año 1.993.

9.7. DECT (Digital European Cordless Telecommunications)

Es un sistema de radiocomunicaciones de corto alcance, diseñado fundamentalmente para permitir la movilidad de los usuarios en el interior de los edificios –picocelular–, sin necesidad de que éstos tengan que utilizar un terminal físicamente conectado a la centralita (PABX). Otras de sus aplicaciones serán la de Telepunto (*Telepoint*) –extensión del uso del terminal sin hilos al área urbana, en lugares públicos como estaciones, aeropuertos, comercios, etc.– o la de teléfono sin hilos en los hogares. La empresa líder en esta tecnología es Ericsson, que cuenta con los sistemas más avanzados, que son utilizados con su central digital MD 110, o con las de otros fabricantes.

Las características principales del DECT son:

- Banda de frecuencias: 1880-1900 MHz.
- 10 portadoras, con separación de 1,7 MHz.
- Técnica de acceso : TDMA/TDD con 12 canales dúplex por portadora.
- Velocidad de transmisión de 1,152 Mbit/s.
- Codificación vocal a 32 Kbit/s, según la técnica ADPCM.
- Conexión de la EB a la PABX de tipo analógico o digital.

9.8. TELEFONIA PERSONAL

Dentro de lo que se denomina Telefonía Personal cabe distinguir dos aspectos: por un lado la *Telefonía Personal* y por otro la *Telefonía Móvil Personal*.

Se entiende por Telefonía Personal un servicio que, basado en la infraestructura –“inteligente”– de red pública, proporciona a los usuarios, dotados de un código de identificación personal (PIN), la posibilidad de recibir las llamadas en cualquier terminal de la misma, previa introducción en el mismo de su PIN. Así pues, este servicio aporta dos logros sustanciales:

- Otorga a sus abonados la posibilidad de recibir llamadas sin necesidad de permanecer en una posición fija.
- Facilita al llamante el establecimiento de la comunicación, por cuanto no necesita conocer en qué punto geográfico se halla el llamado.

Para la consecución de estos dos objetivos es precisa una cierta capacidad de la red, de tal forma que mantenga unos “registros de localización” conteniendo la posición de cada abonado en cada momento, de forma que la red pueda reencontrar la llamada hasta ellos, y por otra su asociación a un “sistema de radiobúsqueda”, de manera tal que si el usuario no se halla identificado en algún terminal de la red se le pueda enviar un mensaje de aviso por medio de su terminal de

radiobúsqueda, al objeto de que proceda a establecer la comunicación desde el terminal –fijo o móvil– más cercano.

9.8.1. Telefonía móvil personal-“PCN”

Los servicios de comunicación personal “PCN” (*Personal Communications Networks*), se encuentran aún en fase de estudio y normalización en el seno del ETSI, habiendo dado el DTI británico los primeros pasos con la publicación a principios del año 1989 de “*Phones on the Move*” –teléfonos en movimiento– que recoge sus recomendaciones al respecto. Cabe distinguir dos aspectos bien diferenciados:

- El concepto PCN implica la identificación personal del usuario, mediante un número propio, independientemente de su localización geográfica y la disponibilidad de terminales portátiles de bajo consumo y costo.
- El servicio PCN debe ser considerado en un contexto amplio, ya que las actuales redes existentes han de desarrollar la capacidad para darlo. Proporciona a sus usuarios una cierta movilidad dentro de la red, al permitir que un terminal telefónico pueda ser identificado como asignado a cierto usuario mediante la introducción de su PIN.

Esto, unido a la autorización de la base de datos interconectada, (propia de las redes inteligentes) facilita un servicio de telefonía móvil personal mediante el complemento de estaciones base que, mediante emisión radioeléctrica, establezcan el enlace con el terminal portátil, cubriendo células de un kilómetro de radio en ciudades y de unos diez en las zonas rurales; se necesitan establecer células capaces de atender una mayor densidad –y por tanto de menor diámetro– para cubrir espacios tales como aeropuertos, estaciones, oficinas, etc.

El servicio PCN se basa en los mismos principios que los sistemas GSM y DECT; utiliza las tecnologías CT-2/DECT y no tiene nada que ver con lo que es la telefonía sin hilos CT-0 y CT-1 (lo que todos conocemos como teléfono inalámbrico para el domicilio, compuesto de una base fija y un microteléfono móvil).

En resumen, todos estos servicios PCN –en fase de desarrollo– se basan en el acceso radio en entorno limitado y en la inteligencia aportada por la propia red.

9.9. RADIOMENSAJERIA

Según el CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones) el nombre de “radiobúsqueda” queda reservado para los sistemas de modulación no vocal, excluyendo esta modalidad a la que se suele denominar Servicio Mensafónico; a pesar de ello, a efectos de dar una mayor generalidad, se tratará éste como una modalidad del servicio de radiobúsqueda.

En la actualidad, se les denomina también servicios de mensajería, ya que la finalidad de los mismos es la de buscar a una persona para transmitirle un mensaje. Estas razones son las que han llevado a utilizar como título de este apartado el de "RADIOMENSAJERIA", cada día más en uso, que engloba ambos.

El código más utilizado en estos sistemas es el definido por la recomendación 584 del CCIR como código nº 1 de Radiobúsqueda, también conocido como POC-SAG (*Post Office Code Standardisation Group*)

Un servicio de radiomensajería, por el hecho de ser unidireccional, adolece de la falta de confirmación de recepción correcta del aviso, por lo que los prestatarios del mismo han de asegurarse de ello por otros medios y, caso de duda, repetirlo. Una modalidad de este servicio es la de avisar a los usuarios de que disponen de un mensaje a ellos destinados almacenado en un determinado buzón; al recibir el aviso se ha de llamar al mismo –mediante un teléfono multifrecuencia– para poder recogerlo.

9.9.1. Modalidades básicas

Existen cuatro modalidades básicas de este servicio, asociadas a los cuatro tipos de receptores empleados; veamos seguidamente cuáles son:

- a) *Modalidad de aviso*. Sólo se transmite, vía radio, el código de dirección del receptor y diferentes tonos, con lo cual el usuario deduce que le ha sido enviada una información previamente acordada con alguien, como por ejemplo que llame a la oficina o a su casa.
- b) *Modalidad numérica*. Se transmite, además del código de dirección, un mensaje numérico recibido por la Unidad de Control desde un terminal de acceso adecuado, a través de la Red Telefónica Automática. Este mensaje, por ejemplo el nº del llamante, se presenta en la pantalla del terminal receptor.
- c) *Modalidad alfanumérica*. Se transmite, además del código de dirección, un mensaje alfanumérico que, previamente, ha recibido la Unidad de Control de igual manera que en el caso anterior. Este mensaje se presenta en la pantalla del terminal receptor, normalmente limitada a un máximo de 240 caracteres, siendo la longitud habitual de 80. Se puede utilizar también para funciones de difusión de información.
- d) *Modalidad de voz (mensáfono)*. Se transmite, además del código de dirección, un mensaje vocal depositado por el abonado llamante. El receptor, en esta modalidad, es un receptor de modulación vocal (analógica o digital) que decodifica el código de dirección, produce una alerta y presenta el mensaje vocal a través de un altavoz, limitado, normalmente, a unos 20 segundos en los sistemas automáticos. El terminal de acceso, en esta modalidad, puede ser cualquier teléfono de la Red Telefónica Automática.

La actual denominación de este servicio, prestado por Telefónica, es la de "Mensatel" para las tres primeras modalidades –*paging* en inglés, por denominarse *paggers* los receptores portátiles– y "Mensavoz" para la última.

9.9.2. ERMES (European Radio Messaging System)

ERMES es el nombre asignado a un nuevo sistema de radiomensajería unidireccional (de radiobúsqueda) que permitirá a los usuarios móviles recibir mensajes procedentes de la red fija, sobre un pequeño receptor. Uno de los servicios más llamativos es el *roaming* internacional, mediante el cual un usuario podrá desplazarse por toda Europa y continuar recibiendo los mensajes que se le dirijan.

Sus características más destacadas son las siguientes:

- Banda de frecuencias: 169,4-169,8 MHz.
- N° de canales: 16 de 25 KHz de anchura cada uno.
- Velocidad de transmisión de 6,25 Kbit/s.
- Modulación de tipo 4 PAM/FM.
- Capacidad de hasta 32 millones de abonados/país.
- Acceso a la RTB, Iberpac, RDSI, etc.

9.10. LOS SISTEMAS ACTUALES

Si el GSM representa la apuesta de futuro para las comunicaciones móviles, no hay que olvidar a los sistemas pioneros de las mismas. Estos han motivado la introducción de tales servicios y, dada su gran aceptación por parte de los usuarios, la creación del GSM, debido precisamente a no poder atender la creciente demanda en razón a sus limitaciones tecnológicas y a la saturación del espectro radioeléctrico.

Varias son las compañías que han apostado fuertemente por la telefonía móvil, siendo Ericsson la que posee una mayor cuota de mercado mundial –alrededor del 40%– seguida por Motorola con aproximadamente un 25%. Les siguen AT&T, NEC, Northern Telecom, Siemens y Nokia, con la participación que se muestra en la figura 9.7.

También resulta muy interesante la distribución de usuarios móviles por países, apreciándose que son los escandinavos los que hacen un mayor uso de esta modalidad, con alrededor de 30 teléfonos de este tipo por cada mil habitantes, mientras que en España no llega a los 3, aunque esta cifra está experimentando un rápido crecimiento.

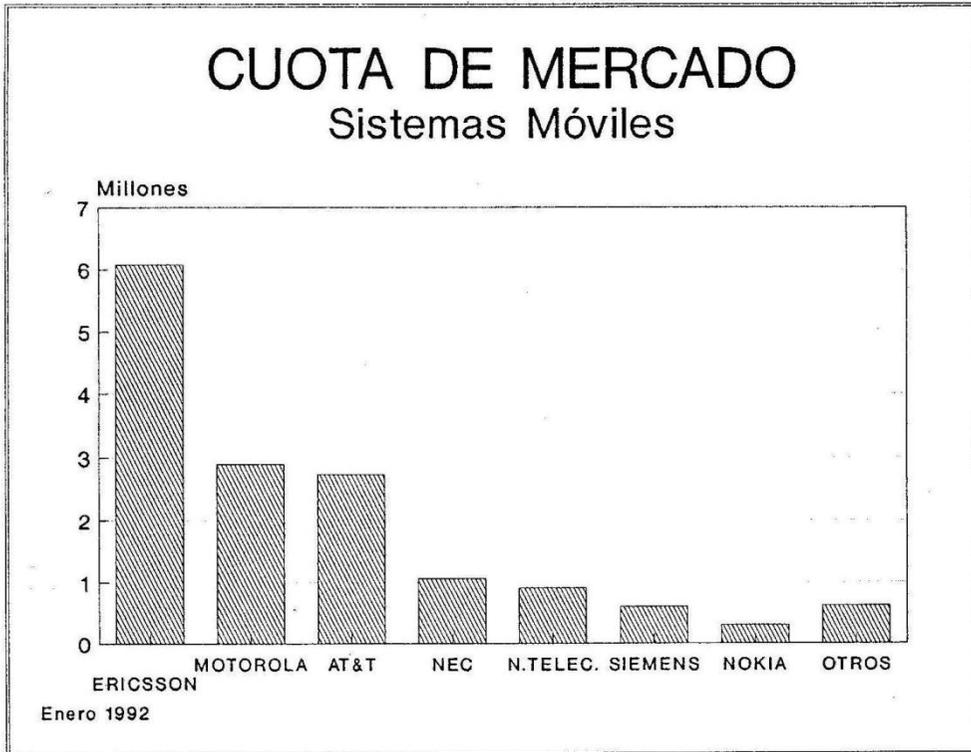


Fig. 9.7. Cuota estimada, de mercado mundial, de los distintos suministradores de la telefonía móvil.

Concretamente en España, la Telefonía Móvil Automática o TMA apareció en el año 1982 en la modalidad de 450 MHz, tomando como referencia el modelo nórdico NMT. Debido al éxito del mismo y a la saturación del espectro, Telefónica ha implantado la modalidad de 900 MHz (TMA-900A), coexistiendo en la actualidad ambos, si bien el segundo será el que se imponga, debido a sus ventajas técnicas y a emplear terminales mucho más ligeros –de bolsillo– y con mayor autonomía, hasta la introducción definitiva del GSM, prevista para 1994, que cuenta en la actualidad (año 1.992) con unos 50.000 abonados frente a los 75.000 del TMA-450. Se espera que la cifra total alcance los 700.000 para finales de 1995 y 3 millones en el año 2.000, lo que supone un crecimiento muy elevado; para que ello sea posible Telefónica destinará hasta 1.995 unos 100.000 millones de pesetas a este servicio.

En Estados Unidos y Japón se están desarrollando también sendos sistemas celulares digitales, denominados USDC y JDC.

Clase de sistema	Tipo o estándar	Tecnología	Relación con la red conmutada fija	Disponibilidad y cobertura	Algunas instituciones y compañías implicadas (productos comerciales)
Radiotelefonía de grupo cerrado	Radiotel. convenc.	Análogica de frecuencia fija	Independiente	Local. Disponible.	Docenas de fabricantes en todo el mundo.
	Sistemas troncales MPT1327	Análogica con señalización digital. Compartición de canales. Modulación FM. Semi-dúplex	Independiente	Local, regional, etc. Disponible.	Telettra (Taunet).
Telefonía móvil automática	TMA-450	Análogica. FDMA. Banda de 900 MHz	Compatible. Complementaria	Comercial. Saturada	Docenas de fabricantes en todo el mundo. Sistema originario de los países nórdicos.
	TACS-900	Análogica. FDMA. Banda de 900 MHz	Compatible. Complementaria.	Comercial. Cobertura limitada	Adaptación británica del sistema americano AMOS. El consorcio Telcel (Motorola y Amper) se encarga de instalarlo en España.
	GSM	Digital (mod. GMSK). Cod. voz a 13 kbps. TDMA. Dúplex total sobre	Compatible. Complementaria.	Cob. europea. 1991. Inicio. 1993. Ciudades. 1995. Vías unión.	Estándar ETSI. Patentes de Siemens, Alcatel y Motorola. Otras compañías implicadas en este sistema son Orbital, Nokia, etc.
		2 frecuencias, 8 canales/portadora. Banda 890-915 y 935-960 MHz.			
Teléfonos sin cordón y sistemas intensivos	CT0	Analogico de frecuencia fija.	Extensión sin hilos del terminal telefónico.	Disponible, no homologada.	Estándar USA. En España, son los teléfonos sin hilos "piratas".
	CT1	Analogico. 4 canales compartidos.	Extensión sin hilos del terminal telefónico.	Disponible. Poco éxito debido al precio.	Estándar europeo de la CEPT para teléfonos sin cordón.
	CT2/CAI (Telepunto)	Digital (mod. GMSK). Cod voz a 32 kbps. 1 canal/portadora. Dúplex por div. en el tiempo sobre portadora única. 864-868 MHz.	Telepunto: acceso a la red pública desde terminal portátil en áreas determinadas.	Finales de 1991. 100/200 metros alrededor del "Telepunto".	Promovido por el DTI británico. El CAI es el resultado de un acuerdo entre diversas firmas para proporcionar un estándar abierto de acceso radioelectrónico a la central.
	DECT	Digital (mod. GMSK) Cod. voz a 32 kbps. TDMA/TDD. Dúplex total sobre frecuencia única. 12 canales por portadora. 1880-1900 MHz.	Compatible. Complementaria.	A corto/medio plazo. Grandes ciudades.	Estándar ETSI.
Telefonía personal	DCS 1800	Digital, modulación GMSK 1700-1900 MHz.	Red compatible y competitiva con la RTC	A medio/largo plazo Europea.	Especificación del ETSI. Tres licencias en Gran Bretaña: Microtel, Mercury PCN (Telefonía, C & W y Mercury) y Unitel.
	Iridium	Satélite. Digital. SCPC. Dúplex total sobre dos frecuencias.	Red compatible y competitiva con la RTC	Cobertura mundial para 1996 (previsión)	Propuesta de Motorola.
	UMTS		Debe englobar todos los servicios.	A largo plazo. Cobertura mundial.	Universal Mobile Telecom. System (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles)

Fig. 9.8. Panorama actual y futuro de la telefonía móvil, a nivel mundial.

Otros sistemas, como la telefonía sin hilos que considera a los terminales móviles como meras extensiones de la centralita existente –PABX– están empezando a tener aplicación en el entorno de edificios o recintos abiertos, habiéndose definido por el ETSI el estándar DECT que contempla los mismos. Una modalidad muy conocida es el servicio Telepunto (*Telepoint*) puesto en práctica en Inglaterra con enormes medios, pero con escaso éxito, debido quizá a que los terminales sólo podían originar llamadas pero no recibirlas.

Lo que no cabe duda es de que todavía el futuro nos depara muchas sorpresas en el campo de la telefonía móvil –véase el cuadro de la figura 9.8 que muestra el panorama actual y futuro, con indicación de las diferentes tecnologías empleadas así como su disponibilidad y cobertura–, algunas de las cuales están comenzando a ser una realidad, caso de los proyectos *Iridium* de Motorola o *Globstar* de Alcatel de comunicaciones mundiales, inicialmente a través de una red de 77 minisatélites de baja órbita (LEO), y de 66 en el futuro.