

Tecnología móvil y su relación con internet

Javier Pérez Trigo¹

¹ RealInnova, Spain
jp_trigo@rinnova.es

Resumen: La importancia de conocer estos sistemas es doble, primero porque son muy habituales las comparaciones entre las mismas y es imprescindible saber de cada una las ventajas e inconvenientes. La segunda razón hace referencia a la importancia de las capacidades y limitaciones de estas tecnologías. La segunda parte muestra un nivel superior de abstracción y se analizan todas las tecnologías y servicios que están disponibles sobre estas tecnologías móviles y que nos van a permitir con su uso y combinación crear aplicaciones móviles. Entre estas tecnologías podemos encontrar una gran variedad para mensajería móvil, todo tipo de técnicas para localizar geográficamente usuarios, así como tecnologías cliente-servidor que emulan el modelo de la World Wide Web y tecnologías que se ejecutan directamente en el terminal. La tercera parte muestra las tecnologías que se montan encima, se analizarán las aplicaciones finales que existen y van a aparecer en el entorno móvil. Evidentemente las posibilidades aquí son muy grandes, por lo que trataremos de ver varios ejemplos significativos y haremos hincapié en las ventajas que las tecnologías móviles aportan para el desarrollo de aplicaciones en contraposición con las aplicaciones “fijas”.

Palabras clave: Tecnología móvil, comunicaciones

Abstract. The importance of knowing these systems is twofold, first because comparisons between them are very common and it is essential to know the advantages and disadvantages of each one. The second reason refers to the importance of the capacities and limitations of these technologies. The second part shows a superior level of abstraction and analyzes all the technologies and services that are available on these mobile technologies and that will allow us with their use and combination to create mobile applications. Among these technologies we can find a great variety for mobile messaging, all kinds of techniques to geographically locate users as well as client-server technologies that emulate the World Wide Web model and technologies that run directly on the terminal. The third part shows the technologies that are mounted on top, will analyze the final applications that exist and will appear in the mobile environment. Obviously the possibilities here are very great, so we will try to see several significant examples and we will place special emphasis on the advantages that mobile technologies bring to the development of applications as opposed to "fixed" applications.

Keywords: Mobile technology, communications

1 INTRODUCCIÓN

Durante la pasada década y el comienzo de la actual se ha producido un crecimiento explosivo de la informática y las telecomunicaciones. **Internet** es un hecho ya consumado que ha sido eje central de lo que está siendo una revolución en la gestión de la información. El acceso a esta información está generalizándose y el número de ciudadanos que se conecta diariamente en busca de todo tipo de servicios y aplicaciones es mayor cada día sin que haya dudas del éxito de este modelo.

A su vez, las **comunicaciones móviles** es otro de los sectores que ha experimentado más desarrollo en los últimos años llegando a todos los segmentos de la población. Además del aumento exponencial de usuarios que ha sufrido la telefonía móvil, los diferentes avances de la tecnología en redes y terminales tienen como consecuencia que este sector sea uno de los más dinámicos y cambiantes.

Si bien Internet no ha cumplido todas las expectativas de ingresos económicos que se le suponían, la telefonía móvil sí que ha conseguido grandes beneficios e ingresos. Esta alta rentabilidad y volumen ha supuesto grandes inyecciones de dinero en todo este sector. Tanto los fabricantes de terminales, los proveedores de aplicaciones, como los operadores han conseguido brillantes resultados que han invertido en nuevas tecnologías. De hecho, una de las direcciones más importantes en este desarrollo tecnológico ha sido la convergencia con Internet.

La unión de estas dos tecnologías, **Internet** y **telefonía móvil** va a dar como resultado un punto de inflexión en nuestra concepción del intercambio de información. La posibilidad de acceder a Internet en cualquier momento y lugar, puede ser el punto de partida de la consolidación de Internet como herramienta universal y necesaria para la mayoría de los ámbitos de vida [1].

La facturación por información obtenida y la transmisión de contenidos multimedia, unidas con la evolución imparable de los terminales, están abriendo mercados y negocios como el entretenimiento, comercio móvil, o acceso a información crítica en el tiempo. El comercio se centrará en compras compulsivas o que se necesiten en poco tiempo, la importancia de la información residirá en la necesidad de acceso en tiempo real, y el entretenimiento servirá para completar tiempos muertos.

Lo cierto es que las expectativas son muy favorables en el mercado de Internet móvil, aunque no debemos olvidar la turbulencia con la que este entorno se caracteriza. El factor tecnológico es la clave de los cambios que están sufriendo los mercados y las empresas. Las tecnologías tienen ciclos de vida desconocidos hasta la fecha, puesto que en cuestión de meses una tecnología aparece, se utiliza y se comprueba su éxito o fracaso [2].

El principal objetivo que persigue este documento es introducir al lector en la mayoría de las tecnologías móviles actuales y futuras. Por lo tanto, no se va a analizar en profundidad todos los aspectos técnicos sino que el estudio se va a centrar en las características [3], ventajas y desventajas de cada tecnología. Además, también se reflexionará sobre las aplicaciones posibles que se pueden desarrollar, analizando el presente y futuro de los servicios móviles.

2 MOTIVACIÓN

El presente documento se puede organizar claramente en tres grandes partes. En la primera que comprende del capítulo 4 al 8, se analizan las diferentes tecnologías de comunicaciones móviles. Son el equivalente en la telefonía móvil a RDSI o ADSL. La importancia de conocer estos sistemas es doble, primero porque son muy habituales las comparaciones entre las mismas y es imprescindible saber de cada una las ventajas e inconvenientes. La segunda razón hace referencia a la importancia de las capacidades y limitaciones de estas tecnologías de transmisión en la correcta implementación y uso de todo tipo de aplicaciones móviles.

La segunda parte se puede identificar con el capítulo 9. En este capítulo se sube un nivel de abstracción y se analizan todas las tecnologías y servicios que están disponibles sobre estas tecnologías móviles y que nos van a permitir con su uso y combinación crear aplicaciones móviles. Entre estas tecnologías podemos encontrar una gran variedad para mensajería móvil, todo tipo de técnicas para localizar geográficamente usuarios, así como tecnologías cliente-servidor que emulan el modelo de la *World Wide Web* y tecnologías que se ejecutan directamente en el terminal.

Finalmente, la tercera parte está incluida en el capítulo 10. Una vez vistas las tecnologías de transmisión móvil de datos y voz y las tecnologías que se montan encima, podremos analizar las aplicaciones finales que existen y van a aparecer en el entorno móvil. Evidentemente las posibilidades aquí son muy grandes, por lo que trataremos de ver varios ejemplos significativos y haremos especial hincapié en las ventajas que las tecnologías móviles aportan para el desarrollo de aplicaciones en contraposición con las aplicaciones “fijas”.

3 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS CELULARES

Antes de estudiar los sistemas modernos de comunicaciones móviles vamos a realizar una pequeña introducción a los sistemas celulares de telecomunicaciones, que nos va a proporcionar la base de conocimientos necesaria para poder entender con claridad el resto del capítulo.

Empezaremos repasando de forma breve la evolución histórica de las comunicaciones móviles, para posteriormente entrar en ideas y características comunes a todos los sistemas actuales y futuros.

3.1 Principios de las comunicaciones móviles celulares

3.1.1 Concepto de comunicaciones celulares

Básicamente, un sistema de telecomunicaciones móviles se puede definir como un conjunto de redes, servicios y aplicaciones que permiten a los usuarios transmitir voz y datos entre ellos y con otros servicios y aplicaciones permitiendo, además, la movilidad de los usuarios entre conexiones y durante ellas. Entre los objetivos que tiene un sistema de este tipo destacan:

- **Proporcionar acceso a las redes de comunicaciones públicas**
Evidentemente, en la mayoría de sistemas de telecomunicaciones móviles se considera requisito imprescindible que los usuarios puedan hablar con otros que utilizan otras redes externas. En el caso de los datos también es necesario permitir comunicaciones con Internet o con otras redes de datos. En general, la red del sistema de telecomunicación móvil deberá poseer la capacidad de interconectarse con otras redes públicas de telefonía, con Internet y con servicios o aplicaciones de otras redes móviles [4].
- **Permitir la movilidad de los usuarios**
La movilidad de los usuarios es una de las características básicas de las comunicaciones móviles. El sistema debe ser capaz de tener localizados a los usuarios para pasarles una llamada en cualquier momento de forma ágil.
- **Proveer un servicio continuo en las zonas de cobertura**
El sistema deberá ser capaz de soportar una comunicación de datos o voz de forma continuada mientras el usuario se mueve a lo largo de las zonas de cobertura. Como veremos en capítulos posteriores no todos los servicios ni todas las calidades estarán disponibles a cualquier velocidad a la que se mueva el usuario.
- **Proporcionar un grado de servicio aceptable**
En todos los servicios de telecomunicaciones hay una calidad de servicio mínima por debajo de la cual el sistema pierde su razón de ser. En el caso de las comunicaciones móviles este concepto cobra gran importancia puesto que se usa el canal radio cuya variabilidad es muy alta provocando subidas y bajadas de la señal. Un buen sistema de comunicaciones móviles tendrá en cuenta todos los efectos de propagación de las señales en el aire, proporcionando mecanismos que optimicen los datos recibidos por el terminal en la mayoría de escenarios.

3.1.2 Sistemas iniciales de comunicaciones móviles

Los primeros sistemas de telecomunicaciones móviles que se desarrollaron se basaban en los mismos conceptos que la difusión terrenal de televisión. Existía un transmisor muy potente localizado en la zona más alta de la ciudad y que daba cobertura en un radio de 50 kilómetros. Estos

sistemas datan de la década de los años 20 y los receptores que requerían eran de dimensiones muy superiores a los actuales.



Figura 2.1: Prototipo inicial de terminal móvil Fuente: Laboratorios Bell

En general este esquema de sistema centralizado de radiofrecuencia adolece de grandes inconvenientes:

- El espectro del que se dispone es limitado
Siendo como es un recurso limitado, en la mayoría países el espectro radioeléctrico es repartido por organismos oficiales. Esto supone que los sistemas de comunicación en general no disponen de un espectro infinito sino que tienen un rango de frecuencias en el que trabajar. Para un sistema de comunicaciones móviles centralizado el problema reside en que a partir de un número de usuarios simultáneos el sistema no admite más pues se habrá quedado sin frecuencias disponibles.
- La presencia de otros usuarios introduce interferencias y reduce considerablemente la capacidad y/o la calidad del servicio
Si todos los usuarios comparten el mismo espacio radioeléctrico tendremos un claro compromiso entre la capacidad de la red y la calidad del servicio.
- La cobertura que proporciona el sistema está limitada por la potencia de los terminales
Si consideramos un sistema de telecomunicaciones bidireccional, la cobertura del mismo estará limitada por la potencia de transmisión de los terminales móviles. En sistemas centralizados los terminales tenían que ser muy voluminosos para poder emitir la suficiente potencia y aún así tenían una autonomía muy limitada.

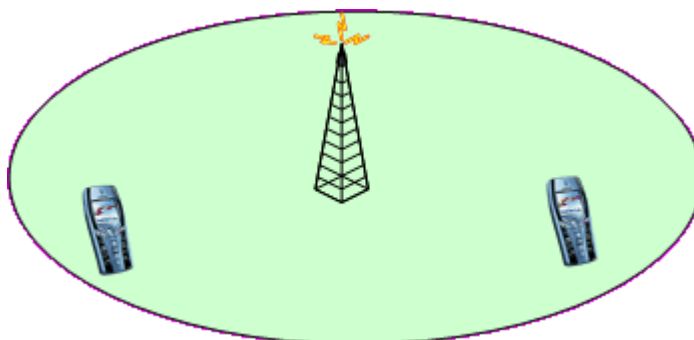


Figura 2.2: Sistema centralizado de telefonía móvil

3.1.3 Conceptos generales de los actuales sistemas de comunicaciones celulares

Para solucionar los problemas que plantea un sistema de comunicaciones móviles centralizado se empiezan a desarrollar los sistemas celulares. Este concepto estructura la red móvil de forma diferente. En vez de usar un único y potente transmisor, se sitúan muchos transmisores menos potentes a largo del área a cubrir. Estos transmisores sólo van a dar cobertura a una pequeña área alrededor de ellos llamada célula.

Este diseño de red permite solventar de forma considerable los problemas del sistema centralizado. Principalmente porque, como veremos, los usuarios de celdas contiguas usan diferentes frecuencias, permitiendo más capacidad y calidad con menos espectro. Además las distancias a la estación base se reducen con lo que los terminales móviles deben emitir menos potencia, con lo que resultan más pequeños y con mayor autonomía.

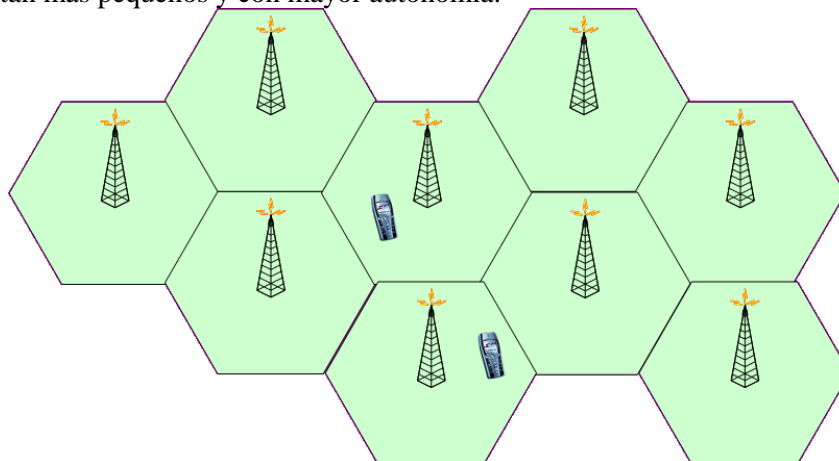


Figura 2.3: Sistema celular de telefonía móvil

Antes de entrar en la arquitectura de un sistema celular vamos a establecer la definición de una serie de términos de gran trascendencia en este tipo de redes:

- Estación base
Equipos asociados a un emplazamiento que utilizan una determinada tecnología de transmisión. Son el equivalente al transmisor centralizado que hemos visto antes.
- Emplazamiento
Lugar físico en el que se asientan una o varias estaciones base.
- Célula

Área de cobertura de una estación base o un sector. Ampliaremos más adelante este concepto cuando entremos a estudiar la arquitectura de un sistema celular.

- **Sector**
Elementos de transmisión y recepción radio que comparten una misma estación base. Una estación base puede tener 1, 2, 3 ó 6 sectores.
- **Portadora**
Unidad de radiofrecuencia para la transmisión y recepción de información. Un sector puede transmitir varias portadoras (también se les suele llamar frecuencias).
- **Enlace descendente/ascendente**
El enlace descendente hace referencia a las comunicaciones desde la estación base al terminal móvil. En cambio, el enlace ascendente hace referencia a las comunicaciones desde el terminal a la estación.

A partir de ahora, todo nuestro estudio va a girar en torno a los sistemas celulares puesto que son los que más ventajas ofrecen y por lo tanto los más usados hoy en día.

3.2 Arquitectura general de un sistema celular

Como hemos visto, en vez de cubrir una zona con un solo transmisor de gran potencia, se suelen introducir muchos transmisores de menor potencia que dan cobertura a una zona limitada (células). De esta forma se consigue tener un sistema de mayor capacidad y que no obliga a los terminales móviles a transmitir una gran potencia. En compensación, deberemos controlar las interferencias entre las diferentes células.

En este apartado veremos a grandes rasgos la arquitectura básica que siguen todos los sistemas de telefonía celular.

3.2.1 Celdas o células

Una celda es una unidad geográfica de un sistema celular. El término celda proviene de las estructuras hexagonales que realizan las abejas en sus panales. Son áreas geográficas sobre las que transmiten y reciben las estaciones base y que normalmente se representan por hexágonos. De todas formas, por las limitaciones que imponen la orografía del terreno y las construcciones humanas, la verdadera planta de una celda no suele coincidir con un círculo y mucho menos con un hexágono.

3.2.2 Clusters o racimo

Un *cluster* es una agrupación de celdas contiguas. Es la estructura básica que se va repitiendo en toda el área con cobertura. Su tamaño y diseño tiene mucho que ver el concepto de reuso de frecuencias, que vamos a ver a continuación y que es básico para entender la arquitectura de un sistema celular.

3.2.3 Reutilización de frecuencias

El concepto de telefonía celular está íntimamente ligado con la planificación de las portadoras o reutilización de frecuencias. El espectro se divide siempre en una serie de canales o portadoras. La reutilización de frecuencias se basa en asignar a cada célula un grupo de portadoras que se va

a usar en la zona de cobertura de la célula. Para evitar interferencias que complicarían las comunicaciones, las células vecinas nunca usarán las mismas frecuencias. El grupo de células que no reutiliza ningún canal es lo que hemos llamado antes *cluster*. Eso sí, células más alejadas pueden volver a utilizar el mismo conjunto de frecuencias maximizando la capacidad de la red a la vez que se optimiza el espectro utilizado.

En el siguiente gráfico se puede comprobar como se pueden ver el plan de reutilización más sencillo con un factor de $1/7$.

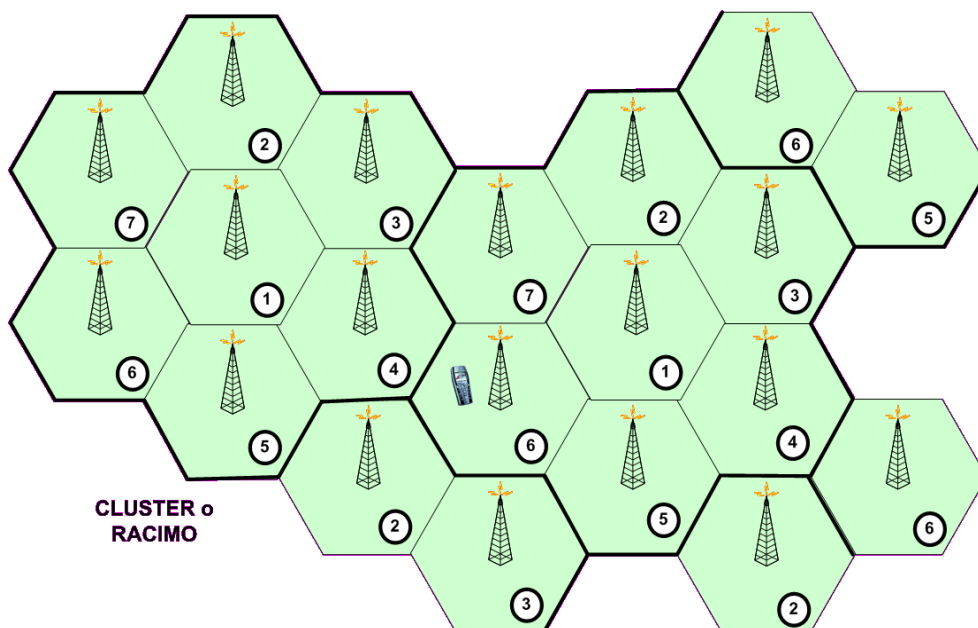


Figura 2.4: Reuso de frecuencias en la telefonía celular

Para maximizar la eficiencia de los planes de reutilización se utilizan diferentes mecanismos:

- Control de potencia

Para minimizar las interferencias, la potencia utilizada en las transmisiones móviles será regulada según la distancia entre la estación base y el terminal. Al minimizar las interferencias con las células vecinas se pueden utilizar las mismas frecuencias más cerca manteniendo una calidad de servicio.

- Transmisión discontinua

En los momentos que el terminal detecte que no se está hablando dejará de transmitir potencia. De esa forma la interferencia será menor.

- Salto en frecuencia

Consiste en ir cambiando de frecuencia en cada trama transmitida. Además de eliminar interferencias, facilita la robustez de las comunicaciones respecto a desvanecimientos de duración mayor una trama.

- Sectorización

Una estación base puede transmitir diferentes frecuencias en diferentes direcciones (sectores) mediante antenas direccionales. Cuando sucede esto las estaciones base ya no se colocan en

el centro de la célula sino que lo hacen en los vértices de la misma. Como se puede ver en el siguiente gráfico sólo tres de las seis estaciones que utilizan la frecuencia 5 interfieren. De esta forma la sectorización permite una mayor reutilización de frecuencias.

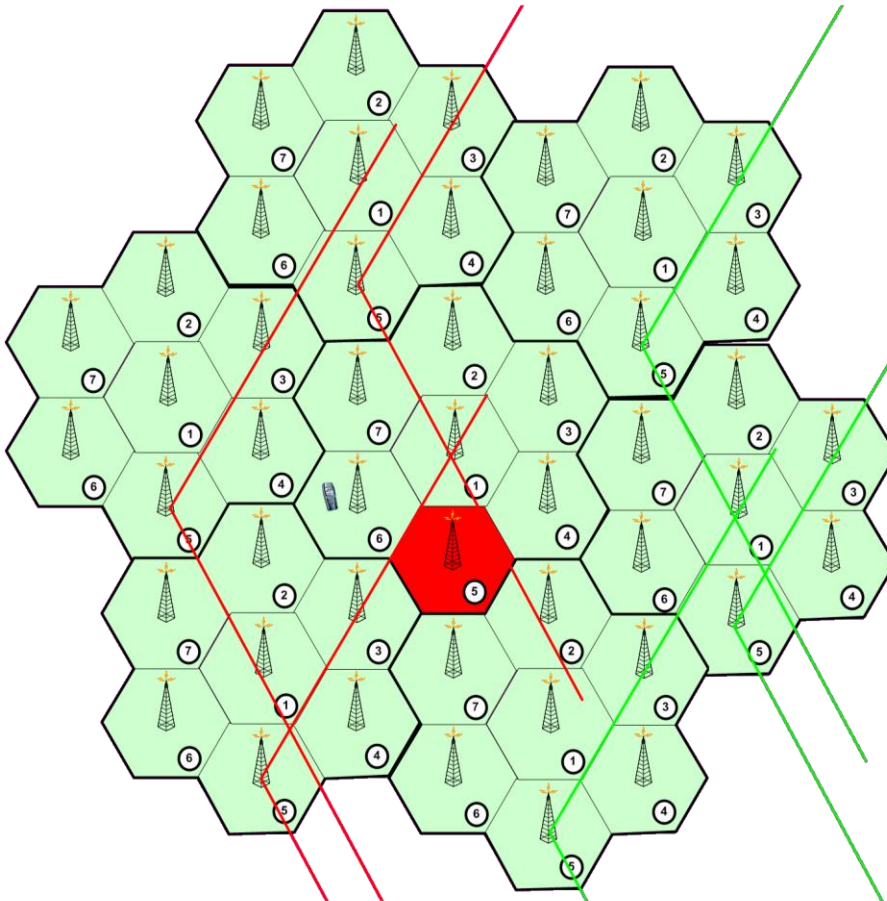


Figura 2.5: Uso de la sectorización en los sistemas celulares

Distintos factores hacen que los planes de reutilización teóricos dejen de ser aplicables de forma estricta en la práctica, sobre todo según se vayan considerando escenarios de planificación más extensos.

- Irregularidades en el terreno
- Distinta potencia de las estaciones base
- No se pueden aplicar de forma inmediata en escenarios que mezclen distintos tipos de estaciones base (triselectoriales, biselectoriales y omnidireccionales.)

3.2.4 División de celdas

Desafortunadamente, las consideraciones económicas y de diseño impiden llevar a la práctica el concepto de crear sistemas completamente compuestos por muchas células pequeñas de parecido tamaño. Para superar esta dificultad, los operadores introdujeron el concepto de división de celdas. Esta estrategia implica dividir en celdas más pequeñas aquellas que tienen una concentración mayor de usuarios. Su uso es especialmente evidente en zonas urbanas en las que la concentración de habitantes es muy heterogénea además de considerablemente variable en el medio plazo.

Esta estrategia de división de celdas produce una estructura jerárquica en el diseño del sistema celular, además permite una mayor reutilización de las frecuencias.

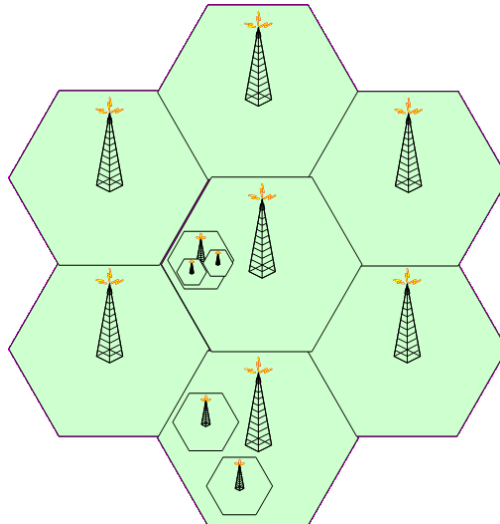


Figura 2.6: División de celdas

Suelen diferenciarse tres tamaños de células:

- Macrocelas: para zonas de cobertura grandes con usuarios de gran movilidad.
- Microcelas: para zonas urbanas reducidas (200-400 m) y usuarios de movilidad baja.
- Picoceldas: para cobertura de zonas interiores (70-80 m) y usuarios de movilidad reducida.

3.2.5 Traspasos (*Handovers*)

Finalmente, el último obstáculo en el despliegue de una red móvil celular tiene su origen en la posibilidad de que el usuario se mueva entre las células. Si sucede esto y no está utilizando su terminal para comunicarse, la red únicamente tendrá que llevar un registro de dónde se encuentra para poder localizarle en caso de recibir una llamada o mensaje.

Pero si el usuario está hablando la situación es bastante más complicada. En estos casos no sería aceptable que la comunicación se cortase cuando se cambiase de célula por lo que hay que proveer mecanismos para realizar el traspaso o *handover* de forma satisfactoria. El enfoque para solucionar este problema depende de la tecnología usada en la red móvil por lo que posponemos la explicación de las distintas soluciones a los correspondientes apartados en cada tecnología.

3.3 Propagación de señales

La señal de radio que viaja entre el terminal móvil y la estación base está expuesta a pérdidas cuando aumenta la distancia entre ambas, y se ve sometida en su camino a obstáculos y otras perturbaciones que van a provocar pérdidas aún mayores y desvanecimientos repentinos. A estos efectos, también hay que sumar las propias interferencias generadas por distintas señales que van a causar a partir de cierto nivel errores en la transmisión.

Se pueden distinguir cuatro fenómenos que afectan directamente a la propagación de señales radio en sistemas celulares.

3.3.1 *Pérdidas debidas a la distancia*

En la transmisión de ondas radio en el aire la atenuación debida a la distancia entre el transmisor y el receptor es proporcional al cuadrado de la distancia así como también al cuadrado de la frecuencia. Esto implica grandes diferencias de potencia de recepción según aumenta la distancia.

Pero en los sistemas celulares este condicionante no suele ser un problema grave debido a que cuando las pérdidas debidas a la distancia con la estación base son altas el terminal ya suele estar enganchado a otra estación base más cercana. De hecho, este fenómeno más que una desventaja es una facilidad para el diseño de las redes celulares puesto que provoca que las interferencias por otras fuentes de señal sean reducidas.

3.3.2 *Obstáculos entre transmisor y receptor*

Aparte de la distancia con la estación base, la señal se puede ver muy atenuada por obstáculos en el camino directo entre emisor y receptor. Este tipo de problemas suelen dar lugar a desvanecimientos lentos de la señal.

3.3.3 *Multitrayecto*

Cuando los obstáculos se encuentran cerca del receptor que lo suele suceder es que la señal se refleja en ellos llegando de diferentes maneras y en diferentes momentos al receptor. Esto provoca que el terminal móvil reciba una misma señal sumada varias veces pero con diferentes fases o retardos, causando que a veces el nivel de la señal presente mínimos (desvanecimientos) o máximos.

Pero este mecanismo también tiene su aspecto positivo puesto que permite recibir señales en zonas donde no hay visibilidad directa entre el terminal y la estación base (aunque también permite recibir interferencias que de otra forma no llegarían).

3.3.4 *Desplazamiento Doppler*

El efecto Doppler se produce por el desplazamiento del móvil respecto de la fuente de señal. De forma resumida se puede decir que produce desplazamientos rápidos y lentos por el cambio de fase y frecuencia que provoca.

Para solventar estos problemas y optimizar la transmisión radio del sistema se suelen emplear distintas técnicas que permiten reducir los problemas de la propagación de la señal radio, siendo los más comunes los siguientes:

3.3.5 *Diversidad*

Busca solventar el problema del multitrayecto mediante el envío de señales redundantes independientes. De esta forma la probabilidad de tener desvanecimientos en ambas es mucho más baja. Se suelen enviar señales separadas en el tiempo, frecuencia, espacio, polarización, etc.

3.3.6 *Salto en frecuencias*

Ya vista en el apartado de reutilización de frecuencias, en este caso se utiliza para proporcionar robustez frente a desvanecimientos superiores a una trama. Se supone que en la siguiente trama la frecuencia va a ser otra y por lo tanto las condiciones de propagación muy diferentes.

3.3.7 *Codificación*

La codificación frente a errores consiste en mandar información redundante para reducir la probabilidad de error resultante. Evidentemente implican un menor ancho de banda para la información, pero permiten detectar y/o corregir determinados errores en las comunicaciones.

3.3.8 Entrelazado

El entrelazado se basa en transmitir los bits sin el orden original, es decir no consecutivamente. De esta forma, como los desvanecimientos suelen afectar a menudo a una cadena de bits consecutivos, se verán afectados sólo bits puntuales de diferentes sitios pudiendo la codificación de canal hacerse cargo de estos errores.

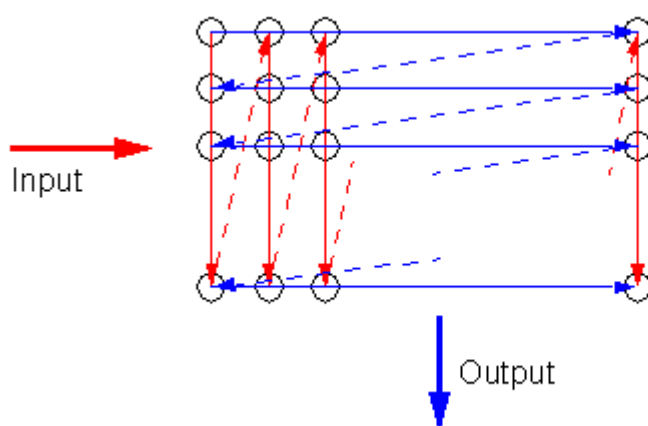


Figura 2.7: Diagrama del entrelazado de datos

3.4 Métodos de acceso múltiple al medio

Evidentemente, en las transmisiones radio tenemos un medio en el cual cualquiera puede transmitir y en el que se podrían producir colisiones continuas. En vez de utilizar algún sistema para gestionar estas colisiones, lo que se ha utilizado tradicionalmente son métodos de acceso múltiple que permiten dividir de alguna forma las comunicaciones para que las distintas transmisiones no choquen entre sí.

3.4.1 FDMA (Frequency Division Multiple Access)

El espectro disponible se divide en bandas (portadoras), cada una de las cuales se asigna a un enlace ascendente o descendente para cada usuario.

3.4.2 TDMA (Time Division Multiple Access)

Varios usuarios escuchan en la misma frecuencia teniendo reservado para sus comunicaciones una determinada ranura (*slot*) temporal en la trama. Evidentemente, esta técnica sólo puede usarse en transmisiones digitales.

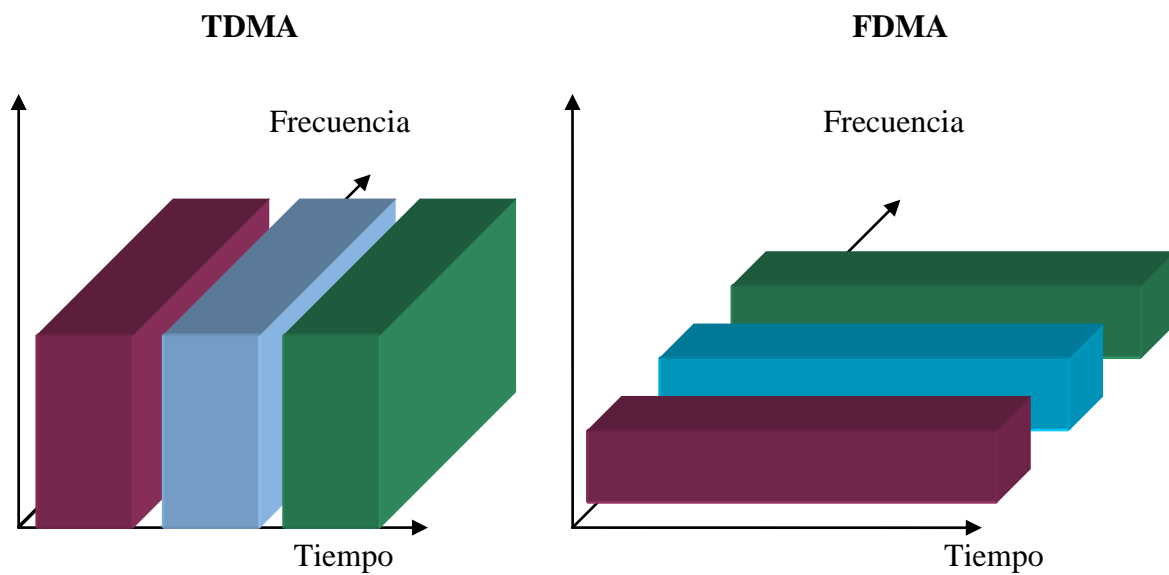


Figura 2.8: Comparación de métodos de acceso TDMA-FDMA

3.4.3 CDMA (Code Division Multiple Access)

Lo que se hace aquí para separar las comunicaciones y utilizar códigos para identificar cada una. Básicamente se multiplica la señal por una señal código y se transmite. En el receptor se utilizará ese mismo código para extraer la señal que le corresponde. La utilización de esta técnica produce unas consecuencias ciertamente interesantes que veremos con más detalle cuando analicemos el sistema UMTS.

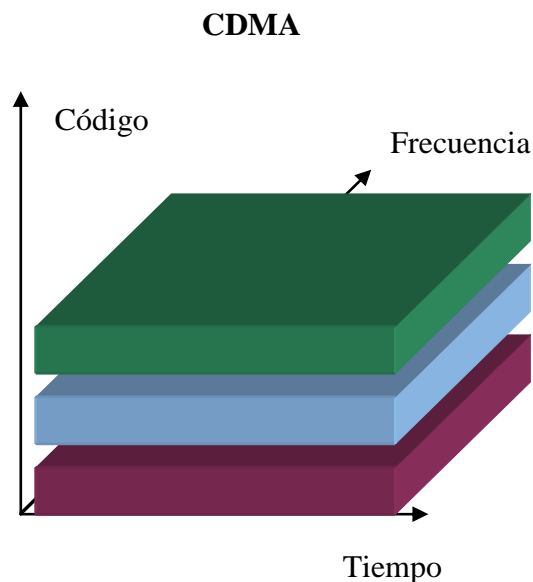


Figura 2.9: Método de acceso CDMA

En términos de complejidad, el más sencillo es el FDMA, siguiéndole el TDMA y finalmente el CDMA. Actualmente este último es en el que se están basando las redes de 3G en todo el mundo por su mayor eficiencia espectral.

3.5 Estándares de comunicaciones celulares

Una vez vistos los principios más generales de los sistemas de comunicaciones móviles celulares, es muy conveniente hacer un breve repaso por las distintas tecnologías que se han venido empleando para implantar el servicio de telefonía móvil. Aunque no vamos a entrar en detalle sobre ninguna de ellas, en sucesivos capítulos iremos viendo con más detalle las más importantes tecnologías que se han implantado en Europa (GSM/GPRS y UMTS)

3.5.1 Primera Generación (1G)

Los sistemas analógicos más importantes han sido sin lugar a dudas el AMPS norteamericano y los europeos NMT y TACS. Estos dos últimos sistemas han sido implantados en España aunque ambos están en desuso.

El sistema AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*) nace en los Estados Unidos sobre el año 1974 y su utilización ha sido amplia en países como Australia, China, Canadá y varios países de Sudamérica. Se basa en la técnica de acceso al medio FDMA. Ha sido un sistema que ha estado en permanente evolución dando lugar a diferentes versiones del mismo como *Narrowband AMPS* (NAMPS) que triplica la capacidad al reducir tres veces el ancho del canal utilizado, o el Digital AMPS (D-AMPS o ADC) que incluye TDMA dentro de los canales aumentando la capacidad en 6 veces.

El sistema NMT surge en 1981 como un servicio normalizado en los países escandinavos (Suecia-Noruega-Dinamarca-Islandia). Puesto que es un sistema ideal para cubrir grandes extensiones de

terreno con un coste moderado, aún se viene utilizando en ciertas regiones del norte de Europa como por ejemplo en Rusia. También se basa en FDMA y posee dos versiones, NMT 450, la más antigua y que opera en la banda de 450 MHz y NMT 900, más moderna y que trabajan entorno a los 900 MHz.

El sistema TACS 900 adoptado primeramente en Inglaterra en el año 1985 deriva del AMPS, lanzado comercialmente un año antes en Estados Unidos. Este sistema también utiliza FDMA pero la tecnología que usa es mucho más avanzada que la del NMT por lo que se obtiene una mejor calidad de audio así como una mejor gestión de los traspasos entre células. Una variante de este sistema, llamado ETACS, es el que se implantó en España con el nombre TMA 900 y con la marca MovilLine.

3.5.2 Segunda generación (2G/2.5G)

Sin lugar a dudas el sistema digital por excelencia de telefonía celular ha sido GSM. Se empieza a gestar en 1982 en el seno de la CEPT (*Conference Européenne des Postes et Telecommunications*) y por entonces sus siglas significaban *Groupe Special Mobile*. En 1991, la fase I del estándar se publica y a partir de hay su despliegue desborda todas las previsiones iniciales llegando a más de 160 países y cambiando su nombre por *Global System for Mobile Communications*. En España es el sistema que se ha venido usando mayoritariamente desde que se lanzó comercialmente en 1994.

En Estados Unidos en cambio no han tenido un único estándar digital, han ido pasando desde Interim Standard-54 (IS-54 o D-AMPS) hasta el IS-95 (CDMAone). Este último sistema fue una fuerte apuesta de la empresa californiana Qualcomm que introdujo en el mercado el primer sistema comercial con CDMA y que hacia competencia directa al europeo GSM. De hecho, hacia el año 2001 se estimaba que había llegado al 10% de los usuarios móviles mundiales.

Como puente entre la segunda generación y la tercera han ido apareciendo sistemas intermedios que incorporados sobre las redes digitales 2G proveen servicios de transmisión de datos a mayor velocidad y con conmutación de paquetes. Este último punto es especialmente importante puesto que permite compartir el canal de transmisión de datos y facturar exclusivamente el tráfico generado y no el tiempo de sesión. Entre estos sistemas 2,5G destacan sobre todo GPRS (*General Packet Radio Service*) y EDGE (*Enhanced Data rate for GSM Evolution*) [3].

3.5.3 Futura evolución (4G)

Mientras que la implementación de la tercera generación ha sufrido los problemas bien conocidos asociados a los efectos de la recesión y de una planificación inadecuada, a los que se añaden los altos precios pagados por las licencias y las tasas de utilización del espectro radioeléctrico, la 4G aparece ya como una alternativa razonablemente clara que se espera que se despliegue sobre el año 2010 con características tecnológicas superiores a la tercera generación.

Como requisitos más destacables aparece la interconexión con diferentes redes inalámbricas como WLAN, una red de satélites u otras redes celulares. También se esperan velocidades de hasta 100 Mbps y acceso con un único equipo y factura a diferentes servicios y aplicaciones.

4 GSM

4.1 Historia de GSM

Durante el comienzo de la década de los 80, los sistemas celulares analógicos estaban experimentando un rápido crecimiento en Europa, especialmente en los países escandinavos y Inglaterra, aunque también en Francia y Alemania. Casi cada país había desarrollado su propio sistema que además era incompatible con el resto tanto en equipos como en procedimientos.

La situación distaba de ser ideal, no sólo porque los usuarios móviles estaban restringidos a utilizar sus equipos dentro de sus fronteras, sino que también porque los fabricantes de los sistemas no podían conseguir las deseadas economías de escala que ayudarían a reducir precios y aumentar eficiencia.

Europa se dio cuenta de la importancia de desarrollar un estándar común y ya en 1982, en la Conferencia Europea de Correo y Telecomunicaciones (CEPT *Conférence Européenne des Postes et Télécommunications*) forma un grupo de estudio para analizar y desarrollar un sistema de telecomunicaciones móvil celular para toda Europa. El nombre de este grupo es el que originalmente se utilizó para formar las siglas GSM (*Group Spécial Mobile*). El estándar que se iba a desarrollar debía cumplir los siguientes criterios y calidades:

- Buena calidad subjetiva de sonido con la voz humana
- Costes de servicio y terminales bajos
- Soporte para *roaming* internacional (capacidad de los usuarios de conectarse con redes en países extranjeros)
- Eficiencia espectral
- Compatibilidad con RDSI
- Soporte para una gran gama de servicios y facilidades de red

En 1989, la responsabilidad del desarrollo del estándar GSM pasó a manos del *European Telecommunication Standard Institute* (ETSI), y finalmente en 1990 se salió a la luz la fase I de las especificaciones de GSM. El servicio comercial empezó a mediados de 1991 y a para el año 1993 ya existían 36 redes basadas en GSM en 22 países diferentes.

Aunque como hemos visto el proceso de estandarización fue realizado por instituciones europeas, GSM no se puede considerar únicamente como una tecnología específica de este continente. Más de 200 redes están actualmente en servicio en por lo menos 110 países alrededor del globo. A comienzos de 1994 ya existían más de 1,3 millones de usuarios de GSM en todo el mundo, número que creció hasta los 55 millones en sólo tres años. Con Norteamérica usando la versión derivada de GSM llamada PCS1900, se puede decir que la tecnología GSM está actualmente funcionando en todos los continentes.

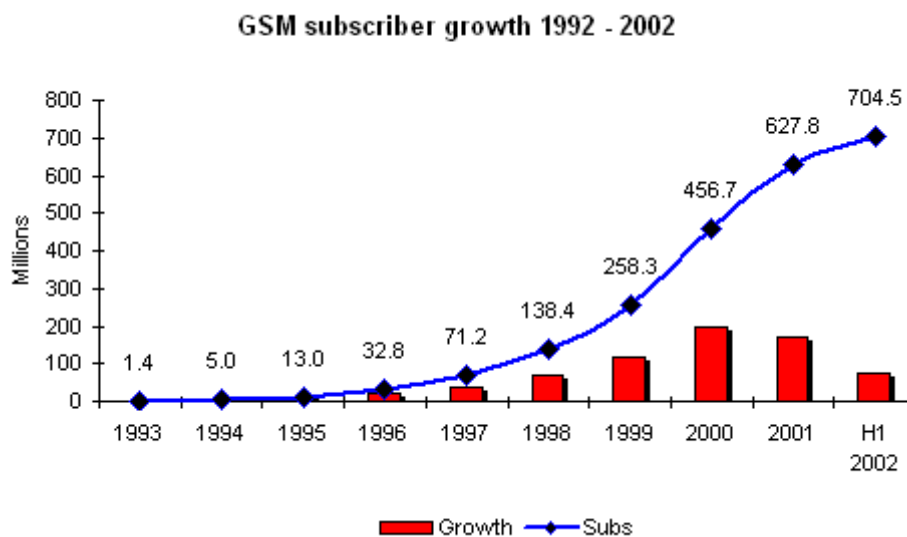


Figura 2.10: Evolución de los usuarios GSM Fuente: EMC World Cellular Database

En España la tecnología GSM entra en 1995 de la mano de Telefónica (Movistar) y Airtel. Posteriormente se les uniría Amena en 1999. La cobertura actual de estos sistemas es cercana al 100% respecto a la población, aunque geográficamente es algo más baja, puesto que hay zonas de muy difícil cobertura.

Cuotas de mercado de los operadores españoles (miles de clientes) Q2 2003

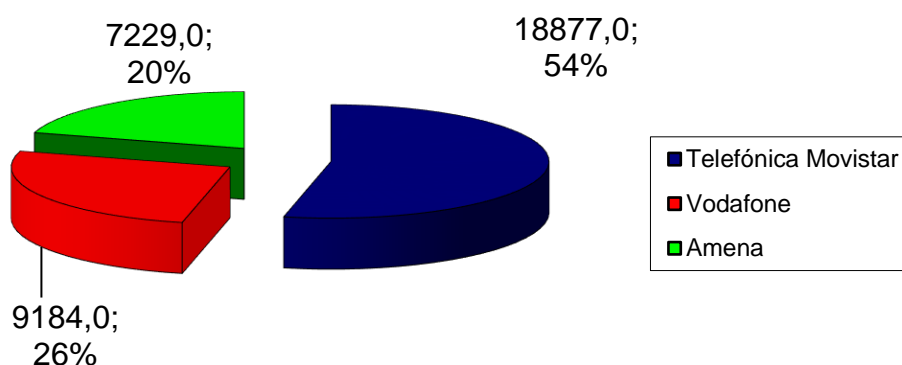


Figura 2.11: Cuotas de mercado de los operadores móviles en España Datos: Expansión

4.2 Servicios proporcionados por GSM

Desde el principio, los arquitectos de GSM querían compatibilidad con el sistema digital de comunicaciones fijas, RDSI, en cuanto a los servicios ofrecidos y la señalización de red utilizada. Sin embargo, las limitaciones de la transmisión radio respecto a ancho de banda y coste de transmisión, no han permitido conseguir en la práctica la tasa de 64 kbps que tiene un canal B del estándar de RDSI.

Los servicios que GSM proporciona a los usuarios se clasifican de la misma forma que en RDSI, es decir usando las definiciones creadas por la ITU-T. Estos servicios se dividen en teleservicios, servicios portadores y servicios suplementarios.

4.2.1 Teleservicios

- Telefonía

Servicio modo circuito similar al de la red telefónica conmutada o la RDSI, que permite la conversación con abonados GSM o de otras redes telefónicas. La voz se digitaliza y comprime de modo que el flujo de información que se transmite sobre el interfaz radio es de 13 kbps o 6,5 kbps, según sea *full rate* o *half rate*.

- Llamadas de Emergencia

Este servicio permite efectuar llamadas de emergencia mediante la marcación de un número de tres cifras (Ej. 112). Se trata de un servicio prioritario, obligatorio para toda la red GSM y que agiliza el tratamiento de estas llamadas hacia el centro de atención adecuado (policía, bomberos, etc.)

- Servicio de Mensajes Cortos (SMS)

Servicio modo paquete que permite el intercambio de mensajes alfanuméricos de hasta 160 caracteres (codificados a 7 bits por carácter) entre terminales GSM o desde la red hacia los terminales.

- Servicio de fax

Permite el envío y recepción de documentos facsímile grupo 3. Si bien existen teléfonos GSM que incluyen facilidades de fax y adaptadores GSM para terminales facsímile G3, en el caso más habitual se emplea un PC con una tarjeta PCMCIA (módem-fax) a la que se conecta un teléfono GSM.

4.2.2 Servicios portadores

GSM ofrece servicios portadores para transmisión de datos hasta 9.600 bps.

4.2.3 Servicios suplementarios

GSM soporta servicios suplementarios similares a los de la RDSI. Por ejemplo:

- Desvíos de llamadas

Las llamadas pueden redirigirse a otro número o a un buzón de voz si el abonado está ocupado, no contesta o es inalcanzable (terminal desconectado o sin cobertura).

- Identificación de abonado llamante y de abonado conectado

La pantalla del móvil muestra respectivamente el número de abonado que llama o el número destino de la llamada.

- Llamada en espera

Durante la conversación se puede dar paso a una nueva llamada inhibiendo la actual. Por supuesto luego se puede retomar.

- Prohibición de llamadas

Puede aplicarse a llamadas entrantes o salientes (ej. llamadas internacionales o a servicios de valor añadido).

4.3 Arquitectura de la red

La red GSM está compuesta de diversos componentes cuyas funciones e interfaces están especificados en el estándar. En la siguiente figura podemos observar los principales elementos de la red.

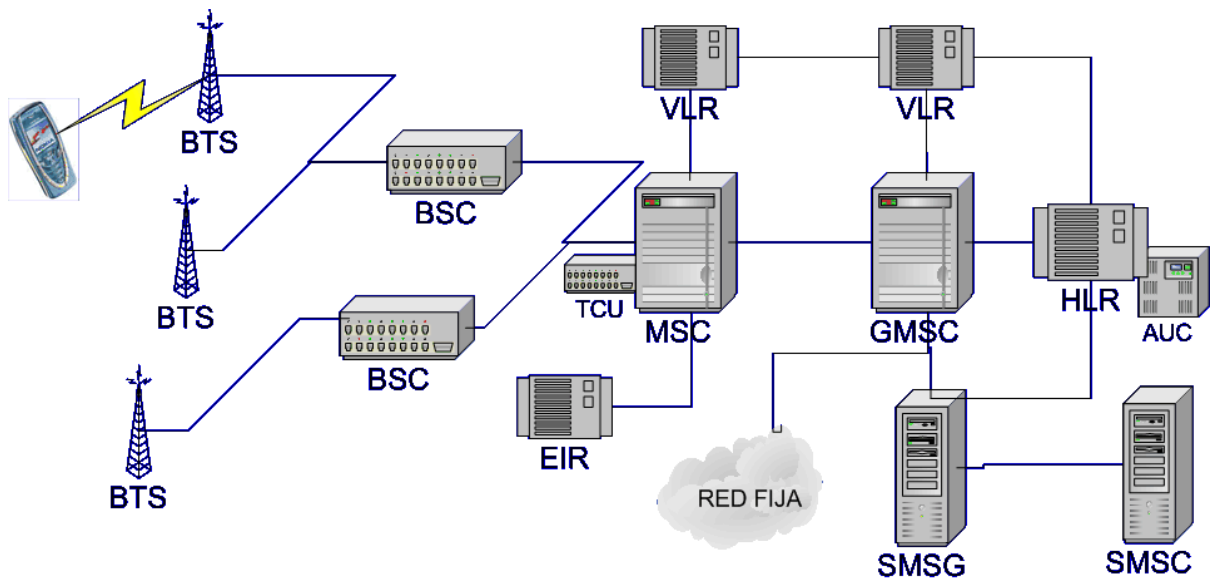


Figura 2.12: Arquitectura de la red GSM

Uno de los aspectos más importantes de la arquitectura de las redes GSM es que la red de acceso tiene una organización jerárquica, cada elemento controla un conjunto de elementos de nivel inferior y a su vez es gestionado por otro de nivel superior. Esto facilita bastante tanto el diseño y la planificación de la red, así como su gestión y ampliación.

En las siguientes páginas vamos a ir repasando uno por uno los principales elementos de la arquitectura de red, estudiando además los interfaces que los interrelacionan.

- Estaciones móviles

En GSM se entiende como estación móviles (MS, *Mobile Station*) el conjunto formado por el terminal móvil del usuario y la tarjeta SIM (*Subscriber Identity Module*). Sin la tarjeta, el terminal sólo permite realizar llamadas de emergencia. Cualquier acceso al resto de servicios que proporciona una red GSM requiere la inserción de una tarjeta SIM en el terminal.

Todo terminal GSM tiene un número de serie (IMEI, *International Mobile Equipment Identifier*) que lo identifica de forma internacional. El IMEI permite a los operadores de redes GSM controlar y gestionar el acceso de los terminales a sus redes. Podría impedir el acceso a terminales que no han sido homologados o no cumplen determinadas especificaciones técnicas. Además, y esto sí que se realiza actualmente, los operadores pueden bloquear y dejar inutilizados terminales móviles que hayan sido declarados como robados mediante su identificación con el IMEI.

La SIM es una tarjeta inteligente que tiene capacidad para almacenar, entre otras informaciones, un identificador universal del usuario GSM (IMSI, *Internacional Mobile Subscriber*

Identity) así como una clave secreta para la autenticación con la red. El acceso a la información contenida en la tarjeta SIM está protegido mediante un código personal de acceso (PIN, *Personal Identification Number*) que se solicita al encender el móvil.

Las tarjetas están provistas de una memoria adicional que proporciona facilidades de agenda electrónica al usuario, por ejemplo permitiéndole almacenar números de teléfono. Además también suelen tener cierta memoria reservada para almacenar mensajes de texto del usuario. Según ha ido evolucionando GSM las tarjetas SIM han ido aumentando en capacidad y funcionalidad. No sólo poseen más memoria, sino que además las últimas tarjetas han incluido una funcionalidad llamada *SIM toolkit*, que permite a los operadores programar las tarjetas para que en los terminales que lo soportan aparezcan menús de acceso rápido personalizados. De esta forma se consigue que los usuarios tengan de forma rápida y sencilla un menú de acceso rápido con los servicios que el operador considera más interesantes.

Ambos identificadores, IMEI e IMSI, son independientes, por lo que permiten la movilidad de los usuarios respecto a los terminales que usan. De esta forma un terminal puede ser usado por diferentes usuarios sin que existan conflictos a la hora de identificar al cliente o tarificar las llamadas. Simplemente basta que el usuario inserte su tarjeta SIM en el terminal.

Las estaciones móviles se comunican con las estaciones base (BTS) mediante el interfaz radio *Um*. Este es el único interfaz de toda la arquitectura GSM que se realiza vía radio, siendo muy importante su comprensión para entender gran parte de las características que GSM posee.

- Interfaz *Um*

Los canales de comunicaciones radio en GSM tienen un ancho de banda espectral de 200 KHz. Cada uno de estos canales tiene una frecuencia central llamada portadora que se equipan en las bandas reservadas para el estándar GSM.

Una célula GSM puede tener asignados uno o más pares de frecuencias portadoras. Cada operador debe decidir el número de portadoras a utilizar en cada célula según el tráfico que ésta vaya a soportar y el número de portadoras que le hayan sido asignadas por el regulador competente.

Cada par de frecuencias está formado por una en la banda ascendente (de MS a BTS) y otra en la descendente (de BTS a MS) con el fin de hacer posible la comunicación bidireccional simultánea. En general, siempre que se mencione un número de frecuencias se sobreentiende pares de portadoras. Por ejemplo, en la frase “esta célula tiene asignadas 3 frecuencias” se debe considerar que quiere decir que la célula tiene asignadas tres portadoras en la banda ascendente y tres en la banda descendente.

En la versión GSM 900, la interfaz radio tiene reservada una banda de frecuencias en torno a los 900 MHz. El ancho de banda asignado está estructurado en 125 portadoras. La mitad inferior de la banda (890-915 MHz) está destinada a enlaces ascendentes y la superior (935-960 MHz) está destinada a los descendentes.

Más recientemente ha sido asignada una nueva banda en torno a 1.8 GHz, para la variante de GSM conocida como DCS 1800 (*Digital Cellular System*). Al igual que GSM 900, se pueden

diferenciar dos bandas, una ascendente (1710-1785 MHz) y otra descendente (1805-1880 MHz).

Como vimos en el capítulo de introducción a las tecnologías celulares, este tipo de acceso al medio compartido se denomina FDMA y consiste en la multiplexación de las telecomunicaciones mediante el uso de distintas frecuencias. En GSM no sólo se utiliza este tipo de acceso al medio. Además en cada frecuencia (o par de frecuencias) se transmiten digitalmente tramas TDMA con 8 intervalos de tiempo (*Time Slots*) que permite multiplexar en el tiempo 8 canales físicos por frecuencia. Sobre un par de frecuencias dado, el canal físico bidireccional i , con $i=1, 2, \dots, 8$, estará formado por el intervalo de tiempo i en cada una de las tramas TDMA, tanto en sentido ascendente como descendente.

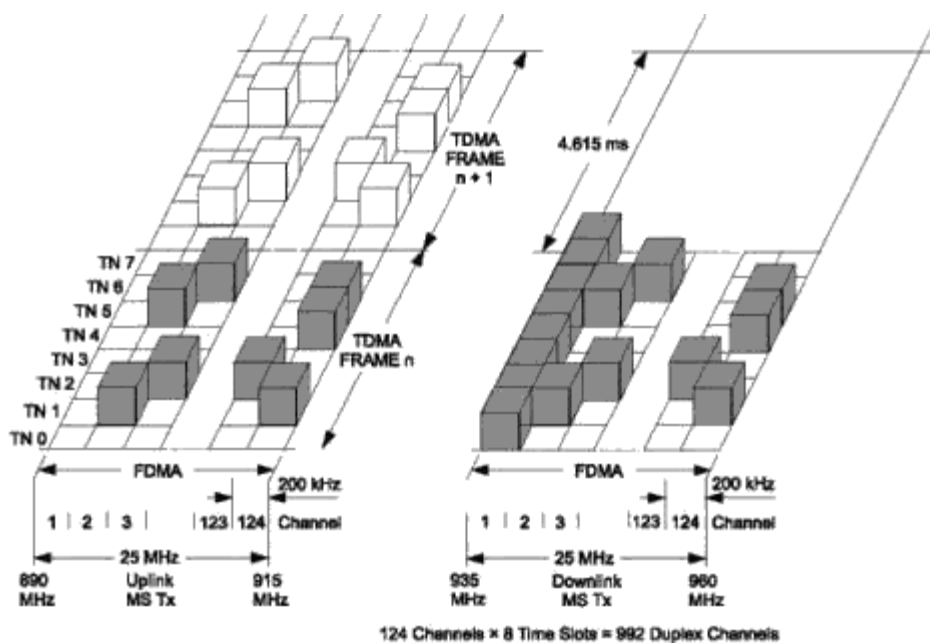


Figura 2.13: FDMA y TDMA en GSM

Cada uno de estos canales físicos se puede utilizar para transmitir datos o voz o puede ser utilizado para transmitir señalización. Además hay que destacar que entre el intervalo de tiempo en sentido ascendente y el correspondiente intervalo en sentido descendente hay un desfase temporal para evitar que el terminal tenga que simultáneamente transmitir y recibir datos. La estructura de estos canales físicos es relativamente compleja y por lo tanto sólo vamos a estudiar por encima las capacidades de transmisión que soportan estos canales en las diferentes posibilidades que existen.

Cada intervalo de tiempo de la trama tiene una duración de $15/26$ ms ($\sim 0,577$ ms). En consecuencia, una trama dura $120/26$ ms ($\sim 4,615$ ms), lo que equivale a decir que sobre una portadora se transmiten 26 tramas cada 120 ms.

Estos intervalos de tiempo en el que se divide una trama se denominan períodos de ráfaga (*burst periods*) debido a que dentro de cada intervalo se pueden transmitir una ráfaga de bits. El número de bits por ráfaga puede oscilar entre 88 y 148 según el tipo de informa-

ción a transmitir (datos, señalización,...). De estos bits, una parte está destinada al transporte de información de usuario más redundancia para protección de errores, correspondiendo el resto a bits de guarda y sincronismo.

Las ráfagas normales, utilizadas para tráfico de usuario (voz/datos) y para buena parte del tráfico de señalización, son de 148 bits. De estos 148 bits, 114 son de información más protección de errores. Teniendo en cuenta este dato, un canal físico da una capacidad bruta de $114 \text{ bits} / 4,615 \text{ ms} = 24,7 \text{ Kbps}$.

El empleo de un canal físico para una conversación de voz o para datos requiere la consideración de agrupaciones de 26 tramas, denominadas multitramas. Según lo visto, la duración de una multitrama de 26 tramas es de exactamente 120 ms. De los 26 intervalos de tiempo por multitrama que corresponden al canal físico que consideremos, sólo se puede enviar voz (o datos) en 24. Por lo tanto la capacidad anteriormente calculada se debe multiplicar por el factor $24/26$.

La capacidad neta disponible es aún menor puesto que en los 114 bits están incluidos los bits de redundancia para la protección frente errores de canal (con códigos específicos según se trate de voz o datos que se salen del ámbito de esta documentación). En el caso de la voz, de cada 456 bits sólo 260 son de información y el resto es de redundancia. El resultado de descontar de la capacidad bruta antes calculada los dos intervalos no utilizados en la multitrama y la redundancia es:

$$24,7 \cdot \frac{24}{26} \cdot \frac{260}{456} = 13 \text{ Kbit} / \text{s}$$

En el caso de los datos la proporción entre la información y la redundancia es similar, resultando que la máxima velocidad de transmisión que se puede alcanzar es 9,6 kbps.

4.3.1 Subsistema de estaciones base

En la arquitectura GSM, se denomina subsistema de estaciones base (BSS, *Base Station Subsystem*) al conjunto constituido por las estaciones base (BTS, *Base Transceiver Station*) y sus controladores (BSC, *Base Station Controller*).

- **BTS**

Las BTSs son los elementos de red que contienen las antenas y los equipos necesarios para las comunicaciones radio con las estaciones móviles. Como se ha visto, una BTS puede tener asignada uno o varios pares de frecuencias portadoras, en función de las necesidades de tráfico que se estima que puede tener la célula.

En un área urbana, existe la posibilidad que sean necesarias un gran número de BTSs, por lo que sus requisitos son:

- Robustez
- Fiabilidad
- Portabilidad
- Mínimo coste

- BSC

Los BSCs son equipos que, como su nombre indica, sirven para controlar estaciones base. Un BSC puede gestionar una o varias BTSs (hasta varias decenas, según el fabricante). Sus principales funciones son la gestión de recursos radio (asignación de canales a MSs) y la gestión de trasposos (*handovers*) entre las BTSs que controla. Esta última facilidad es la que permite el mantenimiento de una comunicación cuando una MS cambia de célula durante el transcurso de una llamada.

Como ya hemos visto el interfaz que permite las comunicaciones radio entre MSs y BTSs es el interfaz Um mientras que las BTSs se comunican con las BSCs con el interfaz Abis.

- Interfaz Abis

Las comunicaciones entre BTS y BSC se realizan a través de sistemas digitales convencionales de 2 Mbps, en los que uno o más canales de 64 kbps se emplean para señalización y el resto para voz y datos.

Con el propósito de aprovechar mejor los 64 kbps disponibles en los canales de tráfico, éstos se dividen en 4 subcanales de 16 kbps, ya que esta capacidad es suficiente para el transporte del flujo de información intercambiado con una MS. De este modo, un mismo canal de 64 kbps puede soportar cuatro conversaciones de voz o datos.

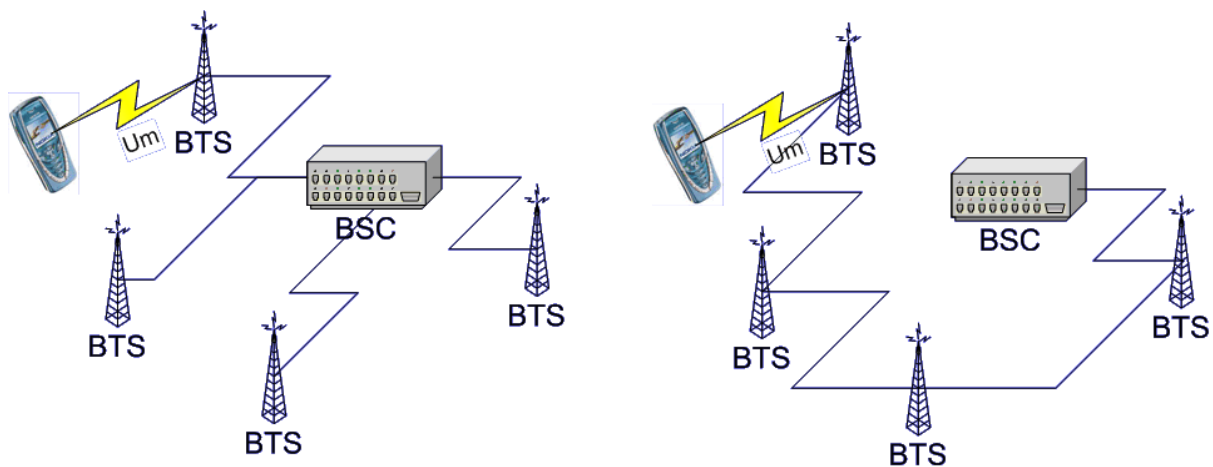


Figura 2.14: Comunicación en línea y en estrella entre BTSs y la BSC

La interconexión entre una BSC y las BTSs que controla puede efectuarse en estrella o en cadena tal y como se puede ver en la figura anterior. La ventaja de la configuración en cadena es que se pueden compartir canales de 64 kbps en las líneas de 2 Mbps. De esta forma se puede ahorrar en la interconexión de los elementos de red que típicamente es un factor de coste muy importante para un operador.

4.3.2 Subsistema de conmutación

Dentro de la arquitectura GSM, se denomina Subsistema de Conmutación (NSS, *Network Switching System*) al conjunto formado por las centrales de conmutación (MSC, *Mobile Switching Centres*) y los registros de información. Además, dentro de este subsistema se suelen incluir los

Centros de Mensajes Cortos (SMSC) así como la pasarela SMSG que comunica los SMSC con el resto del sistema GSM.

- MSC

Las MSCs son centrales similares a las utilizadas en las redes telefónicas fijas, con facilidades adicionales para el soporte de funciones específicas de las redes GSM (soporte de movilidad, trasposos, autenticación, etc.). Cuando una MSC actúa de pasarela con la red fija, se dice que la MSC tiene funciones de GMSC (*Gateway MSC*).

Al igual que en la RTC o la RDSI, las MSCs se comunican entre sí mediante enlace SS7 (Sistema de Señalización nº 7) y circuitos telefónicos convencionales a 64 kbps. También se comunican, a través del interfaz A con los BSCs que dependen de ellas.

- Interfaz A

El interfaz A que comunica BSCs con MSCs es prácticamente igual que el interfaz Abis ya visto. La diferencia es que la conmutación en las MSCs se efectúa sobre circuitos convencionales de 64 kbps. La adaptación de velocidades (de 16 kbps a 64 kbps y viceversa) se efectúa en las denominadas unidades transcodificadoras (TCU, *Transcoder Units*), que normalmente se sitúan al lado de las MSCs.

- Registros de información

El tratamiento de llamadas en GSM requiere la consulta por parte de las MSCs de diferentes registros de información que no son más que bases de datos. Los principales registros son:

- Registro de Localización Base (HLR, *Home Location Register*)

Contiene la información de tipo administrativo sobre los abonados de la red (su identidad, servicios contratados, etc.). También contiene el puntero que indica la localización de cada MS de la red, expresada como el VLR en el que se encuentra registrada la MS en un momento dado. Conceptualmente, existe un único HLR por la red, si bien físicamente puede realizarse como una base de datos distribuida.

Vinculado al HLR aparece el Centro de Autenticación (AuC, *Authentication Center*) que gestiona de manera centralizada los parámetros relacionados con la seguridad y privacidad de las comunicaciones en la red GSM.

- Registro de Localización de Visitantes (VLR, *Visitor Location Register*)

Almacena información temporal de las MSs que se encuentran dentro de un área cubierta por una (lo habitual) o más MSCs. Contiene la información de localización más precisa que el HLR, indicando un área de localización (LA, *Location Area*), esto es, un conjunto de células entre las que se encuentra una MS dada.

- Registro de Identidades de Equipos (EIR, *Equipment Identity Register*)

Base de datos en la que el operador puede almacenar información relativa a terminales, identificándolos a través de sus IMEIs. El EIR puede contener, por ejemplo, una relación de IMEIs correspondientes a terminales robados, de manera que se prohíba su utilización en la red.

- Otros interfaces

Aparte de los interfaces ya estudiados existen otros también normalizados (B, C, etc.) entre los distintos elementos de la red GSM. Sobre estos interfaces se desarrollan los intercambios de señalización necesarios para el control de llamadas, la localización y traspaso de llamadas, la autenticación de usuarios, etc.

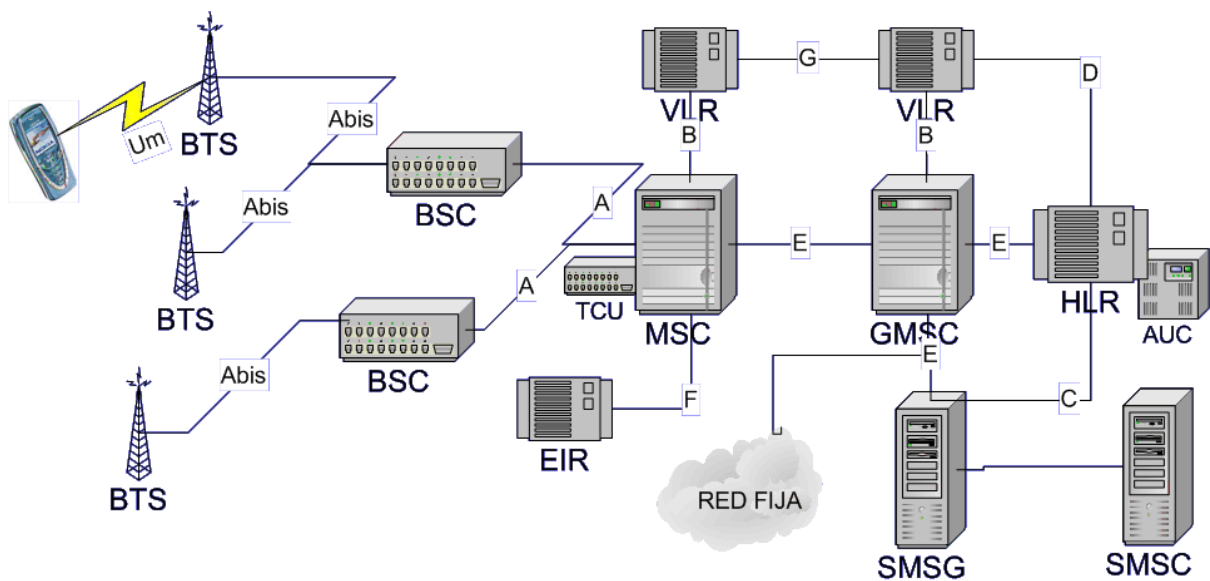


Figura 2.15: Arquitectura global de la red GSM con interfaces

4.4 Interfaz radio

Como ya hemos visto, la forma que tiene GSM de dar acceso a diferentes usuarios a un espectro compartido es utilizando simultáneamente TDMA y FDMA. Cada célula tiene distintos pares de frecuencias que a su vez se dividen en 8 canales físicos dividiendo el tiempo de transmisión equitativamente entre cada uno de ellos [4].

Ese es el soporte físico de la transmisión GSM pero por encima aparecen un conjunto de mecanismos que forman el interfaz radio. Todo el diseño de este interfaz tuvo como objetivo la eficiencia espectral, a costa en algunos casos de cierta complejidad como en la estructura de canales lógicos. Debido al carácter introductorio de este capítulo no vamos a entrar en detalle a explicar el interfaz radio sino que vamos a dar nociones de cada uno de los mecanismos más importantes que lo componen.

4.4.1 Estructura de canales lógicos

Los canales lógicos se componen de una sucesión de tramas TDMA (formadas por 26 o 51 intervalos de tiempo). Se dividen en canales dedicados, que se asocian a una estación móvil en concreto, y en canales comunes que son usados por todas las estaciones móviles simultáneamente. Además, se dividen en canales de tráfico y de señalización.

El canal de tráfico por excelencia es el TCH (*Traffic Channel*), que se usa para transmitir voz y datos. Uno de los intervalos de este canal en cada trama se usa para transmitir señalización mediante el canal llamado SACCH (*Show Associated Control Channel*). Otros canales dedicados son el SDCCH (*Stand-alone Dedicated Control*) que se usa entre otras cosas para la señalización durante la fase inicial del establecimiento de llamada y para mensajes cortos y el FACCH (*Fast Associated Control*) que es el canal de señalización usado para completar el establecimiento y para los traspasos.

Además de estos canales dedicados, hay otra colección más amplia de canales comunes dedicados a la señalización y entre los cuales destacan:

- **BCCH (*Broadcast Control Channel*)**
Está continuamente emitiendo en el enlace descendente información sobre el identificador de la estación base, las frecuencias de la misma, y las secuencias del mecanismo de salto en frecuencia descrito más adelante.
- **FCCH (*Frequency Correction Channel*) y SCH (*Synchronisation Channel*)**
Se usan para sincronizar la estación móvil a la estructura de los intervalos de tiempo definiendo sus límites y la numeración de los mismos.
- **RACH (*Random Access Channel*)**
Canal con acceso instrumentado con Aloha ranurado que usan las estaciones móviles para el acceso a la red.
- **PCH (*Paging Channel*)**
Lo usa la estación base para alertar a una estación móvil en concreto de que tiene una llamada entrante desde la red.
- **AGCH (*Access Grant Channel*)**
Se usa para indicar la reserva de un SDCCH a una estación móvil para la señalización con el objetivo de obtener un canal dedicado. Su uso es consecutivo en el tiempo a una petición mediante un canal RACH.

4.4.2 *Codificación de canal y modulación*

Debido a las interferencias electromagnéticas naturales y generadas por el ser humano, la señal transmitida por el interfaz radio debe ser protegida contra los errores. En este apartado GSM utiliza códigos convolucionales y entrelazado de bloques para conseguir esta protección.

4.4.3 *Ecualización*

En el rango de los 900 MHz, las ondas de radio rebotan en casi todo, edificios, colinas, coches, etc.... Por lo tanto, multitud de señales reflejadas, cada una con un retardo determinado, pueden llegar a la antena. La ecualización se usa para extraer la señal deseada de todas las reflejadas que nos molestan para tener una recepción limpia.

El funcionamiento de la ecualización se basa en encontrar cómo el camino que recorre la señal modifica una transmisión conocida de ante mano y construir un filtro inverso que deshaga estos cambios. Esta señal ya conocida son 26 bits que se transmiten en cada trama TDMA y que se pueden considerar como una secuencia de entrenamiento para que la estación móvil pueda ecualizar la señal recibida optimizándola.

4.4.4 *Salto en frecuencia*

GSM utiliza el mecanismo de salto en frecuencia para minimizar el problema de interferencias y desvanecimientos en forma de ráfagas. Puesto que las características de propagación de una señal dependen de la frecuencia con la que se transmite, modificando ésta en cada trama TDMA obtenemos cierta protección contra desvanecimientos continuos.

La secuencia de cambio de las frecuencias utilizadas es continuamente retransmitida desde la estación base mediante el canal BCCH.

4.4.5 *Transmisión discontinua*

Minimizar la interferencia entre canales es un objetivo a optimizar en todos los sistemas celulares, puesto que permite dar un mejor servicio y aumentar la capacidad de todo el sistema.

La transmisión discontinua se aprovecha del hecho de que una persona habla menos del 40% del tiempo en una conversación normal y apaga la transmisión durante los periodos de silencio. Un beneficio añadido a esta funcionalidad es que permite un mejor aprovechamiento de la batería de los terminales móviles.

El componente más importante de la transmisión discontinua es, evidentemente, la detección de voz. Debe distinguir entre la voz y el ruido, una tarea en absoluto trivial a pesar de lo que pueda parecer. Hay que considerar que el ruido de fondo puede tener un potencia considerable. Si la señal de voz es malinterpretada como ruido, el trasmisor se apagará y se producirá un efecto muy desagradable al cortarse la comunicación. Además, si el ruido es interpretado como voz la eficiencia de la transmisión discontinua decrecerá rápidamente.

Otro factor a tener en cuenta es que cuando el terminal deja de transmitir, el silencio que recibe el otro lado es absoluto debido a la naturaleza digital de GSM. Esta falta total de ruido no es nada recomendable puesto que suele generar la sensación de que la comunicación se ha cortado. Para evitar este problema, cuando no se transmite el receptor generará un ruido que tratará de suplir el ruido de fondo de la conversación.

4.4.6 *Recepción discontinua*

Otro método para conservar la potencia de una estación móvil es la recepción discontinua. El canal PCH, usado por la estación base para señalar una llamada entrante, se estructura en subcanales. Cada estación móvil necesita escuchar solamente su propio subcanal. En el tiempo entre los sucesivos subcanales que no le afectan, el terminal puede entrar en un modo de espera, en el que apenas se gasta energía.

4.4.7 *Control de potencia*

Para minimizar la interferencia entre canales y optimizar la duración de las baterías, tanto las estaciones móviles como las estaciones base trabajan con la potencia de señal en la que pueden mantener una mínima calidad de servicio. Los cambios se realizan en saltos de 2 dB entre valores máximos y mínimos admitidos de potencia.

Las estaciones móviles miden la potencia de señal recibida y su calidad (a través del ratio de errores de *bits*) y transmiten esta información al controlador de la estación base que en última instancia es la que decide cuando se debe cambiar el nivel de potencia.

Este mecanismo de control de potencia debe ser usado con mucho cuidado pues existe la posibilidad de inestabilidad. Esto se produce cuando se aumentan alternativamente la potencia en dos móviles para contrarrestar aumentos alternativos de la interferencia mutua.

4.5 **Señalización de la red**

Asegurar la transmisión de voz o datos con una mínima calidad sobre el enlace radio es sólo una parte del conjunto de funciones de una red móvil GSM. Un móvil GSM debería poder moverse sin problemas nacional e internacionalmente, lo cual requiere funcionalidades tales como registro de usuarios, autenticación, enrutamiento de llamadas y actualización de posición. Además, el hecho de que la red se base en un sistema celular obliga a implementar el traspaso de llamadas entre células.

Todas estas funciones de señalización de red están descritas en el estándar GSM utilizando la capa MAP (*Mobile Application Part*) del sistema de señalización número 7 (SS7).

La señalización de la red en un sistema GSM está estructurada en tres subcapas:

- **Gestión de recursos radio (RR)**
Controla el establecimiento, gestión, y liberación de los canales físicos así como los traspasos.
- **Gestión de la movilidad (MM)**
Gestiona la actualización de la posición de las estaciones móviles así como los procedimientos para el registro y la autenticación.
- **Gestión de la comunicación (CM)**
Maneja el flujo de una llamada, así como los servicios suplementarios y el servicio de mensajes cortos.



Figura 2.16: Capas de la señalización de GSM

4.5.1 *Gestión de recursos radio*

La capa de gestión de recursos radio supervisa el establecimiento del enlace entre la estación móvil y una MSC, tanto en el tramo móvil como fijo. Además también gestiona funcionalidades del interfaz radio como el control de potencia o la transmisión y recepción discontinuas.

- **Traspasos (*Handover o Handoff*)**
En una red celular, los enlaces móviles y fijos no siempre son los mismos durante la duración de una llamada. Los traspasos consisten en cambiar de canal durante la realización de una llamada. La gestión y las medidas necesarias para los traspasos son labores de la capa de gestión de recursos radio.

Hay cuatro tipos de traspasos en un sistema GSM, que consisten en transferir una llamada entre:

- Canales físicos de la misma celda
- Células (BTS) que estén bajo el control del mismo BSC.
- Células (BTS) que están bajo el control de diferentes BSCs pero que pertenecen a un mismo MSC.
- Células (BTS) que están en diferentes MSCs.

En los dos primeros tipos de traspaso, llamados traspasos internos, interviene solamente una BSC. Para ahorrar ancho de banda de señalización, son gestionados por la BSC sin involucrar la MSC correspondiente, excepto para notificar la finalización del traspaso.

Los dos últimos tipos de traspasos, llamados traspasos externos, son gestionados por las MSCs involucradas. Un aspecto importante de la red GSM es que, la primera MSC que gestionó la llamada, llamada MSC *ancla*, mantendrá la responsabilidad para la mayor parte de las funciones relacionadas con la llamada, con excepción de posteriores traspasos internos que se gestionaran en la MSC en la que se encuentre la estación móvil.

4.5.2 *Gestión de las comunicaciones*

La capa de gestión de las comunicaciones es responsable del control de las llamadas, la gestión de servicios suplementarios y la gestión del servicio de mensajes cortos. Cada una de estas funcionalidades puede considerarse como subcapas del nivel.

Como principal aspecto a destacar de este complejo nivel es el uso del *Mobile Subscriber ISDN* (MSISDN) como número de marcación para acceder a un teléfono.

No vamos a entrar en detalle de todos los procedimientos de esta capa pues su comprensión escapa a los objetivos de este análisis. En cualquier caso cabe resaltar que todos los procedimientos usados en esta gestión de las comunicaciones son muy parecidos a los correspondientes en RDSI.

GPRS

4.6 Introducción a la conmutación de paquetes

Las redes móviles GSM ofrecen servicios de transmisión de datos desde la fase inicial de sus especificaciones (fase I). Sin embargo, se trata de servicios con modalidad de transferencia por conmutación de circuitos, es decir, donde la red, una vez establecida la conexión lógica entre dos usuarios, dedica todos los recursos hasta que no es solicitada expresamente su desconexión, independientemente de si los usuarios intercambian o no información y de la cantidad de la misma.

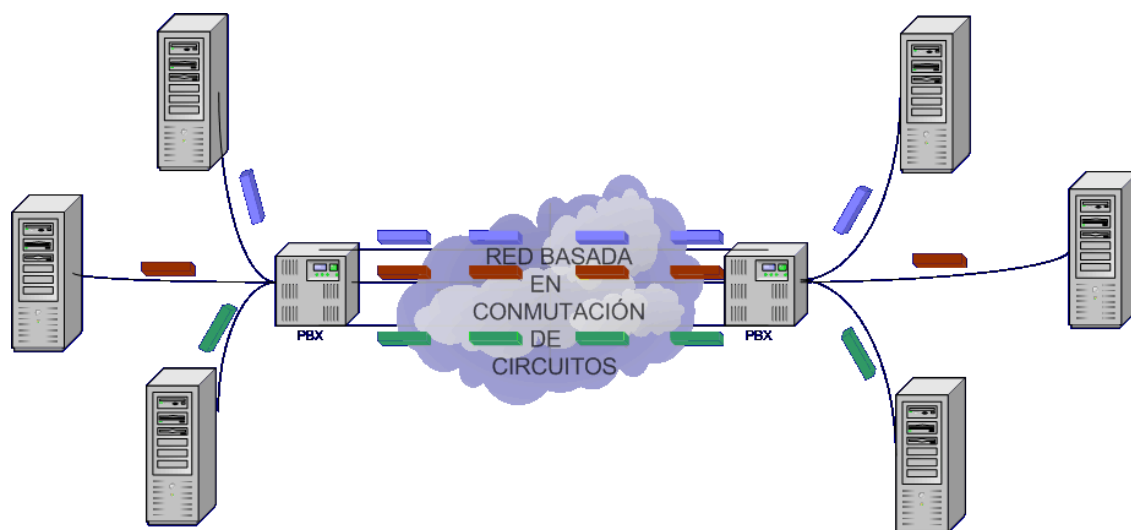


Figura 2.17: Transmisión de información mediante conmutación de circuitos

Este funcionamiento de las redes supone un desperdicio de recursos en la transmisión de datos y una factura más cara para el usuario puesto que paga por el tiempo de conexión, no por los datos realmente transmitidos y recibidos.

De hecho, la transmisión de datos con conmutación de circuitos sólo se puede considerar óptimas las transmisiones en las que se intercambien una cantidad significativa de datos como en las transferencias de grandes ficheros. El problema radica en que son precisamente muy ineficientes en las comunicaciones en las que se solicitan datos de forma interactiva y poco constante, como por ejemplo en la navegación a través de Internet. Este tipo de comunicaciones, que son las más habituales en nuestros días, suponen con conmutación de paquetes tener el canal reservado sin usarlo en gran parte del tiempo.

Es decir, de lo que se trata es de proveer a GSM de un mecanismo de conmutación de paquetes con el que los datos de los usuarios, junto con una indicación del remitente y destinatario, puedan ser transportados por la propia red sin necesidad de una estrecha asociación con un circuito físico.

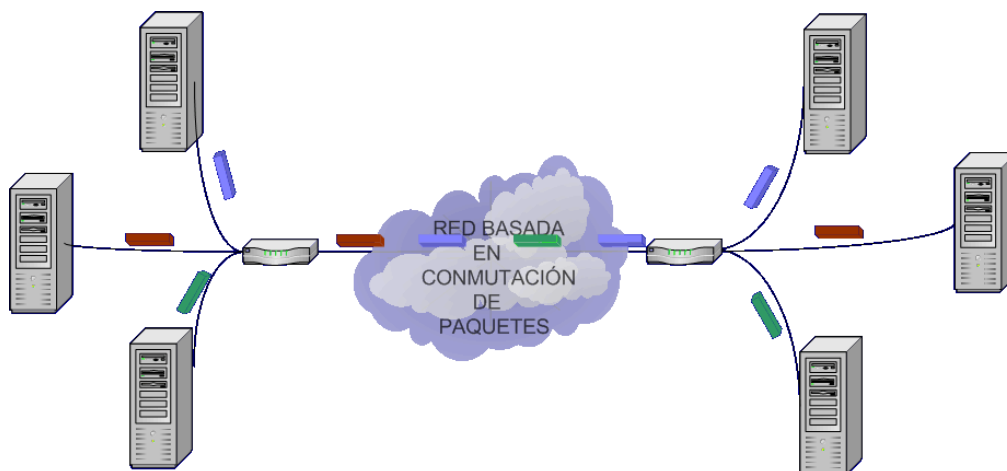


Figura 2.18: Transmisión de información mediante conmutación de paquetes

GPRS (*General Packet Radio Service*) viene a incorporar en GSM la transmisión de datos a mayor velocidad además de mediante conmutación de paquetes. Es un paso intermedio en la evolución de las redes GSM hacia las redes de tercera generación por lo que se le suele denominar como una tecnología 2,5G. Su implantación se hace sobre la red existente GSM por lo que su coste de despliegue es relativamente reducido. Esto, junto con la demora y el coste que tiene el despliegue de las redes 3G, ha hecho que su éxito comercial haya sido alto, siendo muchas las operadoras que los han implementado como puente hacia siguientes tecnologías.

4.7 Ventajas de GPRS

4.7.1 Velocidad

GPRS ofrece una gran gama de velocidades para la transmisión de datos. Como veremos, combinando diferentes configuraciones de red y terminales podremos obtener velocidades teóricas de hasta 172 Kbps. De todas formas las velocidades de las redes actuales suelen estar entre 20kbps - 56 Kbps. Aún así esto supone una gran mejora respecto a la velocidad de transmisión de datos que soporta GSM, que es 9.600 bps.

4.7.2 Conmutación basada en paquetes

Como hemos visto en el apartado anterior, la transmisión de datos con conmutación basada en paquetes aprovecha de mejor forma la capacidad de la red que la conmutación basada en circuitos. Además con este esquema de conmutación se obtiene una ventaja añadida, que no es otra que se facturará a los usuarios por tráfico real y no por tiempo de conexión.

4.7.3 Always on

Otra ventaja de GPRS, que además es consecuencia de la conmutación de paquetes, es que el terminal puede estar permanentemente conectado a la red. Esto significa que cuando el usuario quiera acceder a un servicio no tendrá que esperar a que se establezca la conexión reduciéndose considerablemente el tiempo de acceso. También permitirá mecanismos más sencillos de recepción de servicios *push*, es decir de servicios iniciados por las aplicaciones y no por el usuario.

4.7.4 Bajos costes de despliegue

Los bajos costes que implica el despliegue de GPRS suponen una gran ventaja para las operadoras y ha permitido que su implementación haya sido en cierta manera masiva. Estos costes se deben

a que GPRS se monta encima de la red GSM utilizando todos sus componentes. Además no tiene porque haber caídas o periodos de inactividad de la red debidas al despliegue de GPRS.

4.7.5 Nuevas y mejores aplicaciones

Gracias a la mayor velocidad de transferencia de datos, a su conmutación basada en paquetes y su característica de conexión permanente, GPRS posibilitará una serie de aplicaciones y servicios que hasta ahora no habían tenido cabida con GSM. Los usuarios podrán navegar por Internet con mayor velocidad, podrán jugar a juegos en red sin preocuparse que la conexión permanece abierta y facturando, y podrán recibir contenidos multimedia entre otras aplicaciones posibles.

4.8 Funcionamiento general de GPRS

Ya hemos visto que GPRS tiene como principales características que permite mayor velocidad de datos, utiliza conmutación de paquetes y permite conexiones permanentes. Vamos a analizar como funciona GPRS para conseguir estas ventajas mediante la red GSM.

En las redes GSM los recursos se gestionan según la modalidad *resource reservation*, es decir, se emplean en exclusiva desde el mismo momento en el que la petición de servicio se ha llevado a cabo. En GPRS, sin embargo, se adopta la técnica de *context reservation*, se decir, se tiende a reservar las informaciones necesarias para soportar, ya sea las peticiones de servicio de forma activa o las que se encuentran momentáneamente en espera. Por tanto, los recursos radio se ocupan sólo cuando hay necesidad de enviar o recibir datos y no en otros momentos. De esta forma los recursos de radio (canales lógicos de transmisión de datos) de una célula se comparten mediante aloha ranurado entre todas las estaciones móviles, aumentando notablemente la eficacia del sistema.

Por otro lado, el aumento de velocidad de las redes GPRS se consigue a base de dos factores. Por una parte se utilizan nuevos esquemas de codificación de los datos que permiten mayores velocidades a costa de menores cantidades de redundancia. Evidentemente para utilizar los esquemas de codificación más rápidos se debe tener una relación Señal/Ruido (S/N) muy elevada, es decir que la tasa de errores que se produce en la transmisión radio sea muy baja.

Puesto que los bits totales transmitidos por una trama TDMA son constantes, si enviamos menos bits de redundancia sin información podremos aumentar la cantidad de datos transmitida en cada trama. Como las tramas TDMA se transmiten de forma constante con el tiempo, utilizar esquemas de codificación más ligeros supone una forma sencilla de aumentar la velocidad a costa de reducir la robustez de las comunicaciones respecto a los errores.

En la siguiente tabla se recogen los cuatro esquemas de codificación especificados en GPRS con los bits de información transmitidos respecto a los 456 bits transmitidos en una trama. Además se incluye la velocidad que tendría una transmisión de datos a nivel de protocolos de enlace radio si el terminal usase todo el canal lógico. Esta velocidad teórica luego se verá reducida primero por el *overhead* de los protocolos superiores de la pila de comunicaciones y segundo por la comparación que se realiza de los canales físicos en GPRS.

Esquema de codificación de canal	Bits de datos de cada radio-bloque de longitud fija 456 bits	Kbps por cada <i>Time Slot</i> en la capa radio
CS-1	181	9,05

CS-2	268	13,4
CS-3	312	15,6
CS-4	428	21,4

Tabla 2.1: Esquemas de codificación de canal en GPRS

En la práctica casi todas las operadoras han optado por utilizar los dos primeros esquemas de codificación, por dos razones prácticas. Primero por que en el CS-3 y en el CS-4 suponen una reducción alta de la redundancia poniendo en serias dificultades comunicaciones con tasas de errores altas.

La segunda razón surge a partir de la velocidad que proveen. Con estos esquemas de codificación superamos un límite en la red GSM. Este límite no es otro que el tamaño de los circuitos en el interfaz A-bis entre las BTSs y el BSC. Este ancho de banda (16 kbps) es menor que el ancho que el interfaz radio tendría con estos dos esquemas de codificación. Esto supone que para utilizar el CS-3 y el CS-4 se deben utilizar dos circuitos A-bis dificultando y encareciendo mucho la implementación. Las operadoras que querían obtener velocidades superiores a 100 Kbps han optado por otras tecnologías 2,5G como EDGE.

El segundo factor que permite conseguir mayor velocidad es la utilización de varios intervalos de tiempo (*Time Slots*) de forma combinada. Sencillamente la estación móvil puede utilizar tantos canales físicos simultáneos como tenga la célula o su tecnología lo permita. De esta forma las velocidades que hemos visto antes se multiplican por números enteros según el número de canales simultáneos que se utilicen.

Esquema de codificación de canal	Kbps por cada <i>Time Slot</i> en la capa radio	Velocidad máxima por portadora (usando 8 <i>Time Slots</i>)
CS-1	9,05	72,4
CS-2	13,4	107,2
CS-3	15,6	124,8
CS-4	21,4	171,2

Tabla 2.2: Esquemas de codificación en GPRS con velocidad máximas teóricas

4.9 Arquitectura

La tecnología GPRS se implementa sobre las actuales redes GSM. No hay por lo tanto que identificar la arquitectura de una red GPRS de forma separada y aislada de una GSM. Eso sí, puesto que se han añadido ciertas interfaces para soportar la conmutación de paquetes, se debe dar una total compatibilidad entre las dos formas de conmutar, paquetes y circuitos.

Desde el punto de vista físico los recursos pueden ser reutilizados y existen algunos comunes en la señalización, así, en la misma portadora pueden coexistir a la vez tanto los intervalos de tiempo reservados a conmutación de circuitos como los intervalos de tiempo reservados al uso de GPRS.

Dentro de los canales físicos (intervalos de tiempo) disponibles para GPRS en las distintas portadoras de una celda se pueden encontrar tres tipos:

- Canales dedicados

Su uso siempre es para canales lógicos de transmisión de datos mediante conmutación de paquetes (GPRS). El conjunto de estos canales en la célula establecen la calidad de servicio mínima.

- Canales conmutables

Estos canales están dedicados a conmutación de paquetes (GPRS) por defecto, pero en caso de necesidad pueden pasar a transmitir tráfico GSM mediante conmutación de circuitos.

- Canales adicionales

Estos canales están dedicados por defecto a conmutación de circuitos (GSM) aunque se pueden utilizar para GPRS.

Por lo tanto, la optimización en el empleo de los recursos se obtiene a través del reparto dinámico de los canales reservados a la conmutación de circuitos y de aquellos reservados a GPRS. En caso de necesitar un nuevo canal para una llamada de voz, hay tiempo suficiente para liberar parte de los recursos usados por GPRS, de tal manera que la llamada, con mayor prioridad, pueda ser atendida. Los operadores tienen en este hecho una ventaja muy importante, ya que pueden ajustar los recursos en función de la demanda y atender las llamadas de voz, ralentizando un poco las comunicaciones ya establecidas de datos sin llegar a cortarlas, lo que no es muy molesto para los usuarios, ya que no se llega a interrumpir el servicio.

Para conseguir que una red GSM permita todas las funcionalidades que incluye GPRS hay que realizar varias acciones sobre la misma. Por un lado hay que actualizar el software de cada uno de los elementos de la red para que soporten conmutación de paquetes. Esta actualización de software suele realizarse de forma remota por lo que su coste es bajo.

Además, hay que incluir nuevos elementos de hardware en la red. Estos elementos son los siguientes:

4.9.1 Unidad de Control de Paquetes

La Unidad de Control de Paquetes (PCU, *Packet Control Unit*), son elementos de red que se sitúan junto a las BSCs y se encargan de la asignación y gestión de los canales lógicos propios de GPRS.

4.9.2 Nodo servidor de GPRS (SGSN, *Server GPRS Support Node*)

Se encarga de las siguientes funciones:

- Cifrado, autenticación y comprobación de IMEI
- Gestión de movilidad
- Gestión del enlace lógico hacia el MS
- Datos de facturación
- Responsable de la distribución de paquetes a las estaciones móviles pertenecientes a su área de servicio

Este nodo estará conectado con el HLR, el MSC, BSC y SMSC.

4.9.3 Nodo pasarela de GPRS (GGSN, *Gateway GPRS Support Node*)

Hace de interfaz lógica entre la red GPRS y las redes de paquetes externas. Se encarga entre otras tareas de transmitir los paquetes a las redes externas correspondientes. Para saber a qué interfaz externa de cuál GGSN debe ir un paquete se usa un nombre lógico llamado APN (*Access Point Name*).

Además de la clasificación según la dualidad GSM/GPRS, los terminales GPRS se suelen clasificar mediante el número de canales radio que pueden manejar tanto en el canal ascendente como en el descendente. En la siguiente tabla se especifica los diferentes tipos de terminales que puede haber. Evidentemente cuantos más canales puede manejar el terminal más compleja es su implementación y más batería gasta por lo que las configuraciones más avanzadas no se suelen llevar nunca a la práctica.

Clase de terminal <i>multislot</i>	Máximo número de intervalos usados		
	Recepción	Transmisión	Simultáneos
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5

Tabla 2.3: Clases de terminales multislot

5 UMTS

5.1 Historia y evolución de UMTS

Es frecuente que se asuma que todos los sistemas de comunicaciones móviles celulares de tercera generación son UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Nada más lejos de la realidad. UMTS es una de las familias de este tipo de sistemas.

Nace en el contexto de programa europeo en el año 1988. Para esa época ya se empiezan a observar parte de los problemas que tenía la segunda generación y se plantea una nueva generación que suponga la solución para estos inconvenientes y que incorpore las mejoras tecnológicas que se van produciendo durante los años.

El planteamiento final que se obtiene de este proceso es un sistema compuesto por diversas familias que responden a intereses locales o regionales. El nombre de este conjunto de soluciones es IMT-2000. Durante este tema y el siguiente veremos las principales características de la mayoría.

ITU IMT-2000 interfaces		Standards organisations
IMT-DS	UMTS component paired WCDMA frequency bands (FDD mode)	3GPP
IMT-TC	Components of unpaired frequency bands: UMTS (TDD mode) TD-CDMA and radio interface proposed by China TD-SCDMA	3GPP CCSA (TD-SCDMA)
IMT-MC	CDMA2000: CDMA network evolution	3GPP2
IMT-SC	Evolution of IS-136 (TDMA) networks primarily deployed in US - UWC 136	3GPP
IMT-FT	DECT	ETSI

Figura 2.21: Familias IMT-2000 Fuente: UMTS-Forum

La estandarización de UMTS, se está diseñando principalmente en Europa por el 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) aunque este organismo no tiene potestad para realizar normas, por lo que elabora los documentos técnicos que luego pasarán a ser normas gracias a los correspondientes organismos de estandarización.

Este proceso de normalización se ha ido realizando en fases, publicándose versiones del estándar cada pocos meses.

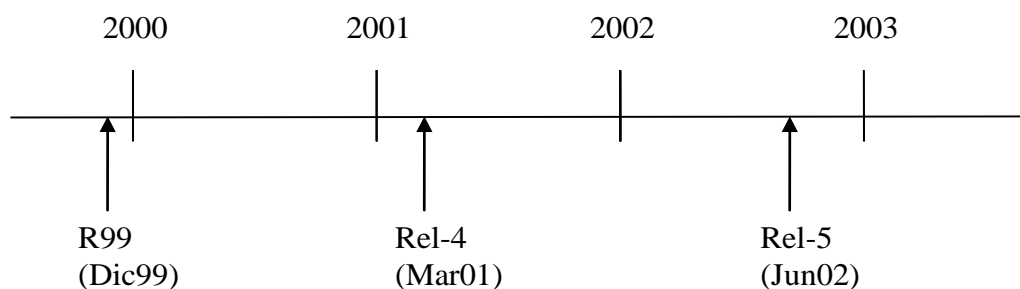


Figura 2.22: Calendario de las versiones de UMTS

UMTS es un conjunto de estándares que pretenden dar una solución global y más avanzada a las redes y servicios de telefonía móvil que la que había con la segunda generación. Es por esta razón que la complejidad y amplitud de este sistema sobrepasa en mucho a GSM con lo que en este

curso sólo realizaremos una pequeña introducción a todos los componentes de UMTS haciendo hincapié en las principales diferencias con los anteriores sistemas. Además en este capítulo sólo trataremos la red UMTS dejando para más adelante los servicios 3G.

5.2 Servicios de UMTS

UMTS pretende soportar y mejorar los servicios que provee GSM. De forma resumida se pueden concretar en los siguientes:

- Servicios en modo paquete y en modo circuito
- Conexión de alta velocidad para transmisión de datos

Entorno	Velocidad de los móviles	Tasa de bit objetivo
Exterior rural (>1 Km)	Alta (<500 Km/h)	144 kpbs
Exterior urbano (200-400 m)	Media (<120 Km/h)	384 kpbs
Interior/Exterior de corto alcance (100m)	Baja (<10 Km/h)	2048 kpbs

Tabla 2.4: Servicios de transmisión de datos de UMTS

- Intercomunicación con otras redes.
- Soporte de servicios simétricos y asimétricos.
- Itinerancia (*roaming*) global. Movilidad de terminales, usuarios y *servicios*.
- Calidad de voz comparable a la de la telefonía fija.
- Integración de redes: fijas y móviles, voz y datos.

5.3 Arquitectura de UMTS

Tradicionalmente, las redes de telecomunicaciones se han diseñado con la intención de transmitir un solo tipo de contenidos: voz, datos, TV, etc., y por lo tanto su estructura venía determinada por este contenido. Estas redes eran totalmente independientes unas de otras y poseían sus propias redes de acceso, transporte y conmutación.

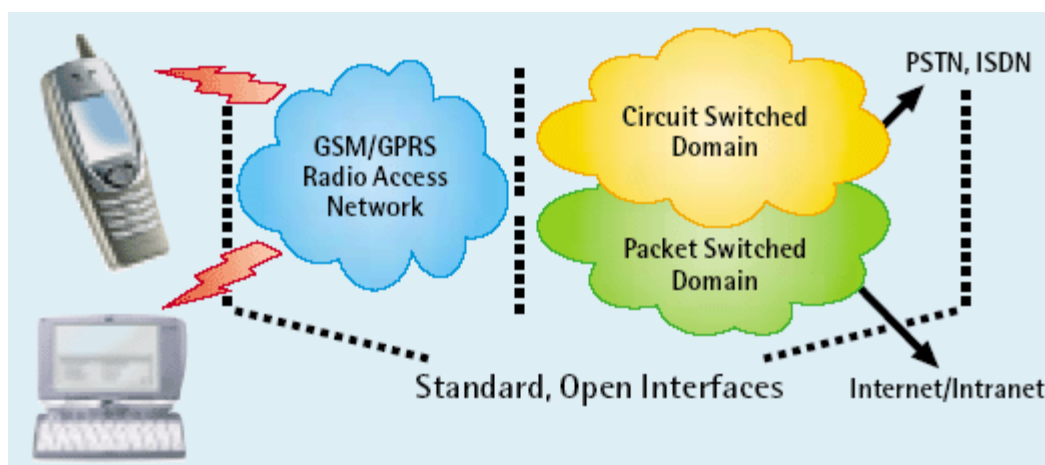


Figura 2.23: Estructura clásica de redes de acceso y troncales Fuente: UMTS-Forum

La tendencia actual es diseñar redes que reutilicen o tengan un diseño similar que otras ya construidas y además se procura que sean multicontenido y multiservicio, es decir que soporten los diferentes contenidos con las mismas infraestructuras de acceso y transporte. Todo esto se traduce en una importante reducción de costes, mayor eficacia en su funcionamiento y la facilidad de una gestión unificada.

Cuando se desarrollaron los estándares 2G se aplicaron de forma general a toda la red por lo que una red GSM es totalmente incompatible con otra TDMA, también digital, tanto en infraestructuras como en terminales. En el caso de la tercera generación el planteamiento es diferente. Existe por un lado un proceso de normalización para la red de acceso (*access network*) y otro diferente para la red central o troncal (*core network*). De esta forma se está desarrollando la red troncal, conmutación y transmisión, compatible con otras redes digitales actuales. No así la red de acceso radio, que es totalmente nueva. Esto significa que trataremos en mayor profundidad esta última así como su funcionamiento puesto que son conceptos nuevos y no vistos todavía.

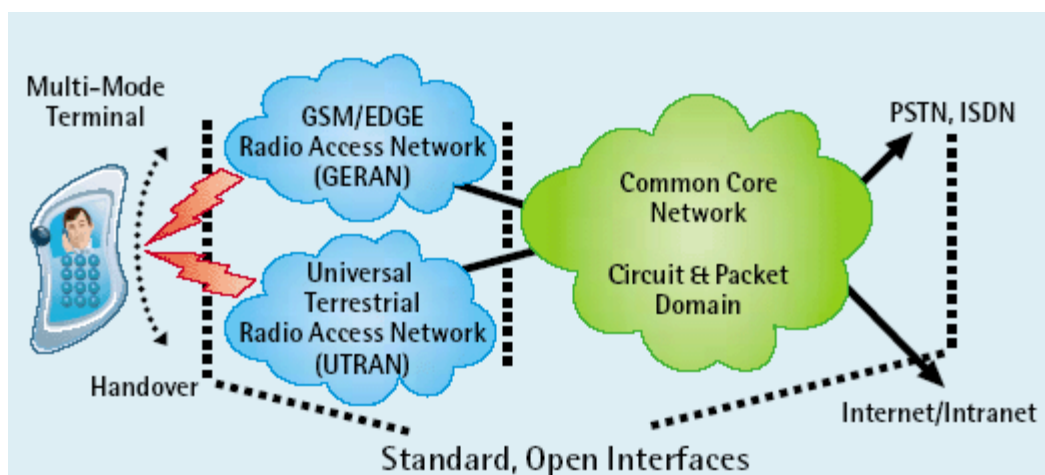


Figura 2.24: Estructura de redes de acceso con redes troncales comunes Fuente: UMTS-Forum

En la arquitectura UMTS se pueden distinguir claramente tres bloques, por un lado aparece la estación móvil o equipo de usuario, la red de acceso radio y la red troncal.

5.3.1 Estaciones Móviles

Las estaciones móviles o equipos de usuario (MS, *Mobile Station*), al igual que en GSM, se componen de un dispositivo o terminal móvil y un módulo de identificación de usuario. Este módulo de identificación es también una tarjeta inteligente que en el caso de UMTS se le denomina USIM.

Respecto a los terminales móviles, en la tercera generación de redes móviles la complejidad de estos dispositivos es mucho mayor que en épocas pasadas. Para manejar los complejos algoritmos de los protocolos, así como para soportar contenidos multimedia debe poseer una capacidad de proceso considerablemente mayor. Además tienen todo tipo de conectores (USB, IRDA, Bluetooth) para trabajar con equipos externos, soportan gran cantidad de periféricos y accesorios externos y embebidos como tarjetas de memoria, cámaras, etc.

También cambia el software que incluyen estos terminales 3G. No sólo incluyen en muchos casos verdaderos sistemas operativos sino que además soportan los nuevos servicios 3G. En este sentido se provee soporte para aplicaciones Java o decodificadores MPEG4 entre otras cosas.

Finalmente para aumentar la complejidad de los terminales y, puesto que la cobertura inicial y la capacidad de la red UMTS son limitadas, debe implementarse dispositivos duales con las redes 2G y 2,5G. Por lo tanto, lo normal en el inicio será encontrarnos con terminales híbridos GSM, GPRS y UMTS.



Figura 2.25: Terminales UMTS

No sólo los terminales han evolucionado, también la tarjeta inteligente que sirve para identificar al usuario lo ha hecho. Aparece USAT (*UMTS SIM Application Toolkit*) como evolución al *toolkit* que incluían las SIM de GSM. Actualmente estas tarjetas (USIM en UMTS) permiten al operador realizar actualizaciones de las aplicaciones incluidas en la tarjeta mediante mecanismos de transporte variados como SMS o GPRS. Además estas aplicaciones pueden realizar todo tipo de acciones en el teléfono por lo que el usuario tiene un menú personalizado en el que las entradas pueden realizar cosas como:

- Realizar llamadas
- Enviar mensajes cortos
- Conectarse a páginas WAP
- Etc.

5.3.2 Sistema de Red Radio

La red de acceso consiste en los elementos que controlan el acceso a la red y proporcionan a los usuarios un mecanismo para acceder a la red local.

En el caso de UMTS esta red de acceso se realiza mediante enlaces radio y se denomina UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*). En esta parte es donde se encuentran las principales diferencias entre GSM y UMTS sustituyendo las BTSs y las BSCs por Nodos-B y RNC (*Radio*

Network Controller) respectivamente. Además los interfaces que unen los diferentes elementos también cambian tal y como podemos ver en la siguiente figura.

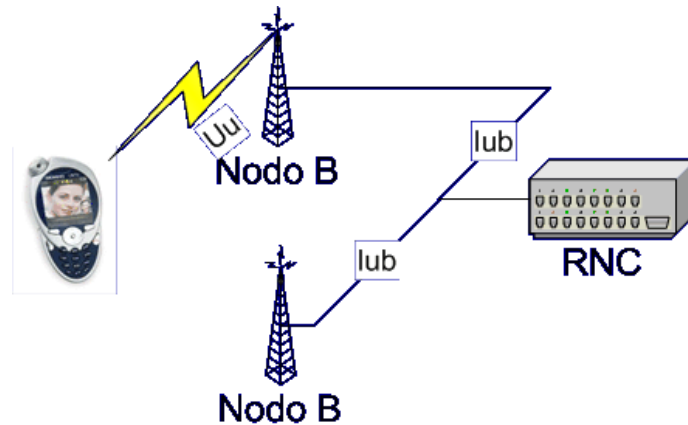


Figura 2.26: Sistema de red radio UMTS

Los principales bloques que forman el sistema radio se denominan RNS (*Radio Network System*) y se componen de un RNC y varios Nodos-B. Las funciones que realizan estos elementos son parecidas a las que se venían realizando en GSM en los elementos equivalentes, es decir, gestionar los recursos radio, decidir sobre los traspasos, etc.

Los Nodos-B, cada uno de los cuales puede controlar varias células, son los encargados de suministrar los recursos radio a las estaciones móviles. Existe una amplia variedad de nodos, tanto para interior como para exterior, micros, minis, y macros, escalables según la necesidad de capacidad.

Respecto al interfaz radio en sí, la complejidad comparado con el de GSM aumenta bastante. Se basa en tres capas que dan diferentes servicios y tiene dos modos de funcionamiento UTRA-FDD y UTRA-TDD ambos basados en WCDMA. Las principales características de estos modos así como otras características de este interfaz radio serán explicados en el siguiente apartado.

5.3.3 Red Troncal

Como hemos dicho la red troncal (*CN, Core Network*) es la parte que menos cambios ha sufrido respecto a las tecnologías 2G. En realidad esto es una verdad a medias, puesto que la primera versión del estándar (*release 99*) que se publicó efectivamente tenía una red troncal muy parecida a la GSM/GPRS. En las sucesivas versiones de UMTS se han ido definiendo redes troncales más cercanas a las redes de paquetes actuales, basándose prácticamente todas las comunicaciones en el protocolo IP.

En la siguiente figura podemos ver la arquitectura completa de la *release 99* evolucionada a partir de una red GSM. Esta arquitectura es una aproximación bastante cercana a las redes que se han montado para lanzar UMTS al mercado.

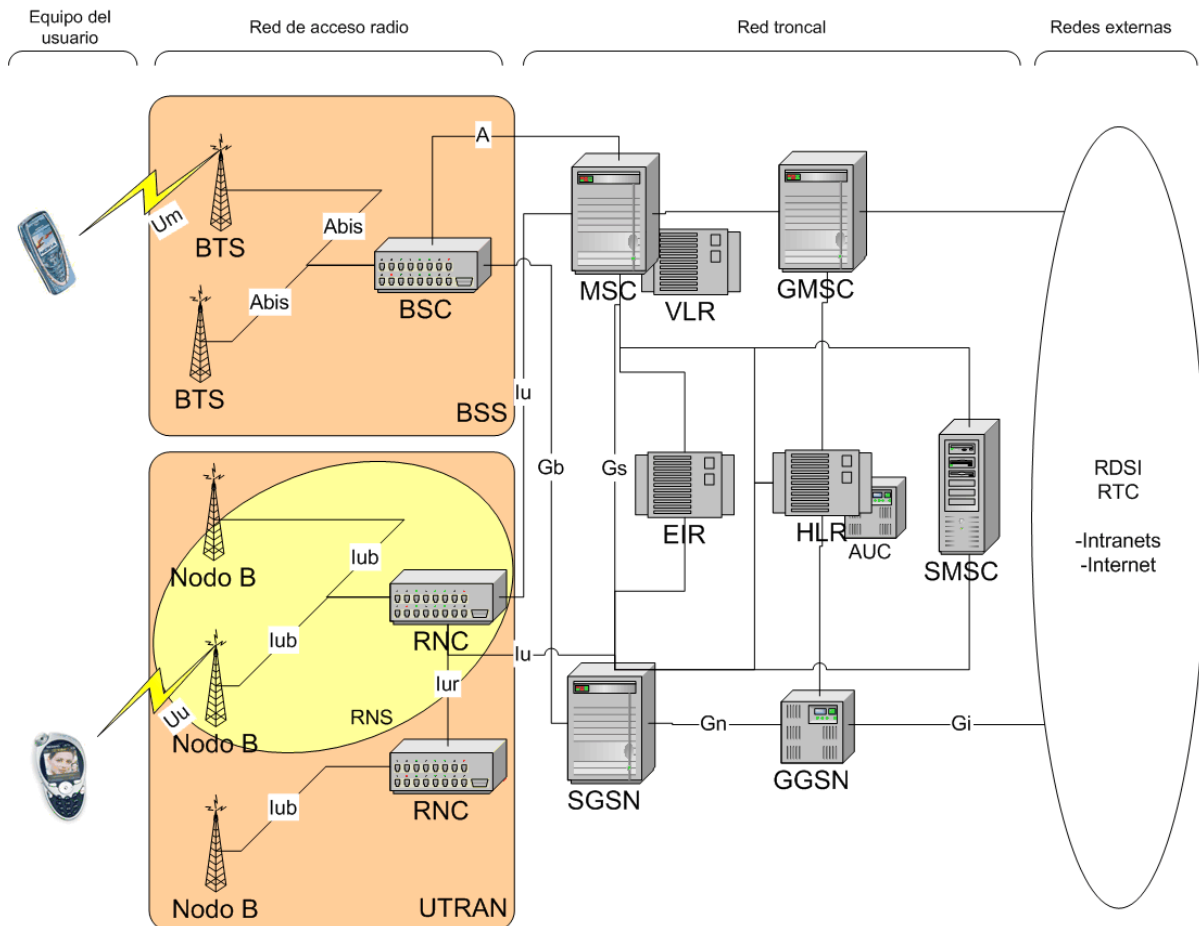


Figura 2.27: Red UMTS

5.4 Interfaz radio

La interfaz radio es la capa en la que UMTS supone mayor ruptura con los sistemas anteriores. Como vamos a ver a continuación, es la tecnología de acceso al medio que utiliza, CDMA, la que aporta las mayores diferencias y ventajas.

La interfaz radio de UMTS se diseñó pensando en una red que optimizase el uso del espectro disponible además de que permitiese una cierta escalabilidad en su despliegue. Según las medidas del *UMTS Forum* (www.umts-forum.org), si comparamos la capacidad que puede dar un Nodo-B de UMTS respecto a una estación base de GSM encontramos que es 10 veces mayor a un coste ligeramente superior.

En este apartado vamos a tratar de introducir los principales conceptos de la interfaz radio de UMTS, detallando las ventajas e inconvenientes de las principales novedades.

5.4.1 Tecnología WCDMA

En cualquier tecnología inalámbrica se comparte el medio radio. En general, hay tres soluciones para que los usuarios puedan acceder de forma ordenada a ese medio. Ya vimos que estas solu-

ciones eran TDMA, FDMA y CDMA. Todas las tecnologías de tercera generación usan esta última puesto que se ha destacado como la más eficiente en el uso del espectro (además de otras ventajas que luego veremos).

Cuando un usuario accede al medio radio usando CDMA, usa la misma frecuencia que el resto de usuarios al mismo tiempo. La forma de distinguir entre las transmisiones de distintos usuarios es mediante un código binario que se asigna unívocamente. El proceso teórico es el siguiente. El terminal del usuario multiplica la señal que quiere enviar por su código binario y el receptor calcula la correlación de la señal que le llega con ese código para obtener la señal transmitida. Si todos los códigos son ortogonales entre sí, el resto de señales de los demás usuarios se anularían en ese proceso.

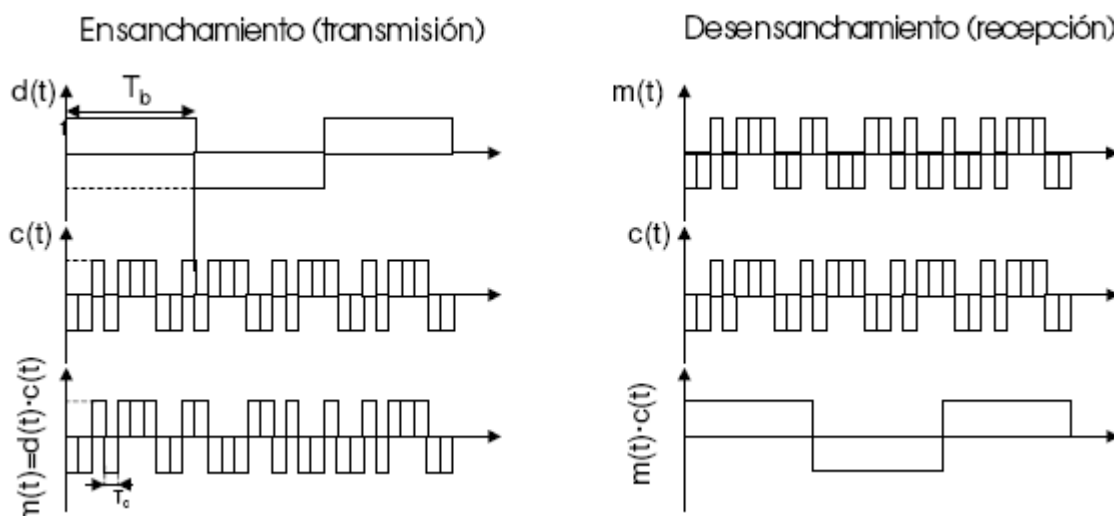


Figura 2.28: Multiplicación de señales en CDMA

Esta técnica se denomina espectro ensanchado porque al multiplicar la señal por un código de mayor velocidad binaria la señal resultante tiene un espectro de banda mucho más ancha que la primera. Cada *bit* del código binario se denomina *chip* y su duración tiene una relación inversa con el ancho del canal y con la tasa de transmisión de datos máxima.

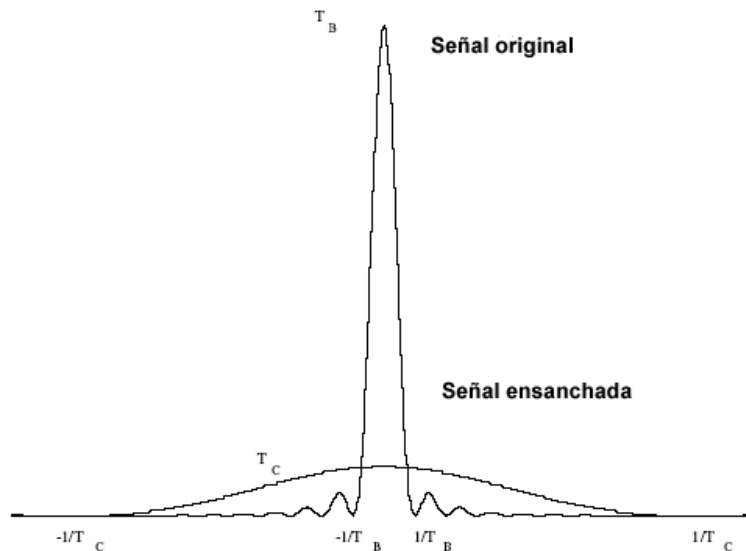


Figura 2.29: Espectro de la señal ensanchada

En el ensanchamiento se pasa de una señal de velocidad binaria T_b (bits/s) a otra señal de velocidad binaria T_c (chips/s) que es igual a la velocidad del código. A la relación T_b/T_c se la conoce como factor de ensanchado o ganancia de procesado.

En estos sistemas, puesto que el multitrayecto provoca que los códigos en recepción no sean totalmente ortogonales, las principales interferencias son las provenientes de las transmisiones de otros usuarios en la misma frecuencia pero con distintos códigos. Esto provoca que el control de potencia en CDMA sea especialmente importante para que la señal de todos los usuarios llegue con parecida potencia a la estación base.

Las técnicas de ensanchado del espectro tienen una serie de ventajas importantes:

- Estas técnicas dan una protección natural contra las interferencias de banda estrecha y de banda ancha. En el caso de la banda estrecha, estas señales se eliminan en el desensanchamiento puesto que al ser de banda estrecha lo que sucede es que se ensanchan.



Figura 2.30: Protección contra interferencias de banda estrecha

Si las interferencias son señales de banda ancha, cuando se produce el desensanchamiento la interferencia debería seguir ensanchada. Este rechazo depende mucho de la correlación cruzada con el código utilizado.



Figura 2.31: Protección contra interferencias de banda ancha

- Al ocupar más espectro, la señal no puede atenuarse totalmente en el canal dispersivo. Antes con señales de banda estrecha, si el canal sufría un desvanecimiento por multitrajecto en esas frecuencias perdíamos prácticamente la señal. Ahora tenemos la información distribuida entre muchas frecuencias con lo que la pérdidas son mucho menores, de alguna forma estamos utilizando diversidad en el espectro.
- Además, puesto que podemos utilizar las mismas frecuencias en celdas contiguas, un usuario puede estar conectado a la vez a dos o más estaciones base permitiendo traspasos suaves (*soft handover*) que hacen imperceptibles al usuario los cambios de estación.
- Otra ventaja del CDMA, a la hora de transmitir voz, es que se consigue aprovechar de forma natural el carácter discontinuo de la información hablada. Puesto que las interferencias las provocan los usuarios transmitiendo datos, cuando un usuario no habla y no se transmiten datos la capacidad del sistema se incrementa inmediatamente. Esto permite mejoras del orden del 50%.
- Además, en el futuro se podrán utilizar receptores basados en cancelación de interferencias o de detección conjunta. Estos receptores van suprimiendo, progresivamente, a todos los usuarios no deseados obteniendo una señal mucho más limpia para decodificar.

En UMTS se utiliza una versión del CDMA llamada *Wide CDMA* (WCDMA) con capacidad 8 veces mayor, y que emplea canales radio con una anchura de banda de 5 MHz frente a los 1, 25 MHz de CDMA.

En la práctica, no se pueden usar códigos ortogonales entre sí en toda la red puesto que el número de estos es limitado. Lo que se realiza es un ensanchamiento en dos fases.

En la primera fase, llamada de canalización, la señal de velocidad T_b se multiplica por un código de velocidad T_c (3,84 Mchip/s en UMTS). Estos primeros códigos son códigos cortos y totalmente ortogonales entre sí, pero por su escaso número sólo se usan para identificar a los usuarios dentro de una misma célula en el enlace descendente. Su longitud indica la ganancia de procesamiento de la transmisión.

Posteriormente se procede a la aleatorización, multiplicando la señal resultante por un código pseudoaleatorio de la misma velocidad por lo que no se produce mayor ensanchamiento. Estos códigos son bastante complejos, presentan diferentes longitudes y aunque no son totalmente ortogonales su número es muy alto permitiendo identificar usuarios en distintas células.

5.4.2 Modos FDD y TDD

Como hemos visto, para UMTS se escogió CDMA para realizar el acceso al medio compartido para diferentes usuarios. Pero para diferenciar entre el enlace ascendente y el descendente se optó por dos soluciones diferentes, FDMA y TDMA. De esta forma hay dos modos de funcionamiento o dos interfaces radio distintas:

- **Modo FDD (*Frequency Division Duplex*)**

El acceso múltiple al medio se realiza por división en código (para diferentes usuarios) y en frecuencia (para distinguir entre el enlace ascendente y el descendente). Por lo tanto se utilizan dos portadoras como GSM con canales de 5 MHz de ancho de banda cada uno. Este modo de funcionamiento es usado tanto por UMTS como por FOMA, el estándar 3G japonés.

- **Modo TDD (*Time Division Duplex*)**

En este modo el acceso múltiple se realiza por división en código (para diferentes usuarios) y en el tiempo (para distinguir entre el enlace ascendente y el descendente). Existe una única portadora y un único canal de 5 MHz e intervalos temporales de transmisión, que se reparten entre distintos usuarios y a su vez entre sentidos de transmisión. Una de las grandes ventajas de este modo de funcionamiento es que el número de intervalos de tiempo asignados al enlace descendente y al ascendente es configurable por lo que muy apropiado para soportar tráfico asimétrico como el generado en la navegación por Internet.

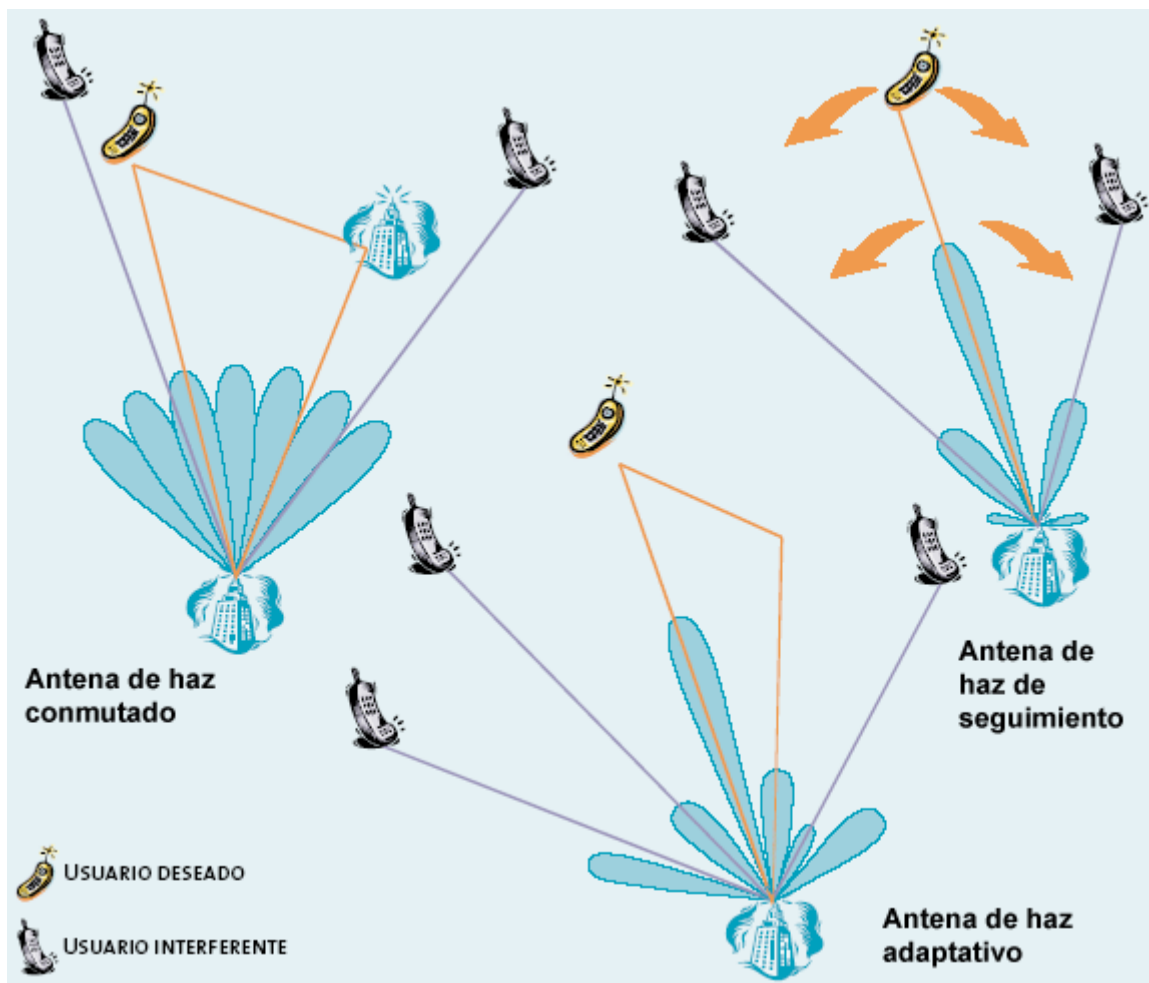


Figura 2.32: Antenas adaptables Fuente: Comunicaciones I+D n°21

Evidentemente las necesidades de control de potencia son diferentes en los dos enlaces:

- En el enlace ascendente los diferentes terminales pueden estar a diferentes distancias de la estación base por lo que sin un control de potencia muy estricto se podrían enmascarar las señales de orígenes más alejados (problema “*near-far*”).
- En el enlace descendente habrá diferente nivel de señales debido al ruido térmico y a interferencias externas. De todas formas el problema aquí es mucho menor que en el enlace ascendente.

Los principales mecanismos de control de potencia en UMTS son tres:

- Bucle abierto: Se basa en estimar el nivel de atenuación de un enlace por el nivel de potencia recibido, y suponer que dicha estimación es válida para el enlace opuesto. Se suele utilizar en los momentos en los que no hay realimentación de la información de potencia como cuando se inician las comunicaciones o en la transmisión de paquetes cortos.
- Bucle cerrado: Mediante un proceso de realimentación negativa, el receptor mide un parámetro de referencia (nivel de señal recibido o relación señal/interferencia), compara con el valor objetivo y ordena aumentar o reducir la potencia en el transmisor.
- Bucle externo: A partir de las condiciones de propagación y del número de usuarios ajusta el valor portador/interferencia para tener una calidad de servicio adecuada en la comunicación.

5.4.3 *Trasposos en UMTS*

Otra característica de UMTS diferenciadora con respecto a las tecnologías 1G y 2G, son los trasposos con continuidad o *soft handovers*. En este tipo de trasposos propios de las redes CDMA el terminal móvil puede estar comunicándose con dos estaciones base simultáneamente mientras se realiza el traspaso de las comunicaciones de una a otra.

En el enlace ascendente esto se traduce en dos recepciones de la señal en distintas base y a una selección de la mejor o incluso a una combinación de ambas para obtener una calidad óptima. En cambio, en el enlace descendente la transmisión es múltiple desde las estaciones base y la recepción se produce en el móvil combinando las señales mediante decodificadores apropiados.

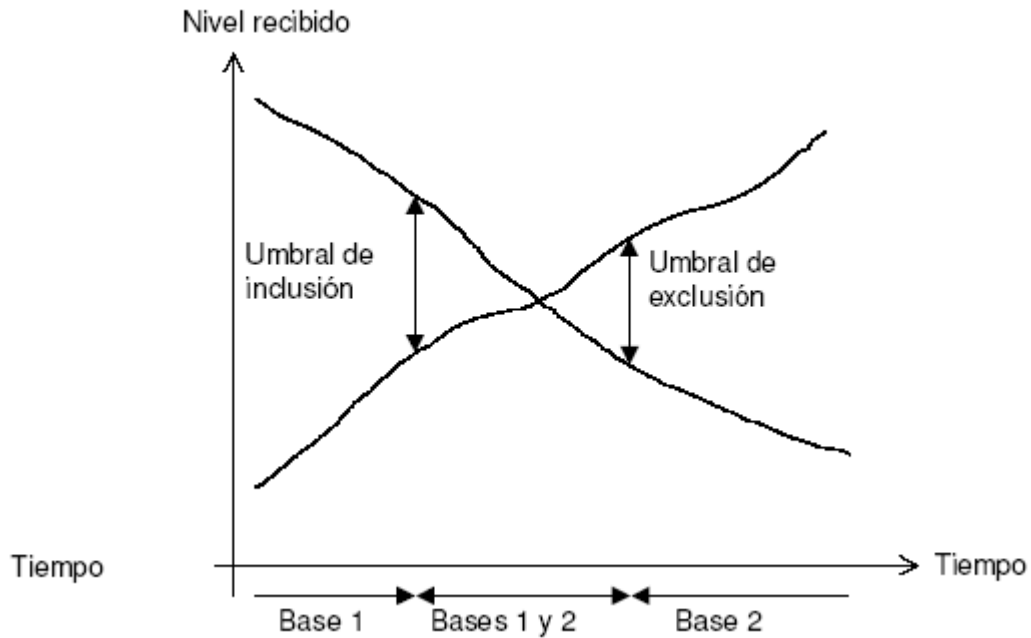


Figura 2.33: *Soft Handover* en CDMA

Este tipo de trasposos tienen una serie de ventajas importantes:

- Permiten una mayor continuidad en las llamadas
- Reducen la interferencia
- Proporcionan una mayor calidad puesto que tenemos dos enlaces y reducimos las pérdidas por desvanecimiento.

6 OTRAS TECNOLOGÍAS 2,5G Y 3G

Ya hemos visto las principales tecnologías 2G, 2,5G y 3G que se han implantado en Europa y en gran parte del mundo. Pero hay otras tecnologías que se han desplegado o se van a desplegar en zonas muy influyentes del mundo y que merecen por lo menos una pequeña introducción.

6.1 EDGE

Si decíamos que GPRS era una tecnología 2,5G, EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*) se podría decir que es una tecnología 2,7G. Al igual que GPRS aporta conmutación de paquetes, se monta sobre infraestructuras existentes y permite mayor velocidad. Y es en este último punto donde supera a otras tecnologías 2,5G. La velocidad máxima teórica que permite EDGE es comparable con las tecnologías 3G y alcanza los 384 Kbit/s.

EDGE se despliega evolucionando redes GSM/GPRS extendiendo los servicios de datos en modo paquete con un sistema de modulación/codificación adaptativo. De esta forma se consigue multiplicar por dos la eficiencia espectral de GPRS. Pero esta mejora tiene un coste, sobre todo de complejidad de decodificación en el receptor. Las necesidades de computación en el terminal se multiplican por 4 respecto a GPRS.

En cualquier caso, EDGE es una tecnología muy interesante puesto que supone un acercamiento a las capacidades que brinda las tecnologías 3G con un coste bastante menor. De hecho sus defensores abogan por redes mixtas EDGE-WCDMA en las que la tecnología EDGE se utilizaría para las zonas rurales consiguiendo reducciones de hasta el 50% en la inversión necesaria.

Ya existen operadores que han montado EDGE en sus redes como AT&T y Telefónica Chile entre otros. Por supuesto, ya están disponibles terminales GSM/GPRS/EDGE de fabricantes tan conocidos como Nokia o Motorola.

6.2 CDMA2000

Después de estudiar la familia de tecnologías IMT-2000, vimos que dos de ellas correspondían con UMTS y FOMA y otra tercera correspondía con la evolución de las redes americanas basadas en CDMA (IS-95) y que se conocía como CDMA2000.

Soporta 4 modos de operación de diferentes velocidades y número de portadoras. Aunque los modos que funcionan con multiportadora parece difícil que se implanten en el corto plazo. Al contrario que UMTS, que está siendo definido por el consorcio 3GPP, CDMA2000 se basa en el trabajo del grupo 3GPP2.

Esta tecnología ya ha sido desplegada comercialmente en países sudamericanos y asiáticos y por supuesto E.E.U.U.

6.3 TD-SCDMA

Además de las cinco tecnologías que originariamente se incluyeron en el IMT-2000, posteriormente se han ampliado con dos más. La primera de estas tecnologías es TD-SCDMA, desarrollada conjuntamente por Siemens y la *China Academy of Telecommunications Technology* (CATT).

En Marzo del 2001 el 3GPP lo adoptó como parte de UMTS Release 4 como el modo de funcionamiento TDD LCR (*Low Chip Rate*).

En China ya se han reservado 55 MHz para este sistema, aunque hayan dejado más de 100 MHz adicionales que podrían compartirse con otras tecnologías.

6.4 1xEV-DO

La segunda tecnología que se incluyó a posteriori en la familia IMT-2000 fue 1xEV-DO. En realidad es el cuarto modo de funcionamiento de CDMA-2000, pero se diferencia del resto de tecnologías 3G en que está orientado únicamente a datos.

Teóricamente, soporta tasas binarias de hasta 2,4 Mbps en el enlace descendente. Su orientación a la transmisión de datos asimétricos hace que en el enlace ascendente se utilice CDMA y en el descendente se utilice TDMA, siendo únicamente un usuario a quien se transmita en cada momento.

7 TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES

Durante el nacimiento y consolidación de las redes móviles, los servicios de voz son los que tradicionalmente más retorno económico han generado. Ya en los últimos años, esta tendencia ha ido cambiando produciéndose un crecimiento importante de tráfico de datos basado en SMS. El interés de todos los agentes del mercado, operadores, fabricantes y proveedores de contenidos, es que la parte de la factura del usuario móvil asociada al tráfico de datos sea cada vez mayor y de esa forma ir aumentando el mercado sin tener que mermar la rentabilidad de la voz con bajadas continuas de precios.

Vamos a dejar el análisis de la evolución y el futuro de los diferentes tipos de aplicaciones que existen en el mundo móvil para el siguiente capítulo, centrándonos en éste en las diferentes tecnologías que existen o se están estandarizando para el desarrollo de esas aplicaciones.

Una parte importante de la estandarización de la tecnologías y servicios para el desarrollo de aplicaciones móviles se está llevando a cabo en la organización *Open Mobile Alliance* (OMA). Durante este capítulo una parte importante de las tecnologías más recientes veremos que están siendo especificadas por OMA.

El consorcio OMA nace en Junio del 2002 de la mano de Vodafone, Openwave, Nokia y Cingular. Su misión se concretó en crecer el mercado de la industria móvil a través del desarrollo de estándares abiertos y de la interoperabilidad. A partir de su nacimiento, ha ido integrando varios de los foros que se estaban encargando de la especificación de estándares móviles como el WapForum o el foro de posicionamiento móvil *Location Interoperability Forum* (LIF), entre otros.

Pasamos ahora a entrar en cada una de las tecnologías, intentando dar una visión concreta y sencilla de cada una de ellas, con un objetivo principal que es cómo se pueden utilizar y para qué, y un objetivo secundario, en el que no siempre entraremos, que es cómo funcionan internamente. Para ello hemos dividido las tecnologías en cuatro conjuntos de servicios, la mensajería móvil, los servicios de localización, el acceso a Internet y las tecnologías nativas que permiten ejecutar aplicaciones en los terminales.

7.1 Mensajería móvil

Uno de los mayores éxitos de los últimos años en lo que a servicios móviles se refiere han sido los mensajes cortos de texto (SMS, *Short Message Service*). Su auge ha sido mucho mayor de lo esperado y constituyen hoy en día el mayor tráfico de datos móviles.

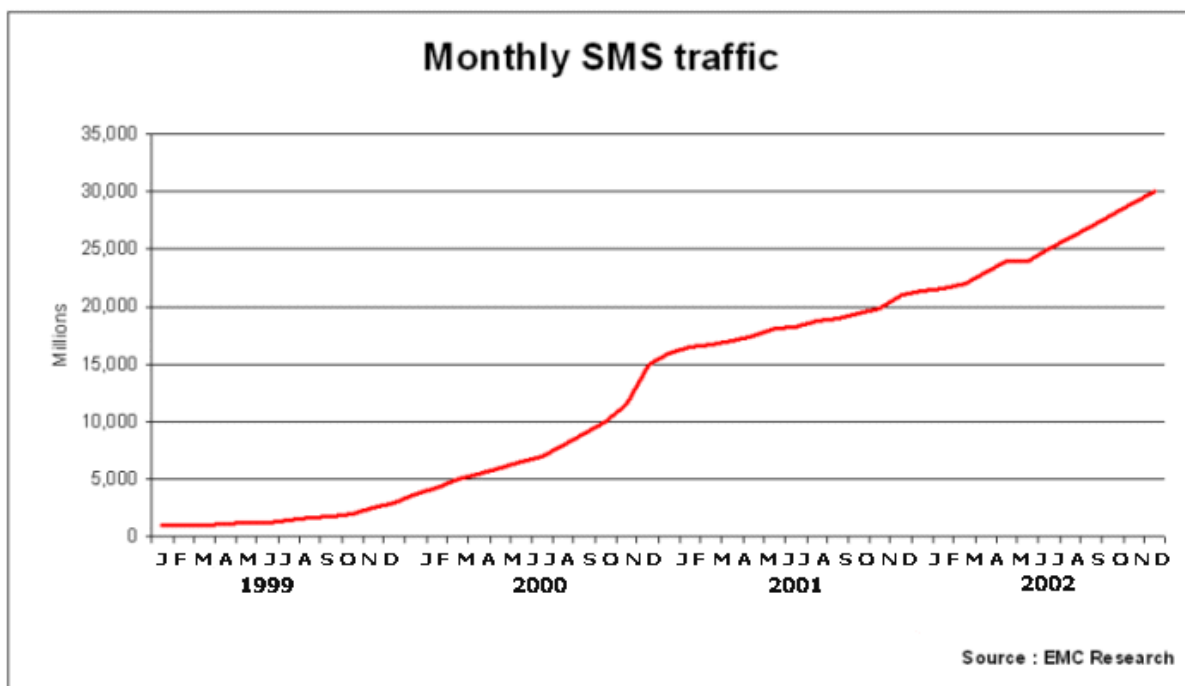


Figura 2.34: Evolución de los mensajes SMS mandados Fuente: EMC Research

A la sombra del éxito de los SMS han ido apareciendo todo tipo de tecnologías que intentaban transmitir más contenidos, más información sobre un formato de mensaje asíncrono con el objetivo de aumentar el tráfico de datos y la facturación media por cliente (ARPU, *Average Revenue Per User*). Casi todas ellas eran meros puentes hacia un futuro integrador basado en MMS, la mensajería multimedia a la que han convergido.

Como idea asociada al concepto de mensajería, casi todas las tecnologías van a proporcionar un entorno de comunicaciones asíncrono. Esto significa que cuando se realiza una comunicación basada en un mensaje el envío no tiene porqué coincidir con la recepción del mismo y además no tiene una respuesta asociada. Esto supone una arquitectura basada en centros de mensajes que se encargan de almacenarlos y reenviarlos cuando el receptor esté disponible (arquitectura *Store&Forward*).

Siguiendo esta arquitectura asíncrona se suelen dividir los mensajes en dos grupos:

- Mensajes MT (*Mobile Terminated*): Son los mensajes que van desde la red hasta el usuario final.
- Mensajes MO (*Mobile Originated*): Son los mensajes que envía el usuario y que llegan a la red.

Siguiendo esta terminología, un mensaje que un usuario manda a otro, estaría en realidad formado por dos mensajes, uno MO y otro MT. No es gratuita esta afirmación porque nos permite darnos cuenta que cuando un usuario manda un mensaje a otro realmente se está utilizando la red del operador dos veces, mientras que si desarrollamos una aplicación que envíe mensajes MT de publicidad o reciba mensajes MO con órdenes, estos mensajes sólo utilizan la red una sola vez, con la consiguiente diferencia en coste asociada.

En los posteriores apartados vamos a ir analizando las diferentes tecnologías sobre las que se pueden desarrollar aplicaciones de mensajería móvil, siguiendo un orden cronológico de aparición, de las más antiguas originarias de GSM como SMS y USSD a las más modernas como PTT.

7.1.1 SMS

El servicio de mensajes cortos (SMS, *Short Message Service*) consiste básicamente en el envío de mensajes de texto en modo *Store&Forward* a través de un centro de servicio de mensajes cortos (SMSC). Este servicio permite mandar mensajes de hasta 140 bytes (160 caracteres de 7 bits) mediante la capa de señalización de la red. Esta limitación corresponde no a la red móvil, sino al tamaño máximo de los mensajes de la red de señalización número 7.

En GSM, los mensajes cortos se encaminan desde el terminal emisor hasta el SMSC donde se almacenan. Según la especificación GSM, aquí se acaba el envío de un mensaje y este mecanismo es independiente de cómo se haga llegar el mensaje a su destinatario. Cuando el SMSC decide enviar el mensaje contacta con el HLR y si el usuario está activo procede al envío del mensaje a través del MSC correspondiente.

En caso que el usuario no esté activo, el mensaje esperará en el SMSC a ser enviado sino caduca antes. Cuando el usuario se vuelva a conectar el HLR enviará una notificación al SMSC para comunicarle que el usuario ya está en línea. En todas las relaciones del SMSC con los elementos de red GSM (MSC y HLR) se utiliza otro elemento intermedio llamado SMSGateway que actúa de pasarela con el resto de la red.

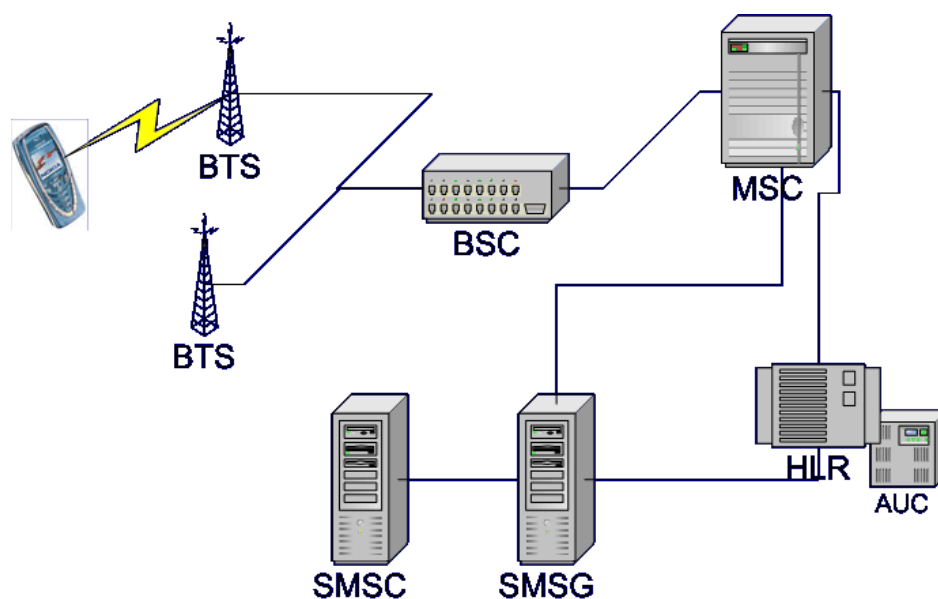


Figura 2.35: Arquitectura para el envío y recepción de SMSs

A la hora de comunicarse con los SMSC existen varios protocolos diferentes aunque los cuatro que han sido reconocidos por el estándar desarrollado por el ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) son los siguientes:

- El protocolo SMPP (*Short Message Peer to Peer*) fue creado originalmente por Logica para su SMSC. Actualmente su especificación se encuentra a cargo del SMS Forum que engloba a los principales fabricantes de SMSCs.

- CIDM (*Computer Interface to Message Distribution*) lo desarrolló Nokia para su SMSC y todavía lo mantiene y evoluciona.
- UCP (*Universal Computer Protocol*) es el protocolo asociado al SMSC de CMG y mantenido por esta misma empresa.
- Por último, OIS (*Open Interface Specification*) es el protocolo del Sema 2000 SMSC. Su mantenimiento corre actualmente a cargo de SchlumbergerSema.

Evidentemente esta multiplicidad de protocolos supone un problema a la hora de desarrollar aplicaciones compatibles con varios operadores que envíen mensajes de texto. Hay que tener en cuenta que estos protocolos tienen funcionalidades ligeramente diferentes, interfaces distintos y métodos de codificación de caracteres propios.

Las funcionalidades típicas de estos protocolos son el envío de mensajes. Además, a la hora de mandar un mensaje, se pueden especificar una serie de características para el envío especialmente importantes a la hora de implementar aplicaciones sobre SMS:

- Se puede especificar la prioridad del mensaje. En caso de una prioridad alta se encolará de forma beneficiosa en el SMSC.
- También se puede indicar el momento del envío. Con esta funcionalidad se pueden programar envíos de forma anticipada.
- Otra posibilidad es incluir la caducidad del mensaje para el caso en el que el usuario no esté conectado a la red en el momento del envío.
- Para aplicaciones que envían varios mensajes al mismo usuario (por ejemplo juegos o alertas con información) se puede indicar que un mensaje sobrescribe al anterior en caso que éste no haya sido enviado.
- Por último, también se puede indicar qué tipo de mensaje se está realizando. Los terminales mostrarán al usuario el mensaje de distinta forma según el tipo del mismo de tal forma que a veces el usuario recibe notificaciones que no asocia con un SMS por el modo en el que se ven en el teléfono. A modo de ejemplo de las diferencias de visualización de los diferentes tipos de mensajes, muchas veces el terminal no deja contestar determinados tipos de mensajes. Entre los tipos posibles están, mensajes normales, mensajes de información de la red celular, mensajes de respuesta a envíos USSD (ver más adelante en el siguiente apartado) o notificación de mensajes de voz entre otros.

Después de haber analizado la arquitectura y el funcionamiento del servicio de mensajes de texto podemos extraer varios problemas del mismo:

- El SMS debe ser visto como un servicio de mensajería asíncrono y no confirmado. Los mensajes se envían pero no se sabe si se van a recibir en el instante o incluso si realmente le van a llegar al destinatario.
- Diferentes implementaciones e incluso conceptos entre los servicios de distintos países. En Europa por ejemplo suelen cobrarse a los usuarios que envían los mensajes mientras que en USA también se cobra a los receptores.
- Los terminales tienen distintas capacidades a la hora de gestionar los SMS. No sólo para soportar evoluciones de SMS como EMS o *Smart Messaging*, sino que además tienen diferentes tamaños de pantalla con diferentes números de letras por línea o líneas por pantalla.
- Las distintas tecnologías usadas tanto en los SMSC como en los SMSG obligan a los desarrolladores de aplicaciones a implementar diferentes protocolos con el coste que esto

supone. Muchas veces esto se soluciona incorporando *brokers* de mensajes cuya labor es interconectarse con las operadoras de un país para publicar un interfaz común de envío y/o recepción de mensajes a través de números cortos facilitando la realización de aplicaciones SMS con soporte a varios operadores. Evidentemente estos *brokers* cobran un pequeño margen de cada mensaje.

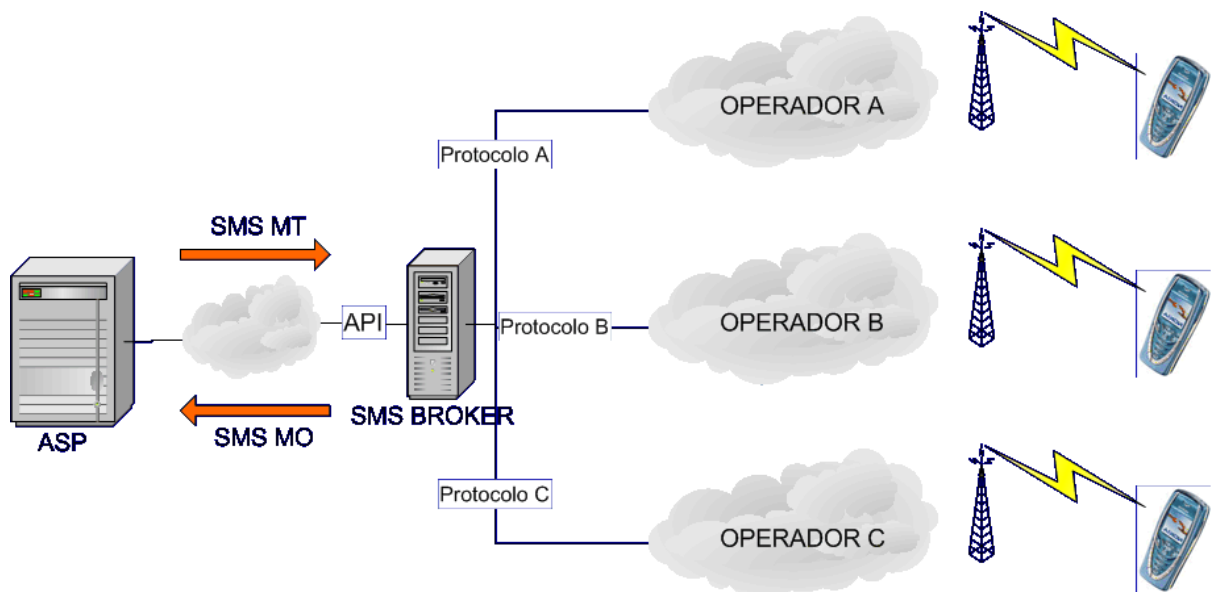


Figura 2.36: Funcionamiento de los *brokers* de SMS

El negocio de estos agentes es tratar con las operadoras para obtener buenos precios en el envío, conectarse con buenas conexiones a los SMSCs y enviar los mensajes de la forma más barata según el destino. Además publican API's basadas en HTTP y/o en Java que permiten enviar mensajes de la forma más sencilla y rápida posible.

El éxito sorprendente que han tenido los SMS entre los usuarios (sobre todo entre el público joven), ha motivado a muchas empresas a tratar de especificar y desarrollar tecnologías que permitiesen evolucionar y ampliar el servicio de SMS. Entre las diferentes propuestas que se han llegado a cabo destacan las siguientes:

- *Smart Messaging*

El formato *Smart Messaging* fue publicado por Nokia en 1997 con el objetivo de extender los SMS mediante iconos, melodías y todo tipo de contenidos binarios como, por ejemplo, tarjetas de visita (*vCard*), notas de calendario (*vCal*), logos de operador o de grupo, etc.

La información binaria enviada es descrita en el campo de datos del usuario del SMS. En este campo se incluye datos de la información enviada como el tipo de contenido mandada, su longitud o el número del puerto en el que la aplicación destino está escuchando. Además, también incluye información para segmentar el contenido en varios mensajes SMS.

- Mensajería EMS

La tecnología EMS es un estándar abierto promocionado por el 3GPP. Permite el envío de contenidos embebidos en el mensaje SMS de formatos diversos. De esta forma en un mismo mensaje pueden llegar contenidos de diferente naturaleza dotando a esta tecnología de gran

flexibilidad. Su ventana de oportunidad existió durante la transición entre los SMS y los mensajes multimedia MMS, pues es el eslabón intermedio entre las dos tecnologías.

Su funcionamiento interno es parecido al del *Smart Messaging* utilizando la cabecera de datos del usuario para describir y mandar información relativa a los contenidos que se están incluyendo en el mensaje, información que luego el terminal tendrá que interpretar para poder decodificar los contenidos enviados.

7.1.2 USSD

La tecnología USSD (*Unstructured Supplementary Service Data*) aparece en los primeros estándares de GSM y se incluye en la práctica totalidad de todos los terminales del mercado. Aún así es una de los servicios menos usados de GSM y se puede considerar como el hermano pobre de SMS.

Su principal lacra es que no permite mensajes entre usuarios sino que sólo permite comunicarse al usuario con la red y además sólo se pueden enviar números en los mensajes MO. Junto a estas razones, su falta de uso se debe también a la falta de aplicaciones que le den una utilidad.

Básicamente, un mensaje USSD se estructura de la siguiente forma:

- Cada parámetro debe empezar por un asterisco
- Los parámetros sólo pueden contener dígitos.
- La petición debe acabar por una almohadilla

Por ejemplo, un usuario podría mandar un mensaje *23*55423# sólo escribiéndolo en el teclado y pulsando la tecla de llamada. Este mensaje llegaría al HLR que a su vez lo reenviaría a la pasarela USSD que se encargaría de mandarlo a la aplicación correspondiente.

A partir de ese momento la aplicación externa haría lo que correspondiese, pudiendo contestar al usuario con un mensaje corto SMS o mediante cualquier otro sistema.

En cualquier caso, la funcionalidad que aparentemente aporta un mensaje USSD es muy similar a un mensaje SMS MO aunque habría que distinguir ciertas ventajas:

- Un mensaje USSD es más rápido que un mensaje SMS MO. Los mensajes USSD no se basan en la arquitectura *Store&Forward* y no se almacenan, simplemente se encaminan a la aplicación.
- La arquitectura USSD es más sencilla y sus componentes de red más baratos que los de SMS. Esto significa que su coste para el operador es mucho más reducido. De hecho, esta es la principal ventaja de USSD frente a SMS MO, puesto que los operadores pueden montar servicios en los que no se cobre la navegación por los menús sin tener que soportar costes en tráfico significativos.

Aplicaciones que se adaptan perfectamente a USSD son menús de navegación (basados en listas numeradas) para seleccionar contenidos descargables como tonos y logos o una aplicación de comprobación de saldo. En estos casos el operador podría poner estos servicios de forma gratuita puesto que no supondrían gran coste en la red. Por supuesto, la descarga final del tono o del logo supondría un mensaje que se facturaría al usuario, pero éste habría navegado gratis mientras buscaba lo que quería.

7.1.3 WAPPush

Esta tecnología es parte de la especificación de WAP. Aunque podríamos haber incluido su estudio en el apartado de WAP, vamos a ver cómo funciona considerándola una tecnología de mensajería. Al final, no es más que una arquitectura para mandar mensajes MT que permitan al usuario entrar en páginas WAP. Además, su funcionamiento normal se basa en SMS y sobre WAPPush luego veremos que se monta la arquitectura MMS por lo que su interrelación con el resto de las tecnologías de mensajería es incluso más fuerte que con el propio WAP.

Al principio de WAP, su arquitectura se basaba sólo en relaciones *pull*, modelo básico de las aplicaciones cliente-servidor en donde el usuario a través del navegador del teléfono iniciaba una petición de información a un servidor reactivo que sólo contestaba si alguien le preguntaba. Es exactamente el mismo modelo que en la Web.

En contraste con este funcionamiento, existe la arquitectura *push*. En este modelo es el servidor el que inicia el envío de información sin que el cliente haya solicitado nada. De esta forma se pueden realizar multitud de aplicaciones como alertas o publicidad y fomentar el uso de WAP que en última instancia es lo que va a utilizar el usuario si la información le interesa [5-9].

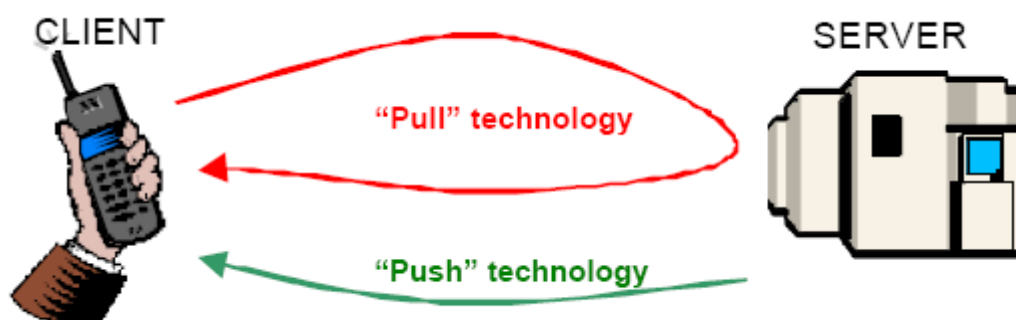


Figura 2.37: Arquitecturas Push y Pull Fuente: Open Mobile Alliance

OMA

Los mensajes WAPPush se realizan enviando una información de entrega y un contenido a enviar al *Push Proxy Gateway* (PPG) que a su vez enviará ese contenido según la información especificada. Es bastante común que las funcionalidades del *WAP Gateway (pull)* y del *Push Proxy Gateway (Push)* se implementen en una misma pasarela que englobe todas las transacciones WAP.

Estos envíos se realizan a través de dos protocolos, uno entre el PPG y el servidor (*PAP, Push Access Protocol*) y otro entre el terminal y el PPG (*OTA, Push Over-The-Air Protocol*).

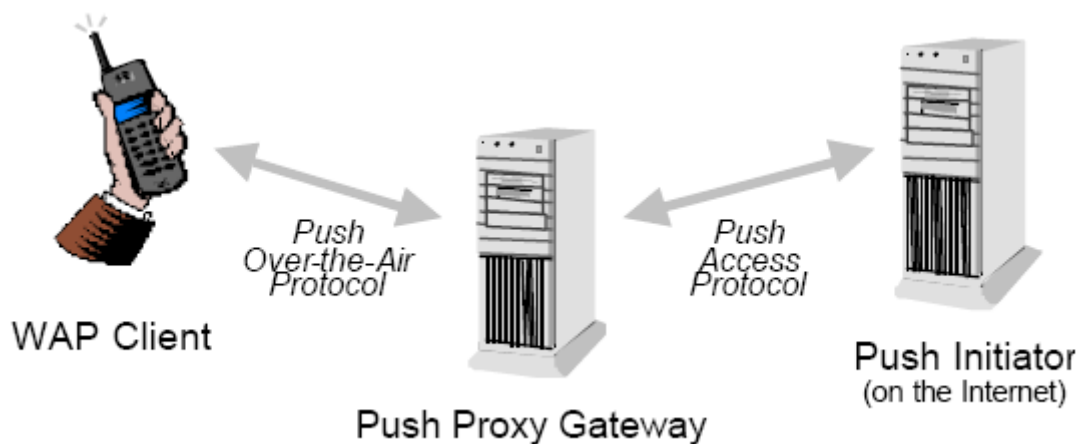


Figura 2.38: Arquitectura de envíos WAPPush Fuente: Open Mobile Alliance

Las tecnologías usadas para la implementación de estos protocolos se basan en estándares de Internet, HTTP y XML. El protocolo PAP permite al servidor realizar todo tipo de operaciones como:

- Envío de una notificación *Push*
- Resultado de una notificación (del PPG al servidor)
- Cancelación de una notificación
- Substitución de una notificación
- Pregunta del estado de una notificación
- Pregunta de las capacidades de un cliente

El protocolo OTA comprende varias posibilidades según el PPG conozca la IP del cliente (porque esté conectado), o si se requiere una comunicación orientada a conexión o no. No vamos a entrar a detallar todas las posibilidades, pero si vamos a explicar brevemente la más parecida a un envío *Push*. Cuando el usuario no está conectado hay que buscar la forma de que el terminal se conecte al servidor para descargarse el contenido. Se ha optado por los mensajes SMS que es una tecnología ampliamente utilizada tanto por terminales como por distintas redes. De esta forma cuando el PPG debe comunicarle algo al cliente y éste no está conectado le manda un SMS con la información de la notificación. En esta información puede indicarle donde está el contenido que se quiere mandar o sencillamente un mensaje con un pequeño texto y una URL para que el usuario la utilice si quiere. En ambos casos el usuario va a tener la última palabra para conectarse a la red o no y pagar.

Finalmente, respecto a los contenidos que se pueden enviar mediante WAPPush, lo más normal sería enviar una página WML. En la realidad otra solución que se está adoptando mayoritariamente es enviar una notificación que quepa en un SMS (esto limita bastante) con un breve mensaje de notificación y la URL de la aplicación o la página que se quiera mostrar. Por ejemplo, si se quiere realizar una alerta de goles se puede enviar la URL con la página WAP con los comentarios del partido y un mensaje indicando el goleador y el resultado actual del partido.

7.1.4 MMS

La evolución natural de los SMS son los mensajes multimedia o MMS (*MultiMedia Messaging*), mensajes con texto sin las limitaciones de SMS, con sonidos, imágenes y videos. La apuesta por

este tipo de mensajería sobre redes de mayor ancho de banda como las 2,5G y 3G es clara no sólo por parte de los operadores sino también por parte de fabricantes de equipos y terminales. Los operadores buscan modelos de negocio más diversificados mediante los datos, así como de paso aumentar el ARPU (*Average Revenue Per User*) y los fabricantes mantener un ritmo de ventas que sin innovaciones no haría más que reducirse [10-12].



Figura 2.39: Ejemplo de MMS Fuente: Nokia

Aunque cómo veremos las tecnologías implicadas en el envío de MMS son muy diferentes de las utilizadas para SMS, es muy importante que el servicio que percibe el usuario final se parezca lo más posible a la facilidad de uso de un SMS, sin perder de vista que se trata de funcionalidades más avanzadas y por lo tanto más complejas tanto a la hora de componer y escribir un MMS como a la hora de previsualizar o leer el mensaje. En cualquier caso el usuario debería poder escribir y enviar un MMS de forma parecida y accediendo de la misma forma que cuando lo hacía con SMS y algo equivalente se puede decir de la recepción que debería ser avisada y accesible de igual manera.

Otro punto importante es que los usuarios valoraban mucho de los SMS su coste fijo y totalmente predecible. Para el operador era sencillo puesto que los SMS tenían una longitud muy pequeña e iban a través de los canales de señalización de la red. Ahora con los MMS aparecen tamaños mucho mayores y además mucho más variables. Actualmente se está cobrando de forma proporcional mediante tramos al número de datos enviados, una aproximación muy simple al concepto de coste fijo que habrá que ver si se mantiene en el tiempo.

La tecnología MMS queda definida por una serie de características que vamos a ver por encima intentando dar una visión general del estándar para luego entrar un poco más en profundidad en la arquitectura de red necesaria para mandar MMS:

- MMS soporta distintos tipos de contenidos:
 - Imágenes: Formatos JPEG y GIF obligatorios.
 - Sonidos: AMR obligatorio. Otros posibles formatos son i-Melody, MIDI, WAV, MP3.

- Texto plano.
- Vídeos: Formato del archivo basado en el estándar 3GPP con codecs H263 (obligatorio) o MPEG4.
- El estándar de mensajería multimedia no sólo define los formatos de los contenidos a usar y la arquitectura de red para dar el servicio, también especifica un lenguaje de marcas basado en XML llamado SMIL que permite especificar la presentación y maquetación de los contenidos a partir de una secuencia de páginas.

```

<smil>
<head>
<meta name="title" content="vacation photos" />
<meta name="author" content="Danny Wyatt" />
<layout>
<root-layout width="160" height="120"/>
<region id="Image" width="100%" height="80" left="0" top="0" />
<region id="Text" width="100%" height="40" left="0" top="80" />
</layout>
</head>
<body>
<par dur="8s">

<text src="FirstText.txt" region="Text" />
<audio src="FirstSound.amr"/>
</par>
<par dur="7s">

<text src="SecondText.txt" region="Text" />
<audio src="SecondSound.amr" />
</par>
</body>
</smil>

```

- Toda la especificación MMS incluye elementos para personalizar los contenidos al terminal de usuario. Esta personalización consistirá en recodificar los contenidos para adaptar el formato a los soportados por el terminal o bien a cambiar distintas propiedades del contenido, como dimensiones o colores para optimizar su previsualización según las capacidades multimedia del terminal.
- Al igual que SMS, los mensajes multimedia se basan en una arquitectura *Store&Forward*, en la que los mensajes son almacenados en un centro de mensajes hasta que se procede al envío. Eso sí, en los mensajes multimedia el envío no es una operación atómica como en los SMS, sino que se produce en diversos pasos que ahora veremos.

La arquitectura de red necesaria para enviar MMS gira en torno al centro de mensajes multimedia (MMSC). El estándar MMS ha sido definido por el grupo 3GPP sobre la sólida base de tecnologías ya probadas tanto en el mundo de Internet como en el móvil, como, por ejemplo, los protocolos HTTP y SMTP, los mensajes *multipart*, los tipos MIME, SMS o WAP. Esto permite una fácil integración de la mensajería móvil multimedia con otros tipos actuales de mensajería como por ejemplo un correo electrónico.

El MMSC se encarga de recibir y almacenar los mensajes para su envío posterior. Además, debe tener un subsistema de adaptación que controle el tipo y las características del terminal destino para adaptar los contenidos del mensaje a él.

A la hora del envío, el MMSC manda una notificación WAPPush al teléfono para que éste mediante WAP se descargue el mensaje del MMSC. Es muy importante que aunque debajo del envío en realidad se encuentre una conexión al servidor, la experiencia del usuario sea lo más similar posible a la de recepción de SMS. Además si el operador no suele cobrar los SMS al receptor, tampoco sería coherente cobrar esa conexión WAP de descarga por lo que tendrá que incluir en sus sistemas de facturación este supuesto.

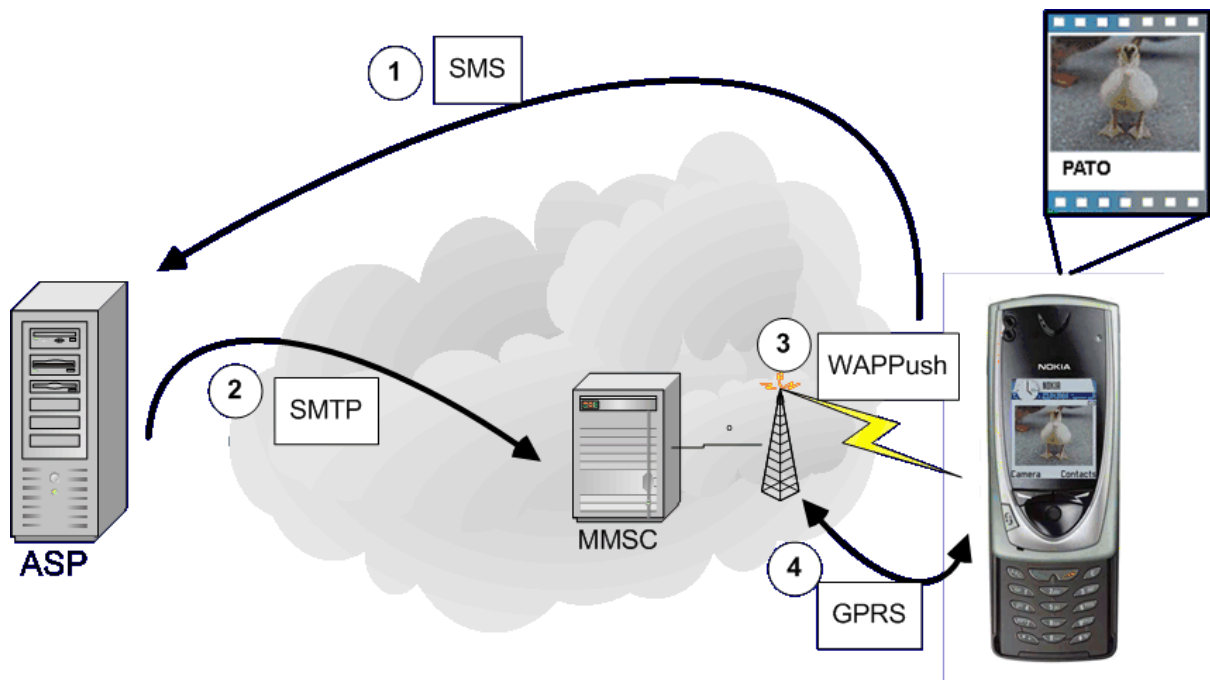


Figura 2.40: Ejemplo de provisión de un servicio MMS

Una de las problemáticas más importantes en el mundo MMS sobre todo en sus inicios son los distintos terminales MMS del mercado. Evidentemente el éxito de cualquier tecnología, especialmente de mensajería, está directamente ligado, no solamente al número de dispositivos que la soporten, sino también a la interoperabilidad entre ellos. A partir de experiencias pasadas con soluciones propietarias como el *Smart Messaging*, se ha visto que es fundamental una especificación a nivel global de la tecnología para poder hacer crecer el mercado de forma racional.



Figura 2.41: Primeros terminales MMS

Aun así, y suponiendo que todos los terminales lleguen a cumplir completamente algún día con el estándar, seguirá habiendo diferentes capacidades respecto a la memoria disponible, tamaño y calidad de pantalla, etc. Esta complejidad inherente a los diferentes terminales y a su implementación más o menos precisa del estándar debe ser resuelta de forma centralizada por el MMSC. La empresa se intuye complicada y de hecho ningún MMSC incluye un módulo de adaptación que abarque esta complejidad en su totalidad y la simplifique, aunque sí que se está avanzando en esa dirección con gran velocidad [13].

Finalmente, hay que abordar el problema de soportar el envío de MMS a terminales que no son multimedia. Evidentemente esta dificultad va a ir desapareciendo con el tiempo, pero los operadores desean tener un mecanismo para facilitar el acceso de la tecnología a todos los usuarios. Una primera aproximación a este problema es suministrar a todos los usuarios una cuenta de correo electrónico en el que almacenarán los mensajes recibidos. A partir de aquí las soluciones más complejas se basan en aplicaciones WAP, J2ME o WEB que accedan al almacén del MMSC para mostrar a los usuarios sus mensajes recibidos. Además, lo ideal sería poder contar también con funcionalidades de composición de mensajes, álbum multimedia, gestión de los mensajes o retoque de fotografías, entre otras cosas.

7.1.5 PTT

La tecnología PTT (*Push To Talk*) es seguramente la tecnología de mensajería para teléfonos celulares más moderna que casualmente se basa en uno de los conceptos de telecomunicaciones inalámbricas más antiguo. Su idea surge a partir de las comunicaciones personales sin hilos basadas en los famosos *walkie-talkies* populares y utilizados desde hace decenas de años. Básicamente su funcionamiento se reduce a enviar pequeños fragmentos de grabaciones de voz de forma asíncrona, es decir, como si de un mensaje de voz se tratara.

Los usuarios podrán mandar mensajes a otros sólo pulsando un botón y hablando, de ahí su nombre, *Push To Talk*, pulsar para hablar. El mensaje se transmite por redes con conmutación de paquetes y se recibe en el destino.

Esta funcionalidad es muy reciente en los teléfonos móviles. El operador que primero dio este servicio fue *Nextel*, operador Norteamericano que durante años incluyó en varios de sus teléfonos *Motorola* una funcionalidad que ellos llamaban *Direct Connect*. El funcionamiento era exactamente el explicado, basando su modelo en los *walkie-talkies*.

A partir de esa iniciativa, el segundo operador que se lanzó a la aventura del PTT fue *Verizon wireless*, operador de *Vodafone* y *Verizon Communications* que también da servicio en los Estados Unidos y que introdujo la tecnología PTT a mediados del año 2003. Por supuesto, también utilizó terminales suministrados por *Motorola*, como no podía ser de otra forma.

Pero no solo son estas operadoras y *Motorola* las interesadas en este tipo de mensajería. También *Ericsson*, *Nokia* y *Siemens Mobile*, han empezado a entrar en este mundo. Hasta ahora sólo había habido terminales PTT basados en CDMA pero por ejemplo *Nokia* ya ha lanzado el terminal 5410 con funcionamiento sobre GSM/GPRS y funciones PTT.

De hecho, tanto *Motorola*, como *Nokia*, *Ericsson* y *Siemens Mobile* encabezaron la especificación de la tecnología *Push To Talk over Cellular* (PoC), liberando su primera versión en Noviembre del 2003 y enviándola a el consorcio OMA para su integración en los grupos de trabajo del mismo.

7.2 Localización de estaciones móviles

La localización geográfica de usuarios en tiempo real es una funcionalidad intrínseca a cualquier red móvil celular, puesto que para establecer una comunicación con una estación móvil hay que saber en todos los casos en qué celda está para no tener que gastar recursos radio en todo el sistema.

Aun así, su uso está siendo menor de lo esperado puesto que las tecnologías que en teoría podrían permitir la localización de usuarios con bastante precisión no están siendo implementadas y desplegadas en las redes a la velocidad esperada.

Por ejemplo, hay que tener en cuenta que en la red GSM aunque la información del área de localización en la que está el usuario es una información existente en la red, no era accesible más que a los nodos de la red involucrados en el proceso de enrutamiento de llamadas. Además, la precisión que se puede encontrar situando al usuario en una área de localización de GSM es bastante pobre pues engloba a varias células.

Dado el gran valor añadido y el carácter diferenciador que aporta la información de localización a las aplicaciones móviles se han ido investigando y desarrollando diferentes tecnologías para facilitar la posición de los usuarios móviles con la mayor precisión posible. De esta forma, los operadores han incluido elementos de red propietarios para ir proveyendo esta información y poder servir aplicaciones basadas en ella.

Asimismo, la ETSI ha estandarizado para GSM los nodos de red y los mecanismos necesarios para poder obtener esta información y hacerla disponible tanto dentro como fuera de la red celular. Respecto a UMTS, en la red de acceso radio se han de incluir los mecanismos necesarios para obtener la posición de cualquier usuario y en la red troncal se incluyen elementos de red necesarios para facilitar el tratamiento de la información de localización y así permitir crear servicios relativos a ella.

Aparte de los elementos de red necesarios para manejar la información, la localización se basa en diversas técnicas de posicionamiento de usuarios que en su mayoría se sitúan en la interfaz radio de los sistemas de telecomunicaciones móviles. Para localizar geográficamente uno a uno los usuarios de una red móvil se debe obtener información bien de los propios terminales o bien de

los nodos de la red de acceso radio. Cómo inicialmente ninguno de los dos estándares proveyó tal eventualidad, se han de modificar o bien los terminales o bien los nodos de la red, o ambos. En cualquier caso, la solución no es barata ni sencilla por lo que la implantación de este tipo de tecnologías esta siendo lenta [14].

A continuación, vamos a detallar las diferentes técnicas que se pueden utilizar para localizar un usuario con cierta precisión.

7.2.1 Técnicas de localización basadas en modificación de terminales

En este apartado vamos a considerar las técnicas basadas en la incorporación de GPS en los terminales, o en la modificación de éstos para calcular la posición del usuario mediante los tiempos de llegada de la señal desde la red al terminal.

- GPS

Incorporando un receptor GPS (*Global Positioning System*) o parte de él a un terminal se pueden utilizar la red de satélites de esta tecnología para calcular con gran precisión la posición del usuario. La mayor desventaja de este método es que los terminales aumentarían de tamaño y peso además de que tendrían menor autonomía por el mayor gasto de batería.

De todas formas existen terminales comerciales que incorporan esta solución y una de las ramas donde puede tener mayor acogida son los dispositivos para automóviles donde la batería, el tamaño y el peso no tienen la misma importancia.



Figura 2.42: Terminal Benefon con GPS

- Tiempos de llegada (TOA) con terminales modificados

La técnica TOA (*Time of Arrival*) con terminales modificados consiste en calcular el tiempo que tarda la señal desde su salida de la red a la llegada al terminal. Si este cálculo se realiza con al menos tres estaciones cercanas se puede resolver la posición de forma bastante precisa.

Pero este método tiene dos problemas, el primero que de alguna forma el móvil debe saber cuándo salió la señal de la red, y el segundo y más complicado es que en caso de que la red

mande esa información en la propia señal los relojes de los terminales deben estar sincronizados con un alto grado de precisión con los de la red. Conseguir esto último no es trivial y se traduciría hoy por hoy en un mayor tamaño y coste de los terminales.

- Tiempos relativos de llegada (TDOA) con terminales modificados

En la técnica TDOA (*Time Difference of Arrival*), también denominada E-OTD (*Enhance Observed Time Difference*), se necesita una red de estaciones base ficticias que actúan como terminales con posiciones fijas (se les suele denominar LMU, *Location Measurement Unit*). A intervalos periódicos tanto los terminales como a LMU más cercana calculan los tiempos de llegada de parte de la señal. La comparación de las diferencias de las medidas se utiliza para calcular la posición.

Este método soluciona el problema de sincronizar los terminales con la red, siempre y cuando las distintas estaciones base y las LMUs utilicen un reloj común o se conozcan los desfases en el reloj, puesto que se deben poder calcular las diferencias de tiempos reales o RTDs (*Real Time Difference*).

7.2.2 Técnicas de localización basadas únicamente en la red

Se va a estudiar en este apartado las diferentes técnicas de localización que se pueden emplear sin tener que modificar los terminales, realizando mejoras en los nodos de la red únicamente.

- Técnicas de localización basadas en la identidad de la celda

La técnica más sencilla basada en la red y que ha sido ampliamente utilizada es aproximar la posición de un usuario por la posición de la estación base a la que está conectado.

Esta técnica es realmente muy fácil de implementar puesto que sólo había que sacar información ya disponible dentro de los nodos de red. El gran problema es la falta de precisión que supone, sobre todo en zonas rurales o menos pobladas donde el tamaño de las celdas es considerable.

Además de la celda, también se podría saber en que sector está el terminal limitando bastante la zona de localización.

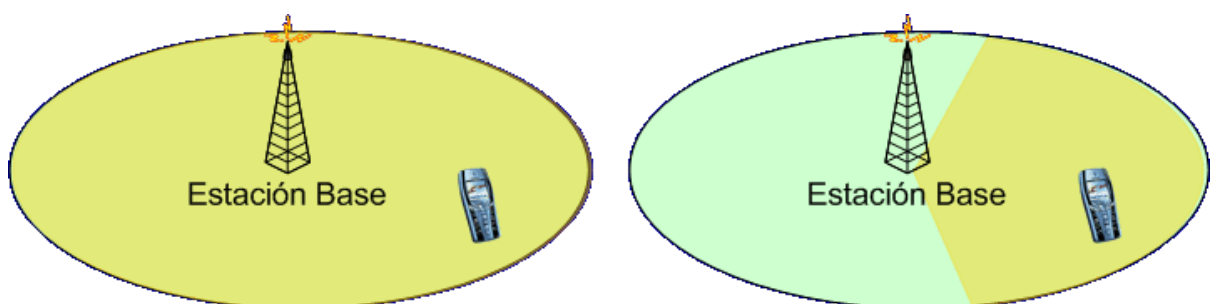


Figura 2.43: Localización basada en la identidad de la celda

- Ángulo de llegada (AOA)

Los métodos basados en ángulo de llegada también se suelen denominar Dirección de Llegada (DAO, *Direction of Arrival*). Se basan en antenas multiarray que pueden trazar una recta

en la dirección de donde les llega la señal. Mediante la estimación de esta recta de dos estaciones se puede calcular la posición de un usuario aunque, si se pueden incluir más medidas, la precisión aumenta.

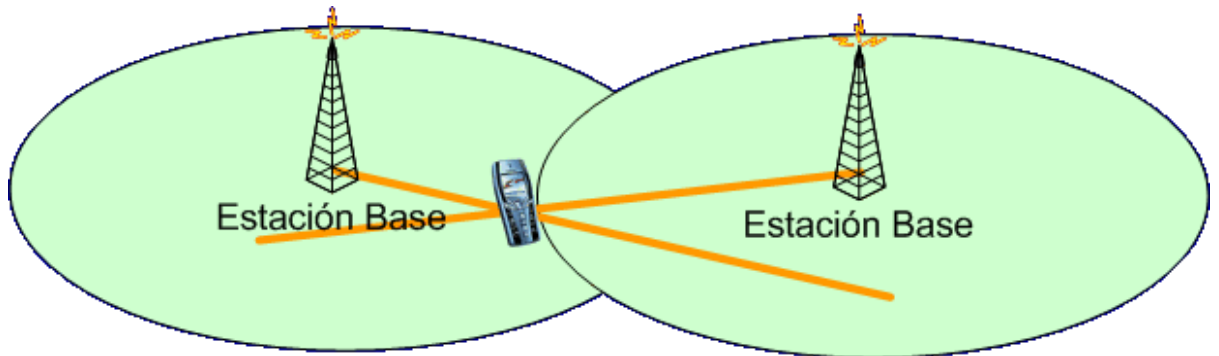


Figura 2.44: Localización mediante AOA

Este método tiene el problema de los multitrayectos. Si un móvil no tiene visión directa de la antena la señal que recibe la antena es una reflexión de la original con lo que la recta que trazará no apuntará verdaderamente al usuario.

Otro problema es el movimiento de las antenas en tormentas o días con viento que producen pequeñas oscilaciones y reducen sensiblemente la precisión de esta técnica.

- Técnica TOA con terminales estándar

En este caso la técnica TOA se basa en calcular el tiempo que tarda la señal en ir desde la red hasta el terminal y vuelta. Las modificaciones sólo se realizan en el nodo de la red apropiado. Al contrario que su equivalente en bucle abierto (con modificaciones de terminales), no es necesario tener sincronizados los móviles con la red.

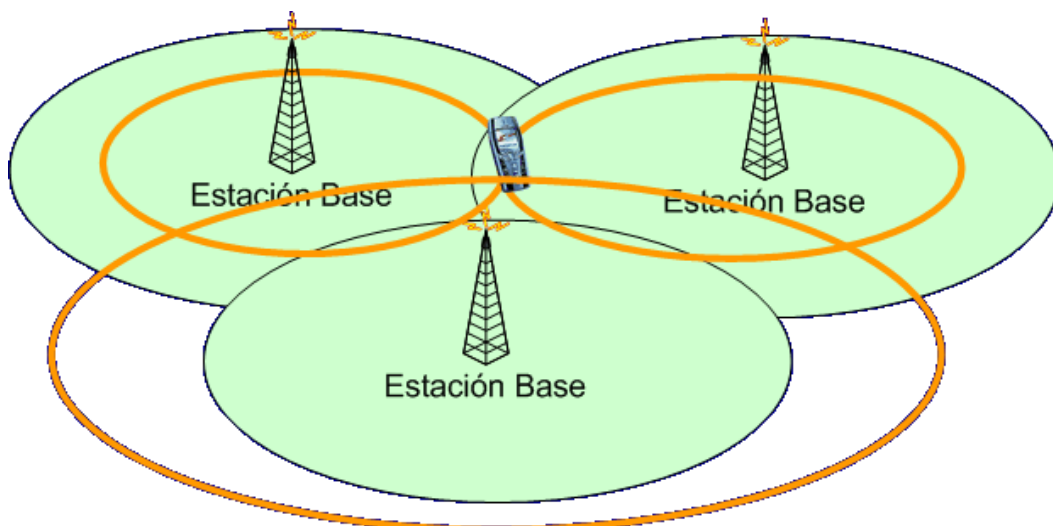


Figura 2.45: Localización mediante TOA

En este caso la dificultad aparece en el momento en el que hay que calcular cuánto tiempo tarda el terminal en contestar, puesto que este tiempo de procesamiento depende mucho del terminal, de la marca y de otros factores que provocan que su variación sea alta.

- Técnica TDOA con terminales estándar

Esta técnica consiste en calcular la correlación entre la señal recibida en dos estaciones base distintas desde un mismo terminal. A partir de esta medida se puede saber la diferencia de tiempos que ha tardado en llegar y se puede calcular el lugar geométrico (una hipérbola) en el que puede estar el móvil. Realizando esta medida con otros pares de estaciones base se puede calcular la posición del usuario.

7.2.3 Técnicas híbridas de localización

De forma inmediata se pueden empezar a pensar en combinar las técnicas vistas hasta ahora. Además, en general, se suelen mantener la complejidad y coste de las técnicas originales aumentando la precisión de la medida.

- Técnica TOA/AOA híbrida

La técnica híbrida más interesante seguramente sea la combinación del cálculo de la dirección del usuario mediante AOA y el cálculo de la distancia al usuario mediante TOA con bucle cerrado.

Esta técnica es la única de la que hemos visto que proporciona cierta precisión en el cálculo utilizando sólo una estación base. Además no tiene la necesidad de modificar el terminal.

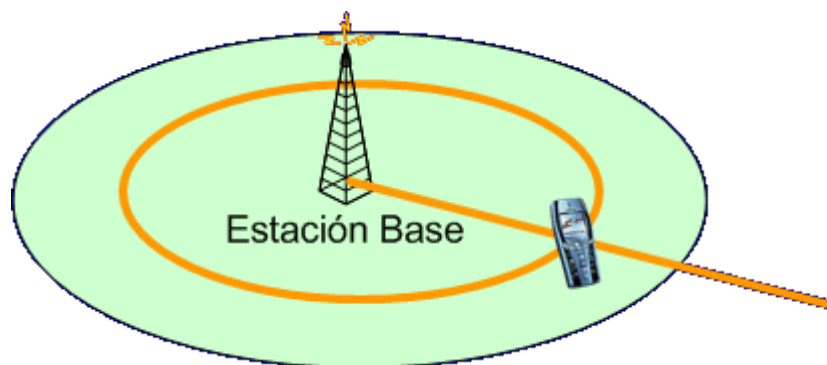


Figura 2.46: Localización híbrida mediante TOA/AOA

7.3 Acceso a Internet

Aunque el nombre de este apartado es bastante fácil de entender y de ahí su forma, quizás no sea el más correcto, ni técnicamente ni comercialmente. Como veremos en el apartado donde estudiaremos las aplicaciones móviles, un error inicial de algunas operadoras fue vender el acceso WAP como Internet en el móvil. La verdad es que el usuario enseguida pudo comprobar la distancia entre el Internet que conocía desde el PC de su casa y el acceso que obtenía desde el móvil. No son comparables por ahora y más adelante veremos las razones en más detalle.

Desde el punto de vista técnico, referirnos a WAP y I-mode como las tecnologías de acceso a Internet tampoco es lo más riguroso. En realidad cualquier tecnología que permite el acceso a un servidor publicado en Internet ya está facilitando un acceso a la información publicada en Internet. Por otra parte, realmente estas dos tecnologías sí son lo más parecido en el mundo móvil a la

aplicación *World Wide Web*, puesto que tanto WAP como I-mode se basan en páginas parecidas a HTML para acceder a la información disponible en Internet (WML y cHTML). Este último punto es el que ha prevalecido para hacer la analogía entre el mundo de Internet tal y como lo conoce un usuario y el acceso desde el móvil. El error al realizar esta comparación no es muy grande pero sí significativo y hay que tenerlo en cuenta.

En realidad, técnicamente quizás lo más correcto para definir las dos tecnologías que vamos a analizar a continuación sería describirlas como “tecnologías para aplicaciones servidoras” puesto que son precisamente en el servidor donde se realiza la mayor parte de la ejecución de la aplicación. Incluso esto tampoco es muy apropiado en I-mode puesto que, como veremos, I-mode engloba mucho más que una o dos tecnologías.

Como vemos, es difícil describir en pocas palabras a WAP e I-mode. En los siguientes apartados intentaremos dar más luz a este pequeño entramado de siglas, tecnologías y aplicaciones.

7.3.1 WAP

WAP (*Wireless Application Protocol*) es un entorno de aplicación y un conjunto de protocolos para dispositivos móviles que permiten a un acceso a contenidos de Internet y a servicios avanzados móviles.

WAP es mucho más que una pila de protocolos incluye todo un entorno para implementar aplicaciones móviles con funcionalidades desde librerías para realizar una llamada desde un enlace, hasta gestionar las capacidades del terminal para adaptar el contenido al mismo. Durante este apartado iremos estudiando la evolución tecnológica de WAP para acabar conociendo las principales características y posibilidades de esta tecnología.

WAP aparece en un momento en el que la explosión de la telefonía móvil está en su mayor auge y cuando se preveía que en pocos años el mayor número de terminales conectados a Internet iba a ser precisamente los teléfonos móviles. Significaba por aquella época unir las dos tecnologías con mayores crecimientos, la móvil y el acceso a Internet. El éxito parecía seguro.

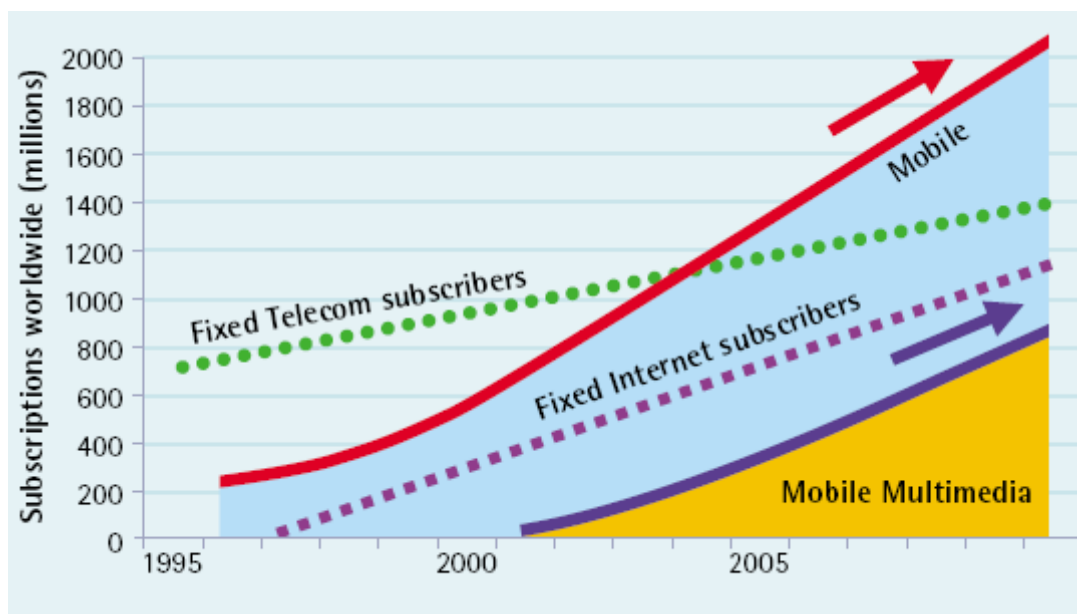


Figura 2.47: Evolución usuarios de telecomunicaciones Fuente: UMTS-Forum

WAP comienza a gestarse en 1997 mediante la creación del WAPForum por parte de *Ericsson*, *Motorola*, *Nokia* y *Unward Planet*. No es un estándar propietario de una sólo compañía, sino que su desarrollo ha sido posible con la colaboración de distintos agentes tecnológicos (actualmente el número de miembros del foro de especificación para WAP supera el centenar). Los primeros terminales que soportaban la primera versión aparecen a finales de 1999, aunque realmente el desembarco de distintos modelos empieza en el año 2000. Como hemos dicho antes las expectativas eran grandes. Pero el desencanto llegó pronto. A finales del 2001 ya se consideraba a WAP como una tecnología caduca y poco exitosa. Las razones fueron varias:

- Aparecieron pocos terminales y la mayoría tenía graves problemas de implementación que provocaron que las páginas realizadas fueran muy simples para que se vieran en todos los dispositivos correctamente. Además, las pantallas eran ridículas y los gráficos tenían que ser en blanco y negro con lo que las páginas no resultaban nada vistosas.
- Las redes tampoco estaban preparadas, con GSM la velocidad obtenida era muy baja y al principio la navegación era muy lenta (>30 segundos para mostrar una página). Si a esto le sumamos que con conmutación de circuitos se paga por tiempo, el resultado es que WAP empezó a traducirse como *Wait And Pay*.
- Los contenidos tampoco estuvieron a la altura. Las operadoras no fueron capaces de involucrar a los proveedores de contenidos para que hubiera un conjunto de servicios y páginas interesante para el usuario.
- Finalmente, se intentó vender como acceso a Internet de forma móvil. Los usuarios veían gráficos minúsculos en blanco y negro, junto con listas de enlaces y algo de texto, y la comparación resultó poco afortunada creando unas expectativas que nunca se cumplieron.

Finalmente, a partir del año 2003, WAP está viviendo una segunda juventud. Las razones se deben a una mejora en la mayoría de los puntos anteriormente citados:

- Los terminales han mejorado mucho. La incorporación de pantallas más grandes y con color ha contribuido a dar mayor vistosidad a las páginas. Han empezado a implementar

los nuevos estándares de WAP con inclusión de nuevas funcionalidades como *WAPPush* que ha permitido involucrar más al usuario en la navegación.

- Con la aparición de GPRS y la maduración de los elementos de red necesarios para WAP, los tiempos de espera se redujeron considerablemente (<3 segundos para mostrar una página). Además, se empezó a pagar por el tráfico consumido y no por el tiempo.
- De todas formas, los contenidos todavía son el campo de batalla de los operadores. Actualmente la tecnología se puede considerar madura con la especificación WAP 2.0 y existen desarrolladores y fabricantes de terminales con experiencia sobrada. Pero siguen faltando contenidos y servicios. Aún así este punto ha mejorado y de la mano de mejores y más abundantes contenidos vendrá la consolidación de WAP.
- La orientación comercial de WAP ha cambiado mucho. Ahora ya se habla de servicios móviles sin entrar en la tecnología ni en comparaciones con el mundo fijo.

La historia de WAP, como hemos visto es la historia de una tecnología que está tardando en arrancar. Seguramente no se ha retrasado más que la mayoría, pero las expectativas y el momento en el que surgió hizo que cualquier cosa que no fuera el mayor éxito fuera un rotundo fracaso.

Las especificaciones de WAP definen una pila de protocolos para las comunicaciones a nivel de aplicación, sesión, transacción, seguridad y transporte. Además, definen un entorno de aplicación (WAE, *Wireless Application Environment*) donde se definen los lenguajes con los que escribir las páginas con los contenidos, los formatos de los contenidos multimedia aceptados, y un conjunto de funcionalidades extra que luego veremos.

WAP se basa en el modelo cliente servidor de WEB. El cliente comienza todas las peticiones y el servidor le devuelve ficheros con la información. Es más, lo extiende con la funcionalidad de *Push* que permite al servidor indicar al usuario que quiere empezar una petición. Al igual que en la WEB, hace falta un programa residente en el dispositivo cliente que se encargue de gestionar las peticiones y que interprete todos los ficheros que le llegan para hacer con ellos lo que corresponda, normalmente mostrarlos al usuario.

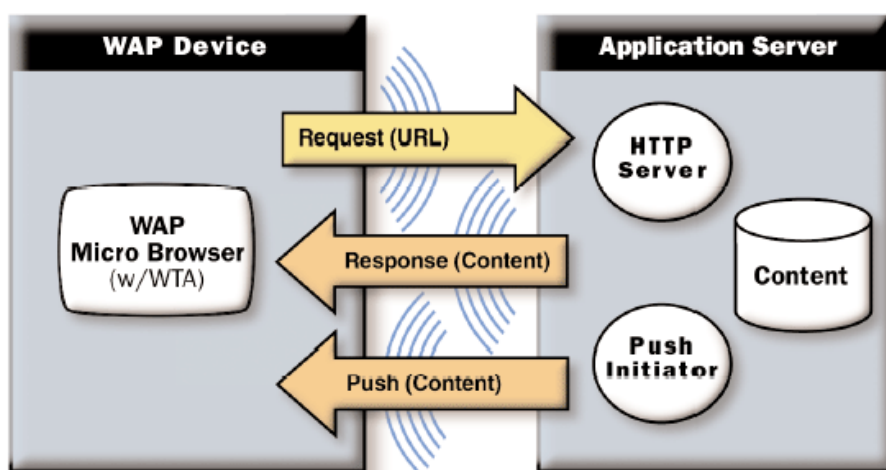


Figura 2.48: Modelo cliente-servidor con Push Fuente: Open Mobile Alliance

Actualmente hay tres navegadores o *microbrowsers* que predominan sobre los demás:

- El *microbrowser* de Nokia, que montan todos los terminales de esta marca finlandesa.
- El *microbrowser* de Openwave, que montan casi todos los fabricantes de terminales.
- El *microbrowser* de Ericsson, que montan los terminales de esta marca sueca.

Conocer el funcionamiento de estos navegadores es fundamental para conseguir una visualización óptima de las páginas que creemos. En general, una buena medida es probar todos los servicios en los tres navegadores para ver si todo se funciona correctamente. Además, también sería bueno probar diferentes versiones de los mismos para estar completamente seguros. Aunque en teoría la especificación de WAP está pensada para ser independiente de los terminales, la realidad es ciertamente distinta [15-19].

Otra característica que desde el principio se consideró en el diseño de WAP fue la independencia de la tecnología de transmisión. De hecho desde el comienzo de WAP, ya se han utilizado multitud de tecnologías para transmitir los datos. Desde SMS, pasando por conexiones de datos de GSM, CDMA hasta los más actuales GPRS, EDGE o UMTS.

La especificación de WAP ha evolucionado desde sus orígenes y ha dado tres versiones importantes con interesantes cambios, WAP 1.0, WAP 1.2 y la actual y esperada WAP 2.0.

WAP 1.0 fue la primera de las versiones de las especificaciones liberada. Una de sus principales aportaciones fue el diseño de los diferentes protocolos que permiten la conexión a Internet de los terminales.

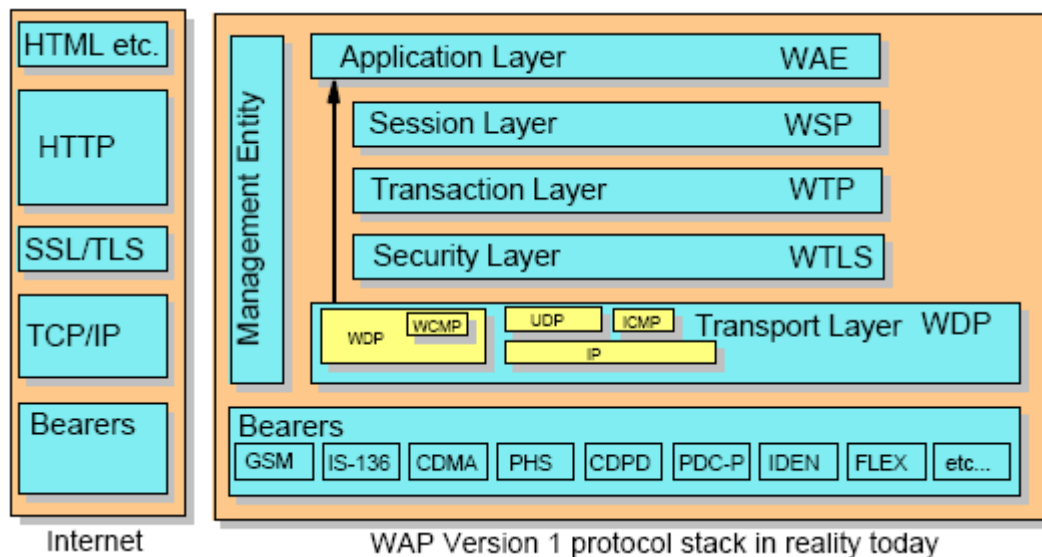


Figura 2.49: Pila de protocolos en WAP 1.0 Fuente: Open Mobile Alliance

Los principales protocolos que se especificaron son:

- WSP (*Wireless Session Protocol*), protocolo de sesión que permite intercambiar datos a las aplicaciones.
- WTP (*Wireless Transaction Protocol*), protocolo que se encarga que gestionar el modelo petición/respuesta.

- *WTLS (Wireless Transport Layer Security)*, capa de seguridad encargada de la autenticación, no repudio, e integridad de los mensajes.
- *WDP (Wireless Datagram Protocol)*, protocolo destinado a enviar los datos a través de la tecnología portadora correspondiente.

Inicialmente el modelo de WAP se basó en una pasarela WAP que actuaba de intermediario entre los servidores de Internet y los terminales.

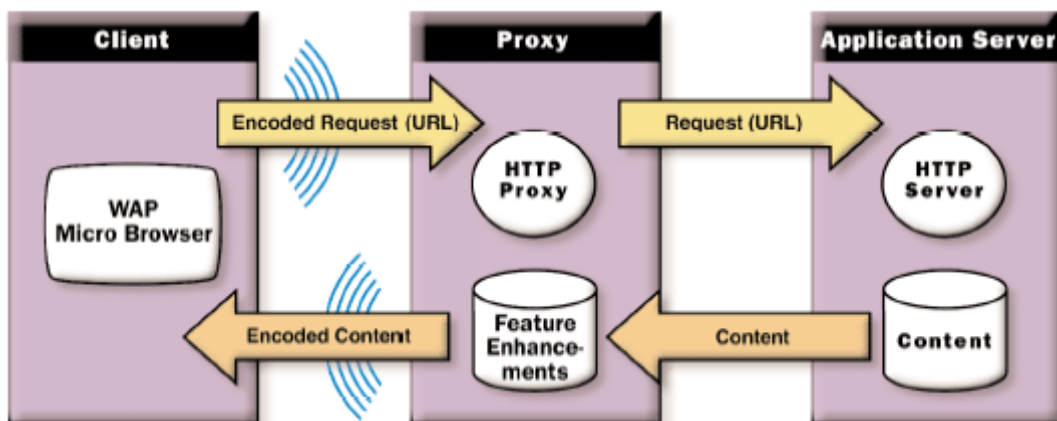


Figura 2.50: Arquitectura de WAP 1.0 con Gateway WAP Fuente: Open Mobile Alliance

El *WAP Gateway* o *WAP Proxy* es el centro de la arquitectura de red necesaria para montar WAP en un operador. Comercialmente, sirve para centralizar y controlar todas las conexiones desde los teléfonos del operador a Internet. De esa forma se puede sacar estadísticas, proveer contenidos exclusivos, facturar contenidos de pago, y en general controlar el acceso a Internet de los clientes de forma centralizada. Técnicamente, la pasarela WAP cumple las siguientes funciones:

- Actúa de traductor de protocolos entre la pila de protocolos WAP y la pila de protocolos de Internet.

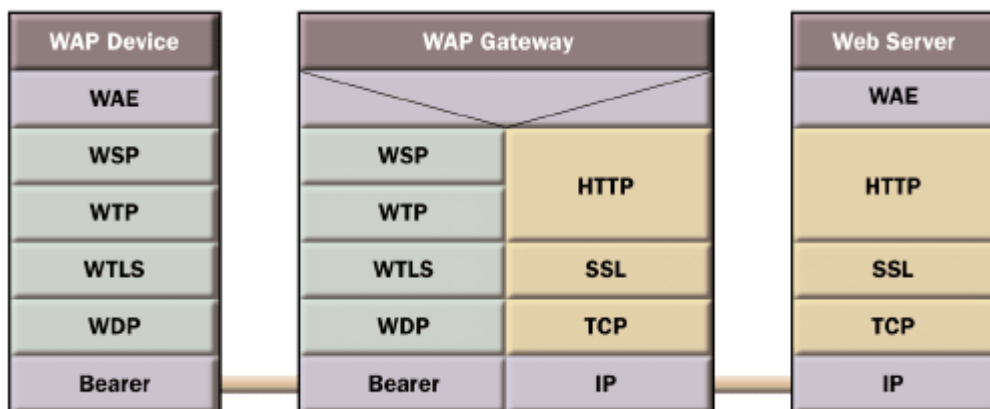


Figura 2.51: Traducción de protocolos en el Gateway WAP 1.0 Fuente: Open Mobile Alliance

- Se encarga de optimizar las comunicaciones codificando los contenidos. Los lenguajes estándares de WAP se pueden codificar convirtiendo los elementos del lenguaje en códigos hexadecimales que reducen el tamaño de las páginas considerablemente.
- Permite introducir y eliminar cabeceras de las peticiones y las respuestas. Interaccionando con otros elementos de la red móvil puede suministrar a los servidores que generan las páginas cabeceras con información sobre el número de teléfono o identificador del usuario, su posición, su saldo, etc.

Además de los protocolos y el funcionamiento de la pasarela, la especificación de WAP 1.0 incluía una serie de elementos que tenían sentido a nivel de la aplicación móvil y que conformaban el WAE (*Wireless Application Environment*).

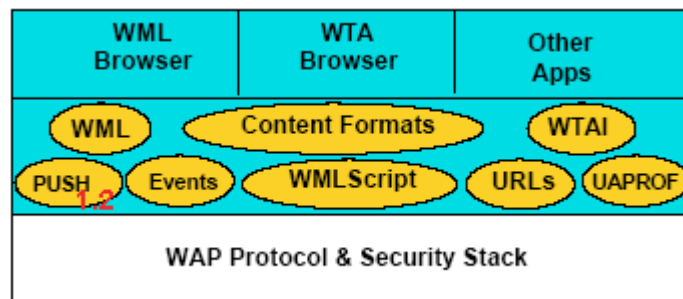


Figura 2.52: Entorno de aplicación WAE Fuente: Open Mobile Alliance

El principal componente del entorno de aplicación es el lenguaje WML. Es un lenguaje basado en XML y que aunque parecido al HTML es considerablemente más simple. Aún así, añade diversas funcionalidades no presentes anteriormente y que se deben en muchos casos a la necesidad de optimizar las comunicaciones por el escaso y caro ancho de banda móvil:

- Introducción de varias páginas en un mismo fichero. WML permite al desarrollador introducir en un fichero de WML (*deck*) varias páginas (*cards*) de forma que con una sola petición el navegador ya pueda mostrar varias pantallas. De esta forma se reduce las veces que el terminal tiene que comenzar a realizar una petición acelerando la navegación y reduciendo el *overhead* introducido por las peticiones y las respuestas.
- Variables en el navegador. WML introduce el concepto de variables en el navegador permitiendo al desarrollador guardar información en una pequeña memoria del terminal. Con estas variables, la aplicación se evita tener que estar pasándose valores en las peticiones y en las repu<estas optimizando la cantidad de datos transmitida.
- Botones. Debido a la especial forma de interactuar del usuario con el terminal, se incluyeron en WML la posibilidad de establecer enlaces y funciones sobre los botones de navegación del terminal.

```

<wml>
  <card id="menu">
    <p align="center">
      -TÍTULO-
    </p>
    <p mode="nowrap" align="center">
      Bienvenidos al portal WAP del futuro.
    </p>
  </card>
</wml>

```



Figura 2.53: Ejemplo de página WML

Además del lenguaje de marcado se incluye en la especificación un pequeño lenguaje de *script* llamado WMLScript. Este lenguaje se escribe en ficheros que luego son codificados por el *WAP Gateway* para su posterior descarga y ejecución en el dispositivo. Incluye una sintaxis muy sencilla parecida a otros lenguajes de *script* e incluye una serie de APIs que permiten realizar diversas funciones entre las que destacan:

- Manipulación de cadenas de caracteres y binarios.
- Gestión de la navegación como por ejemplo mostrar una página ya vista y almacenada en el historial, recarga de la página actual o descarga de una dirección.
- Gestión las variables WML almacenadas en el navegador. Mediante las funciones apropiadas se puede leer y modificar el contenido de cualquier variable.
- Etc.

```

/**
 * Calculate the Body Mass Index
 */
extern function calculate(height, weight) {
  var hm = height/100;
  var tmp = Float.pow(hm, 2);
  var result = weight/tmp;
  var classification;

  if(result <= 20) {
    classification = "underweight";
  } else if(result <= 24.9) {
    classification = "perfect";
  } else if(result <= 30) {
    classification = "slightly overweight";
  } else if(result <= 35) {
    classification = "overweight";
  } else if(result <= 40) {
    classification = "very overweight";
  } else {

```

```

        classification = "serious problem";
    }
    WMLBrowser.setVar("result", classification);
    WMLBrowser.refresh();
}

```

También se incluye dentro de la especificación del entorno WAE, la interfaz WTAI (*Wireless Telephony Application Interface*). Esta tecnología permite realizar llamadas dentro del código WML a funciones que permiten entre otras cosas:

- Realizar llamadas de teléfono a un número determinado.
- Mandar tonos DTMF.
- Gestionar la agenda con los números de teléfono del usuario.
- Mandar SMS

Las aplicaciones de estas funciones no han sido muy utilizadas aunque se pueden imaginar fácilmente usos como enlaces a teléfonos de consulta o enlaces para guardar números de teléfono en la agenda después de realizar una búsqueda en unas páginas amarillas. El problema de este tipo de funciones es que por un lado muchas veces son desconocidas para el desarrollador y por otro muchos terminales no las han implementado o las han realizado de forma propietaria.

Además de los lenguajes para incluir contenidos textuales, en el estándar WAP se especificó también los formatos de los contenidos gráficos que se aceptaban. Inicialmente sólo se propuso un nuevo formato gráfico llamado WBMP (*Wireless BitMaP*). Su especificación corrió a cargo del WAPForum y se simplificó de forma que sólo se podían representar imágenes en dos tonos, blanco y negro. Evidentemente el formato resultó ser muy sencillo de implementar y entender pero realmente poco potente.

Como veremos, tuvo cabida en terminales cuya pantalla sólo admitía píxeles apagados o encendidos, pero en cuanto empezaron a aparecer las pantallas a color, los formatos que prevalecieron fueron PNG, GIF o JPEG. De hecho, aunque inicialmente el formato se planteó para ser evolucionado, el WAPForum no ha mejorado el formato puesto que han decidido con buen criterio no volver a inventar la rueda.

Por último, podemos hablar de UAProf (*User Agent Profile*), una tecnología que aunque empezó su especificación con WAP 1.0 no ha sido hasta posteriores versiones donde ha empezado a utilizarse realmente con los terminales. Se basa en el estándar *Composite Capabilities / Preference Profiles (CC/PP)* del consorcio W3C, y permite a las aplicaciones conocer las capacidades del terminal que acceder y las preferencias configuradas por el usuario.

Básicamente el terminal manda en una cabecera HTTP una URL donde se encuentra el archivo con todas las capacidades del terminal. El siguiente xml muestra un ejemplo muy sencillo de este archivo.

```

<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [
<ENTITY ns-rdf 'http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#'>
<ENTITY ns-prf 'http://www.openmobilealliance.org/tech/profiles/UAPROF/ccppschem-
YYYYMMDD#'>
<ENTITY prf-dt 'http://www.openmobilealliance.org/tech/profiles/UAPROF/xmlschema-
YYYYMMDD#'>
]>
<rdf:RDF xmlns:rdf=""&ns-rdf=""

```

```

xmlns:prf=""&ns-prf;"">
<rdf:Description rdf:ID="MyDeviceProfile">
  <prf:component>
    <rdf:Description rdf:ID="HardwarePlatform">
      <rdf:type rdf:resource=""&ns-prf:HardwarePlatform""/>
      <prf:ScreenSizeChar rdf:datatype=""&prf-dt;Dimension"">15x6</prf:ScreenSizeChar>
      <prf:BitsPerPixel rdf:datatype=""&prf-dt;Number"">2</prf:BitsPerPixel>
      <prf:ColorCapable rdf:datatype=""&prf-dt;Boolean"">No</prf:ColorCapable>
      <prf:TextInputCapable rdf:datatype=""&prf-dt;Boolean"">Yes</prf:TextInputCapable>
      <prf:ImageCapable rdf:datatype=""&prf-dt;Boolean"">Yes</prf:ImageCapable>
      <prf:Keyboard rdf:datatype=""&prf-dt;Literal"">PhoneKeypad</prf:Keyboard>
      <prf:NumberOfSoftKeys rdf:datatype=""&prf-dt;Number"">0</prf:NumberOfSoftKeys>
    </rdf:Description>
  </prf:component>
  <prf:component>
    <rdf:Description rdf:ID="SoftwarePlatform">
      <rdf:type rdf:resource=""&ns-prf:SoftwarePlatform""/>
      <prf:AcceptDownloadableSoftware rdf:datatype=""&prf-dt;Boolean"">No</prf:AcceptDownloadableSoftware>
      <prf:CcppAccept-Charset>
        <rdf:Bag>
          <rdf:li rdf:datatype=""&prf-dt;Literal"">US-ASCII</rdf:li>
          <rdf:li rdf:datatype=""&prf-dt;Literal"">ISO-8859-1</rdf:li>
          <rdf:li rdf:datatype=""&prf-dt;Literal"">UTF-8</rdf:li>
          <rdf:li rdf:datatype=""&prf-dt;Literal"">ISO-10646-UCS-2</rdf:li>
        </rdf:Bag>
      </prf:CcppAccept-Charset>
    </rdf:Description>
  </prf:component>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Como hemos dicho antes, WAP inicialmente fue un fracaso comercial. Las razones ya las hemos expuesto y técnicamente el WAPForum se propuso sacar rápidamente una nueva versión con algunas mejoras que hiciera de puente entre la 1.0 y la 2.0 y solventarían grandes agujeros que se vieron relevantes. Aún así, no sólo había problemas con la especificación, también había grandes problemas con las implementaciones realizadas por los terminales. Los primeros terminales tenían errores que provocaban que se “colgaran” en multitud de ocasiones. Pero lo más grave fue la limitación de varios dispositivos a un tamaño de fichero codificado menor de 1200 bytes y la nula implementación de las tablas. Esto limitó mucho tanto los contenidos textuales como los gráficos y provocó que se desarrollaran todas las aplicaciones para el caso peor, es decir para el terminal más pobre en capacidades. Las aplicaciones basadas en WAP, además de quedar relegadas al blanco y negro, se basaron en listas de enlaces simples y en texto plano. Esto sumado con la lentitud de la transmisión por GSM y el cobro por el tiempo usado provocaron una pérdida de popularidad de la que WAP todavía se resiente.

Los principales problemas que se resolvieron en la especificación WAP 1.2 fueron la ausencia de mecanismos *Push* (ya explicado en el apartado de mensajería) y la falta de *cookies* para mantener la sesión con el servidor. Estas mejoras junto con la aparición de terminales a color y GPRS que permitía transmisión más rápida de la información y cobro por tráfico han permitido a WAP sobrevivir y tener ciertas esperanzas para un futuro cercano.

Con algo más de tiempo y algo más de experiencia, el WAPForum se lanzó a la especificación de WAP 2.0, la versión que actualmente implementan los terminales más novedosos. Intentaba dar solución a problemas que se habían destapado a partir de las especificaciones iniciales. Ade-

más tenía una clara orientación a dar un soporte tecnológico al acceso a Internet desde los terminales más potentes, con más memoria y mejores pantallas que estaban por aparecer en el mercado. Según el WAPForum la especificación WAP 2.0 seguía los siguientes objetivos:

- Convergencia con los estándares de Internet.
- Posibilitar nuevos servicios que puedan explotar las capacidades de los nuevos terminales y las nuevas tecnologías de red.
- Ampliar y mejorar los beneficios de las existentes tecnologías WAP 1.0.
- Gestionar la compatibilidad hacia atrás de los servicios basados en WAP 1.0 para proteger y conservar las inversiones ya realizadas.

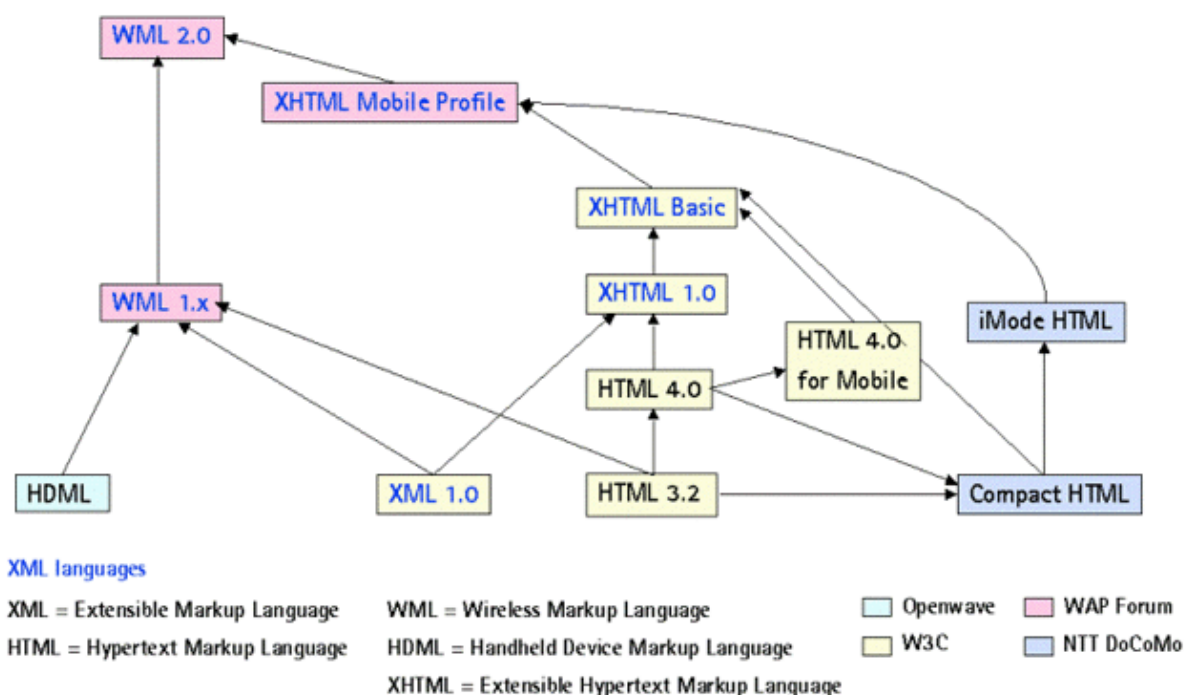


Figura 2.54: Evolución de los lenguajes de marcado para móviles Fuente: Nokia

Puesto que XHTML no surge a partir de WML sino de HTML 4.0, los elementos que éste no disponía y que sí que tenía WML 1.x desaparecen en XHTML. Todos estos elementos se incorporan en WML 2.0 extendiendo XHTML mediante una serie de atributos y elementos que comienzan con el *namespace* wml. Hay que tener en cuenta que la especificación obliga a los navegadores a seguir siendo compatibles con WML, por lo que interpretar este tipo de elementos no debería ser muy complejo. En la siguiente tabla se pueden encontrar los elementos que así se añaden:

Elemento nuevo		Elemento XHTML	Atributo nuevo
wml:acces		body	wml:onenterforward, wml:onenterbackward, wml:ontimer, wml:new-context

wml:anchor			
wml:card		html	wml:onenterforward, wml:onenterbackward, wml:ontimer, wml:user-xml-frag- ments
wml:do			
wml:getvar		img	wml:localsrc
wml:go		input	wml:emptyok, wml:for- mat, wml:name
wml:noop		meta	wml:forua
wml:onevent		option	wml:onpick
wml:postfield		p	wml:mode
wml:prev		select	wml:value, wml:name, wml:ivalue, wml:iname
wml:refresh			
wml:setvar		textarea	wml:emptyok, wml:for- mat, wml:name
wml:timer			

Tabla 2.5: Elementos WML añadidos a XHTML

Otras funcionalidades del WAE como el WAPPush, el WMLScript o WTAI mejorar discretamente o se mantienen de la misma forma que en anteriores versiones.

Además de la pila de protocolos y el entorno de aplicación, aparecen nuevos componentes en la especificación de WAP 2.0 que permiten mayor potencia en el desarrollo de aplicaciones. Entre estas funcionalidades destacan un API para almacenar datos en el teléfono (*Persistence Storage Interface*), funciones para configurar los teléfonos automáticamente (*Provisioning External Functionality*) o capacidades para sincronizar datos desde los terminales mediante *SincML*.

A principios del año 2002 ya estaba liberada la versión inicial de WAP 2.0. Y a mediados de ese mismo año desaparece el WAPForum. En realidad, lo que sucede es que se integra en la iniciativa OMA (*Open Mobile Alliance*) que nacía en esos mismos momentos. A partir de esa época, las actividades del WAPForum se distribuyen entre los grupos de trabajo del OMA, ampliando mucho la variedad de ámbitos trabajados y estudiados.

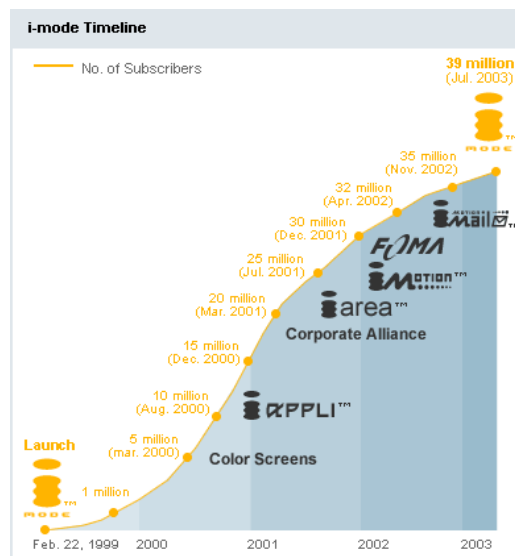


Figura 2.55: Evolución de usuarios y servicios de i-mode Fuente: NTT-DoCoMo

Técnicamente i-mode es especificado y desarrollado totalmente por NTT-DoCoMo. Incluso la tecnología de red es propietaria del operador. Eso le permitió sacar un servicio rápidamente y de forma muy completa y coordinada en poco tiempo, así como poder evolucionarlo con mayor velocidad. Inicialmente se basaba en una red de conmutación de paquetes a 9600 bps. Posteriormente han ido mejorando considerablemente las velocidades hasta las más recientes conseguidas con redes y terminales 3G.

En la parte de las aplicaciones, se creaban las páginas mediante páginas cHTML (una versión reducida de HTML) y con imágenes GIF en blanco y negro. Esto ha ido evolucionando rápido, incluyendo imágenes a color, y todo tipo de servicios más avanzados como descarga de aplicaciones i-appli (tecnología que veremos en el siguiente apartado), descarga de vídeos, localización, etc.

7.4 Aplicaciones nativas en los terminales

Un conjunto muy importante de aplicaciones móviles se está desarrollando utilizando tecnologías que permiten que la aplicación se ejecute en el terminal directamente. Muchas de ellas soportan APIs para acceder a recursos del teléfono como enviar SMS, escribir en la pantalla o acceder a Internet por lo que las posibilidades que ofrecen son realmente muy variadas.

Este tipo de aplicaciones tienen tres grandes ventajas respecto a las aplicaciones basadas en tecnologías que se ejecutan principalmente en el servidor como WAP:

- Puesto que normalmente se dispone de APIs gráficas la espectacularidad visual es más fácil de conseguir que en otras tecnologías.
- Otra gran ventaja de tener la aplicación ejecutándose directamente sobre el terminal es que permite una mayor interactividad con el usuario.
- La tercera ventaja hace referencia a la utilización óptima del ancho de banda disponible en las conexiones a Internet. Mientras que las aplicaciones basadas únicamente en arquitecturas cliente/servidor utilizan el ancho de banda para transmitir todos los menús así como el código de marcado, en las aplicaciones nativas se puede ir navegando por los menús sin mandar ni un solo byte. Esto permite seleccionar la información a descargarse sin

gastar ancho de banda. Además, en el momento de descargar la información requerida se van a transmitir los datos necesarios, sin incluir ningún tipo de lenguaje de marcado.

Quizás la desventaja más evidente de las tecnologías nativas respecto a las aplicaciones que se ejecutan en el servidor es que una vez instaladas las aplicaciones en los terminales del usuario es muy complicado cambiar mensajes, configuraciones o solucionar errores. Por eso es muy importante apoyarse en un servidor si hay configuraciones o mensajes muy importantes y que posiblemente cambien (como por ejemplo mensajes sobre el precio o el premio a dar). También es extremadamente importante comprobar que no hay errores en la aplicación cliente puesto que en caso de detectar alguno será muy complicado de cambiar una vez publicado para los usuarios.

Un punto importante en este tipo de tecnologías son los terminales que las soportan. Primero porque es relevante saber qué número de dispositivos hay disponibles en el mercado y cuántos fabricantes tienen previsto sacar modelos con soporte. Además, no hay que olvidar la calidad de las implementaciones de la tecnología en cuestión. Si se produce una gran variedad de implementaciones con diferentes características el desarrollo de aplicaciones se va a ver condicionado a crear diferentes versiones para acomodarse correctamente a todos los dispositivos.

A continuación, vamos a ver las principales tecnologías nativas para terminales móviles. Como veremos gran parte de estas tecnologías son utilizadas para el desarrollo de juegos y aplicaciones de entretenimiento. Principalmente porque son las tecnologías que facilitan la interactividad con el usuario y la vistosidad gráfica.

7.4.1 J2ME

A mediados de los años 90 aparece el lenguaje de programación Java de la mano de Sun Microsystems. Un lenguaje de alto nivel, basado en la sintaxis de C++, multiplataforma con una seguridad basada en el modelo *sandbox*, necesario pues inicialmente estaba orientado a comunicar pequeños electrodomésticos y al mundo de Internet.

Las plataformas de desarrollo Java se basan tanto en un lenguaje de programación como en un entorno de ejecución llamado máquina virtual. A partir del Java original han ido apareciendo diferentes ediciones que hacían frente a necesidades particulares de los diferentes mercados.

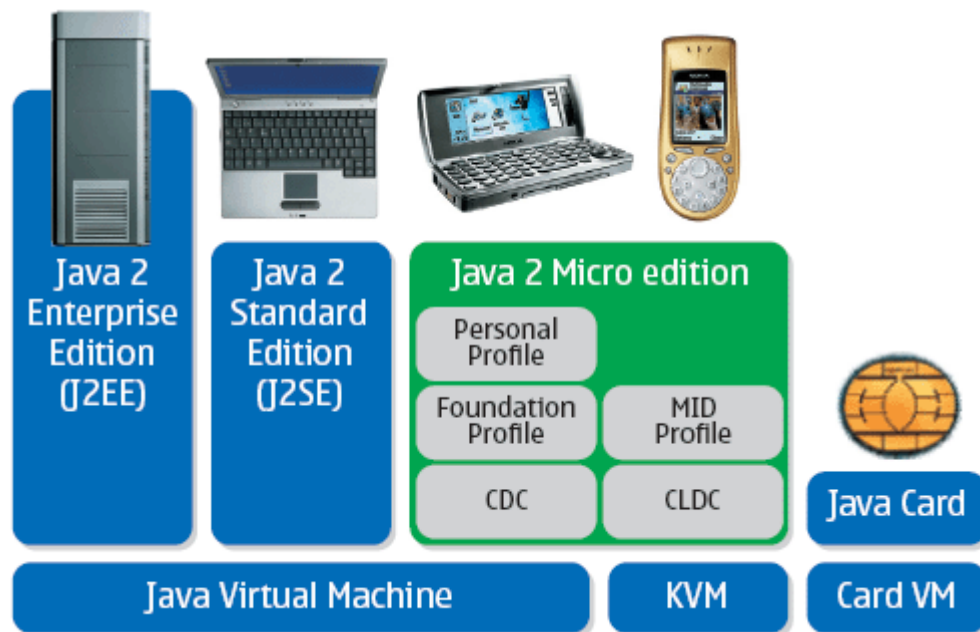


Figura 2.56: Situación de J2ME en el mundo Java Fuente: Sun Microsystems

J2ME (*Java 2 Micro Edition*) se encuadra dentro de las ediciones de Java como la versión desarrollada para terminales pequeños e inalámbricos tales como PDAs o teléfonos móviles. Su objetivo es proveer un entorno desde el que se pueda descargar aplicaciones para luego instalarlas y ejecutarlas en el dispositivo móvil. Gracias al consenso y coordinación de todos los agentes del mercado móvil J2ME se ha convertido en la tecnología de referencia para realizar todo tipo de aplicaciones descargables y ejecutables en el dispositivo.

A finales del año 2003, el número de modelos disponibles con J2ME rondó los 200 y el número de terminales vendidos superó los 100 millones ampliamente. Con este amplio despliegue de terminales y unido con las cantidades ingentes de desarrolladores de Java el éxito de esta tecnología estaba asegurado desde sus inicios [20-23].

La tecnología J2ME se fundamenta en tres pilares fundamentales sobre los que giran las diferentes versiones disponibles del entorno de ejecución de los dispositivos:

- Máquina virtual

La máquina virtual de Java (JVM, *Java Virtual Machina*) es el programa que se encarga de traducir el *bytecode* que tiene el código Java compilado a instrucciones válidas en código máquina. Además también mantiene todas las cuestiones de seguridad tales como impedir a los programas acceder partes del sistema no permitidas (por ejemplo la agenda con los números de teléfono).

Su principal función es dar independencia al código escrito respecto al terminal donde se va a ejecutar. Actualmente hay dos JVM incluidas en J2ME. Por un lado está la CVM, máquina virtual con todas las características de Java y que debe ejecutarse en dispositivos con unos requisitos de memoria y potencia bastante altos. Además, existe la KVM, mucho más pequeña y ligera pero restringida en su funcionalidad. Por poner varios ejemplos, no dispone de cálculo en coma flotante, no posee reflexión de clases y no tiene soporte para código nativo.

- Configuración

Una configuración es un conjunto de APIs básicas que definen un entorno general de ejecución. Intentan agrupar terminales por características muy generales como por ejemplo sus capacidades computacionales o si tienen conectividad o no. Cuestiones más cercanas al terminal o más particulares, como las librerías gráficas nunca se meten en la configuración.

Actualmente hay definidas dos configuraciones:

- *Connected Device Configuration* (CDC), para dispositivos dotados de conectividad y con (relativamente) alta capacidad computacional.
- *Connected Limited Device Configuration* (CLDC), para dispositivos con capacidades (proceso y memoria) limitadas dotados de conectividad.

- Perfiles

Un perfil es un conjunto de APIs para una configuración dada y un entorno de aplicación en particular. Los perfiles intentan agrupar los dispositivos donde van a correr según las funcionalidades de éstos y según el tipo de aplicación que se va a ejecutar en ellos.

Un punto importante en los perfiles es la librería gráfica. Habrá perfiles que sólo incluirán en pantallas de texto, otros serán pantallas gráficas y táctiles, etc. Incluso los sistemas embebidos pueden que no tengan interfaz gráfica alguna.

Actualmente hay definidos o están en proceso cuatro perfiles, entre los que destaca por su mayor aplicación al mundo móvil el último:

- *Foundation Profile* (FP), consiste en un conjunto de APIs básicas para la configuración CDC que no incluye interfaz gráfica. Debido a su simplicidad está pensado para ser extendido por otros perfiles.
- *Personal Profile* (PP), incluye una librería gráfica con capacidades WEB y *applets* y tiene sentido en el contexto FP/CDC.
- *PDA Profile* (PDAP), perfil para la configuración CLDC pensado para PDA de gama baja, con bajas capacidades de memoria y procesamiento, pero con una pantalla táctil de al menos 20.000 píxeles. Su orientación está claramente influenciada por las agendas Palm.
- *Mobile Information Device Profile* (MIDP), se basa sobre la configuración CLDC y tiene las características necesarias para funcionar con los terminales móviles, comunicaciones limitadas, capacidad gráfica baja, entrada de datos simple, memoria y potencia bajas. Incluye APIs para el almacenamiento de datos en el terminal, conectividad basada en http 1.1, temporizadores, entrada de datos del usuario y un entorno de ejecución básico basado en *midlets*, aplicaciones reducidas que se ejecutan en la máquina virtual.

Las aplicaciones que se han ido desarrollando sobre J2ME han sido de lo más variadas. Desde el entretenimiento puro como los juegos, hasta aplicaciones de información del tiempo, de cotizaciones, etc.. En realidad las únicas aplicaciones que han brillado por su ausencia han sido las orientadas al *m-commerce*. J2ME no ha tenido mucho éxito en aplicaciones como compra de entradas, gestión de bancos o aplicaciones corporativas. Principalmente por la falta de mecanis-

mos de seguridad en las primeras especificaciones y implementaciones. Este problema se ha corregido en las últimas versiones de las especificaciones y pronto veremos un nuevo conjunto de aplicaciones J2ME.

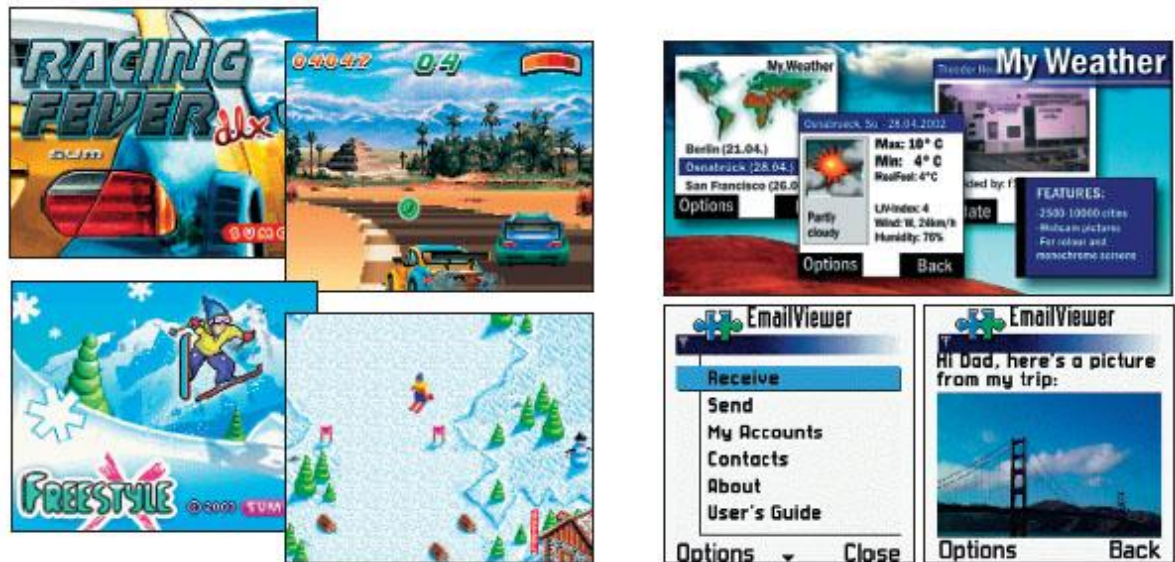


Figura 2.57: Ejemplos de aplicaciones J2ME

A finales del 2003 ya apareció el primer terminal móvil (Nokia 6600) con la segunda versión del perfil MIDP, y a partir de ahí casi todos los teléfonos ya incluían esta nueva versión. Esta especificación ha incluido grandes mejoras que van a permitir mejores comunicaciones, contenidos más multimedia y mayor seguridad. Entre las principales novedades que vamos a encontrar están las siguientes:

- Mejoras en la presentación y gestión de los gráficos y animaciones
- Inclusión de contenidos multimedia
- Mayor seguridad y más completa para las aplicaciones.
- Mejores comunicaciones incluyendo TCP/IP e iniciación de aplicaciones mediante mensajes *push*.

7.4.2 *i-appli*

I-appli es la tecnología para el desarrollo de aplicaciones que se ejecuten en el terminal del entorno *i-mode*. Esta tecnología se abre al público a inicios del año 2001 a partir del éxito del servicio basado en aplicaciones servidoras de *i-mode*. La empresa propietaria del servicio y de la tecnología es la operadora japonesa de telefonía móvil NTT-DoCoMo.



Figura 2.58: Logotipos de NTT-DoCoMo y i-appli

I-appli surge a partir de la colaboración entre Sun Microsystems y NTT-DoCoMo. Se basa en J2ME, en la arquitectura MIDP/CLDC/KVM e incluye una serie de librerías y funcionalidades extra. En este sentido se ha notado considerablemente el conocimiento y experiencia de NTT-DoCoMo para desarrollar aplicaciones móviles y su capacidad para predecir el comportamiento y las necesidades tanto de los clientes finales como de los proveedores de contenidos.

Desde sus comienzos, se han desarrollado y publicado multitud de aplicaciones con gran variedad en su temática, como juegos, aplicaciones de información bursátil, etc..



Figura 2.59: Ejemplos de aplicaciones i-appli

De hecho la variedad de aplicaciones desarrolladas ha sido incluso mayor que en J2ME debido a que una de las mejoras introducidas en i-appli hace referencia a la seguridad. Además de la seguridad que ya se incluye en J2ME, I-appli ha introducido una serie de mecanismos de seguridad que han permitido crear todo tipo de aplicaciones *m-commerce*, cuestión todavía pendiente en J2ME. Entre estas medidas extra de seguridad destacan:

- Comunicaciones cifradas mediante SSL. I-appli dispone de mecanismos para transmitir la información cifrada punto a punto mediante claves de 40 bits o 128 bits.
- Además, las aplicaciones I-appli sólo pueden conectarse al servidor desde las que fueron descargadas. Cualquier comunicación a otro servidor debe ser realizada desde el servidor original y luego reenviada al terminal.

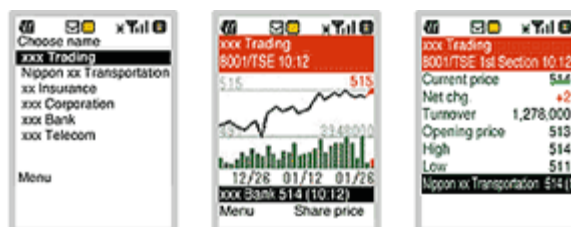


Figura 2.60: Ejemplo de aplicaciones empresariales con i-appli

Finalmente es de destacar la estrategia que ha optado para introducirse en los diversos operadores con los que ha trabajado. En muchos de ellos ha optado por no mostrar la marca de Brew y cambiarla por el nombre del servicio de descargas que se haya querido dar en el operador en cuestión. Actualmente ya está disponible en más de 14 operadores de todo el mundo, aunque ha tenido especial penetración en los regiones con redes CDMA como América o Asia [23-25].

7.4.3 WGE

WGE (*Wireless Graphics Engine*) es un conjunto de APIs gráficas embebidas en las terminales diseñadas para desarrollar juegos móviles propiedad de la empresa *9 dots*. Está muy orientado a la creación de juegos para dispositivos móviles intentando parecerse lo más posible a los videojuegos de las consolas. Para facilitar el desarrollo y la migración de juegos han optado por el lenguaje de programación C/C++.



Figura 2.61: Logotipos de 9-dots y WGE

En el desarrollo de entorno de programación han hecho mucho hincapié en la espectacularidad gráfica. También han procurado soportar todas las formas de comunicación móvil para las comunicaciones con servidores, incorporando SMS, MMS, WAP o TCP/IP.

Otro punto fuerte es la seguridad que han utilizado para realizar los mecanismos de descarga e instalación de juegos en los terminales. Las aplicaciones se descargan codificadas y se decodifican en el cliente, para posteriormente borrar la aplicación descargada. De esa forma se evita poder pasar juegos y contenidos de un terminal a otro. Pero este sistema tiene un problema, que no es otro que necesita el doble del tamaño de la aplicación para poder instalarla puesto que en un momento dado va a tener la aplicación codificada y descodificada en memoria a la vez.

Si bien *9 dots* ha conseguido unos proveedores de juegos bastante importantes (*Elite*, *Digital Bridges*, etc.), el mayor problema de esta tecnología es que sólo hay un terminal disponible en el mercado (*InnoStream i1000*), por lo que todavía no han conseguido introducirse de forma relevante en el mercado de las aplicaciones móviles.



Figura 2.62: Ejemplos de aplicaciones WGE

7.4.4 Mophon

Mophon es una tecnología de Synergenix para el entretenimiento móvil. Se basa en cuatro pilares fundamentales que integran el entorno Mophon:

- Para facilitar el desarrollo de juegos para dispositivos móviles incluyen un conjunto de APIs en C (Mophon API).
- También han creado un entorno de programación que incluye estas APIs y que facilita el trabajo a los desarrolladores (Mophon SDK).
- Por otro lado, a los fabricantes de terminales se les provee de una pequeña máquina virtual preparada para funcionar con los juegos (Mophon RTE, *Run Time Engine*).
- Finalmente, a los distribuidores de juegos se les habilita una herramienta para la firma y protección de juegos asociándolos a un determinado terminal. (Mophon VST, *Vendor Signing Tool*)



Figura 2.63: Ejemplo de aplicaciones Mophon

7.4.5 ExEn

ExEn (*Execution Engine*) es una tecnología desarrollada y mantenida por la empresa de entretenimiento móvil IN-FUSIO. Se basa en una máquina virtual realmente muy pequeña (menos de 100 Kbytes de ROM) y ligera (32 Kbytes de RAM). Sus principales puntos fuertes son las APIs gráficas, y los mecanismos de envío de puntos y facturación por descargas de juegos y fases, por lo que como se puede ver está muy orientado al desarrollo de juegos. Estas últimas funcionalidades se basan en una plataforma que actúa como servidor. Quizás el punto más débil de este entorno de desarrollo es la capacidad de realizar juegos multijugador.



Figura 2.64: Logotipo de In-Fusio

Realmente ExEn se basa en la especificación J2ME. Su forma de programar es realmente similar y se basa en una serie de APIs que se montan encima de la máquina virtual de los teléfonos. De esta forma se aprovecha los conocimientos de los desarrolladores, facilitando la entrada de nuevos proveedores y mantiene las ventajas del modelo de máquina virtual respecto a la seguridad.

ExEn ya está siendo utilizada en diversos operadores móviles de toda Europa como D2 Vodafone, Orange, Telefónica Móviles, Omnitel Vodafone, etc.. También ha llegado a acuerdos con varios fabricantes de terminales para conseguir suministrar al mercado un conjunto de dispositivos que hagan llegar sus juegos a todo el mundo:

- Siemens SL42 and M50,
- Sagem 30XX range (for example 3026), My X-3, My X-5 and My G-5
- Philips Xenium 9@9, Azalys 288, Fisio 311, Fisio 620 and Fisio 825
- Trium Mars, Neptune, 110, Eclipse and 320
- Panasonic GD 67 and GD 87
- Alcatel OT 256 and OT 531
- Vitelcom TSM4
- Bird SC03

8 APLICACIONES MÓVILES

Durante las páginas anteriores hemos hecho un breve repaso de las principales tecnologías móviles para el desarrollo de aplicaciones. Evidentemente, todas esas tecnologías se deben combinar entre sí y con otras tecnologías de redes y desarrollo *software* para implementar nuevas aplicaciones orientadas a los usuarios de terminales móviles.

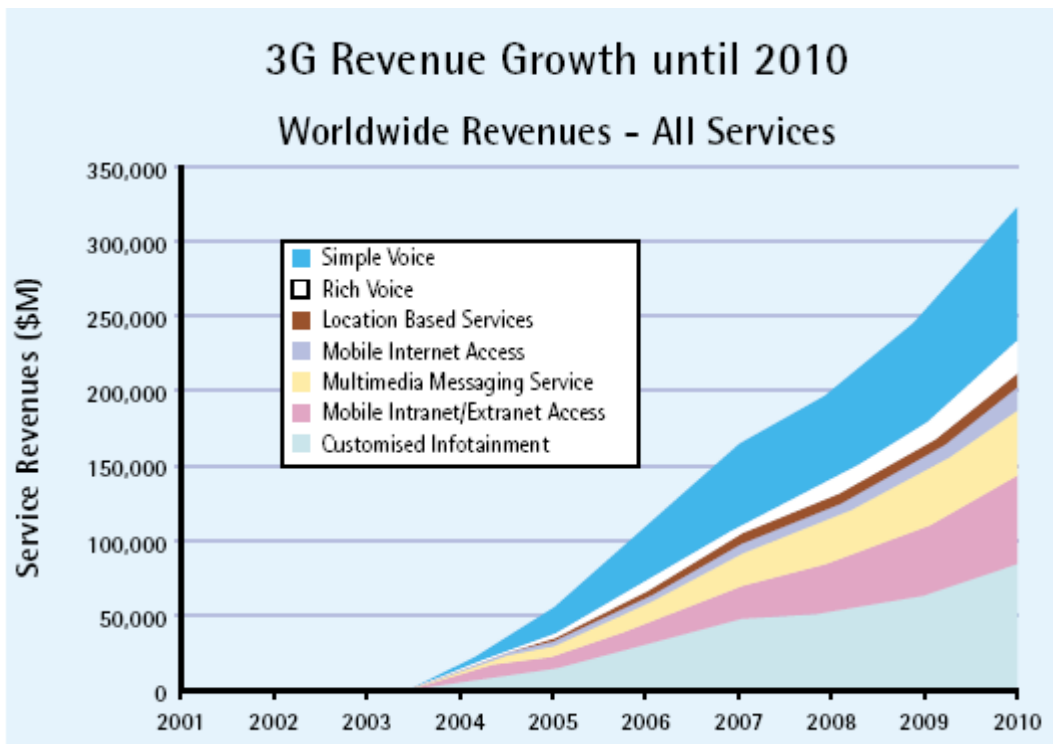


Figura 2.65: Predicción de los ingresos por servicios móviles Fuente: UMTS-Forum

Las posibilidades en este sentido son infinitas. Aún así no todo funciona comercialmente. Durante estos últimos años hemos asistido tanto al éxito de aplicaciones como a los mayores fracasos. No sólo la idea de la aplicación debe ser buena, además hay que cuidar infinidad de detalles relacionados con el correcto funcionamiento de la aplicación con la mayoría de las terminales del mercado o con la usabilidad de la aplicación con los interfaces de usuario de los terminales.

Por muy bueno y necesario que sea el concepto de una aplicación no puede tener éxito si no funciona en los dos modelos de terminal más vendidos o si para realizar cualquier acción hay que pulsar infinidad de enlaces y botones. Uno de los errores más comunes a la hora de implementar una aplicación es tratar de copiar la funcionalidad y la estructura de la aplicación WEB equivalente en la aplicación destinada para terminales móviles, ya sea con páginas WML, una aplicación nativa o un interfaz de comandos SMS [26-29].

Cada vez es más evidente que de alguna forma la mayoría de dispositivos personales, como reproductores de música, consolas portátiles, agendas o teléfonos, van a acabar convergiendo a un dispositivo con un sistema operativo, pantalla táctil y comunicaciones. En realidad va a ser un

pequeño ordenador de bolsillo multifunción. En ese contexto las aplicaciones que se pueden realizar para este tipo de dispositivos son muy variadas. Desde servicios de comunicaciones instantáneas hasta control remoto de máquinas, pasando por compra de entradas o videojuegos.



Figura 2.66: Convergencia de dispositivos móviles

Esta evolución de los dispositivos va a ir en paralelo con la evolución de las tecnologías de desarrollo de software para móviles, y con la mejora considerable de las redes de comunicaciones móviles. Por esta razón, y después de haber visto las tecnologías actuales para el desarrollo de aplicaciones móviles, en este apartado vamos a tratar de clasificar y analizar los diferentes tipos de aplicaciones y servicios posibles en el mercado de las tecnologías móviles.

Durante el próximo análisis no debemos perder de vista que todas las aplicaciones que pensemos se pueden desarrollar con variedad de tecnologías, incluso simultáneamente (aplicaciones multi-acceso), aunque muchas veces hay una que especialmente se adapta bien. Por ejemplo, si pensamos en una aplicación de comercio electrónico móvil (*m-commerce*) como la compra de entradas de cine, se puede realizar tanto por páginas WML como por una aplicación nativa desarrollada en J2ME o Mophun, incluso mediante por SMS se podría llegar a crear un interfaz de acceso. Evidentemente, aunque posible esta última opción no sería la mejor, aunque las otras dos podrían convivir perfectamente tratando de llegar al mayor número de terminales y por lo tanto de usuarios.

Antes de entrar en los diferentes tipos de aplicaciones vamos a ver cómo ha cambiado el concepto de aplicación según han ido apareciendo nuevas redes de comunicaciones.

8.1 Servicios 3G

El concepto de servicio sobre el que vamos a basarnos para abordar este apartado y los siguientes hace referencia al conjunto de funcionalidades que ofrece la red para usuarios finales o proveedores de aplicaciones para utilizarlos en caso de los primeros y para crear aplicaciones en el caso de los segundos.

Trataremos este concepto en el contexto de las redes de 2G y de 3G estableciendo las diferentes aproximaciones que se realizan en los dos casos para luego entrar en nuevas arquitecturas de servicios previstas en las redes 3G.

8.1.1 Arquitectura de servicios: OSA

La arquitectura de servicios prevista para UMTS es la denominada Open Service Architecture (OSA). En esta arquitectura se separan y se especifican claramente los servicios de los elementos de red encargados de implementarlos. Es decir, es una forma de publicar las facilidades de la red móvil UMTS para que puedan ser fácilmente utilizadas, ocultando las características y problemáticas de implementación de los distintos proveedores de redes de telecomunicación. Para realizar esta división se establecen dos conceptos nuevos:

- SCF (*Service Capability Features*), funcionalidades de las capacidades del servicio que es accesible a través de una interfaz estandarizada. Permiten a las aplicaciones (externas o no) utilizar las capacidades de servicio de la red de forma segura y abierta, independizándolas de la tecnología de la red. Estas SCFs incluyen funcionalidades como autenticación, autorización, registro, consulta de capacidades de servicio, localización, mensajería, etc..
- SCS (*Service Capability Server*) entidades lógicas en las que residen las SCFs, y que proporcionan los interfaces OSA. A su vez se comunican con las capacidades del servicio de la red que no son sino la mensajería, la identificación, WAP, localización, etc..

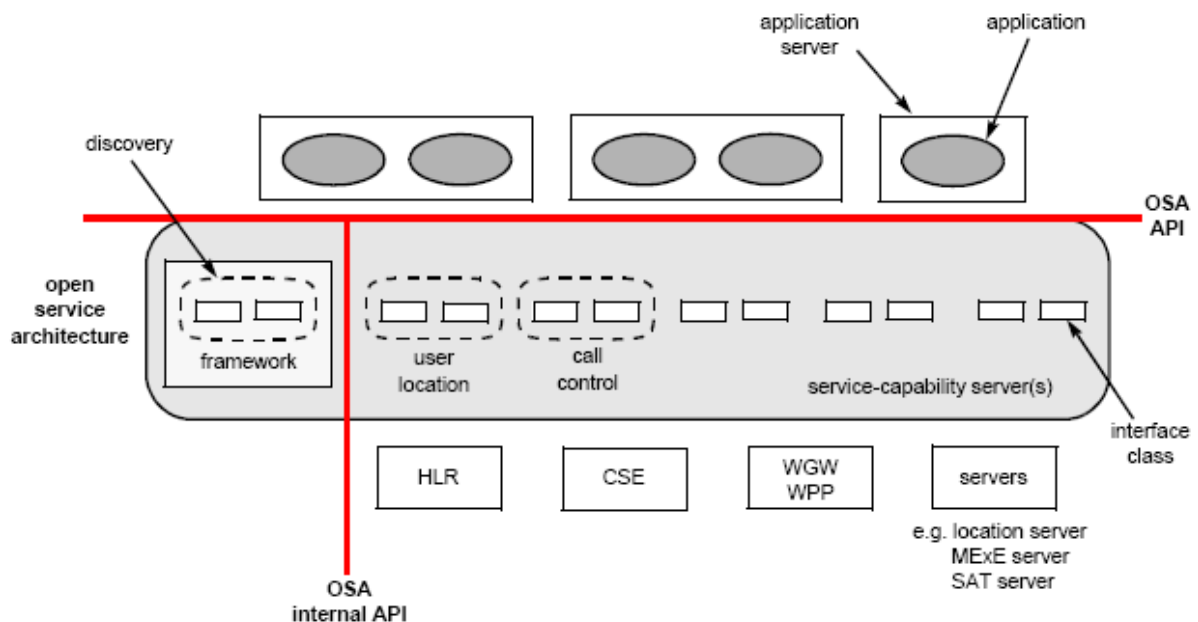


Figura 2.67: Diagrama de la arquitectura OSA Fuente: Grupo 3GPP

Actualmente hay dos grandes implementaciones de OSA en marcha, Parlay y JAIN. Esta segunda está coordinada por SUN Microsystems y se basa en Java. Estos estándares e implementaciones permitirán la aparición de numerosos proveedores de aplicaciones móviles puesto que podrán desarrollar sus aplicaciones contra interfaces independizando no sólo el operador final sino incluso la tecnología de red móvil usada.

8.1.2 *Servicios personales: VHE*

Ya hemos visto cómo facilitar el desarrollo de aplicaciones móviles independientes de la implementación de los servicios en las redes móviles. Pero también comentamos que había dos componentes más en el concepto de servicios 3G, la personalización y la movilidad de los servicios. Para alcanzar estos objetivos se introduce la idea de *Virtual Home Environment* (VHE).

Mediante este concepto el usuario tendrá un entorno personal de ejecución de servicios que describe el modo de percibir e interactuar con los servicios a los que esté suscrito. Esto se consigue en UMTS mediante el perfil de usuario, que de hecho pueden ser varios por usuario, según la hora, el día de la semana o su elección. Además este perfil se mantendrá aunque el usuario esté en una red ajena o no use el terminal habitual con el que suele trabajar. Evidentemente, la forma de identificar al usuario y mantener la seguridad es a través de la USIM.

8.2 **Aplicaciones de mensajería**

Después del éxito de todas las aplicaciones basadas sobre SMS, MMS es la tecnología sobre la que muchos ponen todas sus esperanzas. Los servicios basados en mensajería han sido los más exitosos de los últimos años. No sólo en el entorno móvil, sino que también en el Internet fijo con los *e-mails* o la mensajería instantánea. De hecho se espera que estas dos aplicaciones se introduzcan tarde o temprano en el entorno móvil de forma definitiva, el consorcio OMA ya tiene abiertos grupos de trabajo al respecto [30-34].



Figura 2.68: Trailer enviado por MMS

Todas las aplicaciones que hemos visto hasta ahora se han orientado sobre todo a las tecnologías de mensajería que actualmente más están funcionando como SMS, MMS, WAPPush e incluso USSD. Evidentemente, aunque muchas aplicaciones que se nos ocurran se puedan realizar con todas las tecnologías, siempre habrá una o dos más adecuadas que serán las que deberemos usar. Aún así, si es posible siempre es bueno utilizar por lo menos SMS para poder llegar a todos los usuarios y no restringirnos a los terminales más avanzados y modernos.

8.3 Aplicaciones de acceso a Internet/Intranet

Una gran parte de las aplicaciones que se pueden realizar en los teléfonos móviles es las que van a permitir el acceso a páginas WAP para obtener información de Internet. La primera reflexión y seguramente la más importante aquí será si es realmente posible trasladar los contenidos de la WEB al entorno móvil y si realmente es asimilable el concepto de Internet al entorno móvil [35-40].

Evidentemente hay bastantes puntos que nos hacen pensar que realmente hay demasiadas diferencias para poder suponer viable el Internet que conocemos en los móviles actuales:

- Las velocidades de conexión son todavía mucho menores en el terreno móvil. Si bien es cierto que esto va a cambiar con la aparición de las redes 3G, lo más seguro que el precio de los datos transmitidos sea demasiado alto como para poder realizar la misma navegación desde el terminal fijo y desde el móvil.
- Las capacidades multimedia son realmente diferentes. En un PC se puede tener fácilmente pantallas con una resolución de 1024x768 píxeles con millones de colores. En un terminal muy avanzado encontramos pantallas de 160x120 píxeles con 4000 colores. En

cuanto al sonido también las diferencias son grandes, tanto por altavoces como por tarjetas de sonido. Y siempre comparando con terminales móviles de gama alta.

- Finalmente la interfaz de usuario es realmente diferente. Mientras que en un PC podemos encontrar un teclado normal y un ratón, en un terminal encontraremos un teclado numérico y 2 ó 3 botones para navegar. Este punto es el único en el que el futuro puede favorecer a los terminales móviles, pues es fácilmente posible que en breve espacio de tiempo la mayoría incorporen pantallas táctiles con lo que la situación cambiaría considerablemente.

Todos estos puntos nos pueden hacer pensar que las dificultades de trasladar Internet al entorno móvil son muy altas. Y es verdad. Pero lo más importante es saber y conocer estos problemas. Aún así la mayoría de contenidos y aplicaciones de Internet son trasladables al mundo móvil, si bien hay que tener muy claro que no se deben copiar los interfaces, sino que se deben sólo trasladar los contenidos y las funcionalidades amoldándolos a las características de los terminales.

Vamos a analizar en los siguientes apartados las posibilidades de los terminales móviles para acceder a contenidos de Internet y a Intranets corporativas, es decir contenidos y aplicaciones del sistema de información de su empresa.

8.3.1 *Internet móvil*

Como ya hemos visto, casi todas las aplicaciones y contenidos de Internet se pueden trasladar al mundo móvil adaptando los interfaces de usuario para las características especiales de los terminales. Pero no hemos hablado de qué pueden aportar las redes y los terminales móviles a este acceso. Hay una serie de ventajas exclusivas del concepto de Internet móvil que son realmente importantes y que van a dar a un proveedor de aplicaciones grandes posibilidades:

- El usuario siempre está identificado por el operador. Puesto que la relación terminal-usuario es de uno a uno, cualquier aplicación podrá autenticar y registrar a un usuario automáticamente siempre que llegue a un acuerdo con el operador.
- El operador también puede dar información de localización geográfica al proveedor.
- El proveedor de aplicaciones tiene multitud posibilidades tecnológicas para realizar su aplicación o servir sus contenidos. Desde portales de voz, pasando por envíos de mensajes con alertas hasta aplicaciones nativas para el acceso a funcionalidades avanzadas.
- Finalmente, el usuario tiene movilidad, es decir puede conectarse a Internet dónde y cuándo quiera.

Estas son ventajas importantes para un proveedor de aplicaciones. Pero realmente quién tiene más posibilidades es el operador de telefonía móvil. Aunque existen varios modelos de negocio posibles (ver la siguiente figura), la mayoría de los operadores han optado por diversificarse verticalmente entrando también en el negocio de la provisión de aplicaciones y portales móviles.

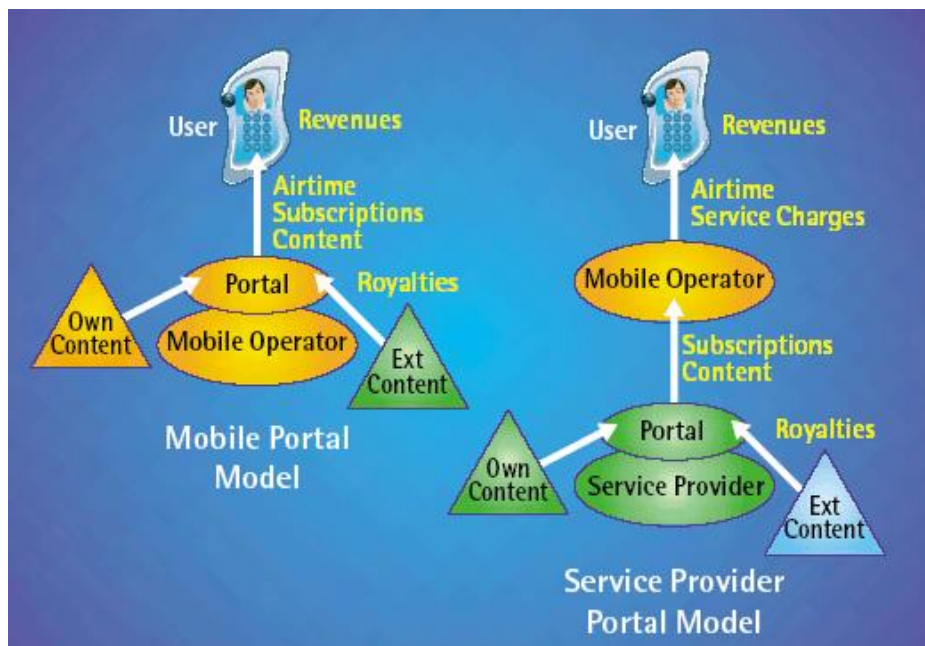


Figura 2.69: Modelos de negocio para portales móviles Fuente: UMTS-Forum

Muchos proveedores de aplicaciones han creado portales para la telefonía móvil, pero también casi todos los operadores han creado portales de entrada con todo tipo de contenidos al estilo de Yahoo, Lycos o MSN en Internet. Y además con grandes ventajas sobre los proveedores de aplicaciones clásicos:

- El terminal viene ya configurado para poder acceder a Internet mediante el operador. Esto supone que el usuario sin tocar nada acabará en el portal del operador.
- Puesto que el operador ya cobra a sus clientes por otros servicios, le resultaría muy favorable incluir en la factura los servicios *Premium* que utilice el usuario. Después ya saldaría cuentas con el proveedor de la aplicación y de esa forma controla el flujo de dinero, cuestión en absoluto trivial.
- Además el esquema de red de un operador móvil que utilice una pasarela WAP permitirá tener contenidos exclusivos (por ejemplo el portal) que sólo podrán ser accesibles desde terminales de su red. No sólo eso, también podría restringir a determinados usuarios el acceso a cualquier contenido.

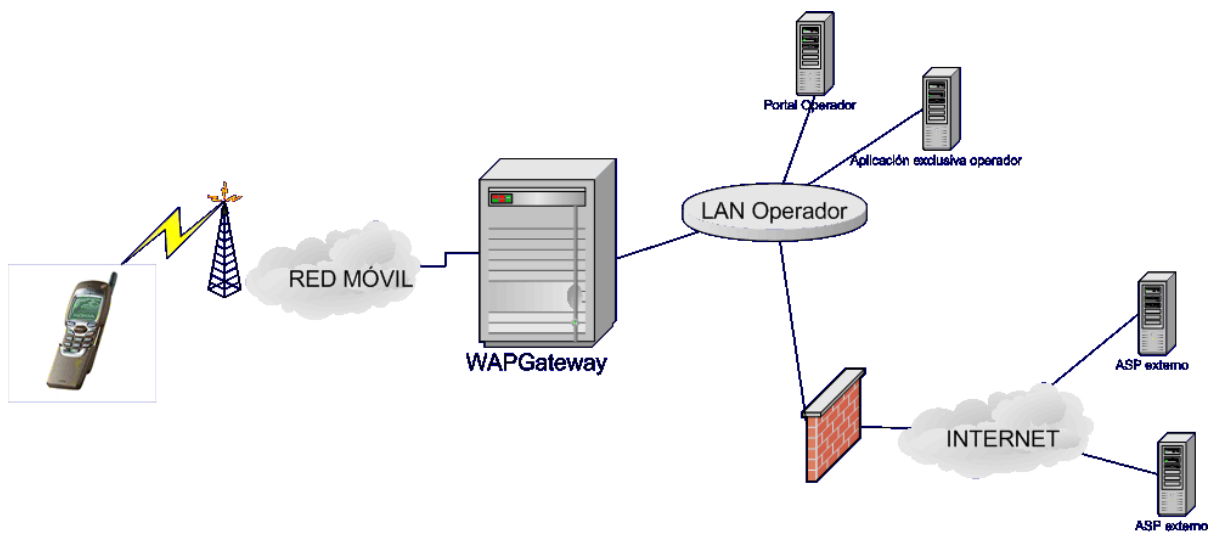


Figura 2.70: Esquema de provisión de contenidos móviles para operadores

- Puesto que el terminal es asociable a la persona que lo utiliza es realmente sencillo obtener los gustos del usuario mediante el tipo de accesos que hace al portal, permitiendo una gran personalización de los contenidos.

Como vemos, aunque realmente Internet tal y como lo conocemos tiene grandes capacidades, existen determinadas ventajas comparativas que son las que hay que explotar para conseguir que la gente use su dispositivo móvil para conectarse a Internet. Sin apoyarse en estas diferencias el acceso a Internet desde el móvil está avocado al fracaso como ha pasado hasta hace poco.

8.3.2 Redes móviles corporativas

Una aplicación importante para los terminales móviles es el acceso a los sistemas de información empresariales o intranets corporativas. Estos portales de información tendrían las mismas capacidades que ya tienen los sistemas de información actuales como agenda, mail, gestión de flotas, gestión de inventarios, etc. pero con las ventajas del entorno móvil:

- Movilidad, los empleados podrán acceder a las aplicaciones del sistema de información incluso estando fuera de la oficina.
- Posibilidades de localización, permitiendo aplicaciones avanzadas de gestión de flotas.
- Aplicaciones de notificación mediante mensajería móvil, permitiendo avisos instantáneos para aplicaciones de inventarios, correos, alarmas de la agenda, etc..



Figura 2.71: Prototipo de terminal empresarial Fuente: Ericsson

8.4 Aplicaciones con localización

La localización geográfica de usuarios en tiempo real es sin lugar a dudas uno de los elementos con los que las aplicaciones móviles se pueden distinguir y especializar. Si a la localización le añadimos información georeferenciada como calles, o restaurantes las oportunidades que se abren son realmente importantes. Este tipo de aplicaciones que utilizan localización suelen denominarse *Location Based Services (LBS)*.

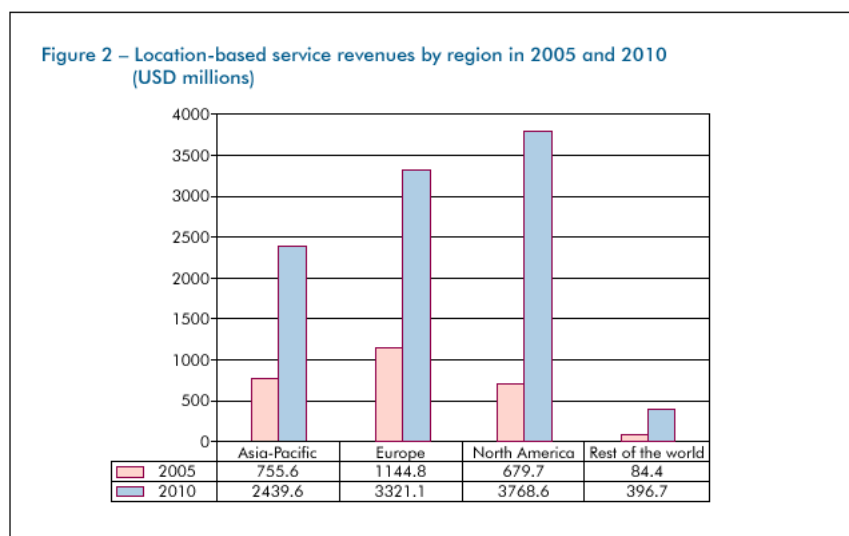


Figura 2.72: Ingresos previstos para de los servicios móviles con localización Fuente: UMTS-Forum

Dentro de las aplicaciones que podamos imaginar con localización se pueden hacer cuatro grupos principales:

- Aplicaciones de información

La aplicación más importante que suministra información utilizando la localización del usuario son las páginas amarillas. Mediante este servicio el usuario puede averiguar que cines, restaurantes, gasolineras, etc. están cerca suyo y cuál es la distancia. Otra aplicación característica es la provisión de mapas a partir del lugar donde está el usuario.



Figura 2.73: Ejemplo de aplicaciones con localización

Por poner un último ejemplo, también se podría pensar en una aplicación que suministre información turística según la posición del usuario en la ciudad mediante mensajes MMS.

- **Aplicaciones de seguridad**

En este punto podemos incluir los números 112 de emergencia o números de ayuda a colectivos de riesgo como mujeres maltratadas. Estos números permiten avisar de situaciones de riesgo que están sucediendo a nuestro alrededor, si añadimos la localización a la llamada podemos filtrar falsas alarmas y realizar procedimientos más rápidos y efectivos.

También se pueden incluir en este apartado todo tipo de equipos que incorporando terminales móviles permiten situarlos para realizar funciones de seguridad como localización de vehículos robados.

- **Juegos y aplicaciones de entretenimiento**

Dentro de los juegos, las posibilidades que brinda la localización permiten añadir movilidad a las aplicaciones. Detectando la posición del usuario podemos obligarle a tener que ir realmente a los sitios para realizar acciones. De esta forma se pueden realizar gymkhanas o juegos como la búsqueda del tesoro.

También se puede utilizar la localización para realizar cálculos de distancias o direcciones. Así se pueden pensar en juegos donde haya que disparar bombas a otros adversarios indicando la dirección del envío y la fuerza.

Finalmente también se puede utilizar la localización para saber que jugadores están cerca del usuario. Con este mecanismo se pueden realizar chats con localización o juegos de lucha en los que tienes que estar cerca para combatir.

- **Aplicaciones de seguimiento**

Por aplicaciones de seguimiento entendemos aquellas en las que mediante la introducción de un terminal móvil en algo podemos seguir el camino de este elemento y comprobar su trayectoria en el tiempo. Las aplicaciones más evidentes se refieren a servicios de gestión de flotas para empresas, pero también nos podemos imaginar servicios de seguimiento para adolescente, mayores con problemas de Alzheimer, etc.

Todas estas aplicaciones deben cumplir con las regulaciones europeas en materia de privacidad. Estas directivas (95/46/EC y 97/66/EC) introducen los siguientes principios:

- Se debe obtener el consentimiento explícito del usuario localizado.
- Se debe proveer mecanismos al usuario para restringir o anular la localización sobre el mismo.
- Se debe proveer una completa información sobre el uso y el almacenamiento de la información
- La información sólo se debe usar para el uso para el que fue obtenida
- Se debe borrar la información personal una vez usada o se debe hacerla anónima.
- No se debe transmitir la información a terceros sin el consentimiento del usuario.

8.5 Entretenimiento móvil

Cuando hablamos del entretenimiento móvil podemos incluir, los juegos, la descarga de contenidos como logos, melodías, la reproducción de música y cualquier tipo de aplicación que en general permita a los usuarios distraerse en su tiempo libre. Si bien la descarga de tonos y logos y el chat ha sido hasta ahora las aplicaciones estrella, en el futuro se espera que la descarga de juegos y los juegos on-line lleguen a igualarlas e incluso a superarlas en facturación y uso [41-43].

Realmente no hay mucho que decir en torno a la descarga de tonos y logos o sobre el chat. Son aplicaciones de sobra conocidas y sin capacidad para grandes variaciones. Donde se puede experimentar más es el mercado de los juegos con el móvil. No hay que olvidar que actualmente la industria del videojuego mueve anualmente más dinero que el cine o la música en España. Si a esto le sumamos el éxito de plataformas de juegos portátiles como la Gameboy de Nintendo (100 millones de consolas vendidas), se puede esperar un considerable uso del móvil como videoconsola.

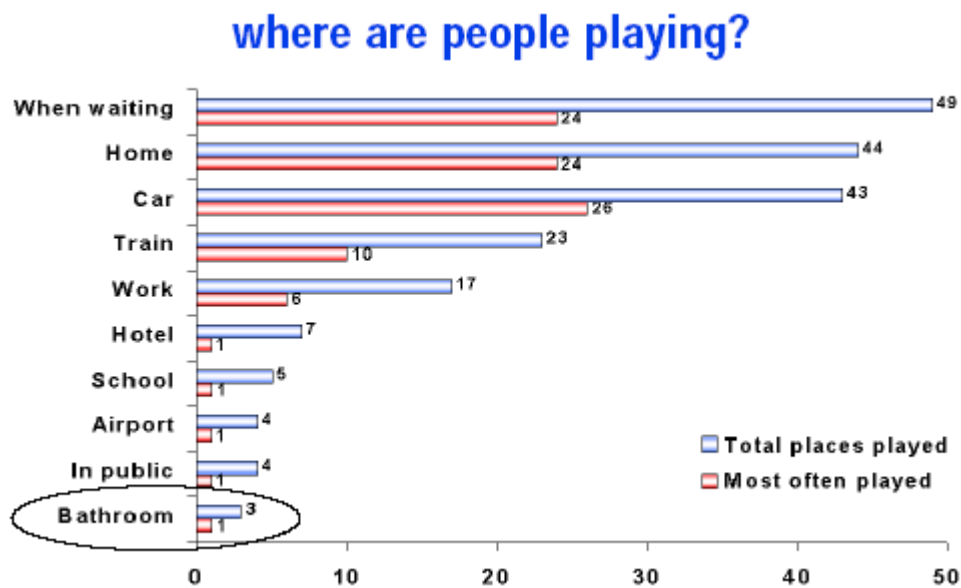


Figura 2.74: Estadística de lugares donde juega la gente Fuente: Nokia

De hecho desde hace años el móvil se ha venido usando como plataforma de juegos mediante las aplicaciones que los fabricantes embebían en sus terminales. Seguramente el que más éxito tuvo con este tipo de juegos fue Nokia que después de sacar el juego *Snake* continuó creando juegos para sus terminales a un ritmo considerable.



Figura 2.75: Ejemplos de juegos embebidos en los terminales

Esos juegos eran muy sencillos y no tenían en absoluto conectividad por lo que no existía modelo de negocio alguno, sencillamente servían para que los usuarios compraran más terminales del modelo con mejores juegos. Siemens intentó incluir en sus teléfonos juegos de este tipo, pero con

gráficos mejores y comunicaciones SMS para juegos multijugador. El mecanismo que se incluyó en juegos para el Siemens C45 era sencillo y se basaba en los juegos que ya funcionaban en WEB mediante e-mails y páginas WEB. El usuario escogía una serie de movimientos (por ejemplo, de lucha) y los enviaba a un contrincante, éste respondía con otra serie. Los terminales interpretaban los SMS y mostraban al usuario una animación con el combate. Un juego sencillo, pero con mucha capacidad de generar una masa importante de usuarios [44-48].

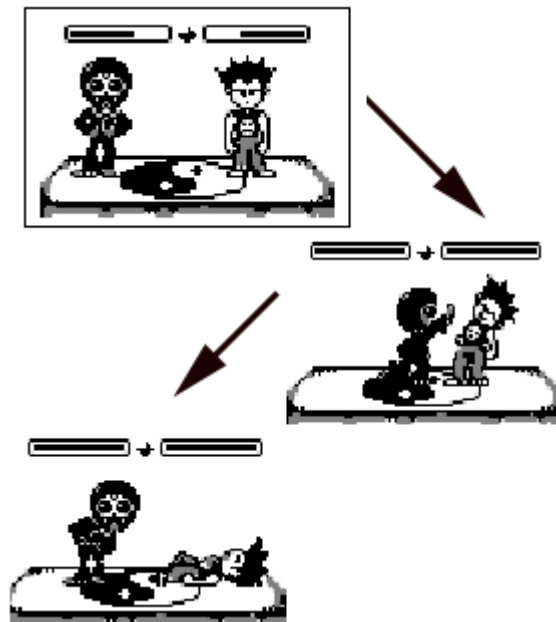


Figura 2.76: Ejemplo de juego por turnos basado en SMS

Posteriormente han ido apareciendo juegos y plataformas sobre todo tipo de tecnologías como por ejemplo WAP o MMS. Pero es en las aplicaciones que se ejecutan en el teléfono donde los juegos tienen mayores posibilidades, principalmente a que son programas que necesitan de gran espectacularidad gráfica y gran interactividad con el usuario. Como hemos podido ver anteriormente la mayoría de las tecnologías pensadas para ejecutar programas en el terminal han sido concebidas para realizar juegos.

Actualmente estamos superando una serie de fases en el desarrollo de juegos nativos (sobre todo J2ME) para acabar teniendo juegos multijugador al estilo de los que hoy funcionan en Internet:

- **Juegos monojugador**

Estos juegos son los que actualmente más abundan. Suelen ser juegos cuya idea original surge a partir de los juegos equivalentes en las consolas y que únicamente permiten jugar al usuario del terminal puesto que no tienen posibilidades de conectividad.

- **Juegos monojugador con envío de puntuaciones**

Es la evolución natural de los anteriores, sencillamente se añade la posibilidad de mandar las puntuaciones a un servidor para su publicación por Internet o para repartir premios.

- **Juegos multijugador**

Los juegos multijugador permiten que dos o más usuarios puedan jugar unos contra otros o en equipos al mismo juego. Inicialmente estos juegos han sido aplicaciones basadas en turnos como juegos de mesa, de cartas o de rol.

- Juegos multijugador en tiempo real

Finalmente, con las mejoras en las redes han ido apareciendo juegos multijugador en tiempo real. Este tipo de juegos permiten jugar a distintos usuarios a aplicaciones en las que cada movimiento se ejecuta en el instante en el que se ordena. Juegos de este tipo son los deportivos, plataformas, etc..

8.6 M-commerce

El comercio electrónico empieza a ser una realidad poco a poco. Más le está costando arrancar al comercio electrónico con el móvil o *m-commerce*. Su retraso está siendo provocado por la lenta y costosa penetración de los servicios de Internet en el móvil. Aún así el futuro que han previsto todas las consultoras y operadoras es realmente brillante.

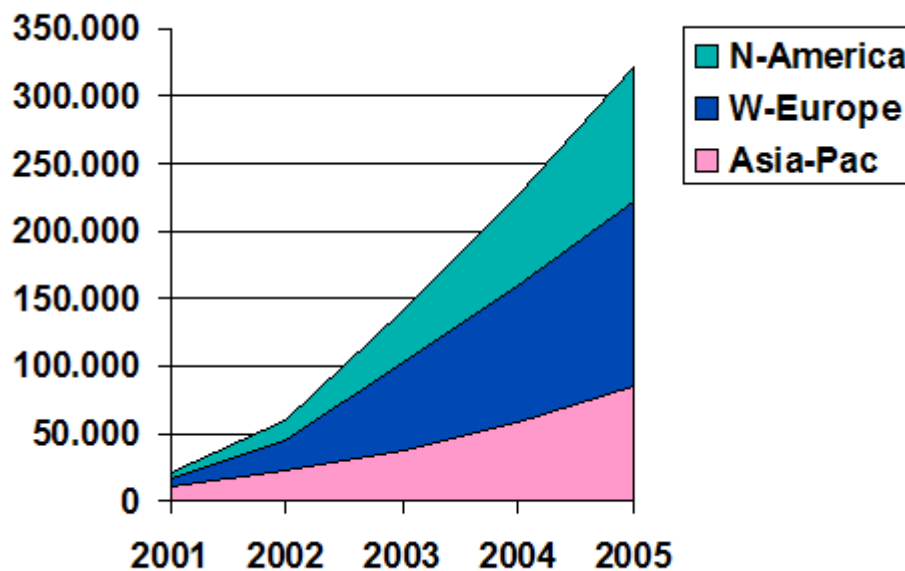


Figura 2.77: Miles de usuarios previstos para el *m-commerce* Fuente: T-Motion

Estas optimistas estimaciones nacen de las ventajas del *m-commerce* sobre el comercio electrónico convencional:

- Mucha mayor facilidad para cobrar tanto pagos grandes como pequeños. Al disponer el operador de una factura con el cliente se puede utilizar ésta para incluir los pagos realizados para comprar productos y servicios con el móvil.
- La movilidad que permiten las comunicaciones móviles permitirán a los usuarios utilizarlo como forma de pago en tiendas y comercios.
- La estrecha relación del terminal con su propietario añadirá además una importante capacidad para personalizar los portales y sitios de *m-commerce*.

Las posibilidades del *m-commerce* son realmente variadas, desde compras de latas de refresco, pasando por compra-venta de acciones o compra de juegos descargables, hasta llegar a la compra de entradas de espectáculos (*ticketing*) o sitios de apuestas con el móvil. Vamos a ver ahora los dos grandes grupos de aplicaciones que destacan en el comercio con el móvil.



Figura 2.78: Ticket electrónico con un MMS Fuente: Comunicaciones I+D nº21

8.6.1 Banca móvil

Dentro del mundo de la banca, las entidades que se apoyan en los nuevos canales basados en el teléfono y en Internet están ganando importantes cuotas de mercado. Su ventaja son los precios competitivos que ofertan debido a la reducción de costes y la posibilidad de operar a cualquier hora sin necesidad de ir a una sucursal.

La banca en el móvil sigue el mismo concepto. Con una ventaja sobre Internet, se puede operar y realizar consultas en cualquier sitio en cualquier momento. Esta posibilidad, que en otros aspectos del comercio no es tan importante, en la banca es muy relevante primero porque siempre pueden surgir necesidades de dinero y segundo porque muchas veces las inversiones hay que hacerlas en el momento oportuno sin dilación.

Mención aparte en este apartado merece las operaciones de inversión a través de portales móviles. Como decíamos antes, las compras y ventas de productos financieros deben realizarse en el momento oportuno, porque minutos más tarde el precio y por lo tanto la rentabilidad pueden haber cambiado mucho. Es por esta razón que una de las aplicaciones que se esperan tengan más éxito son los servicios de compra-venta de acciones y otros productos financieros.



Figura 2.79: Ejemplo de aplicación de negociación de valores bursátiles

8.6.2 El móvil como medio de pago

El terminal móvil tiene unas enormes oportunidades para convertirse en un importante medio de pago para todos los consumidores. Para empezar, es un medio muy extendido en la población,

además es un dispositivo que la mayoría de gente lleva consigo casi permanentemente. Finalmente, la factura del móvil ya existe y por lo tanto el paso de cobrar el dinero podría estar resuelto.

Esto no quiere decir que al final no se opte por cobrar directa e instantáneamente contra un banco, aunque se use el móvil para ello. Las razones que pueden provocar esta situación son dos, primero que los bancos no van a dejar fácilmente que los operadores móviles se hagan con un pastel que ahora mismo controlan ellos con las tarjetas de débito y crédito. Segundo, el pago con la factura móvil (no con el prepago) tiene el inconveniente que funciona como un crédito en el sentido en el que se paga todas las compras a final de mes, con lo que el operador entraría en un terreno que no es el suyo y que no conoce.

Actualmente en España hay tres iniciativas de pagos por el móvil, Paybox (participada por Deutsche Bank), CaixaMóvil y Movilpay (apoyada por Telefónica, Vodafone, BBVA y la mayoría de bancos). Ninguna de las tres ha tenido el éxito esperado aún habiéndose lanzado alguna de ellas ya en el año 2001. El mayor problema que se han enfrentado estas plataformas ha sido la dificultad de crear una red de comercios que sea lo suficientemente grande como para atraer a los usuarios.

8.7 Aplicaciones M2M

La aplicación M2M (*Machina to Machina*) son aplicaciones que se basan en las comunicaciones entre máquinas. Su uso se basa en la monitorización o gestión de máquinas que no tenían por sí mismas conectividad y que su acceso no siempre resulta sencillo por su entorno natural de operación (movilidad, zonas remotas o inaccesibles, etc..)

Las aplicaciones basadas en M2M son casi ilimitadas. Por el momento podemos imaginar un impacto aproximado en los principales sectores en los que puede ser aplicado:

- La automoción

Instalando módulos con conectividad en los coches son varias las aplicaciones que ya empiezan a ser desarrolladas y probadas. Por un lado equipos de diagnóstico de averías serían realmente prácticos, tanto para las marcas, como para el cliente como para los talleres. Permitiría pasar de un mantenimiento correctivo a uno preventivo con todo lo que eso lleva.

Otra posibilidad es la realización de cajas negras para el análisis de la conducción y recogida de datos de accidentes. Ya hay compañías aseguradoras que están apostando por estos mecanismos para agilizar los partes de accidentes y para calcular la prima de riesgo de los conductores según su forma de conducir.

Siguiendo esta línea, algunos gobiernos nórdicos están planteándose cobrar los carburantes según el despilfarro que hagan de ellos los conductores. Conducciones económicas proporcionarían precios bajos o descuentos en las gasolineras, y al contrario para los conductores más derrochadores.

- *Vending*

El sector de las máquinas expendedoras supone un importante negocio, y incluyendo el pago por el móvil supondría primero que habría menos dinero en las máquinas (menos posibilidad de robo y menos necesidad de recoger ese dinero) y segundo que los usuarios no tendrían que disponer de dinero en efectivo.

Además, las posibilidades no se quedan en el cobro, la gestión remota de las máquinas permitiría conocer de antemano la avería que podría sufrir la máquina, así como una gestión de inventario mucho más eficiente y sencilla.

- Empresas *commodities*

Este tipo de empresas, como las que proveen agua, luz, gas o teléfono, tienen dos grandes aplicaciones M2M pensadas. Por un lado este tipo de empresas tienen en muchos casos centros remotos de operación como centrales hidroeléctricas, centrales de conmutación, etc.. Este tipo de centros serían fácilmente gestionables de forma remota. Y no sólo eso, además uno de los problemas de este tipo de empresas es la gestión correcta de todas las llaves de todas estos edificios o casetas. Mediante cerraduras conectadas a equipos M2M se podría dar acceso a empleados mediante mensajes de texto, sólo habría que comprobar que el número remitente este autorizado y abrir la puerta.

Además, este tipo de empresas obtendrían un importante ahorro en el caso de empezar a obtener la información de los contadores de forma remota.

- Otros sectores empresariales y domésticos

Hay infinidad de sectores en los que se pueden aplicar las soluciones M2M. Por hacer una breve enumeración a continuación aparecen los más importantes:

- Electrodomésticos
- Seguridad
- Control de tráfico
- Bienes de equipo
- Etc.

9 Páginas web de consulta

- www.gsmworld.com
- <http://www.onforum.com/tutorials/gsm/>
- <http://www.wmlclub.com/>
- <http://www.cellular.co.za/>
- <http://www.auladatos.movistar.com/Aula-de-Datos/Tutoriales-y-Documentacion/>
- <http://www.mobilepositioning.com/>
- <http://www.tomiahonen.com/3gmap.html>
- <http://telecom.iespana.es/telecom/telef/gsm-info.htm#fr>
- <http://www.3g-generation.com/>
- <http://www.moconews.net/>
- www.thefeature.com
- <http://www.cellular-news.com/>
- <http://www.openmobilealliance.org/>
- <http://www.forum.nokia.com/main.html>
- <http://www.openwave.com/>
- <http://www.motocoder.com>
- <http://www.umts-forum.org>
- <http://www.3gpp.org/>
- <http://www.itu.int>
- <http://www.etsi.org/>
- <http://java.sun.com/j2me/>
- <http://developers.sun.com/techttopics/mobility/>
- <http://www.nttdocomo.com/>
- www.qualcomm.com/brew/
- www.9dots.net/about/wge.html
- www.mophun.com/
- <http://www.infusio.com/>

References

1. Hernando Rábanos, J.M (2000) Comunicaciones Móviles GSM. Edita Fundación Airtel. Madrid, España
2. Hernando Rábanos, J.M (2000) GPRS Tecnología Servicios Y Negocios. Edita Telefónica Móviles España. Madrid, España
3. Hernando Rábanos, J.M (2001) Comunicaciones Móviles De Tercera Generación UMTS 2 Vols. Edita Telefónica Móviles España. Madrid, España
4. Huidobro Moya, J.M. (2002) Comunicaciones Móviles. Edita Paraninfo. Madrid, España.
5. Adam Macintosh, Ming Feisiyau, Mohammed Ghavami (2014). Impact of the Mobility Models, Route and Link connectivity on the performance of Position based routing protocols. ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 3, n. 1
6. Ana Silva, Tiago Oliveira, José Neves, Paulo Novais (2016). Treating Colon Cancer Survivability Prediction as a Classification Problem. ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 5, n. 1
7. Anna Vilaro, Pilar Orero (2013). User-centric cognitive assessment. Evaluation of attention in special working centres: from paper to Kinect. DCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 2, n. 4
8. Casado-Vara, R., & Corchado, J. (2019). Distributed e-health wide-world accounting ledger via blockchain. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 36(3), 2381-2386.
9. Casado-Vara, R., Chamoso, P., De la Prieta, F., Prieto J., & Corchado J.M. (2019). Non-linear adaptive closed-loop control system for improved efficiency in IoT-blockchain management. *Information Fusion*.
10. Casado-Vara, R., de la Prieta, F., Prieto, J., & Corchado, J. M. (2018, November). Blockchain framework for IoT data quality via edge computing. In *Proceedings of the 1st Workshop on Blockchain-enabled Networked Sensor Systems* (pp. 19-24). ACM.
11. Casado-Vara, R., Novais, P., Gil, A. B., Prieto, J., & Corchado, J. M. (2019). Distributed continuous-time fault estimation control for multiple devices in IoT networks. *IEEE Access*.
12. Casado-Vara, R., Vale, Z., Prieto, J., & Corchado, J. (2018). Fault-tolerant temperature control algorithm for IoT networks in smart buildings. *Energies*, 11(12), 3430.
13. Casado-Vara, R., Prieto-Castrillo, F., & Corchado, J. M. (2018). A game theory approach for cooperative control to improve data quality and false data detection in WSN. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 28(16), 5087-5102.
14. Chamoso, P., González-Briones, A., Rivas, A., De La Prieta, F., & Corchado J.M. (2019). Social computing in currency exchange. *Knowledge and Information Systems*.
15. Chamoso, P., González-Briones, A., Rivas, A., De La Prieta, F., & Corchado, J. M. (2019). Social computing in currency exchange. *Knowledge and Information Systems*, 1-21.
16. Chamoso, P., González-Briones, A., Rodríguez, S., & Corchado, J. M. (2018). Tendencies of technologies and platforms in smart cities: A state-of-the-art review. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018.
17. Chamoso, P., Rivas, A., Martín-Limorti, J. J., & Rodríguez, S. (2018). A Hash Based Image Matching Algorithm for Social Networks. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 619, pp. 183–190). https://doi.org/10.1007/978-3-319-61578-3_18
18. Chamoso, P., Rodríguez, S., de la Prieta, F., & Bajo, J. (2018). Classification of retinal vessels using a collaborative agent-based architecture. *AI Communications*, (Preprint), 1-18.
19. Choon, Y. W., Mohamad, M. S., Deris, S., Illias, R. M., Chong, C. K., Chai, L. E., ... Corchado, J. M. (2014). Differential bees flux balance analysis with OptKnock for in silico microbial strains optimization. *PLoS ONE*, 9(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102744>
20. Corchado, J. M., & Fyfe, C. (1999). Unsupervised neural method for temperature forecasting. *Artificial Intelligence in Engineering*, 13(4), 351–357. [https://doi.org/10.1016/S0954-1810\(99\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S0954-1810(99)00007-2)
21. Corchado, J., Fyfe, C., & Lees, B. (1998). Unsupervised learning for financial forecasting. In *Proceedings of the IEEE/IAFE/INFORMS 1998 Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering (CIFER)* (Cat. No.98TH8367) (pp. 259–263). <https://doi.org/10.1109/CIFER.1998.690316>
22. Costa, Â., Novais, P., Corchado, J. M., & Neves, J. (2012). Increased performance and better patient attendance in an hospital with the use of smart agendas. *Logic Journal of the IGPL*, 20(4), 689–698. <https://doi.org/10.1093/jigpal/jzr021>

23. Daniel Fuentes, Rosalía Laza, Antonio Pereira (2013). Intelligent Devices in Rural Wireless Networks. *DCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 2, n. 4
24. Di Mascio, T., Vittorini, P., Gennari, R., Melonio, A., De La Prieta, F., & Alrifai, M. (2012, July). The Learners' User Classes in the TERENCE Adaptive Learning System. In 2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 572-576). IEEE.
25. Fyfe, C., & Corchado, J. (2002). A comparison of Kernel methods for instantiating case based reasoning systems. *Advanced Engineering Informatics*, 16(3), 165–178. [https://doi.org/10.1016/S1474-0346\(02\)00008-3](https://doi.org/10.1016/S1474-0346(02)00008-3)
26. Fyfe, C., & Corchado, J. M. (2001). Automating the construction of CBR systems using kernel methods. *International Journal of Intelligent Systems*, 16(4), 571–586. <https://doi.org/10.1002/int.1024>
27. García Coria, J. A., Castellanos-Garzón, J. A., & Corchado, J. M. (2014). Intelligent business processes composition based on multi-agent systems. *Expert Systems with Applications*, 41(4 PART 1), 1189–1205. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.08.003>
28. Gonzalez-Briones, A., Chamoso, P., De La Prieta, F., Demazeau, Y., & Corchado, J. M. (2018). Agreement Technologies for Energy Optimization at Home. *Sensors (Basel)*, 18(5), 1633-1633. doi:10.3390/s18051633
29. González-Briones, A., Chamoso, P., Yoe, H., & Corchado, J. M. (2018). GreenVMAS: virtual organization-based platform for heating greenhouses using waste energy from power plants. *Sensors*, 18(3), 861.
30. Gonzalez-Briones, A., Prieto, J., De La Prieta, F., Herrera-Viedma, E., & Corchado, J. M. (2018). Energy Optimization Using a Case-Based Reasoning Strategy. *Sensors (Basel)*, 18(3), 865-865. doi:10.3390/s18030865
31. Hoon Ko, Kita Bae, Goreti Marreiros, Haengkon Kim, Hyun Yoe, Carlos Ramos (2014). A Study on the Key Management Strategy for Wireless Sensor Networks. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 3, n. 3
32. Hugo López-Fernández, Miguel Reboiro-Jato, José A. Pérez Rodríguez, Florentino Fdez-Riverola, Daniel Glez-Peña (2016). The Artificial Intelligence Workbench: a retrospective review. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 5, n. 1
33. Javier Gómez, Xavier Alamán, Germán Montoro, Juan C. Torrado, Adalberto Plaza (2013). AmICog – mobile technologies to assist people with cognitive disabilities in the work place. *DCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 2, n. 4
34. Jose-Luis Jiménez-García, David Baselga-Masia, Jose-Luis Poza-Luján, Eduardo Munera, Juan-Luis Posadas-Yagüe, José-Enrique Simó-Ten (2014). Smart device definition and application on embedded system: performance and optimization on a RGBD sensor. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 3, n. 1
35. Leonardo Ochoa-Aday, Cristina Cervelló-Pastor, Adriana Fernández-Fernández (2016). Discovering the Network Topology: An Efficient Approach for SDN. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 5, n. 2
36. Li, T., Sun, S., Corchado, J. M., & Siyau, M. F. (2014). A particle dyeing approach for track continuity for the SMC-PHD filter. In *FUSION 2014 - 17th International Conference on Information Fusion*. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84910637583&partnerID=40&md5=709eb4815eaf544ce01a2c21aa749d8f>
37. Li, T., Sun, S., Corchado, J. M., & Siyau, M. F. (2014). Random finite set-based Bayesian filters using magnitude-adaptive target birth intensity. In *FUSION 2014 - 17th International Conference on Information Fusion*. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84910637788&partnerID=40&md5=bd8602d6146b014266cf07dc35a681e0>
38. Lima, A. C. E. S., De Castro, L. N., & Corchado, J. M. (2015). A polarity analysis framework for Twitter messages. *Applied Mathematics and Computation*, 270, 756–767. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.08.059>
39. Sittón-Candanedo, I., Alonso, R. S., Corchado, J. M., Rodríguez-González, S., & Casado-Vara, R. (2019). A review of edge computing reference architectures and a new global edge proposal. *Future Generation Computer Systems*, 99, 278-294.
40. Muñoz, M., Rodríguez, M., Rodríguez, M. E., & Rodríguez, S. (2012). Genetic evaluation of the class III dentofacial in rural and urban Spanish population by AI techniques. *Advances in Intelligent and Soft Computing* (Vol. 151 AISC). https://doi.org/10.1007/978-3-642-28765-7_49

41. Paula Andrea Rodríguez Marín, Mauricio Giraldo, Valentina Tabares, Néstor Duque, Demetrio Ovalle (2016). Educational Resources Recommendation System for a heterogeneous Student Group. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 5, n. 3
42. Ricardo Faia, Tiago Pinto, Zita Vale (2016). Dynamic Fuzzy Clustering Method for Decision Support in Electricity Markets Negotiation. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 5, n. 1
43. Rodríguez-Fernandez J., Pinto T., Silva F., Praça I., Vale Z., Corchado J.M. (2018) Reputation Computational Model to Support Electricity Market Players Energy Contracts Negotiation. In: Bajo J. et al. (eds) *Highlights of Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Complexity: The PAAMS Collection. PAAMS 2018. Communications in Computer and Information Science*, vol 887. Springer, Cham
44. Rodríguez, S., De La Prieta, F., Tapia, D. I., & Corchado, J. M. (2010). Agents and computer vision for processing stereoscopic images. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 6077 LNAI). https://doi.org/10.1007/978-3-642-13803-4_12
45. Rodríguez, S., Tapia, D. I., Sanz, E., Zato, C., De La Prieta, F., & Gil, O. (2010). Cloud computing integrated into service-oriented multi-agent architecture. *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 322 AICT). https://doi.org/10.1007/978-3-642-14341-0_29
46. Sittón, I., & Rodríguez, S. (2017). Pattern Extraction for the Design of Predictive Models in Industry 4.0. In *International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems* (pp. 258–261).
47. Víctor Corcoba Magaña, Mario Muñoz Organero (2014). Reducing stress and fuel consumption providing road information. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 3, n. 4
48. Víctor Parra, Vivian López, Mohd Saberi Mohamad (2014). A multiagent system to assist elder people by TV communication. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* (ISSN: 2255-2863), Salamanca, v. 3, n. 2