



CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS

VIRIATO, 52	28010 MADRID	914 44 49 20
PONZANO, 15	28010 MADRID	914 44 49 20
G. DE GRÀCIA, 171	08012 BARCELONA	934 15 09 88
ALBORAYA, 23	46010 VALENCIA	963 61 41 99

www.cef.es

info@cef.es

Índice Tema 13

1. Comunicaciones móviles. Telefonía sin hilos y DECT Paging.
 - 1.1. Central de conmutación de la red móvil (CCM).
 - 1.2. Estación base.
 - 1.3. Terminal móvil.
 - 1.4. Principales características de la Central EMX.
2. Radiotelefonía privada. Sistemas celulares. Trunking.
3. Acceso sin hilos: WLL, LMDS.
4. GSM: Arquitectura y evolución de datos.
5. GPRS, HSCSD. Internet y WAP. Sistemas de tercera generación: UMTS.





CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS

VIRIATO, 52	28010 MADRID	914 44 49 20
PONZANO, 15	28010 MADRID	914 44 49 20
G. DE GRÀCIA, 171	08012 BARCELONA	934 15 09 88
ALBORAYA, 23	46010 VALENCIA	963 61 41 99

www.cef.es

info@cef.es

TEMA 13

Comunicaciones móviles. Telefonía sin hilos y DECT. Paging. Radiotelefonía privada. Sistemas celulares. Trunking. Acceso sin hilos: WLL, LMDS. GSM: arquitectura y evolución de datos. GPRS, HSCSD. Internet y WAP. Sistemas de tercera generación: UMTS.

1. COMUNICACIONES MÓVILES. TELEFONÍA SIN HILOS Y DECT PAGING.

El servicio de Telefonía Móvil Automática (TMA) permite a sus abonados móviles establecer comunicación de voz y datos con otros móviles o con abonados a las redes fijas. La única restricción es que el móvil debe encontrarse dentro del área de cobertura radioeléctrica de la red. Los sistemas que prestan el servicio de TMA se denominan «sistemas celulares» debido a que su cobertura radioeléctrica total la consiguen mediante yuxtaposición de coberturas (células o celdas) proporcionadas por estaciones base de radio, caracterizándose fundamentalmente por las funciones (entre otras) de «Hand-off» y «Roaming». La totalidad de los sistemas existentes, básicamente, siguen la arquitectura que consta de los siguientes tipos de elementos:

1.1. CENTRAL DE CONMUTACIÓN DE LA RED MÓVIL (CCM).

Realiza las funciones típicas de una central de conmutación telefónica, así como otras específicas de redes de comunicaciones para móviles tales como:

- Hand-off: permite que una conexión se mantenga cuando el móvil cambia de celda, «dentro» de la misma Central de Conmutación (y por tanto, su enlace con la red se establece a través de una nueva estación base, dependiente de dicha Central). El Hand-off es particularmente importante en áreas donde las celdas son de pequeño tamaño.
- Roaming: el Roaming es la función que permite el mantenimiento automático de una comunicación, cuando el móvil pasa a una celda dependiente de otra Central de Conmutación. La cobertura total de una red está dividida en áreas geográficas. En general, cada área geográfica tiene asociada una Central de Conmutación que le da servicio, y ésta a su vez, una Base de Datos que contiene información de los móviles registrados en dicha área por ser en la que habitualmente se encuentran. Mediante el «Roaming», la red puede dar servicio a un abonado que se encuentre desplazado en un área distinta a la que se ha registrado. El abonado desplazado recibe el nombre de «Roamer».

El término «Roaming» se utiliza habitualmente entre redes compatibles de distintos operadores y, sobre todo, en el ámbito internacional. Un «Roamer» puede acceder a una red móvil de otro país y el operador de esta red facturará posteriormente al operador del país de origen donde el «roamer» se ha registrado.

1.2. ESTACIÓN BASE.

Básicamente constituida por equipos transmisores, receptores y unidades de control, es el medio por el que acceden los terminales móviles a la red. Proporcionan cobertura radioeléctrica en áreas denominadas «células» o celdas. La yuxtaposición de células permite cubrir grandes extensiones geográficas de forma continua.

Cuando un móvil efectúa una llamada, la Estación Base dentro de cuya cobertura se encuentra le asigna un canal libre. El número de canales disponibles por Estación Base varía en función de la ubicación física de la misma: se dota de más canales a aquellas que dan servicio a zonas con mayor densidad de usuarios. Las Estaciones Base se enlazan a su Central de Conmutación mediante circuitos portadores.

1.3. TERMINAL MÓVIL.

Permite al usuario realizar y recibir llamadas. Los sistemas que prestan el servicio TMA se ciñen a la arquitectura presentada, aunque se basan en tecnologías diferentes en función de las cuales se puede establecer una primera clasificación en:

- Sistemas analógicos.
- Sistemas digitales.

Los sistemas analógicos disponen entre sí de características técnicas diferentes (sistemas propietarios), lo que implica que un terminal móvil puede acceder únicamente a la red a la que pertenece. Esta restricción, gran consumo de espectro radioeléctrico y una mayor calidad en los servicios prestados, han sido las causas por las que se han desarrollado los sistemas con tecnología digital y en particular el sistema de ámbito europeo GSM.

En la tabla siguiente se recogen los sistemas existentes en Europa y los países en que operan:

REDES ANALÓGICAS Y PAÍSES EN QUE OPERAN	
SISTEMAS	PAÍSES
NMT-450	Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Islandia, Luxemburgo, Holanda, Noruega, España, Suecia, Andorra, Turquía, Estados Bálticos, República Checa, Hungría, Lituania, Polonia, Rumania, Ucrania
NMT-900	Dinamarca, Finlandia, Holanda, Noruega, Suecia, Suiza, Chipre, Hungría
TACS-900	Austria, Irlanda, Italia, España

En Estados Unidos está implementado el AMPS. Además, en Japón operan los sistemas NTT, J-TACS y N-TACS. Básicamente la arquitectura de todos ellos se ajusta a la descrita en el apartado anterior, si bien difieren en cuanto a especificaciones técnicas y por tanto en el número máximo de usuarios a los que pueden dar servicio.

El NMT 450 es un sistema automático de telefonía móvil celular que permite a los móviles acceder a las redes públicas fijas o a otras redes móviles. Las principales características del sistema son:

- Banda posible de trabajo: 420-490 MHz.
- Número de canales duplex: 180 (25 KHz de separación).
- Roaming: automático, entre Centrales de Conmutación (MSCs).
- Hand-off: automático, dentro del área servida por una Central de Conmutación.

Básicamente, el sistema consta de las siguientes unidades funcionales:

a) Central de Conmutación (MSC: Mobile Switching Centre).

- El MSC está basado en la tecnología de las centrales de conmutación AXE10 de las redes telefónicas públicas. La AXE10 está diseñada modularmente, y su adaptación para constituirse en una central de conmutación para móviles requiere únicamente incluir un módulo denominado MTS. Subsistema de Telefonía Móvil (MTS: Mobile Telephone Subsystem), en el que se integran las funciones específicas de una red móvil.
- Señalización con las estaciones base y terminales móviles.
- Almacenamiento de la información relativa a sus abonados, y a los que se encuentren desplazados y que pertenezcan a otras Centrales de Conmutación (roamers).
- Gestión de la información de «roaming», procedente o hacia otra MSC.
- Medida de los niveles de señal.
- Encaminamiento de las llamadas a la estación base adecuada (Hand-off).
- Conmutación de las llamadas en curso cuando el nivel de relación «Señal/Ruido» cae por debajo de un límite especificado (Hand-off).
- Desconexión de las llamadas cuando el nivel de relación «Señal /Ruido» cae por debajo de un límite especificado.

b) Estación Base: se compone de las siguientes unidades funcionales:

- Transceptores (transmisores/receptores).
- Unidades de control de los transceptores.
- Combinador de transmisión.

- Multiacoplador de recepción.
- Receptor del nivel de señal.
- Unidad de supervisión.
- Bucle para test de RF.

Mediante el transceptor se intercambia información de voz y señalización con la estación móvil.

La unidad de control supervisa el estado de la estación base e intercambia información de control con la MSC.

- El combinador permite conectar varios transmisores a una única antena.
- El multiacoplador permite conectar varios receptores a una única antena.
- El receptor de nivel de señal envía la información necesaria para que la unidad de supervisión proceda, previa consulta a la MSC, a la conmutación de una llamada en curso (Hand-off).

c) Terminal Móvil: consta de las siguientes unidades:

- Transceptor.
- Unidad de control y lógica.
- Unidad de operación.
- Filtro duplexor.
- Antena.

El equipo transceptor permite controlar hasta 180 canales. La unidad de control y lógica controla el proceso de intercambio de información de señalización con el MSC, así como el resto de las unidades de que consta el equipo. La unidad de operación está constituida por el teclado, la pantalla e indicadores de control. El filtro duplexor separa la transmisión y la recepción en cada radiocanal.

El primer sistema de TMA para vehículos, denominado Advanced Mobile Phone System (AMPS), se implementó en la ciudad de Chicago el año 1978. Posteriormente, la compañía MOTOROLA suministró en el año 1980 un sistema de comunicaciones móviles que se instaló cubriendo la zona Washington-Baltimore. Este sistema fue operado por la sociedad American Radio Telephone Service y tomó el nombre de ARTS.

La diferencia básica entre los dos sistemas citados consiste en el modo de recepción por parte de las Estaciones-Base, de las comunicaciones generadas por los abonados móviles.

En el sistema AMPS la recepción es omnidireccional sin diversidad, mientras que en el sistema ARTS existe diversidad espacial de antenas-direccionales (sectoriales), en recepción, con conmutación temporal de las mismas.

Una vez indicados los antecedentes del TACS y la diferencia básica entre los dos sistemas AMPS y ARTS, se describen brevemente a continuación los mencionados sistemas.

Sistema AMPS.

Sus principales funciones operativas son las siguientes:

- Canales entrelazados y modulación de alto índice.
- Señalización rápida.
- Medida de distancia Estación Base/Terminal Móvil.
- Conmutación intercelular en una comunicación.
- Comunicación con diversidad temporal, en el Terminal Móvil.

Sistema ARTS.

- Análogo al AMPS, del que se diferencia en el modo de recepción de las Estaciones Base.
- El ARTS utiliza un procedimiento radioeléctrico de tipo EIA, con separación interportadoras de 30 KHz, Modulación de Fase con desviación de 12 KHz, y Tono de Supervisión de Audio (SAT) de 6 KHz (fuera de la banda vocal).
- En el año 1982, la FCC (Federal Communications Commission) normalizó parte de las especificaciones técnicas del sistema AMPS, que constituyeron un estándar de Telefonía Móvil Automática celular en los Estados Unidos.

Dicho estándar denominado EIA (Electronic Industries Association) también fue adoptado en Canadá, derivándose del mismo una variante que fue normalizada en el Reino Unido el año 1983 bajo las siglas TACS (Total Access Communications System).

El estándar EIA se basa en los siguientes elementos:

- Equipamiento Radio en la banda de 800/900 MHz, con separación dúplex de 45 MHz, canalización de 30 KHz, 666 canales.
- Señalización a 10 Kbit/s, salvo el camino de intercomunicación celular (con código de corrección de errores) que dispone de señalización a baja velocidad (1.200 bit/s).
- Modulación de Fase con desviación de 12 KHz y Tono de Supervisión de Audio fuera de la banda vocal (SAT = 6 KHz).

Los principales elementos de los sistemas TACS son los siguientes:

- Central electrónica móvil. La función de la central EMX es encaminar el móvil/portátil a la parte llamada, encaminar las llamadas al móvil/portátil, coordinar el proceso de transferencia de llamadas y registrar todo el tráfico del sistema.

- Controlador de estación base (BSC). El BSC proporciona el interfaz entre el equipo de RF de la Estación Base y los circuitos de conversión de la EMX.
- Además, el BSC supervisa su propio funcionamiento y el del equipo RF de su Estación Base, generando las oportunas indicaciones ópticas cuando existen condiciones de alarma.
- Estación base RF (RF-BS). En la Estación Base se recibe / transmite voz y mensajes de datos del/al abonado.
- Equipo de abonado. Teléfono móvil o portátil.

En cada Estación Base se dispone de un par de frecuencias para señalización (canal de control). La mayor parte del tráfico de datos entre el equipo de abonado y la Estación Base se efectúa en este canal.

El número de canales de voz (tráfico) depende de la configuración «hardware» de cada sistema en particular. Cada canal de voz está conectado con la central EMX mediante un circuito dedicado de 4 hilos.

El control y coordinación de la Estación Base se realiza mediante una línea de datos de 2400 bps (bits por segundo) o 4800 bps, entre el Controlador de dicha Estación Base (BSC) y la central EMX. La Central EMX y el BSC pueden estar equipados con líneas de datos redundantes en cualquiera de las células o en todas ellas.

Los canales de voz se conectan a la EMX a través del BSC, mediante líneas de 2 hilos.

1.4. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL EMX.

El subsistema de conmutación está basado en una central de Digital Switch Corporation, integrada en un sistema celular de Motorola. Como resultante se obtiene una Central de Conmutación de Móviles de amplia capacidad modular, que permite comunicaciones de alta velocidad para los abonados de teléfonos móviles y portátiles.

El software de la Central aprovecha la mayoría de las características de la DEX 600 C, además de todas las necesarias para dar servicio a abonados móviles celulares.

Existen varias posibles configuraciones del sistema de conmutación celular:

- Sistema de Conmutación único.
- Es la configuración más sencilla, con sólo una central, interfaces con varios puntos de la Red Telefónica Pública conmutada (PSTN) y diferentes Controladores de Estación Base (BSC's) para el interfaz radio de la Central.
- Sistema de Conmutación Múltiple.
- Es la configuración más habitual, formada por una Central de Móviles Distribuida (DMX).
- Cada subsistema de la red puede ser una o varias centrales EMX. Las centrales están interconectadas con enlaces de tránsito, y de datos (señalización por canal común).

La central EMX está compuesta por varios subsistemas, que pueden estructurarse para soportar diversos requisitos de configuración. Estos subsistemas son los siguientes:

- Gestión de Administración/Mantenimiento.
- Gestión de Llamadas.
- Gestión de Servicio.
- Matriz Digital de Conmutación.

Capacidad operativa de la central EMX.

Esta sección contiene algunas de las capacidades operativas más significativas de la central.

a) Capacidad de procesamiento de llamadas.

La capacidad de procesamiento de las llamadas se basa en el siguiente modelo de comportamiento del abonado celular:

1. Cada abonado hace 0,8 llamadas completas, por hora ocupada.
2. El 40,5 por 100 de los intentos de llamada son de red fija a móvil.
3. El 52,7 por 100 de los intentos de llamada son de móvil a red fija.
4. El 6,8 por 100 de los intentos de llamada son de móvil a móvil.
5. Cada intento de llamada de móvil tiene éxito en un 50 por 100 de los casos.
6. Cada intento de llamada de red fija tiene éxito en un 83,3 por 100 de los casos.
7. El tiempo medio de conversación en cada llamada es de 92 segundos.

b) Capacidad de la estación base.

La EMX puede soportar un máximo teórico de 400 Estaciones Base. Esta capacidad varía, en la práctica, según el número de enlace de datos con los BSC'S.

La central puede soportar un máximo de 312 enlaces de datos, incluidos los redundantes.

Cada Estación Base dispone normalmente de dos enlaces de datos. Si no se precisa redundancia de algunos enlaces, éstos se pueden utilizar para conexión con Estaciones Base adicionales, con el inconveniente de no ser tolerantes a fallo.

Los enlaces de datos normalmente trabajan a 2400 bps o 4800, en función de los requisitos específicos de cada configuración concreta.

• PROCESO DE LLAMADA.

El proceso de llamada del sistema celular es muy similar al utilizado en la PSTN.

Una diferencia importante es que el número del abonado llamado puede ser introducido y almacenado mientras el móvil/portátil que llama está colgado, siendo enviado automáticamente cuando el abonado presiona el botón SEND.

Cuando se activa un móvil/portátil celular, éste analiza sus canales de control y automáticamente selecciona el canal de mayor nivel de señal.

a) Llamadas de móvil a PSTN (tierra): el proceso de este tipo de llamada es el siguiente:

- El abonado móvil, con su terminal colgado, introduce el número del abonado PSTN llamado y a continuación el móvil presiona el botón SEND. El número de la parte llamada y el número telefónico del móvil se envían a la Estación Base en el canal de señalización inverso. Si el sistema lo solicita, el número de serie electrónico del móvil también se transmite.
- El Controlador de la Estación Base decodifica la información recibida y envía al móvil un mensaje que contiene la asignación del canal de voz. A la vez, el BSC envía la correspondiente información a la central EMX.
- Las frecuencias RF del canal de voz asignado al móvil se introducen en la tabla de frecuencias del receptor-analizador de la Estación Base. Durante la llamada, el receptor-analizador periódicamente mide la potencia de la portadora recibida y la presencia del Tono de Supervisión de Audio (SAT).
- Después de traducir los dígitos marcados, la central EMX verifica los números telefónicos, captando uno de los círculos de enlace de red fija disponibles. Tras esto, la EMX envía el «número» al abonado que está siendo llamado.
- La parte móvil/portátil escucha los tonos de progreso de llamada, como en cualquier llamada convencional entre abonados de la PSTN.

Cuando una de las dos partes de la llamada (móvil/portátil o PSTN) cuelga, el abonado celular envía un tono de 10 kHz a su Estación Base, liberándose el canal de radio y el enlace de tierra.

b) Llamadas de PSTN (tierra) a móvil.

El abonado de tierra marca el número del móvil, y la PSTN encamina la llamada a la Oficina Central de Gestión a la que está conectada la central EMX.

Tras recibir los correspondientes dígitos, la EMX los verifica y envía a través de las líneas de datos a las Estaciones Base. Los BSCs reformatean los dígitos recibidos, para que el Número de Identificación Móvil (MIN) del abonado llamado pueda ser enviado por los canales de señalización de ida (forward signaling).

El móvil/portátil supervisa el canal de señalización que dispone de la señal de mayor nivel y, al recibir una llamada en el canal de señalización de ida, envía una señal de reconocimiento al Controlador de su Estación Base en el canal de señalización de vuelta (inverse signaling).

El BSC envía a continuación la asignación de canal de voz al móvil/portátil y a la central EMX. La central conecta la línea de voz desde la Estación Base al enlace de tierra.

Los tonos de la llamada en progreso, la corriente de llamada y la corriente de ocupado, los genera y envía la central EMX a la PSTN.

La conversación comienza cuando el móvil contesta y continúa hasta que el móvil o la parte de tierra cuelga. Una vez terminada la llamada, el canal de radio y el enlace se liberan, pasando a estar disponibles para su utilización por otro abonado.

c) Llamadas de móvil a móvil.

Una llamada de móvil a móvil es similar a una llamada de móvil a tierra, con la diferencia que la central EMX reconoce la parte llamada como otro móvil/portátil.

Durante el proceso de llamada, la central EMX conmuta la llamada internamente, dentro del subsistema celular de radio.

d) Proceso de transferencia.

Según se desplazan los abonados por el área de cobertura del sistema celular, sobrepasan el límite de cobertura de la Estación Base en que se encontraban inicialmente, y por tanto, deben ser atendidos por otra Estación Base.

El proceso de conmutar la llamada desde una Estación Base a otra se conoce como Proceso de Transferencia o Hand-off.

Antes de iniciarse la transferencia, el receptor-analizador de la Estación Base de origen mide la intensidad de señal de cada móvil activo que se encuentra dentro de su célula. Si la intensidad de dicha señal es inferior a un nivel predefinido, el BSC envía una solicitud de transferencia a la central EMX.

A continuación la EMX solicita a las células adyacentes que midan la intensidad de señal del móvil/portátil. Si las lecturas del nivel de señal cumplen un cierto criterio, la central conecta el antiguo canal de radio y el nuevo canal con la parte de tierra.

Seguidamente, se envía un mensaje al móvil en su canal de voz para que no emita audio y cambie el canal radio. La falta de emisión tiene una duración de unos 400 mseg (por término medio), no siendo apenas perceptible por el usuario. La emisión de audio se vuelve a activar cuando el móvil sintoniza el nuevo canal. Si temporalmente no hay canal disponible, el móvil se sitúa en una «cola» de alta prioridad para el primer canal disponible en la nueva célula. La conversación continúa durante este período en el antiguo canal de radio.

e) Transferencias intercelulares.

Las transferencias intercelulares pueden tener lugar entre dos células controladas por una única central EMX, o entre dos células controladas por dos centrales EMX.

Se envía un mensaje al móvil en el canal de voz, para suprimir la señal de audio y cambiar el canal de radio (la supresión dura alrededor de 400 mseg y apenas es percibido por el usuario). El audio se activa cuando el móvil conmuta al nuevo canal radio.

Si no hay canal disponible, la transferencia se intentará más tarde, si aún existe la necesidad. Cuando el móvil deja vacante el canal fuente (origen), éste se libera junto con otros circuitos.

f) Transferencias intracelulares.

Las transferencias intracelulares tienen lugar dentro de células individuales, sectoriales, pertenecientes a una central única EMX.

La determinación de si se necesita o no una transferencia, la realiza el BSC de la Estación Base al igual que en el proceso de transferencia intercelular.

En este caso, el BSC reconoce que se requiere una transferencia intracelular, selecciona un canal de radio «objetivo» y solicita a la EMX que prepare las nuevas conexiones.

Cuando la central establece las conexiones, notifica al BSC que inicie el móvil una conmutación. A partir de este momento, la transferencia intracelular se produce de forma similar a la intercelular, tal como se ha descrito anteriormente.

• OPCIONES DE SERVICIOS.

Se dispone de una amplia gama de opciones para el abonado, que representan posibles adiciones al estándar del sistema.

El conjunto de opciones es el siguiente:

- Conferencia a tres.
- Aviso de Llamada en Espera.
- Cancelación del Aviso de Llamada en Espera.
- Transferencia por No Respuesta.
- Transferencia por Número Ocupado.
- Desvío Inmediato de Llamada.

• PLAN DE FRECUENCIAS.

En función de las correspondientes leyes de cada país, los sistemas celulares trabajan en determinadas frecuencias de radio.

2. RADIOTELEFONÍA PRIVADA. SISTEMAS CELULARES. TRUNKING.

La provisión de servicios sofisticados a los usuarios de comunicaciones móviles es cada vez más acuciante. De hecho aunque la demanda de comunicaciones vocales seguirá manteniéndose durante los próximos años, también se asistirá al crecimiento de la demanda de otros servicios como datos e incluso vídeo para las comunicaciones móviles. Para cumplir los requerimientos de estos servicios de tercera generación se deben satisfacer algunas condiciones:

- Terminales capaces de soportar simultáneamente los requerimientos específicos de los servicios de Telecomunicación básicos y los avanzados a un precio asequible para los posibles usuarios, incluyendo el mercado de masas.
- Calidad del servicio comparable a la de la red fija.
- Soporte de diferentes modalidades de movilidad: movilidad del terminal, movilidad del usuario y el pleno roaming internacional incluyendo la posible utilización de satélites de comunicaciones.
- Soporte de un amplio rango de teleservicios y de servicios portadores, equivalente al menos a los que se proporcionan actualmente.
- Soporte de la tasa básica de acceso a ISDN e incluso tasas superiores (p.e. 144 Kb/seg) en algunos entornos especiales como de negocios, etc.

Es clara la interacción entre los UMTS o los FPLMTS y la red inteligente. En particular, muchas funciones del sistema podrían implementarse (localización y traspaso de llamadas), como servicios de red inteligente. De este modo las funciones de movilidad podrán gestionarse como funciones de control de red inteligente a precios asequibles.

Estas hipótesis también pueden incidir sobre la eficiencia del sistema. Por ejemplo, para reducir la cantidad de tráfico debido a los registros de localización, algunas opciones de roaming pueden ofrecerse bajo demanda, por abono. Para un cierto servicio básico, un cierto terminal podría no soportar localización y no ser capaz de recibir llamadas entrantes. Igualmente se podría definir un servicio identificado con la capacidad de roaming regional, nacional o internacional.

La red de acceso es clave en todos los servicios de comunicaciones celulares. Las aproximaciones clásicas son bien conocidas: utilizar células pequeñas para lugares en los que se requiera una alta capacidad y utilizar células grandes en lugares en los que se requiera una cobertura extendida sin requerir una gran capacidad.

Es obvio que una cobertura adecuada es de vital importancia en las primeras fases de despliegue de una red celular. A medida que el tráfico crece, la división de células (splitting) y la sectorización tienen que introducirse para aumentar la capacidad de usuarios. De este modo, en áreas de alta densidad de usuarios, la red puede expandirse aumentando el despliegue de estaciones de base, con la consiguiente reducción del tamaño de las células. Similarmente, en el borde de la zona de cobertura, la extensión de la red puede lograrse mediante el despliegue de más estaciones de base con tamaños de células grandes. En los dos casos, la arquitectura de la red celular se mantiene sin cambios durante el proceso de evolución.

Desafortunadamente, las técnicas convencionales para lograr coberturas con estaciones de base en lugares prominentes con una potencia de transmisión media, no son óptimas para proporcionar cobertura en áreas urbanas densas con una concentración de usuarios alta. Las dificultades también surgen de las mayores dificultades para predecir las coberturas debido a las características de propagación menos predecibles sino también a las mayores dificultades para la planificación de frecuencias.

El concepto de microcélulas surge como una alternativa viable para estas situaciones. Estaciones de base montadas a un nivel de la calle pueden usarse para crear células de un tamaño muy reducido en áreas con una gran densidad de tráfico. En los centros de las ciudades incluso la presencia de edificios podría proporcionar un apantallamiento suplementario de una calle a otra reduciendo la interfe-

rencia cocanal e incrementando la capacidad de usuarios. Sin embargo es bien conocido que la distribución de tráfico es no uniforme en el centro de las ciudades y que la provisión de un servicio celular a base de un despliegue masivo de microcélulas no se justifica desde el punto de vista de la cantidad de tráfico a manejar y atenta contra los criterios básicos de economía y costes razonables.

Como consecuencia de todas estas consideraciones, surge un nuevo concepto de arquitectura celular conocido como «mixed cell architecture». La idea básica es organizar las células en capas. En un área de servicio dada, el tamaño de las células de cada capa se elige para satisfacer la demanda de tráfico. Microcélulas y macrocélulas coexisten, solapadas, en la misma área geográfica de modo que se implementen microcélulas en áreas de gran demanda de tráfico y las macrocélulas dan cobertura radioeléctrica sobre áreas de gran tamaño.

Con este concepto surge el problema de la continuidad de las comunicaciones a través de las fronteras de células pertenecientes a diferentes capas.

Se están tomando en consideración diversas técnicas para la gestión de los recursos disponibles para la red de accesos, es decir los radiocanales que un sistema de tercera generación tendrá asignados.

Se contemplan dos escenarios. En primer lugar una asignación dinámica a corto lazo, con dos posibles esquemas: la asignación dinámica completamente autónoma y la asignación dinámica dirigida. En segundo lugar escenarios con asignación dinámica a largo plazo también con dos posibles esquemas: la segregación y el establecimiento adaptativo de las matrices de interferencias. La asignación dinámica completamente autónoma es útil en escenarios con baja densidad de tráfico. Una llamada establecida se mantiene hasta que la relación portadora interferencia cae por debajo de un valor determinado. Entonces se inicia un traspaso de llamadas.

En cambio, la asignación dinámica regulada es útil en situaciones de alta densidad de tráfico. Se transmiten al móvil umbrales sobre el bloqueo de llamadas traspasos, con lo cual, fácilmente se pueden reconfigurar los esquemas de reutilización de frecuencias, y controlar la calidad del servicio.

El esquema de segregación responde a un proceso de aprendizaje en el cual los canales que son utilizados por una estación de base con más frecuencia le son asignados prioritariamente. Se pueden utilizar parámetros de control o umbrales variables como en de DCA regulado. Es recomendable sobre todo en pequeños sistemas.

El último esquema es establecimiento adaptativo de las matrices de interferencias. Su nombre es autoexplicativo y sus aplicaciones abarcan cualquier tipo de sistemas incluyendo sistemas mixtos con coexistencia de macrocélulas y microcélulas.

Los mecanismos de propagación a estas frecuencias y los estudios empíricos que se han llevado a cabo indican que es posible que se produzcan pérdidas de señal al girar una esquina o al cambiar bruscamente el vehículo la trayectoria. Esta particularidad hace vulnerable al mecanismo de traspaso de llamadas. Para evitarlo se hace necesario protegerlo especialmente o recurrir a la utilización de células paraguas.

Los mecanismos de traspaso estarán influidos por la velocidad del móvil. Para terminales portátiles cuya velocidad puede ser del orden de 1 m/seg, los traspasos serán de una microcélula a otra microcélula. En cambio, para terminales montados en vehículos los traspasos serán de una microcélula a una macrocélula y desde ésta a otra microcélula cuando esté disponible.

Esta estrategia admite variaciones, como restringir el retorno a una microcélula cuando la velocidad del móvil es pequeña o está parado, e incluso se puede impedir el retorno a una microcélula desde una macrocélula. En un entorno de portátiles (1 m/seg) la utilización de macrocélulas paraguas es muy pequeña. Sin embargo con móviles rápidos (14 m/seg) su utilización es mucho más alta.

Se están estudiando más alternativas, como los traspasos progresivos en los que la señalización necesaria para el traspaso se cursa a través de la estación base que recoge la llamada en curso o el traspaso regresivo en el cual la señalización se lleva a cabo por la estación que cede la llamada. El traspaso regresivo puede fallar significativamente en el caso de que la relación portadora/interferente se deteriore rápidamente mientras que el traspaso progresivo puede salir airoso en estas situaciones. Estrategias mixtas entre estos dos extremos, como activar simultáneamente un traspaso progresivo y uno regresivo durante un traspaso entre microcélulas, pueden llevar a consumir demasiados recursos para señalización si bien garantizarían la viabilidad de algunos traspasos en condiciones precarias.

El interfaz radioeléctrico debería ser capaz de adaptarse a una amplia gama de situaciones y entornos y permitir la posibilidad de conmutar de un entorno a otro (es decir de una velocidad de transmisión a otra) incluso progresivamente. Éste es el concepto de interfaz radioeléctrico flexible.

De hecho, los datos de alta velocidad llegarán a ser una situación normal y no una excepción. La tasa bruta de transmisión máxima depende de la potencia de pico transmitida permisible, que puede estar condicionada incluso por posibles riesgos para la salud humana, y por las características dispersivas del canal radioeléctrico. Al aumentar el ancho de banda aumenta el ruido, por lo que la potencia de pico necesaria depende del ancho de banda y del balance de potencias del enlace.

Se demuestra que para 2 Mbits/seg son necesarias unas decenas de vatios si el radio de la célula excede los 2 km. Las velocidades de transmisión altas, que requieren relaciones de protección óptimas, sólo se podrán usar en células pequeñas mientras que en las células de gran tamaño, se verá limitada la máxima velocidad en función de las limitaciones de potencia. En este escenario la disponibilidad de ecualizadores será clave para el desarrollo de estos servicios, lo que justificará un importante esfuerzo de I + D en proceso de señal.

La modificación de la velocidad binaria se puede hacer por distintos procedimientos. En primer lugar conmutando el ancho de banda de transmisión de acuerdo con el entorno. Otra aproximación puede ser alterar la velocidad de símbolos en un esquema de modulación multinivel o el «chip rate» en los sistemas de espectro ensanchado.

La elección del método de modulación depende de un buen número de factores:

- Eficiencia espectral que pueda lograrse.
- Inmunidad a la interferencia cocanal.
- Inmunidad a la interferencia de canal adyacente.
- Ecualización del canal
- Complejidad del receptor.

En general se barajan dos posibilidades: sistemas de envolvente constante como el GMSK(*) que con un valor de $B_b.T$ de 0.25 tiene una eficiencia espectral de 1.4 bit/seg 1 Hz, y sistemas de envol-

vente no constante como el QAM, que permite alcanzar eficiencias del orden de 1.5 bit/seg/Hz, pero es más sensible que el anterior a la interferencia cocanal y de canal adyacente.

La diferencia entre los sistemas de envolvente no constante y los sistemas de envolvente constante desde el punto de vista del terminal es crítica dado que la alta linealidad requerida para la amplificación de estas últimas señales condiciona grandemente el rendimiento de los amplificadores de potencia, que a su vez condiciona la duración de las baterías, pudiendo ser determinante para aplicaciones en las que se requiera una potencia alta. La selección final dependerá de los requerimientos del sistema, el entorno de operación y la capacidad deseada.

Entre los principales candidatos de métodos de acceso múltiple para los sistemas de tercera generación se citan tres:

- Acceso Múltiple por división de tiempo, TDMA.
- Acceso Múltiple por división de Código, CDMA.
- Acceso Múltiple por reserva de paquete, PRMA.

Todos ellos tienen ventajas e inconvenientes.

El TDMA es la tecnología utilizada en los sistemas de segunda generación. Es una tecnología madura cuya mayor ventaja es la economía de las estaciones de base en las que el procesamiento de señal puede llevarse a cabo en banda de base y la comparación de recursos se lleva a cabo en las etapas de radiofrecuencia más costosas que las anteriores.

La técnica de CDMA goza de una alta inmunidad ante las interferencias que le es inherente. En teoría se podría utilizar el mismo conjunto de frecuencias en cada célula y el patrón de reutilización podría ser la unidad.

La dispersión de la energía sobre un gran ancho de banda puede hacer posible solapar una secuencia CDMA con usuarios de banda estrecha sin que se afecten adversamente unos a otros. Esta técnica puede presentar problemas regulatorios, ya que requiere la asignación de espectro continuo sobre un amplio ancho de banda. Su eficiencia en sistemas de poca capacidad es cuestionable. Por otra parte determinados aspectos de la utilización de esta técnica deben ser estudiados todavía, como el control de potencia, la sincronización en ambientes multioperador y la compatibilidad con el concepto de esquemas mixtos micro células-macrocélulas debe ser comprobada todavía.

Los sistemas PRMA son conocidos por su capacidad para explotar los períodos de silencio en las fuentes de tráfico mediante la multiplexación estadística. En los sistemas PRMA la transmisión se organiza en tramas de longitud constante subdivididas en ranuras (slots). El principio básico es ocupar una ranura de tiempo mientras existe voz y liberarlo durante los intervalos de silencio.

Para los sistemas de tercera generación existen dos candidatos importantes en cuanto a las técnicas de transmisión dúplex: transmisión dúplex por división en el tiempo (Time Division Duplex o TDD) y la transmisión dúplex por división en la frecuencia (Frequency Division Duplex o FDD) Dúplex por división en el tiempo: esta técnica es muy útil en las situaciones indoor o en microcélulas en las que podría existir la posibilidad de sincronización. La idea básica es bien conocida: unas distintas ranuras de tiempo sobre la misma portadora. Mediante esta técnica es más fácil la planificación de fre-

cuencias y los esquemas de asignación dinámica de canales. Presenta sin embargo algunos inconvenientes: se requiere un tiempo de guarda que es proporcional al tamaño de la célula y por otra parte obliga a utilizar tasas binarias altas, lo que puede plantear problemas de dispersión temporal y de propagación en células grandes.

Una alternativa en estudio es la técnica conocida como «dual frequency time division duplexing». Esta técnica requiere dos bandas emparejadas una para el enlace ascendente y otra para el enlace descendente, pero debe existir un adelanto en la transmisión para compensar el retardo de propagación. Este esquema es mejor en grandes células debido a que la tasa binaria de transmisión es menor y se reducen los efectos de dispersión temporal.

En un esquema de cobertura mixto, macrocélulas-microcélulas el uso de diferentes técnicas de duplexado dependiendo del entorno puede imponer nuevos requerimientos a los procedimientos de traspaso de llamadas.

Además la asignación de 230 MHz a los FPLMTS/UMTS llevada a cabo en la WARC'92 no es contigua y no puede ser dividida fácilmente en dos subbandas, complicando aún más los esquemas de duplexación.

Puede pensarse en la viabilidad de implementar los sistemas de tercera generación mediante una red independiente o como parte de la RDSI de banda ancha, pero en cualquier caso se apoyarán en el concepto de red inteligente como ya se ha comentado.

Conviene distinguir en cuanto a la movilidad dos conceptos:

Movilidad del terminal y movilidad personal. Esta última obliga a que la red tenga la capacidad de identificar al usuario en base a un número de identificación personal independientemente de su ubicación y del terminal usado, de modo que el abonado pueda iniciar o recibir llamadas desde cualquier terminal.

Para el UMTS la movilidad personal será obtenida primariamente a través del servicio conocido como Telecomunicación personal Universal (UPT) que exige las siguientes capacidades:

- La red debe ser capaz de enrutar una llamada a un destino elegido por el usuario.
- Las tarifas se deben cargar a una cuenta personal independientemente de la ubicación geográfica del acceso a la red utilizado, pero en una cuantía dependiente del servicio prestado.
- El usuario debe poder manipular un conjunto de parámetros de su abono, en particular la definición del destino de las llamadas entrantes.

Con estas capacidades los usuarios serían capaces de obtener el acceso a la red desde cualquier terminal UMTS/FPLMTS mediante el uso de algún dispositivo de identidad de abono (análogo al concepto de SIM card del GSM).

La movilidad del Terminal es proporcionada por una red radioeléctrica móvil. Permitirá al usuario acceder a servicios de Telecomunicación desde diferentes partes de la red UMTS tanto en un estado estacionario como en movimiento. Este hecho confiere una importancia fundamental a dos características: la gestión de la localización y la gestión de los traspasos de llamadas. En concreto el traspaso

de llamadas no debe provocar el uso ineficiente de los recursos de la red fija. Esto es un problema importante que involucra el coste de las rutas, la topología de la red e incluso en ambientes multioperador, la propiedad de los elementos de red. Adicionalmente la encriptación y las funciones de seguridad e integridad de las comunicaciones no deben verse perturbadas por el mecanismo de traspaso de llamadas especialmente sin advertir previamente al usuario.

El concepto de comunicaciones personales implica la disponibilidad de medios de comunicación en cualquier lugar del mundo. Esto no siempre será posible en regiones remotas, subdesarrolladas, desérticas en las que no existe infraestructura de comunicaciones móviles y el coste de realización de una red no es rentable. Para satisfacer las necesidades de comunicaciones en estas situaciones se ha pensado en los sistemas por satélites.

Los precedentes en la utilización de satélites para comunicaciones móviles más significativos son, probablemente, los servicios soportados por los distintos sistemas de INMARSAT, examinados en el apartado anterior. Los diversos servicios soportados por INMARSAT se basan en la utilización de satélites geoestacionarios y han sufrido una evolución importante con reducciones progresivas de precios, peso y volumen del terminal móvil, aunque sin llegar a ofrecer terminales de tamaño y precio comparables a los del servicio celular, lo que sin duda ha constituido un «handicap» para su mayor penetración en el mercado.

Diversos consorcios, a nivel internacional, están desarrollando iniciativas o proyectos para ofrecer servicios móviles de telecomunicación personales basados en la utilización de satélites, todos ellos con el objetivo común de proporcionar comunicaciones móviles digitales a usuarios dotados de terminales móviles portátiles («hand held»).

El Servicio Trunking es un servicio de radiocomunicaciones privado ofrecido por operadores particulares a empresas o compañías como solución de transmisión por radio de voz y datos entre la central de operaciones de la empresa y su personal, o entre el propio personal.

Trunking es un sistema de concentración de enlaces por el cual el tráfico generado por un colectivo de usuarios móviles se ofrece a un conjunto determinado de canales, de forma que existe una asignación dinámica de radiocanales. Esta función se realiza mediante el protocolo MPT 1327, convertido en norma europea para la gestión de los canales, que adopta el protocolo de señalización digital ALOHA ranurado.

Existen dos tipos de sistemas trunking:

- Monoemplazamiento, son adecuadas para la prestación de servicios trunking en zonas de cobertura como las que puede alcanzarse con una sola estación radioeléctrica.
- Multiemplazamiento, en caso de coberturas de gran extensión, constituyéndose la red por un conjunto de nodos cada uno de los cuales gestionará y pondrá a disposición de los móviles de su zona un juego de frecuencias.

3. ACCESO INALÁMBRICO: WLL, LMDS.

WLL. Es un acrónimo por Wireles Local Loop, es decir, otro nombre para las comunicaciones inalámbricas.

LMDS es sistema de comunicación punto-a-multipunto inalámbrico de banda ancha que trabaja por encima de los 20 GHz (dependiendo del país de la licencia) que puede ser utilizado para dar servicios digitales de datos, de voz de ida y vuelta, Internet, y vídeo. El acrónimo LMDS proviene de lo siguiente:

- S (servicio): implica la naturaleza del abonado de la relación entre el operador y el cliente; los servicios llevados a cabo mediante redes LMDS son totalmente dependientes de la opción de negocio del operador.
- L (local): denota que las características de propagación de las señales en este rango de frecuencia limita el área de cobertura potencial de un sitio determinado; pruebas en campos externos llevados a cabo en centros metropolitanos sitúan el rango de transmisión más allá de las 5 millas.
- D (distribución): se refiere a la distribución de señales, que consiste en voz, datos, Internet, y tráfico de vídeo simultáneo.
- M (múltiple): indica que las señales son transmitidas por un método punto-a-múltiples-puntos o de difusión. El camino de vuelta inalámbrico del suscriptor a la estación base es una transmisión punto-a-punto.

Las redes fijas punto-a-punto inalámbricas han sido normalmente desarrolladas para ofrecer enlaces dedicados de alta velocidad entre nodos de alta densidad en una red. Los avances más recientes en la tecnología punto-a-múltiples-puntos ofrecen a los proveedores de servicios un método para dar un acceso local de alta capacidad que requiere un menos capital que una solución cableada, más rápida de desplegar, capaz de ofrecer una combinación de aplicaciones. Además, como gran parte del coste de la red inalámbrica no se crea hasta que el equipo del cliente no está instalado (CPE), el operador del servicio de red calcula los gastos y los hace coincidir con la entrada de nuevos clientes. Los beneficios se pueden resumir así:

- Menos costes de entrada y por desarrollo.
- Facilidad y rapidez en el desarrollo.
- Altos beneficios.
- Estructura basada en la demanda.

El coste cambia de componentes fijos a variables (con los sistemas cableados tradicionales, la mayoría de la inversión de capital es en infraestructura, mientras que con LMDS un mayor porcentaje de la inversión va destinado a CPE, lo que significa que un operador gasta dólares sólo cuando un nuevo cliente inversor firma).

Con LMDS son posibles varias arquitecturas de red. La mayoría de los operadores de sistemas usarán diseños de acceso punto-a-punto inalámbrico, aunque los sistemas punto-a-punto y los sistemas de distribución de TV pueden ser provistos con LMDS. Se espera que los servicios LMDS sean una combinación de voz, vídeo y datos. Por lo tanto, ambos de transferencia asíncrono (ATM) y el protocolo de Internet (IP) metodologías de transporte son prácticas cuando son vistas en el gran sistema de infraestructuras de una nación. La arquitectura de redes LMDS consiste principalmente en cuatro partes: centro de operaciones en red (NOC), estructura basada en fibras, estación base y CPE.

El NOC contiene el equipo del sistema de manejo de la red (NMS) que controla grandes regiones de la red del cliente. Múltiples NOCS pueden conectarse entre sí. La infraestructura basada en fibra normalmente está formada de una red óptica síncrona (SONET), portador óptico (OC), enlaces -12, OC -3 y DS-3; equipo de la oficina central (CO); sistemas de switching ATM e IP; y interconexiones con internet y redes públicas intercambiables de teléfono (PSTN).

La estación base es donde ocurre la conversión de estructura de fibra a estructura inalámbrica. El equipamiento de la estación base incluye la interfaz de red para la terminación de fibras; las funciones de modulación y demodulación; transmisiones microondas y equipo de recepción por normal general localizadas encima del techo.

La arquitectura alternativa de la estación base simplemente provee de conexión a la estructura de fibras. Esto fuerza a todo el tráfico a finalizar en intercambios ATM o equipos CO en algún lugar de la estructura de fibras. En este escenario, si dos clientes conectados a la misma estación base desean conectarse entre ellos, lo hacen en una localización centralizada. Los cobros, identificaciones, registros, y funciones de manejo de tráfico se realizan centralizadamente.

Las configuraciones de los requisitos del cliente varían ampliamente de proveedor a proveedor. Principalmente, todas las configuraciones incluirán equipamiento exterior microonda y equipamiento digital interno proveyendo modulación, demodulación, control y funcionalidad de requisitos del cliente. El CPE puede acceder a la red usando metodologías de acceso múltiple de división de tiempo (TDMA), acceso múltiple de división de frecuencias (FDMA), o acceso múltiple de división de código (CDMA). Los requisitos de interfaces del cliente harán funcionar al completo desde la señal digital, nivel cero (DS-0), antiguo servicio telefónico (POTS), 10baseT, DS-1 desestructurado, DS-1 estructurado, tanda de marcos, ATM25, ATM de serie sobre T1, DS-3, OC-3, y OC-1. Los requisitos de localización del cliente abarcarán desde grandes empresas (p.e. edificios de oficinas, hospitales, campus), en los que el equipamiento microonda es compartido por varios usuarios, a zonas peatonales y residenciales, en cuyas oficinas se requieren 10 baseT y/o dos líneas POST para poder conectar. Obviamente, diferentes requisitos de localización requieren diferentes configuraciones de equipo y diferentes puntos de precio.

Según se vayan desarrollando los sistemas inalámbricos LMDS, los estándares serán cada vez más importantes. Las actividades estándares actualmente subyacentes incluyen actividades del forum ATM, el consorcio del sonido y del vídeo Digital (DAVIC), el Instituto Europeo de estándares de la telecomunicación (ETSI), y la unión de telecomunicaciones internacionales (ITU). La mayoría de estos métodos usan celdas ATM como principal medio de transporte.

Los operadores de sistemas LMDS ofrecen diferentes servicios y tienen diferentes sistemas de legislación, socios financieros y estrategias de negocio. Como resultado, la arquitectura del sistema diferirá en cada sistema. La arquitectura más común comparte la estación base en un mismo sitio. El equipo digital interno se conecta a la infraestructura de red, y el equipo externo de microondas agrupado encima del techo es alojado en la misma localización. Como norma general, la frecuencia de radio (RF) preparada para estos usos de red utiliza diversos sistemas microondas del sector, en los que transmite –y recibe– antenas sectoriales que proveen de un ancho de banda de 90-, 45-, 30-, 22,5-, o 15 grados. El área de cobertura ideal alrededor del sitio de la celda está dividido en 4, 8, 12, 16, o 24 sectores.

Estructuras alternativas incluyen la conexión de la unidad interna de la estación base a una transmisión múltiple remota microondas y sistemas de recepción con interconexión de fibra análoga entre

la unidad interna de datos (IDU) y la unidad externa de datos (ODU). Este acercamiento consolida el equipamiento digital, proveyendo redundancia acrecentada, reduciendo costos de servicio y acrecentando el uso común de fuentes digitales a lo largo de una gran área.

Los diseños de sistemas inalámbricos están contruidos en base a tres metodologías de acceso: TDMA, FDMA y CDMA. Estos métodos de acceso se aplican a la conexión desde el sitio de la petición del cliente a la estación base, conocida como la dirección de subida. Actualmente, la mayoría de los sistemas operativos y operaciones estándares conducen a los accesos TMDA y FDMA.

En la dirección de bajada, de la estación base a los requisitos del cliente, la mayoría de las compañías proporcionan corrientes de divisiones de tiempo múltiples (TDM) a un sitio específico (conexión punto-a-punto) o a un sitio múltiple (diseño de sistema punto-a-múltiples-puntos).

Con los enlaces de acceso FDMA y TDMA, tanto subiendo como bajando, hay un número de factores que influyen en su eficiencia y en su uso. Para enlaces FDMA, la petición del sitio cliente es el ancho de banda localizado diseñado para responder a la explosión de datos del sitio cliente. Estos dos métodos de acceso probablemente proveerán la mayoría de los enlaces de acceso a sistemas LMDS en los próximos años. La elección entre estos accesos está directamente relacionada al caso de negocio del sistema operativo, estrategia de servicio y objetivo de mercado.

La petición de grandes clientes puede requerir un DS-3 inalámbrico o conexiones DS-1 destrutturadas múltiples. Un cliente compraría el uso de de esta conexión inalámbrica obviando que ese ancho de banda esté disponible 24 horas al día. En dicho caso, los enlaces de acceso FDMA tienen sentido, porque el usuario está pagando y recibiendo ancho de banda dedicado por encima del sistema de acceso inalámbrico así como sobre la infraestructura de red. Como norma general, los enlaces FDMA terminan en un circuito demodulador dedicado FDMA en la estación base.

El cliente del caso extremo podría ser una petición de un cliente que necesite un único puerto 10baseT para acceder a Internet. Estos usuarios tienen escasa demanda de tráfico de subida de datos (el principal tráfico son paquetes de conocimiento y peticiones de datos) pero pueden tener abundantes peticiones de bajada de datos. En este caso, el acceso TDMA tiene sentido, permitiendo a los usuarios de bajo rango de datos que compartan un único canal. Además, la estación base da fin al enlace de acceso TDMA en un sencillo modem, permitiendo a varios clientes compartir ese modem en la estación base.

La mayoría de los sistemas operativos tendrán un mezclador de servicios y un objetivo de mercado que vacila entre estos dos casos. La opción de los métodos de acceso TDMA y/o FDMA con el sistema resulta del diseño del sistema y del sistema operativo.

Como ejemplo final, supongamos se desea servir a un edificio de oficinas de seis plantas que contiene 20 empleados por planta. Esto nos da una cuenta total de 120 líneas POTS. Cada oficina usa normalmente varias tandas en la estructura. DS-1, líneas de fax, y líneas de modem. Algunas oficinas desean conectar su red local Ethernet de área (LAN) a la red de área ancha (WAN) usando routers. El sistema operativo sabe que sólo un tanto por ciento de las oficinas se pasará a un proveedor de servicios inalámbricos.

LMDS (Local Multipoint Distribution Services), una tecnología inalámbrica fija que opera en la banda de los 28 GHz y cubre distancias hasta 3-5 kilometros. LMDS puede alcanzar hasta 2 Gbps, pero su alcance medio normal es de 38 Mps (downstream).

4. GSM: ARQUITECTURA Y EVOLUCIÓN DE DATOS.

Los sistemas analógicos de telefonía móvil celular son incompatibles entre sí. Un terminal únicamente puede funcionar en el entorno de su propio sistema. En Europa están operando distintos sistemas lo que impide que un usuario pueda acceder a otra red aparte de la propia a la que está abonado. Por otra parte, estos sistemas tienen en general una eficiencia espectral bastante limitada. Su elevado consumo de espectro radioeléctrico obliga a limitar el número de usuarios. Tamaño, peso y coste de terminales son otros de los factores que dificultan una mayor penetración de mercado. La adopción de un único sistema eliminaría dichas limitaciones en base a una economía de escala.

Ante estas circunstancias, el Parlamento Europeo aprobó en 1987 la Directiva 87/37/IEEC para la especificación técnica, desarrollo e implementación de un único sistema de telefonía móvil celular de tecnología digital en Europa que posteriormente fue denominado GSM. Estas siglas corresponden a «Groupe Special Mobile», grupo de trabajo que se constituyó para iniciar las actividades de GSM, aunque en la actualidad responden a «Global System Mobile».

La arquitectura de la red GSM se divide básicamente en tres sistemas:

- Conmutación.
- Estación base.
- Operación y mantenimiento.

Estos sistemas están formados por un conjunto de elementos con funciones muy específicas:

- Mobile Station (MS).

Constituye el equipo móvil de abonado.

- Base Station System (BSS).

Realiza funciones de control y de cobertura de radio para una o más celdas y sus estaciones móviles asociadas. Controla los niveles de potencia de la señal tanto de las estaciones base como de las móviles, gestiona el traspaso de llamadas entre celdas que están bajo su control, etc.

A su vez está constituido por los siguientes elementos:

- a) Base Transceiver Station (BTS).

Contienen los equipos de radio transmisores y receptores necesarios para cubrir una o varias celdas. Sus funciones más importantes son:

- Codificación/decodificación de los canales y cifrado.
- Medidas de la intensidad de la señal.

- Búsqueda de las estaciones móviles.
- Recepción de peticiones de canal de las mismas.

b) Base Station Controller (BSC).

Realiza las funciones de control de los equipos transceptores de la BTS e interconecta este sistema con la central de conmutación.

- Mobile Switching Center (MSC).

Realiza las funciones de interfaz entre la red GSM y las redes públicas. Sus funciones más importantes son:

- Establecimiento, enrutamiento y finalización de la conexión.
- «Handover» o traspaso de las llamadas entre centrales.
- Servicios suplementarios y tarificación.

- Home Location Register (HLR).

Almacena los datos relativos a la unidad móvil y al abonado tales como sus números identificativos, servicios a los que está abonado, servicios suplementarios, etc. También informa dinámicamente de dónde se encuentra el móvil.

- Visited Location Register (VLR).

Contiene información de los móviles que visitan el área de cobertura del MSC al que está asociado. Intercambia sus datos con el HLR.

- Equipment Identity Register (EIR).

Base de datos que almacena los datos identificativos internacionales de los equipos móviles.

- Operations and Maintenance Centre (OMC).

Controla y monitoriza el estado general de la red conectándose a los elementos de la misma generalmente vía X.25.

La descripción formal de los elementos anteriormente citados se recoge en la Especificación ETSI/GSM 03.02 (Network architecture).

Mediante los adecuados interfaces, la red GSM se puede interconectar con otras redes:

- Public Switched Telephone Network (PSTN) .
- Public Switched Packet Data Network (PSPDN).
- Integrated Services Digital Networks (ISDN).

Dentro de esta arquitectura general, los elementos que principalmente determinan las necesidades de servicios portadores y la interconexión de la propia red GSM a otras redes son el MSC, BSC y BTS.

El DCS-1800 es un sistema celular cuya especificación ha sido desarrollada por ETSI. El objetivo ha sido concebir un sistema (infraestructura de red y servicios) más adaptado a las condiciones propias de núcleos con grandes densidades de usuarios. Es una variante del GSM. Por tanto, la normativa ETSI y la tecnología de ambos sistemas son prácticamente idénticas. ETSI ha publicado recomendaciones específicas para el DCS-1800 (que complementan a las del GSM) denominadas recomendaciones «delta».

Los sistemas de telecomunicación presentes dirigen las comunicaciones hacia emplazamientos físicos concretos, donde la llamada es atendida por la persona que se halle en dicha ubicación. Los servicios de comunicaciones personales en cambio dirigirán las llamadas a personas concretas, de ahí su denominación, con independencia de la ubicación física donde el destinatario se encuentre. Se trata de identificar abonados o usuarios en lugar de elementos terminales de las diversas redes. Para lograrlo, cada abonado o usuario tendrá que disponer de un terminal portátil al que pueda ser llamado en cualquier lugar.

Todo ello conduce a sistemas multiservicio, multioperador y multiambiente. El interfaz radioeléctrico deberá tener una capacidad suficiente para facilitar una buena cobertura y ser suficientemente flexible.

Las características de estos sistemas móviles, de tercera Generación como se ha dado en llamarlos, se han comenzado a definir en algunos Organismos que llegan, con independencia unos de otros, a conclusiones análogas. Así destacan el proyecto RACE conocido como Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS).

PCN (Personal Communications Network) es un concepto que se asocia a las futuras redes de comunicaciones móviles que proporcionarán servicio a sus usuarios, independientemente del lugar donde se encuentren y a través de un único terminal portátil de bajo coste.

Una red PCN debe englobar las ventajas principales de varios de los sistemas existentes:

- La gran movilidad que permiten las redes celulares.
- La facilidad de acceso a las redes públicas de los sistemas Telepunto.
- La capacidad de gestionar zonas con alta densidad de usuarios (tráfico) del sistema DECT.
- El bajo coste del terminal.

Actualmente, existen varias tecnologías que por el tipo de prestación pueden considerarse «pre-PCN», veamos entre ellas DECT:

Estándar europeo digital para telefonía sin hilos en la banda de 1900 Mhz con el que se están realizando experiencias piloto en varios países europeos.

PARÁMETRO	DECT
Frecuencia	1,8 GHz
Tamaño de celdas	25 m a 100 m
Tecnología	TDMA
Tipo de Red	Acceso móvil a PSTN
Capacidad de tráfico (erlangs/km ²)	10.000 +
Handover	Sí
Selección dinámica de canales realizada por	Terminal
TERMINAL	
Peso del portátil (gms)	200
Potencia de salida	0,8 w.
Tamaño del portátil	150 × 50 × 20 mm

DECT no es por sí solo una red PCN, si bien podrá construir una parte fundamentalmente de la misma (conviene recordar que DECT define un «interfaz aéreo» y no proporciona infraestructura de red inteligente). DECT se configura como una forma de acceso a otras redes tanto celulares como fijas. Los sectores con mayor volumen de negocio del mercado PCN (residencial u oficinas) son soportados perfectamente por la tecnología DECT a través de un único terminal, cosa que no ocurre con el GSM y su variante DCS 1800.

No obstante, para que DECT alcance plenamente el concepto PCN es necesario que a través de ese único terminal y en condiciones de máxima movilidad (desde el propio coche u otros vehículos de servicios públicos) se pueda acceder a los servicios prestados por la red PCN.

Ante estas circunstancias, se están considerando arquitecturas de red híbridas que integran DECT y GSM bajo los siguientes términos:

- Utilización de un único terminal basado en tecnología DECT.
- Disposición de microceldas DECT en las áreas de mayor concentración de tráfico (Para dar servicio a los sectores residencial y de oficinas).
- Disposición de celdas GSM para dar servicio a vehículos y a los «cluster» de celdas DECT en zonas con menor concentración de tráfico.

El funcionamiento de un sistema celular requiere la disponibilidad de la facilidad de localización del móvil y mantenimiento de la misma (radiobúsqueda, «paging»).

5. GPRS, HSCSD. INTERNET Y WAP. SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN: UMTS.

El futuro no es una red de telefonía fija, otra móvil, otra de televisión por cable, etc., sino la convergencia de todas ellas en una sola. Una única red IP por la que viaje todo tipo de datos, desde la voz hasta la imagen, donde podremos estar conectados de manera continua para realizar cualquier tipo de operación.

Los resultados los vemos ahora: unos 250 millones de personas, repartidas en unas 300 redes operativas, utilizan GSM en todo el mundo. Esto supone que podemos viajar a gran cantidad de países extranjeros y utilizar nuestro móvil GSM en roaming, siempre y cuando, nuestro operador tenga acuerdos comerciales con los establecidos en la nación en la que nos encontremos.

Estados Unidos es uno de los países que se rige por sus propios estándares. Hace tiempo decidieron implantar sus propios sistemas de telefonía móvil, repartidos en una ingente cantidad de redes que nunca cubren el inmenso territorio (AMPS para la telefonía analógica y D-AMPS para la digital). En definitiva, que si queremos viajar a este país, tendremos que hacernos con un teléfono que funcione en estos sistemas si queremos realizar roaming.

El coste de esta falta de estandarización es muy alto. Por un lado tenemos la lógica incomodidad para cualquier usuario y la inversión que algunos han de asumir al verse obligados a comprar más de un terminal si viajan a menudo a Norteamérica. Pero los inconvenientes para la industria son mayores. Si una firma sólo tuviera que diseñar terminales para un único sistema y no para tres, cuatro o cinco, los costes de fabricación disminuirían de manera muy sustancial.

WAP (Wireless Application Protocol) es un protocolo que permite acceder desde dispositivos sencillos como un móvil a buena parte de los servicios que proporciona Internet: navegación, correo, grupos de noticias e incluso al chat.

Es una manera de simplificar las actuales páginas web, repletas de banners e iconos que ralentizan en exceso la carga de las mismas. Por esto, si eliminamos todos los elementos innecesarios, nos centramos en el texto y lo presentamos en un formato reducido que pueda entrar en la pequeña pantalla de un teléfono, tenemos WAP.

En efecto, uno de los mayores inconvenientes de Wap para el usuario es el elevado coste, dado que el precio de la conexión aún se cobra por tiempo. Para evitar que WAP se quede en el olvido porque a los usuarios les resulte caro, se plantean dos posibles soluciones.

- La primera es que el operador ofrezca una tarifa plana para la transmisión de datos por una módica cantidad.
- La segunda es que se creen nuevas tecnologías que nos permitan tarificar por la información recibida/enviada, es decir, por el tráfico generado en la red.

La solución a este problema la trae GPRS (General Packet Radio Service).

Este estándar rompe con la tradicional tecnología de conmutación de circuitos y permite la conmutación de paquetes, por lo que muchos dicen que estamos ante la 2.5G de la telefonía móvil. Las ventajas que trae la utilización de paquetes son que proporciona estupendas velocidades de conexión, pudiendo llegar a los 115 kbps. Además es una tecnología que puede aplicarse perfectamente sobre la red GSM desplegada, sin necesidad de invertir en nuevas infraestructuras. Además, la red es capaz de gestionar

mejor sus recursos, ya que al manejar pequeños paquetes de datos puede decidir la ruta idónea para cada uno de ellos. Y por supuesto, nos ofrece la posibilidad de cobrar por la cantidad de información movida en la red, y no por el tiempo que estemos conectados. Podremos mantener la conexión de manera continua sin que debamos pagar si no realizamos peticiones de información, y lo mejor, sin que ocupemos canales disponibles, ya que sólo los necesitaremos cuando movamos datos.

GPRS es un servicio portador que se basa en la conmutación de paquetes realizando la transmisión sobre la red GSM que usamos actualmente. Al sistema GPRS se le conoce también como GSM-IP ya que usa la tecnología IP (Internet Protocol) para acceder directamente a los proveedores de contenidos de Internet.

En este tipo de técnica no se establece un canal dedicado para cada usuario sino que la conexión se realiza en el momento de utilización del canal. Por lo tanto, se pierde el concepto de facturación por tiempo, pasando a ser por utilización del canal de emisión. Además la voz y los datos se multiplexan, permitiendo su recepción y envío de manera simultánea.

La velocidad de conexión puede llegar a los 115 kbps, 12 veces más que la permitida por la red actual GSM (9,6kbps). En consecuencia, GPRS hace posible que la tecnología WAP pueda despojarse de uno de sus problemas más acuciantes: la velocidad de transmisión.

Sin duda, la introducción de GPRS implica una revolución en los aspectos técnicos, de nuevos servicios y de negocio. Las principales características de GPRS son:

- El acceso radio es por paquetes de datos, de manera que hasta 8 usuarios pueden compartir eficientemente un único timeslot de radio que hasta ahora era asignado a un único usuario. Además, un usuario puede utilizar simultáneamente 8 timeslots.
- La conmutación en GPRS se realiza a nivel de paquetes de datos. En las redes convencionales, una llamada de datos utiliza un timeslot dedicado por el tiempo que dure la conexión, por lo tanto es muy ineficiente en la utilización de recursos para servicios de datos como acceso a WEB o email. Sin embargo, la conmutación en GPRS se realiza a nivel de paquetes de datos. El subsistema de red GPRS constituye una infraestructura paralela a la de GSM, que conmuta y transmite los datos de una manera eficiente. Los nodos de conmutación se comunican por medio de una red IP dedicada.
- La tarificación es por volumen de datos intercambiado. La tarificación cambia enormemente: de la tarificación por duración y destino de la llamada se pasa a una tarificación por volumen de datos intercambiados, calidad de servicio y tipo de servicio.
- La red GPRS se puede comunicar con redes TCP/IP externas (Internet) o internas del propio operador (intranet). La interconexión con redes de datos externas implica aspectos de seguridad y gestión de direcciones IP.
- GPRS ofrece un gran potencial para la creación de nuevos servicios de valor añadido. Estos servicios se pueden crear de una manera rápida y flexible al igual que ocurre en Internet. En el futuro, la competencia entre los operadores se centrará en el área de los servicios.

Cuando un usuario transmite datos, éstos son encapsulados en paquetes, en cuya cabecera se indica las direcciones origen y destino. Cada uno de estos paquetes puede seguir rutas diferentes (modo datagrama) a través de la red hasta llegar a su destino. Además, los paquetes originados por distintos usuarios pueden ser intercalados, con lo que se comparte la capacidad de transmisión.

Los paquetes no son enviados a intervalos de tiempo, sino que cuando se necesita se asigna la capacidad de la red, siendo liberada cuando no es necesaria. Esto es, GPRS utiliza los recursos radio solamente cuando hay datos que enviar o recibir, adaptándose así perfectamente a la muy intermitente naturaleza de las aplicaciones de datos.

Mientras que el actual sistema GSM fue originariamente diseñado con un especial énfasis en las sesiones de voz, el principal objetivo de GPRS es ofrecer un acceso a redes de datos como Internet. Estas redes consideran GPRS como una subred cualquiera.

El actual sistema GSM opera en un modo de transmisión de circuitos conmutados «extremo a extremo», en el cual los circuitos son reservados a lo largo del sistema para el uso de una sola comunicación, incluso cuando no se transmiten datos.

GPRS ofrece una transmisión de paquetes «enlace a enlace» a lo largo de la red en distintas fases. Por ejemplo, una vez que el paquete de datos ha sido transmitido a través de la interfaz aérea, los recursos radio pueden ser liberados para el uso por parte de otros usuarios. Después de esto, el paquete viaja hacia su destino a través de la red troncal GPRS, y posiblemente transitará por otra serie de redes incluyendo, por ejemplo Internet.

El grado de calidad del servicio proporcionado a nivel radio es de vital importancia en un sistema GPRS, pero muy frecuentemente es obviado por la novedad de los otros nuevos componentes que incorpora GPRS. La calidad ofrecida a nivel radio está directamente relacionada con la calidad de servicio ofrecida en términos de velocidad de datos alcanzable (en la práctica alrededor de 64 Kbps).

Ofrecer una buena calidad de señal radio es esencial para asegurar que los usuarios puedan alcanzar altas velocidades de transmisión de datos. Una red de radio pobremente optimizada actuará como cuello de botella y sólo ofrecerá altas prestaciones en muy pocas zonas (normalmente restringidas a lugares muy cercanos a las estaciones base del sistema).

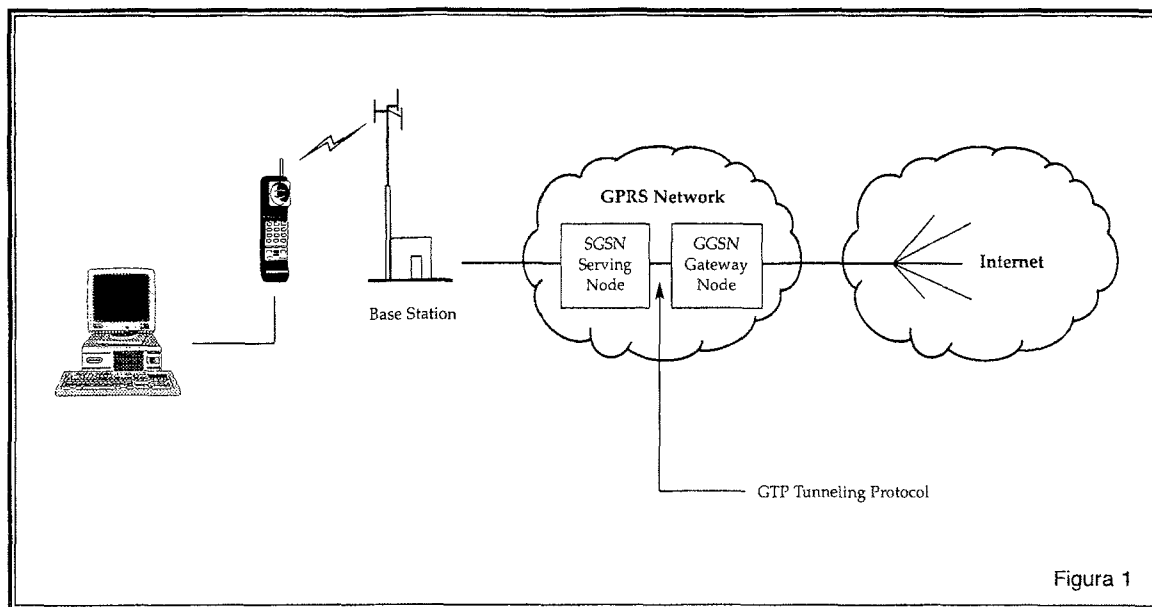
Como consecuencia de todo lo anterior, se están investigando nuevas técnicas radio para su aplicación en las redes GPRS, así como esquemas de planificación de frecuencias que aseguren la mayor eficiencia posible en la interfaz radio de GPRS.

• ARQUITECTURA.

El sistema GPRS, además de las actuales entidades GSM, requiere una serie de nuevos elementos como:

- El nodo GGSN (Gateway GPRS Support Node). Nodo pasarela que realiza la interfaz con las redes de datos externas. Incorpora funciones de firewall, encapsulado y traducción de direcciones IP. El estándar incluye la interfaz con redes externas de IP y X.25.
- El nodo SGSN (Serving GPRS Support Node). Nodo de conmutación de paquetes que se sitúa jerárquicamente al mismo nivel que las centrales convencionales de GSM (MSC).
- La estructura principal o red troncal GPRS (backbone).

Junto con los elementos anteriores, la implementación del servicio GPRS requiere la gestión de la movilidad específica en GPRS, la gestión de red, una nueva interfaz aérea para el tráfico de paquetes, nuevas funcionalidades de seguridad para la red troncal GPRS y un nuevo algoritmo de cifrado.



Podemos destacar principalmente 2 beneficios que nos aporta el servicio GPRS:

– Velocidad:

La velocidad de conexión puede llegar a los 115 kbps. Esto hace que la información se transmita con mayor rapidez, inmediatez y eficiencia, y de forma más económica que con SMS (mensajes cortos) o CSD (conmutación de circuitos).

– Inmediatez:

El servicio que ofrece GPRS es no orientado a conexión, esto es, no se establece la llamada antes de comenzar a transmitir. Esto hace que los usuarios GPRS estén siempre conectados, lo cual es muy importante en aplicaciones críticas en tiempo (p.ej. acciones bancarias).

- **APLICACIONES GPRS** permite nuevas aplicaciones antes imposibles en la red GSM debido a sus limitaciones de velocidad y longitud de los mensajes, muchas de las cuales son aplicaciones típicas de Internet. Esto nos va a permitir la integración de ambos mundos: telefonía móvil e Internet.

Algunos ejemplos de estas aplicaciones son:

- Correo electrónico.
- Servicios de chat.
- Información visual y textual.
- Mensajes cortos optimizados.
- Transmisión de imágenes fijas.
- Transmisión de imágenes en movimiento.

- Navegación web.
- Teletrabajo.
- Servicios de audio.
- Ubicación de vehículos.
- Acceso remoto a redes locales.
- Transferencia de ficheros, etc.

Las mayores dificultades para avanzar con la tecnología GPRS radican en el desarrollo de los teléfonos y no en el desarrollo de la red que ha de gestionar el tráfico que se produzca. Actualmente ya existen en el mercado varios modelos que soportan tecnología GPRS.

• EVOLUCIÓN HACIA UMTS.

Habitualmente, a GPRS se le denomina como la generación 2.5, es decir, el paso intermedio hacia los sistemas UMTS de tercera generación.

GPRS servirá a los operadores para comenzar a implantar aplicaciones, servicios e infraestructuras que serán plenamente desarrollados con UMTS. Se podría decir que el éxito de UMTS está condicionado a que los operadores hayan logrado introducir GPRS en la red y entre sus usuarios.

El subsistema radio de UMTS podrá conectarse a la infraestructura de conmutación creada para GPRS. Por lo tanto, ayudará a lograr una transición menos traumática hacia UMTS, a la vez que se asegura la inversión realizada en equipos de GSM/GPRS.

Con la incorporación de GPRS, las redes GSM podrán ya ofrecer una variedad de aplicaciones de datos: e-mail, acceso a internet, acceso a bases de datos, etc. Las aplicaciones que requieran un elevado ancho de banda, como la transmisión de vídeo de alta calidad y multimedia sólo podrán ofrecerse con la llegada de sistemas que ofrezcan mayores velocidades de transmisión como el UMTS.

La evolución de la red proporcionará nuevas capacidades que podrán utilizarse para ofrecer nuevos servicios. Sin embargo, es posible seguir una estrategia en la que la migración de GSM hacia UMTS vía GPRS se realice sin cambiar la percepción del usuario final sobre los servicios que utiliza, simplemente añadiendo más contenido al servicio, a medida que la capacidad de transmisión de la red aumenta. En lo que respecta al usuario, el servicio sigue siendo el mismo, pero con más contenido. Para el operador, el usuario puede «migrarse» hacia UMTS de manera que, aunque cambie el terminal a uno UMTS, no cambie la percepción del servicio por parte del usuario.

La importancia de que un mismo servicio pueda ser percibido de la misma manera independientemente de la tecnología subyacente, implica el uso de una serie de interfaces comunes en las aplicaciones (API, Application Programming Interface). Éstas incluirán APIs para monitorizar y controlar aspectos de la llamada, presentación de textos/gráficos, interacción con la interfaz de usuario y acceso al contenido.

Como conclusión, GPRS sienta las bases para la evolución hacia UMTS, integrando de manera eficaz la telefonía móvil con el mundo Internet.

• WAP (WIRELESS APPLICATION PROTOCOL).

Las siglas WAP corresponden a Wireless Application Protocol, Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas.

WAP es un protocolo de comunicaciones que nos permite acceder a Internet desde cualquier dispositivo inalámbrico. Para ello hace uso del WML (Wireless Markup Language), que es un lenguaje sencillo y muy apropiado para las pequeñas pantallas de un terminal móvil.

WAP se puede implantar en teléfonos móviles, PDAs (Asistentes Digitales Personales), portátiles, y en cualquier otro dispositivo que acceda a Internet sin conexión física. El protocolo incluye especificaciones para las capas de aplicación, sesión, transacciones, seguridad y transporte, que se detallarán en próximos apartados.

WAP se puede montar sobre diferentes medios portadores, como SMS (mensajes cortos), CSD (conmutación de circuitos), etc., si bien, el medio portador que mejor se adapta a las características de este protocolo es GPRS, ya visto en el apartado anterior. WAP sobre GPRS hacen realidad un acceso potente a los contenidos de Internet.

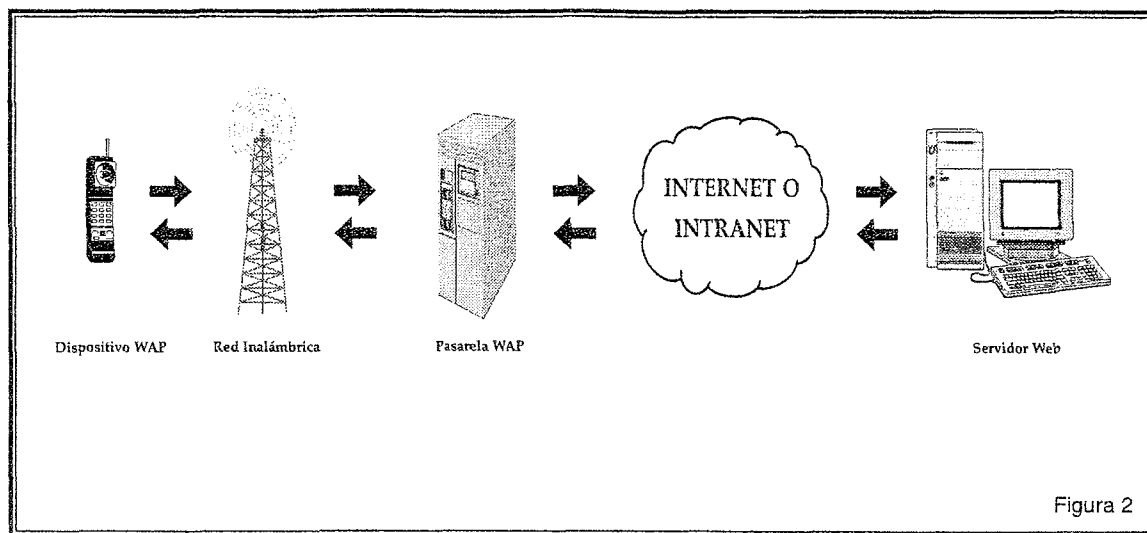
Con WAP se puede navegar por Internet, realizar transacciones bancarias, comprar o reservar entradas de espectáculos, en definitiva, cualquier actividad que antes realizábamos delante de un ordenador conectado a Internet, ahora podremos hacerla con un simple teléfono móvil.

Es evidente que contamos con las limitaciones que conlleva el tener un teclado y una pantalla de muy reducidas dimensiones y una red inalámbrica que, aunque con un potencial muy grande, está muy por debajo de las prestaciones que ofrecen las actuales transmisiones por cable. No obstante, WAP está diseñado para hacer frente a estas limitaciones y a otras más como son la baja capacidad de proceso de los terminales móviles con una memoria y una batería muy pequeñas, y donde las largas distancias entre los terminales producen retardos en las transmisiones (latencia) muy grandes y de duración impredecible debido a la inestabilidad del medio inalámbrico.

Para demostrar sus características y ventajas se pondrá un ejemplo práctico: imaginemos que estamos saliendo de casa con intención de ir al aeropuerto para comenzar las deseadas vacaciones. Por supuesto, llevamos el móvil compatible WAP, así que podemos ver el estado del tráfico y escoger el mejor camino. Realmente ninguno nos convence y no queremos coger el coche, por lo que decidimos coger un tren directo al aeropuerto, así que reservamos los billetes y los pagamos con nuestro número de tarjeta de crédito. En el tren, con el localizador de vuelo, elegimos el asiento del avión que queremos, y de paso escogemos la comida que van a servir. Por último, parece que habrá que sacar la gabardina, pues a donde vamos va a llover bastante...

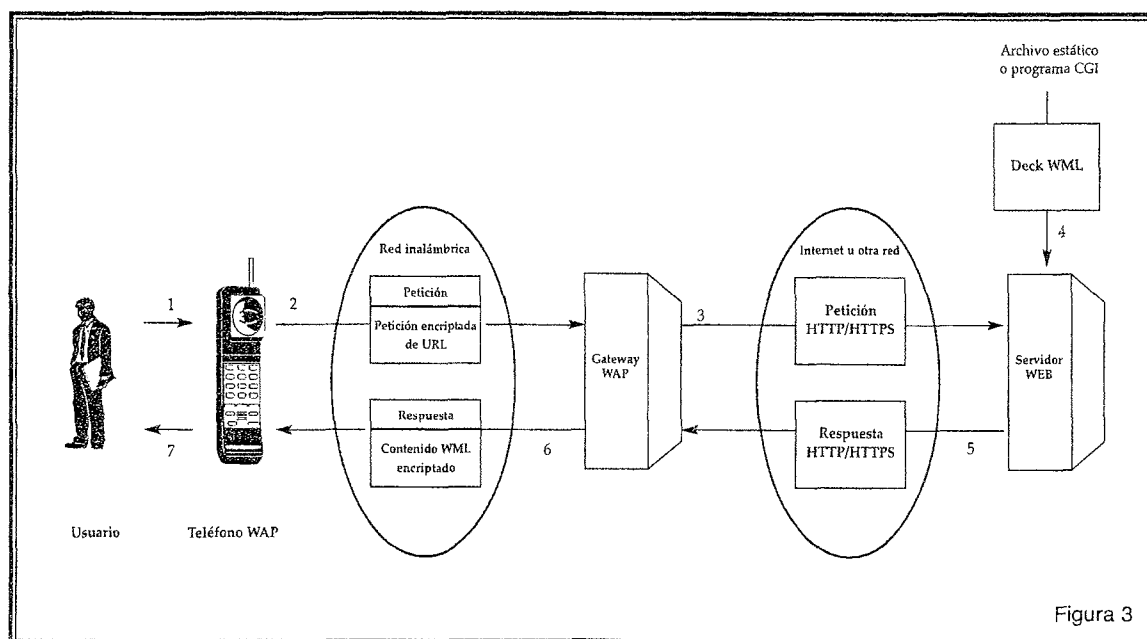
Dentro de la arquitectura WAP intervienen diversos componentes, entre los cuales el teléfono móvil sólo representa uno de los extremos de la cadena, mientras que en el otro extremo se podría encontrar un servidor Web convencional.

Para que desde un teléfono móvil se pueda acceder y aprovechar los recursos de Internet, es necesario contar con un sistema intermediario entre el móvil y el servidor de Internet donde se encuentra la información a la que se desea acceder. De esto se encarga un elemento denominado pasarela WAP (en inglés, WAP Gateway), el cual está conectado a la red de telefonía móvil y a Internet.



En primer lugar se tiene el dispositivo WAP, que puede ser un teléfono móvil, un PDA, un palm-top o en definitiva cualquier dispositivo que tenga incorporado el protocolo WAP. En cualquier caso, el terminal inalámbrico dispondrá de un micro navegador que actuará de interfaz con el usuario, y que se encargará de coordinar la comunicación con la pasarela.

Desde este dispositivo se podrá acceder a un determinado servicio o aplicación que se encuentre en un servidor de Internet con sólo introducir su URL. El dispositivo WAP se conectará al operador de telefonía que se tenga contratado, y enviará mediante el protocolo WAP la información al WAP Gateway, el cual traducirá ésta en una petición convencional HTTP con la dirección URL específica y la enviará al servidor Web. Más tarde, cuando el servidor haya servido la petición se encargará de retornar el objeto especificado por la URL, que puede ser tanto un fichero estático, como un fichero generado dinámicamente mediante un CGI. En cualquier caso, este servidor añadirá una cabecera HTTP al fichero solicitado para que pueda ser debidamente enviado a través de Internet. Una vez el WAP Gateway recoge la respuesta del servidor verifica la cabecera y manda el fichero solicitado al dispositivo WAP.



Otra posible forma de conexión es a través de un servidor WTA (Wireless Telephony Application o Aplicación de Telefonía Inalámbrica). En este caso no es necesaria la intervención de una pasarela WAP, pues el WTA está preparado para atender las peticiones del cliente WAP directamente.

Por lo tanto, en la arquitectura WAP intervienen tres sistemas funcionales (WAP móvil, WAP Gateway o WTA server, y un servidor convencional HTTP) y dos medios de comunicación diferentes: la red inalámbrica e Internet

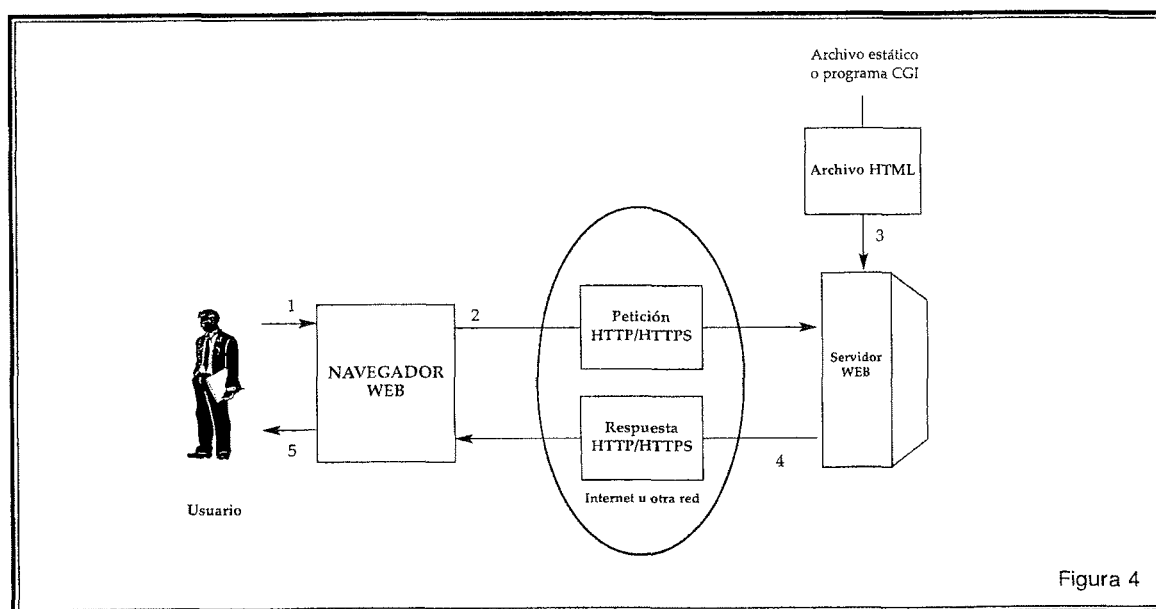
• WEB VERSUS WAP.

En este apartado se comparan las interacciones que tienen lugar en una operación convencional web, con las ocurridas en una operación wap.

Operación WEB

Supongamos que un usuario elige la siguiente URL usando un navegador convencional de red: <http://www.wmlclub.com/>

La siguiente figura resume la interacción resultante.



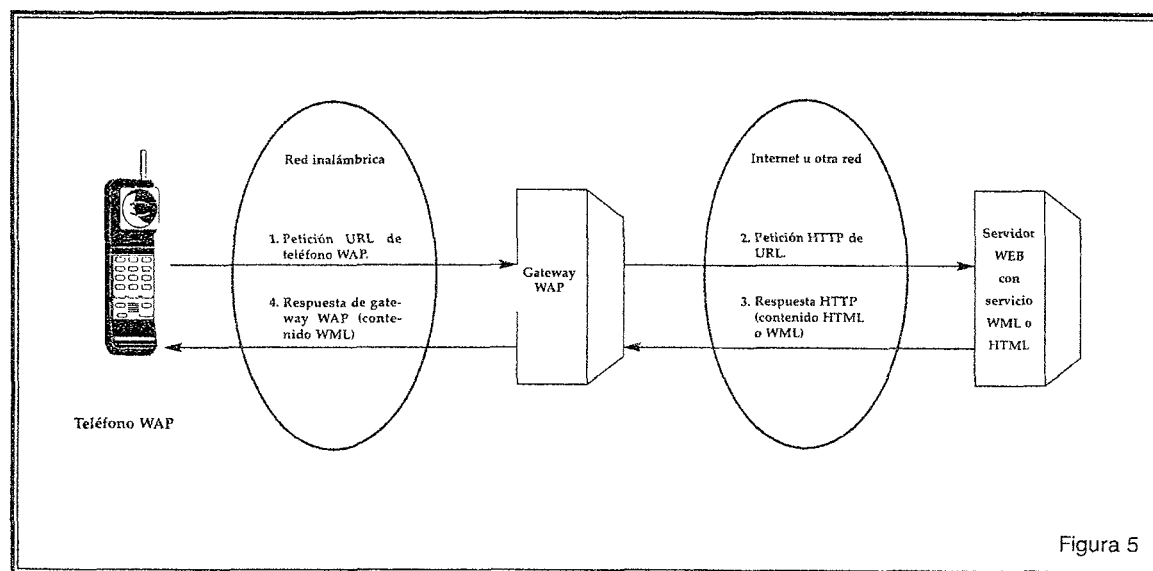
- El usuario abre el navegador y especifica la URL.
- El navegador analiza la URL y envía una petición HTTP o HTTP segura (HTTPS) al servidor Web.

El servidor Web analiza la petición y determina qué recuperar. Si la URL especifica un archivo estático como en este ejemplo, el servidor Web lo recupera. Si la URL especifica un programa CGI, el servidor Web inicia el programa.

- El servidor Web coloca un encabezado HTTP o HTTPS en el archivo estático o programa CGI y lo manda de vuelta al navegador.
- El navegador interpreta la respuesta y despliega el contenido al usuario

Las transacciones WAP utilizan el mismo modelo básico, siendo la principal diferencia que el teléfono y el gateway WAP sustituyen en conjunto al navegador Web. Supongamos que el usuario presiona una tecla de un teléfono WAP requiriendo la siguiente URL: <http://www.wmlclub.com/>

Las siguientes figuras resumen la interacción resultante:



- El usuario utiliza un teléfono WAP para solicitar una URL.
- El navegador WAP crea una petición que contiene la URL e información que identifique al suscriptor y las envía al gateway WAP.
- El gateway WAP interpreta la petición, genera una petición convencional HTTP o HTTP Secure (HTTPS) y la envía al servidor Web.
- El servidor Web interpreta a su vez la petición y determina qué recuperar. Si la URL especifica un archivo estático, el servidor Web lo recupera. Si la URL especifica un programa CGI, el servidor Web inicia el programa.
- El servidor Web coloca un encabezado HTTP o HTTPS en el archivo estático o programa CGI y lo manda de nuevo al gateway WAP.
- El gateway WAP interpreta la respuesta, valida el WML, genera una respuesta (quitando el encabezado HTTP o HTTPS) y lo envía al teléfono WAP.
- El navegador WAP interpreta la respuesta y despliega el contenido al usuario.

La arquitectura WAP está pensada para proporcionar un entorno escalable y extensible para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos de comunicación móvil. Para ello, se define una estructura en capas, en la cual cada capa es accesible por la capa superior así como por otros servicios y aplicaciones a través de un conjunto de interfaces muy bien definidas. La estructura es muy similar a la arquitectura World Wide Web (WWW), pero adaptada a los nuevos requisitos del sistema. Así, en lugar del TCP está el WDP, en lugar de HTTP está el WTP, y como lenguaje para hacer el diseño de contenidos o «páginas WAP» está el WML en lugar del HTML.

• CAPA DE APLICACIÓN.

El Entorno Inalámbrico de Aplicación (WAE) es un entorno de aplicación de propósito general basado en la combinación del World Wide Web y tecnologías de Comunicaciones Móviles. La capa de aplicación WAE está pensada para permitir a los operadores y proveedores de servicios crear aplicaciones sin estar ligados al dispositivo en el que se ejecuten (móvil, PDA, etc.). Este entorno incluye un micro navegador, que posee las siguientes funcionalidades:

- Un lenguaje denominado WML (Wireless Markup Language) similar al HTML, pero optimizado para su uso en terminales móviles.
- Un lenguaje denominado WMLScript, similar al JavaScript, para ofrecer más dinamismo a las páginas.
- Una especificación WTA para interfaces de programación y servicios telefónicos.
- Un conjunto de formatos de contenido bien definidos entre los que se encuentran imágenes, entradas en la agenda de teléfonos e información de calendario.

• CAPA DE SESIÓN.

El Protocolo Inalámbrico de Sesión (WSP) proporciona a la Capa de Aplicación de WAP una interfaz con dos servicios de sesión: un servicio orientado a conexión y otro no orientado a conexión.

Actualmente, esta capa consiste en servicios adaptados a aplicaciones basadas en la navegación Web, proporcionando las siguientes funcionalidades:

- Semántica y funcionalidades del protocolo HTTP/1.1 en una codificación compacta.
- Negociación de las características del protocolo.
- Suspensión de la sesión y reanudación de la misma con cambio de sesión.

• CAPA DE TRANSACCIONES.

El Protocolo Inalámbrico de Transacciones (WTP) proporciona las siguientes funcionalidades:

- Seguridad usuario-a-usuario opcional para confirmar cada mensaje que llega.
- Confirmación de múltiples datagramas para reducir el número de mensajes enviados.

• CAPA DE SEGURIDAD.

La Capa Inalámbrica de Seguridad de Transporte (WTLS) es un protocolo basado en el estándar TLS (Transport Layer Security), formalmente conocido como SSL (Secure Sockets Layer), y que se utiliza en el entorno Web para la realización de transferencia de datos segura. El protocolo WTLS ha sido especialmente diseñado para los protocolos de transporte de WAP y optimizado para ser utilizado en canales de comunicación de banda estrecha. Este protocolo posee las siguientes características:

- Integridad de los datos. Este protocolo asegura que los datos intercambiados entre el terminal y el servidor de aplicaciones no han sido modificados desde su envío.
- Privacidad de los datos. Este protocolo asegura que la información intercambiada entre el terminal y el servidor de aplicaciones no puede ser entendida por terceras partes que puedan interceptar el mensaje.
- Autenticación. Este protocolo contiene servicios para establecer la autenticidad del terminal y del servidor de aplicaciones.
- Negación de servicios. Este protocolo ignora datagramas que no se encuentren correctamente identificados o que lleven una dirección falsa.

Adicionalmente, el WTLS puede ser utilizado para la comunicación segura entre terminales, por ejemplo para operaciones de comercio electrónico.

Otra característica es que las aplicaciones pueden activar o desactivar los servicios de WTLS dependiendo del nivel de seguridad y características de la red inalámbrica que se esté usando.

• CAPA DE TRANSPORTE.

El Protocolo Inalámbrico de Datagramas (WDP) proporciona un servicio fiable a los protocolos de las capas superiores de WAP y permite la comunicación de forma transparente sobre los protocolos portadores soportados por los distintos tipos de redes inalámbricas.

Debido a que este protocolo proporciona una interfaz común a los protocolos de las capas superiores, las capas de Seguridad, Sesión y Aplicación pueden trabajar independientemente de la red inalámbrica que dé soporte al sistema.

• PORTADORES.

El portador o bearer se encarga de transmitir los datos desde el dispositivo inalámbrico a la operadora de telefonía móvil. El protocolo WAP está diseñado para trabajar sobre una gran variedad de portadores de manera independiente. Cada portador tiene unas características propias ofreciendo diferentes niveles de calidad de servicio con respecto a la eficiencia de la transmisión, a la tasa de errores y a los retrasos. Los principales Short Message Service (SMS): dada su limitada longitud de 160 caracteres por cada mensaje, el SMS no es el candidato más adecuado como portador. La longitud de un pequeño programa WML puede ser de unos 1000 caracteres, lo cual implica que una simple transacción puede requerir el envío de varios mensajes SMS, y por lo tanto, es necesaria una gran cantidad de tiempo y recursos.

- Circuit Switched Data (CSD): la mayoría de los servicios basados en WAP se basan en CSD a pesar de su falta de rapidez a la hora de establecer conexiones. Cada vez que se lleva a cabo un servicio WAP se establece una llamada CSD para recibir la información. Una vez que se ha recibido será necesario realizar nuevas llamadas para cada una de las diferentes operaciones que realicemos, pues la mayoría de los móviles WAP no permiten mantener la conexión cuando se ha recibido la información. La llamada y la conexión con un servidor Gateway pueden llegar a ser de hasta 20 segundos, por lo que CSD tampoco es la solución ideal.
- General Packet Radio Service (GPRS): este portador si tiene una gran capacidad como WAP bearer, pues permitirá realizar conexiones inmediatas y con una velocidad de transferencia relativamente rápida (hasta un máximo de 115 Kbps). Éste es, sin lugar a dudas, el mejor candidato para trabajar con el protocolo WAP.

• EL LENGUAJE WML.

Una de las revoluciones que trae WAP es su lenguaje de diseño de contenidos, el WML (Wireless Markup Language). Este lenguaje está basado en el estándar XML (Extensible Markup Language), que a su vez es un subconjunto de SGML (Standardized Generalized Markup Language).

La estructura de un archivo WML se aglutina en torno a elementos denominados fichas (cards), que el usuario es capaz de visualizar en la pantalla de su terminal WAP. La unidad más pequeña de información que se puede enviar a un terminal WAP constituye lo que se denomina un deck o documento, el cual puede estar formado por una o varias fichas.

Dentro de un documento WML o deck se pueden especificar múltiples acciones a realizar por el usuario, como seleccionar un elemento de una lista de opciones, introducir una cadena de caracteres, etc, aunque también es posible invocar acciones automáticamente, después de un período de inactividad del usuario, gracias al elemento <TIMER>.

A continuación se muestra el primer programa por excelencia en todos los lenguajes de programación:

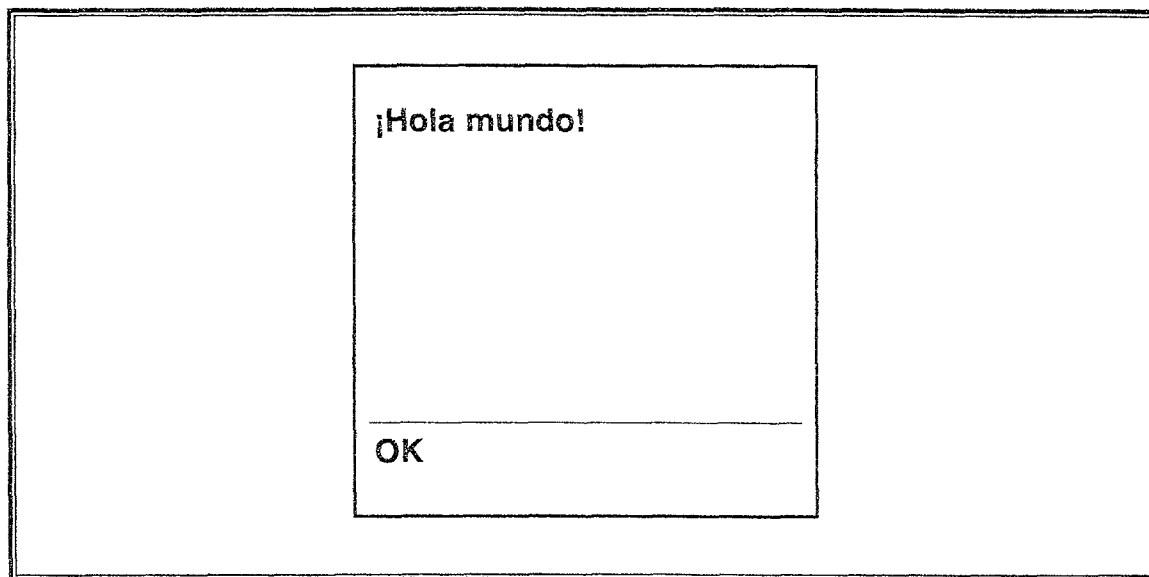
```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE wml PUBLIC "-//WAPFORUM//DTD WML 1.1//EN"
<http://www.wapforum.org/DTD/wml_1.1.xml">
<wml>
  <card>
    <p>¡Hola mundo!</p>
  </card>
</wml>
```

La primera línea representa el número de versión de XML (WML hereda muchos de los conceptos de XML), mientras que la segunda y tercera línea especifican el identificador de documento SGML y la localización de la DTD (Document Type Definition). La DTD puede estar en la red o puede almacenarse localmente, lo que hace que se cargue más rápidamente.

En las siguientes líneas se encuentran los elementos del archivo WML propiamente dicho, encerrados entre los tags <wml> y </wml>. En este caso, estas instrucciones muestran el mensaje «¡Hola mundo!» en la pantalla del terminal inalámbrico.

En la siguiente figura se puede observar cómo se mostraría en el display de un terminal móvil real.

El lenguaje WML también permite incluir pequeñas imágenes monocromáticas como la que se muestra en la siguiente figura:



• CONCLUSIÓN.

Como ocurre con todas las nuevas tecnologías, WAP tiene aún mucho camino para llegar a la madurez. Existen muchos aspectos que todavía están por definir y mejoras necesarias que se revisan en cada nueva especificación dictada por el «WAP Forum».

La tecnología WAP no es una especificación cerrada, sino que ha sido diseñada con vistas al futuro ofreciendo unificación de mensajería y contenidos en servicios de Internet independientemente del dispositivo inalámbrico y del fabricante del mismo. Además, WAP asegura el soporte a la tercera generación de telefonía celular para aplicaciones multimedia y acceso a alta velocidad.

Otro punto a favor de WAP es la seguridad que ofrece en operaciones de comercio electrónico. Las entidades bancarias pueden realizar transacciones seguras con WAP puesto que éste incluye mecanismos de autenticación, integridad y confidencialidad.

Pero no todo son ventajas. La disponibilidad de dispositivos WAP en el mercado es todavía escasa y con unos precios muy superiores a los que no soportan este protocolo. Además, las limitaciones físicas de los terminales, sobre todo por parte de la telefonía móvil, y la falta de adaptación de contenidos WWW a WAP hace que, por ahora, el mercado de consumo no le preste demasiado interés. No obstante, esta situación cambiará en breve para convertirse en toda una corriente de masas como en su día lo fue la telefonía móvil.

• UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM).

Las siglas UMTS corresponden a Universal Mobile Telecommunications System, Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.

UMTS forma parte de la iniciativa IMT-2000, que ha sido promovida por el ETSI (European Telecommunication Standards Institute).

UMTS es un nuevo sistema de comunicaciones móviles que ofrecerá significativos beneficios a los usuarios, incluyendo una alta calidad y servicios inalámbricos multimedia. Todo ello sobre una red convergente con componentes fijos, celulares y por satélite. Proporcionará acceso a nuevos y novedosos servicios y aplicaciones, haciendo que las comunicaciones personales multimedia sean una realidad.

Hay que señalar que como tecnología todavía se encuentra en fase de desarrollo y como estándar aún no ha sido completamente homologado. Puede ocurrir que no se trate de un sistema totalmente nuevo, sino de una evolución de los sistemas existentes (GSM, DECT, etc.). También puede suceder que el futuro sea un conjunto de nuevos sistemas con terminales capaces de recibir señales de todos ellos.

La rápida actuación de Europa en relación con el desarrollo de la telefonía móvil de tercera generación se ha visto motivada por el gran éxito logrado por el sistema móvil de segunda generación GSM en el Viejo Continente, que ha llevado a la pronta saturación del espectro disponible para este sistema. Dado que el servicio GSM no podrá por más tiempo seguir soportando la demanda de los europeos, los servicios de tercera generación han de estar disponibles cuanto antes.

Como ya hemos visto en apartados anteriores, WAP es un protocolo embebido en los móviles actuales (móviles de segunda generación) que permite acceder a información y a diferentes servicios de Internet, a baja velocidad. Para ello, sustituye el lenguaje HTML por uno más sencillo, el WML, que recoge sólo la información fundamental de la Web, evitando gráficos, animaciones, etc.

Por otro lado el UMTS es un nuevo estándar europeo que dará paso a una nueva generación de móviles, la tercera generación, ofreciendo servicios multimedia, navegación más rápida por Internet, visualización de imágenes, etc.

La introducción de los nuevos servicios dará lugar a la era del multimedia personal. Así, el correo electrónico se convertirá en correo móvil multimedia, los mensajes cortos en postales electrónicas con dibujos y vídeo clips integrados y las llamadas de voz se complementarán con imágenes en tiempo real. Además, está previsto que este nuevo sistema de telefonía celular sustituya al estándar actual GSM.

Uno de los objetivos prioritarios es especificar las frecuencias de utilización y la estandarización del nuevo sistema. De hacerse finalmente realidad esta unificación, las ventajas serían enormes. Por fin sería posible efectuar roaming mundial, ya que también se nos ofrecería cobertura por satélite. Los costes de fabricación y desarrollo de los terminales descenderían y los operadores generarían mayor volumen de negocio.

El empleo de las frecuencias es el principal inconveniente que existe en la globalización de la norma. La propuesta de la ETSI consiste en el uso de una banda WCDMA que oscila entre los 1920-1980 MHz para el envío de información (uplink) y 2110-2170 MHz para la recepción (downlink), así como las bandas de 1980-2010MHz y 2170-2200MHz para la telefonía por satélite.

Esta propuesta choca con los intereses de EE.UU. donde parte de estas frecuencias ya están asignadas para cierto tipo de comunicación personal. Por esto, de aceptarse la propuesta, en Estados Unidos deberían modificar la distribución de su espectro radioeléctrico, acarreando retrasos en la implantación de la especificación 3G.

Las principales características de UMTS son:

- Velocidad de transmisión elevada. En UMTS sobresalen las velocidades de transmisión que pueden alcanzar un máximo teórico de 2Mbps, aunque la velocidad estándar se situaría sobre los 384Kbps (comparémoslo con los 64Kbps de una línea RDSI o con los 256 Kbps de las líneas ADSL). Este gran ancho de banda nos permitirá mantener videoconferencias de alta calidad en movimiento, o navegar por Internet y acceder a todo tipo de servicios on-line mientras hablamos con otra persona.
- Capacidad multimedia. Consecuencia de la elevada velocidad de transmisión.
- Acceso eficaz a Internet, a redes intranet y a otros servicios basados en IP.
- Transmisión vocal de alta calidad. Comparable a la de las redes fijas.
- Método de transmisión. Soporta conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.
- Movilidad terminal. Un usuario podrá acceder al servicio mientras está en movimiento.
- Movilidad personal. Permite al usuario no restringirse a un terminal en concreto a la hora de acceder a los servicios.
- Portabilidad de servicios. El usuario puede acceder a sus servicios de forma personalizada independientemente del terminal y la red servidora.
- Servicios Transparentes. Posibilidad de acceder a los mismos servicios desde diferentes redes: fija, móvil o por satélite.

A continuación se citan varios ejemplos de aplicaciones y servicios soportados por UMTS.

INFORMACIÓN:

- Navegación web.
- Compras interactivas.
- Servicios on-line.
- Transacciones on-line.
- Localización basada en servicios broadcast.
- Búsquedas inteligentes.

EDUCACIONALES:

- Escuelas virtuales.
- Laboratorios de ciencia on-line.
- Bibliotecas on-line.
- Laboratorios lingüísticos on-line.
- Entrenamientos.

DIVERSIÓN:

- Servicios de audio (CDs, cintas, radio).
- Demandas de juegos.
- Vídeo clips.
- Turismo virtual.

SERVICIOS DE COMUNIDAD:

- Servicios de Emergencia.
- Procedimientos administrativos.

INFORMACIÓN DE NEGOCIOS:

- Oficina móvil.
- Negocios de televisión en banda estrecha.
- Grupos de trabajo virtuales.

SERVICIOS DE COMUNICACIÓN:

- Videotelefonía.
- Videoconferencia.
- Reconocimiento de voz.
- Localización personal.

SERVICIOS FINANCIEROS Y DE NEGOCIOS:

- Bancos virtuales.
- Facturación on-line.
- Tarjetas de crédito y SIM Universales.

SERVICIOS ESPECIALES:

- Telemedicina.
- Servicios de seguridad.
- Ayuda al instante.
- Administración personal.

• DESARROLLO DE UMTS:

El paso de los sistemas de segunda generación hacia los de tercera generación deberá tener una fase de «aproximación» muy cuidadosa. La tecnología UMTS está siendo todavía estandarizada por el ETSI.

Por supuesto se necesita de un organismo que regule la introducción y desarrollo de esta tecnología en el mercado de las telecomunicaciones. Este organismo se denomina Foro UMTS (<http://www.ums-forum.org>) participado por compañías de diferentes países y organismos de regulación.

La transición desde la segunda a la tercera generación puede ocurrir de una forma escalonada sin entrar en conflictos con políticas comerciales e industriales. GSM, GPRS, DECT, ISDN y otros sistemas pre-UMTS podrán ofrecer servicios avanzados que podrán ser adaptados a UMTS.

UMTS debe coexistir y necesitará interconectarse con las redes existentes. Todos ellos necesitan una interfaz que debe ser definida en la línea de trabajo de los estándares de UMTS. El ETSI es el encargado de llevar a cabo esta estandarización de los interfaces.

