

Arcadi Segura i Navarro

Enrique Miguel Tébar Martínez

TECNOLOGÍA DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES

*A la meua dona Conchi i a la meua familia pel seu
recolzament, a mon fill Arcadi per ser font d'inspiració.*

A.S.

*A Javi, Paco, Juan Antonio, Juan Ignacio, José Víctor,
Jacinto, César, José María, ... y todos los que estuvisteis ahí
cuando más necesitaba vuestro apoyo.*

E.T.

CONTENIDO

Prólogo.	3
Capítulo 1. WAP.	5
Capítulo 2. GPRS. La generación 2,5.	25
Capítulo 3. Principios básicos del CDMA.	113
Capítulo 4. UMTS. La 3ª generación.	133
Capítulo 5. WLAN.	203
Capítulo 6. Bluetooth.	221
Anexo 1. Comparativa GSM-GPRS-UMTS.	243
Lista de figuras.	255
Glosario.	261
Bibliografía.	275

Prólogo.

Las comunicaciones móviles es, claramente, uno de los campos de las telecomunicaciones donde estamos viviendo, día a día, un mayor desarrollo y cambio.

El Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad Miguel Hernández no se puede mostrar insensible a tales acontecimientos, y prueba de ello es la presente publicación. Con ella se pretende ofrecer al lector una completa visión de diferentes aspectos, como puede comprobar consultando el índice de la misma.

Pretende ser un buen complemento a las explicaciones de clase de la asignatura “Tecnología de las comunicaciones móviles”, para la que está especialmente ideado. Se ha tratado de completar el libro “Introducción a las comunicaciones móviles” con las tecnologías de las comunicaciones móviles optimizadas para datos, y por tanto, orientadas a conmutación de paquetes. En el primer capítulo se da una breve introducción a WAP, pasando, después, en el capítulo 2 a describir más en profundidad GPRS o generación 2,5 de la telefonía móvil en Europa. El capítulo 3, nos introduce en la técnica de acceso múltiple por división de código, CDMA, para facilitarnos la mejor comprensión de los capítulos siguientes. En UMTS o tercera generación, (capítulo 4) nos paramos con más detalle, por ser la tecnología que se pretende revolucione el futuro. Por último, los capítulos 5 y 6 dan una iniciación a otras tecnologías, que aunque con cierta incertidumbre, interactuarán con las redes móviles en el entorno privado, como son las redes inalámbricas, WLAN, y Bluetooth.

Tan solo nos queda esperar que esta publicación consiga los objetivos marcados y que sea mejorada en versiones posteriores, debido a la continua necesidad de actualización de una materia que evoluciona día a día.

Saludos,

Los autores.

Capítulo 1. WAP

Capítulo 1. WAP	5
1.1 Introducción	6
1.2 ¿Qué es WAP?	6
1.2.1 MODO DE FUNCIONAMIENTO.....	7
1.2.2 COMPONENTES DE LA ARQUITECTURA WAP.	10
1.3 Lenguajes de Programación	15
1.3.1 HDML	15
1.3.2 WML	15
1.3.3 WMLSCRIPT	15
1.4 Desarrollar en Wap	16
1.4.1 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO	16
1.4.2 ¿QUÉ SON LOS MIME TYPES?.....	17
1.5 Wap vs Web	18
1.6 Futuro Wireless	18
1.6.1 APLICACIONES CORPORATIVAS – BUSINESS TO BUSINESS	18
1.6.2 SERVICIOS ON-LINE – BUSINESS TO CONSUMER (B2C)	19
1.6.3 APLICACIONES DE PRODUCTIVIDAD PERSONAL.....	19
1.6.4 SISTEMAS DE TELESERVICIO	19
1.6.5 LA GRAN SOLUCIÓN	19
1.6.6 BENEFICIOS.....	20
1.6.7 WAP SERVICIOS.....	20
1.6.8 WAP VIAJERO	21
1.6.9 EL PROBLEMA DE LA VELOCIDAD.....	21
1.7 Móviles WAP	22
1.8 Conclusión	23

1.1 Introducción.

Entre todos los servicios de telecomunicaciones, el de voz es el más extendido, constituyendo el servicio esencial y común en todas las redes, tanto fijas como móviles; por tanto no será éste el que distinguirá la oferta de los diferentes operadores de móviles, sino que se basará en los servicios de valor añadido y entre estos ocupan lugar destacado los servicios de datos.

No hay ninguna duda de que Internet y la telefonía móvil son los dos fenómenos que atraen mayor interés dentro del mundo de las tecnologías de la información y las comunicaciones y prueba de ello es el crecimiento experimentado en el número de usuarios que optan por utilizar estos dos servicios; así, Internet crece a un ritmo superior al 100% anual mientras que la telefonía móvil lo hace a un ritmo entre el 60 y el 80%, cifras espectaculares frente al crecimiento de la telefonía fija que no va, en los países más civilizados, más allá del 5 al 10% (en el 2002 se estima que había 400 millones de usuarios de Internet y más de 700 millones de usuarios de telefonía celular). La explicación a este fenómeno se encuentra, por una parte, en la facilidad de uso y en el beneficio que obtienen los usuarios y, por otra, en la reducción del precio y mejora de prestaciones de los terminales que se necesitan.

Teniendo en cuenta esto, no era muy difícil imaginar que pronto se manifestaría la necesidad por parte de los usuarios de acceder a Internet a través de su móvil, más allá de lo que permite GSM en su fase actual, y no estar limitados al acceso por la red fija si querían explorar todas las posibilidades que Internet ofrece. Con los nuevos estándares la convergencia Internet-móvil es ya una realidad, empleando unos nuevos modelos de terminal, con una pantalla de tamaño algo mayor que las actuales, que están empezando a aparecer en el mercado y con los que, por ejemplo, la consulta de correo electrónico será algo habitual. El terminal móvil se habrá convertido en un comunicador global, que usarán los 270 millones de usuarios de datos móviles que habrá en el año 2007 según pronostica la consultora Ovum, posiblemente, más que usuarios fijos.

Tenemos todo un conjunto de siglas: HSCSD, GPRS, EDGE, 3G, UMTS, WAP, IMT-2000, BLUETOOTH, SYMBIAN, EPOC, etc. que tienen que ver con todo esto.

1.2 ¿Qué es WAP?

El **Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas** o Wireless Application Protocol (WAP), permite la comunicación inalámbrica de un dispositivo móvil equipado con micro-browser o micro-navegador y una pasarela conectado a Internet. Es un protocolo creado para acceder a Internet desde los teléfonos celulares. WAP es una tecnología que puede compararse fácilmente con las de la Internet.

El protocolo incluye especificaciones para las capas de sesión y de transporte del modelo OSI, así como funcionalidades de seguridad. WAP también define un entorno de aplicaciones. WAP es escalable, permitiendo así a las aplicaciones disponer de las capacidades de pantalla y recursos de red según su necesidad y en una gran variedad de tipos de terminales. Los servicios podrán ser aplicables a pantallas de una sola línea o a terminales mucho más complejos. Como cualquier estándar, las ventajas son múltiples a la hora de desarrollar aplicaciones, fabricar terminales o estructurar la red. Con WAP se puede navegar por Internet, desde la pantalla de un móvil, y consultar una cuenta bancaria, comprar un billete de avión, reservar una habitación de hotel, leer el correo electrónico o jugar on-line con otras personas a miles de kilómetros...

La tecnología fue desarrollada y promovida por diversos fabricantes de móviles y operadores de telefonía. Ericsson, Nokia, Motorola y Phone.com (la antigua Unwired Planet) fundaron, en 1997 el Wap Forum, un órgano en el que hoy participan ya más de doscientas empresas de todo el mundo. En origen, se trataba de buscar una tecnología común a todos y evitar una inminente «guerra de estándares» entre marcas, operadores y desarrolladores de tecnología. En efecto, varios fabricantes se movían ya en aquel momento, cada uno por su cuenta, en busca de soluciones que permitieran la portabilidad de datos.

Superadas las diferencias iniciales surgió la primera versión de WAP, que no llegó a implantarse en teléfono alguno, pero que sirvió para darse cuenta de la necesidad de mejorar diversas características.

1.2.1 MODO DE FUNCIONAMIENTO.

Se parte de una arquitectura basada en la arquitectura definida para el *World Wide Web (WWW)*, pero adaptada a los nuevos requisitos del sistema. En la Figura 1.1 se muestra el esquema de la arquitectura WAP.



Figura.1.1.Funcionamiento del WAP

Dado que un servidor Web de Internet convencional no es capaz de dialogar con un dispositivo móvil, se necesita la presencia de una pasarela WAP para que el teléfono celular pueda recuperar la información almacenada en el servidor. La pasarela (WAP gateway) recibe las peticiones del móvil que le llegan codificadas vía radio y las traduce de manera que sean comprendidas por el servidor, reenviándolas a través de una conexión Internet normal. Recíprocamente traduce las respuestas que le llegan del servidor, las codifica y se las transmite al móvil usando de nuevo el enlace de radio. De este modo, gracias a la pasarela WAP, es posible que el móvil visualice en su pantalla las páginas almacenadas en un servidor Web convencional.

Veamos las fases que se dan en una comunicación WAP con una conexión a una página en formato wml de un servidor de Internet:

1. El usuario utiliza un dispositivo inalámbrico compatible WAP para solicitar la página WAP que quiere ver, escribiendo con el teclado su dirección en su móvil.
2. El micronavegador¹ del dispositivo crea una petición con la dirección (URL) de la página solicitada, junto a la información sobre el abonado y lo envía todo al gateway² (o pasarela) WAP
3. El gateway examina la petición recibida convirtiéndola en una petición convencional de HTTP o HTTPS (para canales seguros SSL) y la reenvía al servidor Web.
4. El servidor Web examina la petición y determina qué información debe devolver. Como la pasarela ha convertido la información WAP a http, esta petición puede circular por las redes convencionales buscando el servidor adecuado de forma transparente. Podría tratarse de una página estática, que simplemente se busca en el directorio adecuado y se sirve; o bien de una página generada de forma dinámica, utilizadas, en general, para consultas a bases de datos donde se encuentra almacenada la información de interés para el usuario.
5. El servidor añade la cabecera HTTP o HTTPS pertinente al fichero estático o a la salida del programa que ha generado la página dinámica, enviándola de vuelta a la pasarela. Por lo tanto el servidor WEB devuelve el resultado WAP empaquetado con apariencia http.
6. En el gateway se examina la respuesta del servidor, se valida el código WML en busca de errores y se genera la respuesta que se envía al móvil. Se comprueba si lo que ha empaquetado el servidor WEB y ha enviado a la pasarela WAP, es realmente información codificada en un lenguaje que el dispositivo inalámbrico va a poder examinar (WML o WMLScript). Antes de enviar la petición al móvil, esta es compilada/comprimida para obtener mayor rendimiento en cuanto a velocidad de transmisión, debido al limitado ancho de banda de la comunicación móvil actual.
7. El micronavegador examina la información recibida y, si el código es correcto, la muestra en la pantalla del dispositivo.

¹ Programa que permite al usuario desplazarse de uno a otro contenido. Se pretende que este *micronavegador* actúe de interfaz con el usuario de la misma forma que lo hacen los navegadores estándar.

² Software capaz de conectarse a la red de telefonía móvil y a Internet.

Con este protocolo se accede a los contenidos WAP que se depositan en servidores WEB convencionales, aprovechando la infraestructura de Internet que ya existe. Es importante aclarar que los contenidos a los que se accede deben estar diseñados y creados para poder ser interpretados por los dispositivos WAP, la información debe suministrarse por los servidores WEB en formato WML y no en HTML.

Para conseguir consistencia en la comunicación entre el terminal móvil y los servidores de red que proporcionan la información, WAP define un conjunto de componentes estándar:

- Un modelo de nombres estándar. Se utilizan las URIs³ definidas en WWW para identificar los recursos locales del dispositivo (tales como funciones de control de llamada) y las URLs⁴ (también definidas en el WWW) para identificar el contenido WAP en los servidores de información.
- Un formato de contenido estándar, basado en la tecnología WWW.
- Unos protocolos de comunicación estándares, que permitan la comunicación del *micronavegador* del terminal móvil con el servidor Web en red.

Veamos ahora un modelo global de funcionamiento de este sistema en la Figura 1.2.

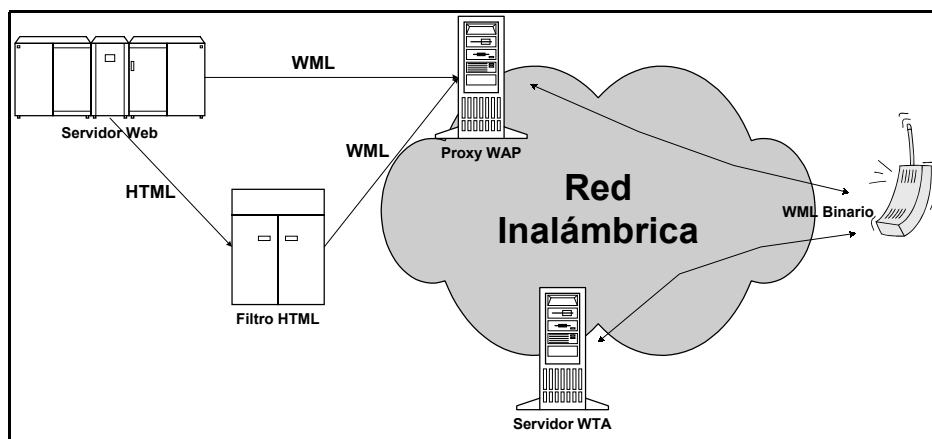


Figura 1.2: Ejemplo de una red WAP

En el ejemplo de la figura, nuestro terminal móvil tiene dos posibilidades de conexión: a un proxy WAP, o a un servidor WTA. El primero de ellos, el proxy WAP traduce las peticiones WAP a peticiones Web, de forma que el cliente WAP (el terminal inalámbrico) pueda realizar peticiones de información al servidor Web. Adicionalmente, este proxy codifica las respuestas del servidor Web en un formato binario compacto, que es interpretable por el cliente. Por otra parte, el segundo de ellos, el Servidor WTA⁵ está pensado para proporcionar acceso WAP a las facilidades proporcionadas por la infraestructura de telecomunicaciones del proveedor de conexiones de red.

³ Universal/Uniform Resource Identifier ó Identificador Uniforme/Universal de Recurso

⁴ Universal/Uniform Resource Location ó Localización Universal/Uniforme de Recurso

⁵ Wireless Telephony Application ó Aplicación de Telefonía Inalámbrica

1.2.2 COMPONENTES DE LA ARQUITECTURA WAP.

Una vez introducido el sistema, vamos a ver la arquitectura que le da consistencia.

La pila de protocolos de WAP comparte muchas características similares a la de Internet, por lo que a primera vista resulta muy familiar.

Wap utiliza servidores Web HTTP 1.1 para proporcionar contenidos a través de Internet o intranets corporativas, reutilizando así toda la tecnología e infraestructura Web que actualmente existe y que está sobradamente probada, como CGI, ASP, SERVLETS.

La arquitectura WAP está pensada para proporcionar un “*entorno escalable y extensible para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos de comunicación móvil*”. Para ello, se define una estructura en capas, en la cual cada capa es accesible por la capa superior así como por otros servicios y aplicaciones a través de un conjunto de interfaces muy bien definidos y especificados. Este esquema de capas de la arquitectura WAP la podemos ver en la Figura 1.3.

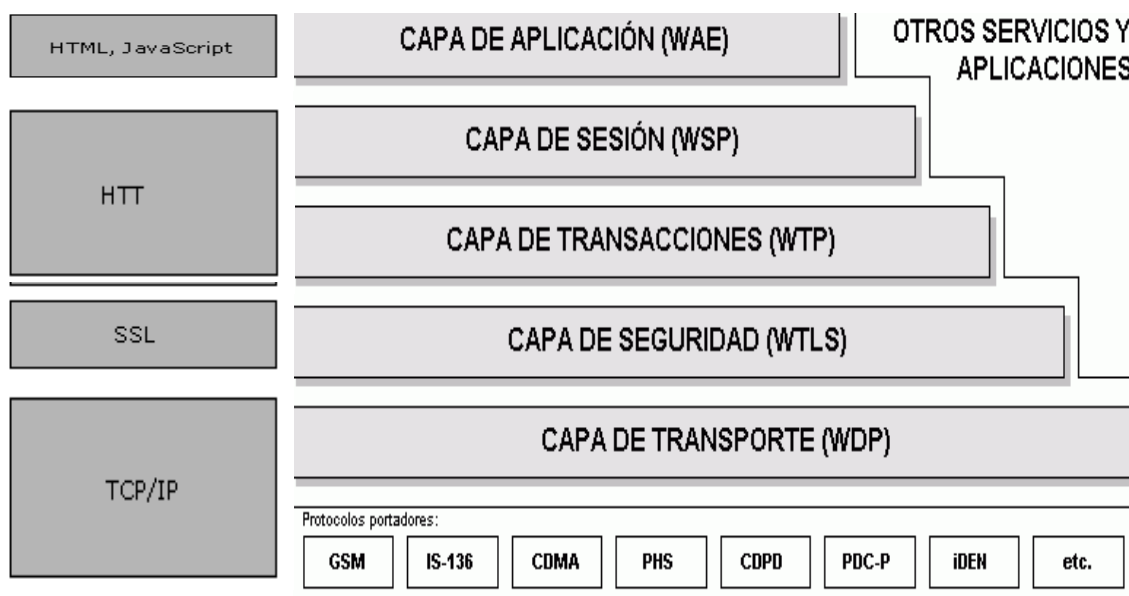


Figura 1.3: Arquitectura del protocolo WAP.

Las páginas se descargan codificadas en el canal de transporte que use WAP, siendo el micronavegador del móvil el que las decodifica. El lenguaje de contenido WML es similar al HTML y no es difícil adaptar páginas existentes HTML a páginas WML (llamadas *decks* en la nomenclatura WAP); en general una página WML es varias veces más pequeña en bytes que una página HTML. Aunque todavía no está muy desarrollado, el estándar WAP define también un lenguaje de programación específico, el WMLscript (similar al Javascript).

Hagamos a continuación un recorrido por las capas del protocolo WAP:

1.2.2.1 Capa de Aplicación (WAE⁶)

El *Entorno Inalámbrico de Aplicación (WAE)* es un entorno de aplicación de propósito general, basado en la combinación del *World Wide Web* y tecnologías de Comunicaciones Móviles.

Este entorno incluye un *micronavegador*, del cual ya hemos hablado anteriormente, que posee las siguientes funcionalidades:

- Un lenguaje denominado WML⁷ similar al HTML, pero optimizado para su uso en terminales móviles.
- Un lenguaje denominado *WMLScript*, similar al *JavaScript* (esto es, un lenguaje para su uso en forma de *Script*)
- Un conjunto de formatos de contenido, que son un conjunto de formatos de datos bien definidos, entre los que se encuentran imágenes, entradas en la agenda de teléfonos e información de calendario.

1.2.2.2 Capa de Sesión (WSP⁸)

El *Protocolo Inalámbrico de Sesión (WSP)* proporciona a la Capa de Aplicación de WAP interfaz con dos servicios de sesión:

- Un **servicio orientado a conexión** que funciona por encima de la Capa de Transacciones.
- Y un **servicio no orientado a conexión** que funciona por encima de la Capa de Transporte (y que proporciona servicio de datagramas seguro o servicio de datagramas no seguro).

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

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

1.2.2.3 Capa de Transacciones (WTP⁹)

El *Protocolo Inalámbrico de Transacción (WTP)* funciona por encima de un servicio de datagramas, tanto seguros como no seguros, proporcionando las siguientes funcionalidades:

- Tres clases de servicio de transacciones:
 - Peticiones inseguras de un solo camino.
 - Peticiones seguras de un solo camino.
 - Transacciones seguras de dos caminos (petición-respuesta)
- Seguridad usuario-a-usuario opcional.
- Transacciones asíncronas.

⁶ *Wireless Application Environment* ó Entorno Inalámbrico de Aplicación

⁷ *Wireless Markup Language* o Lenguaje Inalámbrico de Marcas

⁸ *Wireless Session Protocol* ó Protocolo Inalámbrico de Sesión

⁹ *Wireless Transaction Protocol* ó Protocolo Inalámbrico de Transacción

1.2.2.4 Capa de Seguridad (WTLS¹⁰)

La *Capa Inalámbrica de Seguridad de Transporte (WTLS)* es un protocolo basado en el estándar SSL, utilizado en el entorno Web para la proporción de seguridad en la realización de transferencias de datos. Este protocolo ha sido especialmente diseñado para los protocolos de transporte de WAP y optimizado para ser utilizado en canales de comunicación de banda estrecha. Para este protocolo se han definido las siguientes características:

- **Integridad de los datos.** Este protocolo asegura que los datos intercambiados entre el terminal y un servidor de aplicaciones no ha sido modificada y no es información corrupta.
- **Privacidad de los datos.** Este protocolo asegura que la información intercambiada entre el terminal y un servidor de aplicaciones no puede ser entendida por terceras partes que puedan interceptar el flujo de datos.
- **Autenticación.** Este protocolo contiene servicios para establecer la autenticidad del terminal y del servidor de aplicaciones.

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

1.2.2.5 Capa de Transporte (WDP¹¹)

El *Protocolo Inalámbrico de Datagramas (WDP)* proporciona un servicio fiable a los protocolos de las capas superiores de WAP y permite la comunicación de forma transparente sobre los protocolos portadores válidos.

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

1.2.2.6 Protocolos Portadores

El portador o *bearer* se encarga de transmitir los datos desde un dispositivo Wap a la operadora de telefonía. Uno de los protocolos disponibles, por ejemplo SMS (Short Messages Service), enviará (mediante el protocolo WAP) la información al WAP Gateway, el cual estará conectado a un SMSC (Short Messages Service Center) y podrá recibir la petición del dispositivo.

WAP es independiente del portador de la información. De ello se encarga el WDP, el cual adapta el transporte de información a cada una de las diferentes formas posibles. Esto no quiere decir que todas tengan las mismas propiedades y características, sino más bien de todo lo contrario.

¹⁰ *Wireless Transport Layer Security* ó Capa Inalámbrica de Seguridad de Transporte

¹¹ *Wireless Datagram Protocol* ó Protocolo Inalámbrico de Datagramas

Los principales portadores son los siguientes:

- **SMS:** Siglas de Short Message Service. Dada su limitada longitud de 160 caracteres por cada mensaje, el SMS no es el candidato más adecuado como portador. La longitud de un pequeño programa WML puede ser de unos 1.000 caracteres, lo cual implica que una simple transacción puede requerir el envío de varios mensajes SMS y por lo tanto es necesaria una gran cantidad de tiempo y recursos.
- **CSD:** Siglas de Circuit Switched Data. La mayoría de los servicios basados en WAP se basan en CSD a pesar de su falta de rapidez a la hora de establecer conexiones. Cada vez que se realiza un servicio WAP se establece una llamada CSD para recibir la información. Una vez se ha recibido será necesario realizar nuevas llamadas para cada una de las diferentes operaciones que realicemos, pues la mayoría de los móviles WAP no permiten mantener la conexión cuando se ha recibido la información. Si la llamada y la conexión con un servidor Gateway puede llegar a ser de hasta 20 segundos, fácilmente podemos comprobar que CSD tampoco es la solución ideal.
- **GPRS:** Siglas de General Packet Radio Service. Este portador tiene una gran capacidad como WAP bearer, pues permite realizar conexiones inmediatas a protocolos IP y a redes X.25, con una velocidad de transferencia relativamente rápida. Permitirá acelerar las transmisiones hasta 115 Kbits/s cuando esté completamente desarrollado. La ventaja objetiva de GPRS es que ofrece una conexión permanente (es decir conectividad IP instantánea) entre el terminal móvil y la red. Las primeras redes GPRS europeas están disponibles desde la segunda mitad del año 2001. Para impulsar el desarrollo de las aplicaciones GPRS se fundó en octubre de 1999 por Ericsson, Palm, Lotus, Oracle y Simbian la Alianza para Aplicaciones para GPRS.
- **GSM:** Siglas de Global System for Mobile Communications. Protocolo móvil que opera en la banda de frecuencia entre 900 y 1800 MHz. Es el estándar móvil prevalente en Europa, Iberoamérica y la mayor parte del Pacífico asiático. GSM es el sistema de telefonía móvil más utilizado en el mundo.
- **HSCSD:** Siglas de High Speed Circuit Switched Data. Protocolo móvil modificador de circuitos basado en GSM. Es uno de los sistemas que pueden dar la opción de integración de datos en los móviles. Basados en los circuitos de alta velocidad, mejora la codificación y posibilita un flujo de datos que va de 28.8 a 56Kb por segundo, usando simplemente cuatro canales de radio simultáneamente.
Ofrece la posibilidad de acceder a varios servicios al mismo tiempo gracias a que funciona mediante multicanales independientes integrados en uno. El principal problema es que hay que suministrar tarjetas de módem PCMCIA (CardPhone 2.0) para clientes HSCSD. El terminal típico para HSCSD es un PC móvil más que un teléfono.
- **EDGE:** Siglas de Enhanced Data rate for GSM Evolution. Versión de GPRS de banda más amplia que permitirá velocidades de transmisión de hasta 384Kbits/s. Es una evolución del estándar GSM. El lanzamiento de EDGE permitirá a los operadores móviles ofrecer alta velocidad y aplicaciones móviles multimedia. No está claro que se implante en redes GSM. Su función sería la de actuar como un camino preparatorio intermedio entre GPRS y UMTS.

- **3G:** La tercera generación es el término genérico para el próximo gran paso en el desarrollo de la tecnología móvil. EL estándar formal para 3G es el IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000). Este estándar ha recibido diversos impulsos de diferentes comunidades de desarrolladores como CDMA-2000 (Code Division Multiple Access), respaldada por Qualcomm y Lucent o WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) con capacidades 8 veces mayor que las actuales CDMA y apoyada por Ericsson, Nokia y los fabricantes japoneses de dispositivos de mano. Después de largas negociaciones para solucionar problemas referentes a los derechos de propiedad, parece que se podrá alcanzar un estándar único que será CDMA. Sin embargo, dentro de éste existirán 3 modos opcionales y armonizados; WCDMA para Europa y los países asiáticos que tengan GSM, CDMA para Estados Unidos y TDD/CDMA para China. La primera red de tercera generación en el mundo está operativa en Japón desde el 2001.
- **UMTS:** Siglas de Universal Mobile Telephone System. Es la tercera generación de telefonía móvil y se lanzará comercialmente en Europa a partir del año 2003. Aunque mucha gente asocia UMTS a una velocidad de 2Mbits/s, ésta solamente se alcanzará en el marco de una adecuada infraestructura de redes. La posibilidad de que los móviles no sólo transmitan voz, sino datos, ha facilitado a los fabricantes de teléfonos móviles adaptar los terminales móviles a las nuevas tecnologías. Para ello se ha adoptado WAP, un protocolo que permite esta interactividad entre los terminales.

1.3 Lenguajes de Programación

1.3.1 HDML

HDML (Handheld Device Markup Language) es el predecesor del WML y permite la presentación de porciones de documentos HTML en teléfonos celulares y PDA.

Fue desarrollado por Unwired Planet (ahora Phone.com) y al crearse el consorcio WAP Forum, el HDML cayó en desuso y apareció el estándar WML. En <http://www.w3.org/TR/NOTE-Submission-HDML-spec.html> se tiene la especificación oficial de HDML.

1.3.2 WML

Son las siglas de Wireless Markup Language. Es un lenguaje de marcas (parecido un poco al HTML) basado en el XML (Lenguaje de Marca Extensible), leído e interpretado por un micronavegador instalado en el dispositivo WAP. Las prestaciones de estos navegadores estarán en relación directa con las capacidades del dispositivo. Cada navegador es distinto y puede interpretar el WML de forma distinta.

El lenguaje WML define elementos y atributos que permiten especificar los componentes del interfaz del usuario, llamados *cards*, que los usuarios ven en sus teléfonos WAP. De la misma manera que un navegador de red puede navegar de una página a otra, el navegador WAP puede navegar de una card a otra. Una card puede especificar múltiples acciones del usuario al incluir uno o más de los elementos siguientes:

- Texto formateado: incluyendo texto, imágenes y links.
- Elementos INPUT: permiten al usuario introducir una línea de texto.
- Elementos SELECT: permiten al usuario elegir de una lista de opciones.
- Elementos FIELDSET: actúan como contenedores organizacionales de otros elementos.

La unidad más pequeña de WML que se puede mandar a un teléfono WAP es un *deck* (una o más cards a las que puede acceder el usuario de una sola vez). Cuando un teléfono recibe un deck WML, despliega el contenido definido en la primera carta y permite al usuario responder. Dependiendo de la definición de la card, el usuario puede responder introduciendo texto o eligiendo una opción. Los teléfonos WAP con visualizaciones amplias presentan cada carta en una sola pantalla. Algunos dispositivos menores presentan cada carta como una colección de pantallas.

1.3.3 WMLSCRIPT

Es un lenguaje de programación, adaptado al entorno WAP, basado en ECMAScript y bastante parecido al Java, pero con la ventaja de que al no contener las funciones innecesarias de otros lenguajes exige cantidades mínimas de memoria.

1.4 Desarrollar en Wap

Es recomendable, como primer paso utilizar un developer toolkit, es decir un paquete de herramientas para programadores, que ayudará a habituarse a la utilización de los dispositivos WAP.

Esta clase de paquetes, incluyen archivos PDF con ayuda, ejemplos y sintaxis del lenguaje WML y el WMLScript. No van dirigidos solamente a los teléfonos móviles, sino a todas los dispositivos WAP.

Por tanto, el paso a seguir podría ser registrarse en Nokia, Ericsson o Phone.com (el registro es gratuito en los tres), donde es posible descargar los SDK, URLs y más información sobre estos programas.

En segundo lugar, debido al número de elementos que intervienen en Wap, el desarrollo de aplicaciones puede estar basado en diferentes lenguajes y sistemas. Los teléfonos móviles basados en WAP únicamente entenderán WML y WMLScript, por lo que estos lenguajes serán la base de todos los servicios que desarrollemos.

Pero al igual que ocurre con el desarrollo de aplicaciones para Internet, podemos generar ficheros WML dinámicamente mediante ASP o CGI, permitiendo de esta manera crear el WML como resultado de una operación realizada en el servidor; por ejemplo, al acceder a una base de datos.

La creación de estos servicios no reside únicamente en el servidor, la mayoría de los WAP Gateways permiten la incorporación de servlets, CGI, etc. lo que permitirá aplicaciones, como por ejemplo, juegos online multijugador.

Para desarrollar aplicaciones basadas en WML y WMLScript existen entornos de trabajo que simulan el dispositivo WAP; de esta forma podremos crear y ejecutar programas sin necesidad de un teléfono móvil WAP, conexión, Gateway, etc.

1.4.1 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Existen varios entornos de desarrollo (SDKs). Nokia ha creado el “Nokia Developer’s Kit”, Phone.com el “Up.Simulator”, Ericsson ha desarrollado el WAP-IDE (Integrated Developer’s Environment), etc. La mayoría de estos entornos de desarrollo se pueden conseguir de forma gratuita en las páginas de cada empresa.

Uno de los más utilizados es el “Nokia Developer’s Kit”, en el que se integra un editor de WML y WMLScript, un simulador de teléfono móvil WAP, herramientas para depurar y módulos para acceder a Internet.

Con el SDK podremos crear nuestros programas y ejecutarlos en el simulador, el cual se comporta como un teléfono móvil real. De esta forma la creación de aplicaciones se simplifica notablemente al poder comprobar inmediatamente el resultado del código generado. Además, permite acceder a aplicaciones para WAP en Internet con sólo incluir la dirección HTTP en la cual residen y evitar la necesidad de conectar nuestro dispositivo WAP a través del Gateway.

La simulación de estos teléfonos móviles es bastante aproximada, aunque lógicamente no es totalmente real. Todo ello hace que podamos realizar programas que se ejecuten correctamente en un entorno y no en otros.

Existen otros productos de ayuda al desarrollo de aplicaciones WAP como son los simuladores de latencia, que permiten comprobar en nuestro entorno el comportamiento real en cuanto a la velocidad de transmisión de nuestras aplicaciones. Por su parte, los convertidores de imágenes al formato WAP pasan de un formato GIF, BMP, etc., a WBMP (el formato estándar de WAP).

Finalmente, para que un dispositivo WAP lea una página wml, hay que poner esta en un servidor HTTP, es decir, un servidor normal y corriente de páginas de Internet, sólo se necesitará configurar los MIME Types.

1.4.2 ¿QUÉ SON LOS MIME TYPES?

MIME, acrónimo de *Multipurpose Internet Mail Extensions*, es una especificación para dar formato a mensajes no-ASCII, para que puedan ser enviados por Internet.

Muchos clientes de correo soportan MIME, el cual les permite enviar y recibir archivos de imágenes, de audio y de vídeo a través del sistema de correo de Internet. Además, MIME, soporta mensajes en juegos de caracteres diferentes al ASCII.

Hay muchos tipos MIME predefinidos, como GIFs, JPEGs, MOVs y archivos PostScript. También es posible definir tipos MIME propios.

Además de las aplicaciones e-mail, los navegadores (browsers) también soportan varios tipos MIME. Esto habilita al navegador a desplegar o interpretar archivos que no están en formato HTML.

MIME fue definido en 1992 por el Internet Engineering Task Force (IETF). Hay una versión nueva llamada S/MIME, la cual soporta mensajes encriptados.

Al acceder a una página web usando un navegador de un PC, el servidor le dice al navegador qué clase de documento está sirviendo y la función que se realiza usando los caracteres MIME. Si no se configura los MIME Types característicos del WAP, el servidor no podrá decir al navegador nada sobre el tipo de documento.

	<i>MIME Type</i>	<i>Extensión</i>
<i>Código WML</i>	<i>Text/vnd.wap.wml</i>	<i>.wml</i>
<i>Imágenes wml (extensión wbmp)</i>	<i>image/vnd.wap.wbmp</i>	<i>.wbmp</i>
<i>WML Script</i>	<i>Text/vnd.wap.wmlscript</i>	<i>.wmls</i>
<i>WML compilado</i>	<i>Text/vnd.wap.wmlc</i>	<i>.wmlc</i>
<i>WML Script compilado</i>	<i>Text/vnd.wap.wmlscriptc</i>	<i>.wmlsc</i>

Tabla 1.4. MIME Types.

1.5 Wap vs Web

Ver una página WAP no es como ver una página Web adaptada a las dimensiones de un móvil, ya que no utiliza ni la misma estructura ni los mismos lenguajes de programación. Por tanto, ni un móvil WAP podrá mostrar páginas Web, ni un navegador Web podrá mostrar páginas WAP.

	WEB	WAP
<i>Modo de Acceso</i>	<i>Ordenador con módem</i>	<i>Terminal Móvil</i>
<i>Resolución Óptima</i>	<i>800 x 600 pixeles</i>	<i>4 x 3,5 cm</i>
<i>Usabilidad</i>	<i>Ratón, teclado</i>	<i>Pantalla táctil, roller, teclado</i>
<i>Flexibilidad de uso en cualquier lugar y momento</i>	<i>No</i>	<i>Sí</i>
<i>Multimedia (sonido, vídeo, etc.)</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
<i>Lenguaje de Programación</i>	<i>HTML, Java Script</i>	<i>WML, WMLscript</i>

Tabla 1.5. WAP vs WEB.

1.6 Futuro Wireless

1.6.1 APLICACIONES CORPORATIVAS – BUSINESS TO BUSINESS

1.6.1.1 Automatización de la red comercial.

Los comerciales pasan la mayoría de su tiempo fuera del negocio, y es a la vuelta cuando hacen sus partes de ventas. Con WAP la venta y el parte se hace al mismo tiempo, delante del cliente se lanza el pedido. Esto da al negocio una agilidad y una inmediatez que cara al cliente genera una gran confianza.

La Intranet de la empresa no es sólo accesible desde nuestro edificio físico, es accesible desde cualquier punto del planeta.

1.6.1.2 Gestión de pedidos.

El sistema es capaz de avisar del estado del stock, y desde el mismo dispositivo móvil, el responsable puede realizar pedidos en cualquier momento, cambiar la configuración del sistema, etc.

1.6.2 SERVICIOS ON-LINE – BUSINESS TO CONSUMER (B2C)

1.6.2.1 Acceso en tiempo real a todo tipo de información.

El tiempo, noticias, ofertas del supermercado de confianza, todo lo que necesite al momento en cualquier momento.

1.6.2.2 Servicios de Banca.

Todos los servicios bancarios (transferencias, inversión en bolsa, etc) pueden estar disponibles desde el teléfono las 24 horas del día, en cualquier lugar que nos encontremos.

1.6.2.3 M-commerce.

Hacer compras desde el teléfono de forma segura.

1.6.3 APLICACIONES DE PRODUCTIVIDAD PERSONAL

1.6.3.1 Correo electrónico.

Sistema de lectura y redacción de correo en nuestro dispositivo móvil. Acompañado de un sistema de sincronización de correo electrónico para que en nuestro PC tengamos el mismo contenido.

1.6.3.2 Agenda.

Sistema de agenda típico, pero con funcionalidades de red ampliadas, avisos al teléfono y sincronización con la agenda de nuestro PDA o PC.

1.6.4 SISTEMAS DE TELESERVICIO

1.6.4.1 Control de características.

Nuestro operador nos puede estar en cada momento ofreciendo el mejor plan de precios, o cualquier nueva funcionalidad que mejore la calidad del servicio.

1.6.4.2 Sistemas de prepago.

Tenemos un saldo disponible para realizar compras desde nuestro teléfono, además de los servicios de control de recarga, consulta de saldo, etc.

1.6.5 LA GRAN SOLUCIÓN

El reto que se les presenta a los operadores está vinculado con la creación de servicios. Esto incluye encontrar los socios apropiados con los cuales trabajar, y entender cuáles son los tipos de servicios que son de interés para los usuarios finales.

1.6.6 BENEFICIOS

1.6.6.1 Usuarios finales.

Los teléfonos celulares son las herramientas dominantes de las comunicaciones y al mismo tiempo, Internet es una plataforma privilegiada para la información. Al adoptar un protocolo común, el usuario final es el que más se beneficiará, ya que se le proporcionarán más servicios de valor añadido, que serán de fácil acceso y fáciles de utilizar directamente desde cualquier dispositivo inalámbrico.

1.6.6.2 Operadores.

Los operadores pueden diferenciarse la oferta entre ellos al lanzar servicios especiales, como por ejemplo, servicios bancarios, compra-venta de acciones y servicios de directorio. Adicionalmente, el protocolo permite personalizar diferentes menús dentro de los teléfonos celulares. Esta personalización se podrá efectuar en el aire. Esto incrementará los ingresos y a adquirir nuevos clientes, mientras que al mismo tiempo reducirá los costos excesivos. La industria de las telecomunicaciones podrá evitar costos e inversiones solapados, si existe una plataforma abierta, común y una herramienta para la mensajería inalámbrica. WAP es un paso importante en la evolución de los servicios de datos inalámbricos/mensajería, aumentará el uso de datos en las redes inalámbricas.

1.6.6.3 Desarrolladores de aplicación y contenido.

Ya que WAP fue desarrollado por una organización independiente, los suministradores de contenido estarán en el mismo nivel que estos. Ellos pueden crear o escribir una única aplicación que correrá en todas las redes de los operadores, los protocolos de transporte y los dispositivos inalámbricos. Por primera vez, los suministradores de contenido pueden obtener acceso unificado a toda la comunidad global de usuarios. Esto significa que la unión que proporciona Internet al mundo en línea, puede ahora ofrecerse y hacerse disponible para la comunidad inalámbrica. Las aplicaciones pueden desarrollarse beneficiándose totalmente del interfaz del usuario final, debido a que el navegador WAP en cada dispositivo inalámbrico, será capaz de controlar la forma en que el contenido se mostrará y visualizará. Además, los suministradores de contenido no tienen que preocuparse, ya que WAP es un estándar abierto con una ruta de migración hacia el futuro.

1.6.7 WAP SERVICIOS

WAP mejorará muchas de las aplicaciones disponibles hoy en día, al igual que dará pie a una gama de nuevos servicios innovadores de valor añadido. Las aplicaciones posibles están solamente limitadas por la imaginación. Los tipos de aplicaciones que se beneficiarán de WAP incluyen:

- servicio al cliente y aprovisionamiento.
- notificación de mensajes y administración de llamadas correo electrónico.
- servicios de telefonía de valor añadido.
- servicios de mapas y ubicación.
- alertas y advertencias del estado del tráfico y del tiempo, servicios de noticias, deportes e información.
- comercio electrónico, transacciones de Bolsa y servicios bancarios.
- servicios de libreta telefónica y directorio.
- aplicaciones de Intranet corporativa.

1.6.8 WAP VIAJERO

Un ejemplo donde WAP puede agregar valor es en la industria de viajes y turismo. Con la creciente competencia, la globalización y los cambios en las preferencias de los clientes, se presentan nuevos retos. Las aerolíneas luchan por asegurar la lealtad de los clientes, mientras reducen los costos de los pasajes. Las compañías de transporte público también valoran la lealtad, y buscan la reducción de costos de “atención al usuario”.

La tecnología WAP ayuda al ofrecer una gama de servicios de bajo coste a través de Internet. Una nueva generación de viajeros equipados con celulares puede contratar viajes, excursiones y reservar pasajes, cuando y donde sea más conveniente. Los viajeros podrán tener acceso a una información completa relacionada a viajes y transporte, pues las formas electrónicas inteligentes, requerirán sólo un mínimo de información, pudiéndose verificar automáticamente los posibles errores que puedan contener las entradas de datos efectuadas por el usuario antes de que la solicitud sea enviada a las diferentes compañías de servicios.

1.6.9 EL PROBLEMA DE LA VELOCIDAD

Pero no todo son ventajas. Evidentemente hay dos problemas técnicos que pueden frustrar algunas conexiones: la primera es la velocidad en la transmisión de los datos; la segunda, los fallos en la cobertura de los terminales. Efectivamente conectarse a través de un teléfono móvil a Internet no es lo mismo que hacerlo a través de un ordenador y un módem. Es cierto que la tecnología WAP permitirá una navegación por encima de los 9.600 bps que ofrece actualmente la tecnología GSM, pero también es cierto que la conexión está muy por debajo de las posibilidades que ofrece un módem. Por lo tanto, la navegación va a ser mucho más lenta e incluso difícil, ya que también se depende del grado de cobertura que tenga un teléfono en el momento de intentar la conexión WAP.

Hasta el momento, el WAP ya es un sistema de comunicación muy utilizado en los Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y Suecia, pero se prevé que tan solo en dos años haya más teléfonos móviles que ordenadores preparados para conectarse a Internet. No obstante, otras previsiones califican a las anteriores de “excesivamente optimistas”.

1.7 Móviles WAP

Estos son algunos de los teléfonos de tercera generación que actualmente están disponibles:

 <i>ERICSSON R380 WAP</i>	 <i>ALCATEL ONE TOUCH 700</i>
 <i>NOKIA 7110 WAP</i>	 <i>ERICSSON 320 WAP</i>
 <i>MOTOROLA Timeport P7389 WAP</i>	 <i>NOKIA 6210 WAP</i>

Tabla 1.6. Móviles WAP.

1.8 Conclusión

Las comunicaciones nos unen cada vez más. Ya Internet lo ha logrado en parte, y la tercera generación de celulares promete hacerlo aún más. ¿Desaparecerán los PCs para dar paso a estos teléfonos inteligentes que nos permitirán comprar hasta una entrada para ir al cine? Muchos dicen que no, otros ya lo ven como un hecho. Sea como sea, nos acercamos cada vez más a un mundo inalámbrico.

Ya existe un protocolo que permitirá la sincronización entre todos los dispositivos que conocemos como PDAs, e incluso los teléfonos celulares. Se trata de Bluetooth. La meta es unificar todos los componentes de red personal, hasta los electrodomésticos, en un sistema que facilite la interconexión entre cada uno de ellos. Una microrred de 30 metros, 2,5 GHz de velocidad, operando con direcciones definidas, es uno de los sistemas que se estudian. Ya Nokia, Ericsson, IBM y 3Com trabajan en desarrollar productos que soporten el protocolo.

Se especula que el gran boom de las comunicaciones móviles será el comercio móvil o el m-commerce. Ya el e-commerce lo es en Internet, así que sólo basta esperar para ver cómo hará su entrada esta nuevo modelo de negocios.

WAP no es más que el principio de un camino que nos llevará, en unos años, a convertir nuestro teléfono móvil en un auténtico centro de información personal. Las previsiones más optimistas sobre la llamada “tercera generación de móviles” sostenían que ésta “estaría lista” hacia mediados del año 2002 y se extendería entre la población durante el 2003. El tiempo nos ha dejado ver que tendrá lugar un retraso en la puesta en marcha de la tercera generación, aunque es evidente que el proyecto sigue en pie y sigue siendo igualmente prometedor.

A diferencia de los teléfonos actuales (de segunda generación) los próximos tendrán pantallas en color, capacidades multimedia (videoconferencia, tv, imágenes...) se controlarán con la voz y serán capaces de comunicarse vía radio con todos los electrodomésticos y aparatos de la casa y controlarlos a distancia. Para llegar a esa realidad, es necesario dar varios pasos tecnológicos. El primero responde a las siglas GPRS (General Radio Packet Service). Se trata de una tecnología que permite enviar la información en paquetes de datos. El tiempo efectivo de llamada se reducirá, ya que la conexión se establecerá sólo en el momento de enviar o recibir el paquete, y no de forma continua como ahora. La velocidad de transmisión aumentará hasta los 115 kb/s. Otra sigla importante es UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Es la auténtica avanzadilla de los servicios de la tercera generación de móviles. Con una capacidad de transferencia de datos de hasta 2 Mb/s, permitirá el nacimiento de servicios hoy impensables, como vídeo o audio por encargo. Ambos sistemas serán abordados en profundidad en próximos capítulos.

Capítulo 2. GPRS. La generación 2,5.

Capítulo 2. GPRS. La generación 2,5.....	25
2.1 Introducción a GPRS.....	27
2.1.1 ¿QUÉ ES GPRS?.....	29
2.1.2 GENERALIDADES GPRS.....	30
2.2 Arquitectura de la red GPRS	31
2.2.1 RED GSM/GPRS	31
2.2.2 INTERFACES	33
2.2.3 TORRE DE PROTOCOLOS.....	34
2.2.4 ESTADOS DEL MÓVIL.....	40
2.3 Terminales.....	43
2.3.1 DEFINICIONES.....	43
2.3.2 SIM.....	45
2.3.3 COMERCIALES/EN PREVISIÓN.....	47
2.4 GPRS en el subsistema radio.....	49
2.4.1 GESTIÓN RECURSOS.....	49
2.4.2 CANALES GPRS.....	53
2.4.3 MODO OPERACIÓN DE RED.....	57
2.4.4 ESQUEMAS CODIFICACIÓN.....	58
2.5 Core network.....	63
2.5.1 FUNCIONALIDADES.....	63
2.5.2 SGSN (SERVICE GPRS SUPPORT NODE).....	66
2.5.3 GGSN (GATEWAY GPRS SUPPORT NODE).....	66
2.5.4 DNS.....	67
2.5.5 PROVISIÓN DEL SERVICIO EN LOS HLRS.....	68
2.6 Backbone.....	69
2.6.1 DESCRIPCIÓN.....	69
2.6.2 ARQUITECTURA GENÉRICA DE UNA RED DE DATOS	69
2.6.3 INTRA-PLMN BACKBONE.....	70
2.6.4 INTER-PLMN BACKBONE.....	71
2.6.5 OPCIONES DE IMPLEMENTACIÓN DEL BACKBONE	72
2.6.6 DIRECCIONAMIENTO IP EN GPRS.....	74
2.7 Procesos básicos.....	76
2.7.1 ACTUALIZACIÓN DE ROUTING AREA.....	76
2.7.2 GPRS ATTACH.....	79
2.7.3 GPRS DETACH.....	83
2.7.4 PAGING.....	85
2.7.5 PROTOCOLO DE TRANSFERENCIA DE DATOS.....	87
2.7.6 PDP CONTEXT ACTIVATION/DEACTIVATION.....	94
2.7.7 ROAMING.....	96
2.7.8 RESELECCIÓN DE CELDA.....	98
2.7.9 MENSAJES CORTOS EN GPRS.....	99
2.8 Tarificación.....	102
2.8.1 INTRODUCCIÓN.....	102
2.8.2 NODOS SGSN-GGSN.....	102
2.8.3 GENERACIÓN DE S-CDRS (SGSNPDPRECORD).....	103
2.8.4 GENERACIÓN DE CDR'S DEL TIPO G-CDR (GGSNPDPRECORD).....	104
2.8.5 TIPOS DE TARIFICACIÓN.....	104
2.8.6 CALIDAD SOLICITADA – CALIDAD CONCEDIDA.....	104
2.9 Gestión de la seguridad.....	105
2.9.1 AUTENTICACIÓN.....	105

2.9.2 CIFRADO.....	107
2.10 Calidad de servicio.....	108
2.10.1 CALIDAD DE SERVICIO EXTREMO A EXTREMO.....	108
2.10.2 CALIDAD DE SERVICIO EN EL SUBSISTEMA CORE.....	110

2.1 Introducción a GPRS.

En la última década se ha producido un crecimiento espectacular de la telefonía móvil en todo el mundo, impulsado en gran parte por el extraordinario desarrollo y despliegue alcanzados por el sistema GSM. Este estándar inicialmente europeo, y más tarde mundial, ha actuado de catalizador del mercado de las comunicaciones móviles, permitiendo un crecimiento del mismo que ha sobrepasado las previsiones más optimistas. El desarrollo de GSM se ha basado de forma casi exclusiva en la provisión de servicios de voz y en sus servicios suplementarios: buzón de voz, desvío de llamadas, grupo cerrado de usuarios, etc. Por el contrario, los servicios de datos han tenido un protagonismo marginal, con volúmenes de tráfico inferiores al 5% del valor total cursado por las redes. Varias son las causas que han motivado este hecho:

- **Prioridad de la voz** en la estandarización y desarrollo del sistema por parte de los operadores y fabricantes.
- **Bajas velocidades de transmisión.** En sus primeras recomendaciones, el estándar preveía una máxima tasa binaria de 9.6 kbits/s, claramente insuficiente para la mayor parte de aplicaciones de datos. Esta restricción hacía inviable la utilización del móvil en aplicaciones orientadas a la transferencia de gráficos, sonidos o imágenes.
- **Transferencia de datos mayor que en GSM.** Esta tecnología ha demostrado no ser la más adecuada para la transferencia de datos en la mayor parte de aplicaciones, caracterizadas por un intercambio de información “a ráfagas”, que hace ineficiente un esquema de asignación fija de recursos.

La única excepción a la regla anterior la ha constituido el servicio de mensajes cortos (SMS), cuya importancia ha ido en aumento en los últimos años y que en la actualidad supone una porción significativa del tráfico y los ingresos de un operador móvil.

El espectacular crecimiento de la telefonía móvil ha coincidido en el tiempo con otro gran “boom” en las telecomunicaciones: Internet. En los últimos años se ha popularizado en todo el mundo el uso de esta “red de redes”, que ha hecho posible el acceso a grandes volúmenes de información desde cualquier punto del planeta, o la conectividad casi instantánea entre puntos remotos mediante el uso del correo electrónico. Internet se ha convertido en una referencia ineludible para cualquier empresa en su estrategia de marketing y ventas, generando un nuevo concepto de negocio, el *e-business*, basado en el intercambio de información a través de la red. De hecho puede decirse que hoy en día las telecomunicaciones giran de una u otra forma en torno a Internet, y las comunicaciones móviles no escapan a esta tendencia.

En efecto, una vez consolidado el uso de la telefonía móvil, el gran reto de la tecnología GSM pasa por ofrecer servicios de datos a alta velocidad, que permitan la transferencia de gráficos, imágenes y sonidos, así como el acceso a Internet y sus aplicaciones características: navegación web, acceso a Intranet, correo electrónico, comercio electrónico, etc.

El primer paso hacia este paradigma lo constituye la tecnología *High Speed Circuit Switched Data* (HSCSD). HSCSD se basa en la asignación de varios *time-slots* (hasta un máximo de 4) a una misma conexión de datos, permitiendo una tasa binaria máxima teórica de 38,4 ó 57,6 kbits/s según se utilicen módems a 9,6 ó 14,4 kbits/s. HSCSD está disponible comercialmente en la red desde finales de 1999; sin embargo, no ha tenido el éxito esperado, fundamentalmente por dos motivos:

- Está basado en la técnica de conmutación de circuitos, que como ya se ha indicado anteriormente no es la más apropiada para el tráfico de datos: representa un uso ineficiente de los recursos radio, que se traslada en coste excesivo para el cliente.
- La escasez, cuando no inexistencia, de terminales, ya que los fabricantes han apostado directamente por el desarrollo de móviles GPRS.

En este contexto, el *General Packet Radio Service* (GPRS) supone un salto cualitativo en el desarrollo de los servicios móviles de datos. GPRS fue estandarizado por el ETSI dentro del conjunto de especificaciones GSM de Fase 2+, cuyas primeras versiones fueron publicadas en 1997. Desde agosto de 2000, la responsabilidad del proceso de estandarización de GPRS recae en el Grupo GERAN del 3GPP.

GPRS representa una ruptura respecto a las técnicas anteriores de transferencia de datos en redes de telefonía móvil, ya que está basado en la tecnología de conmutación de paquetes. Aunque desde el punto de vista teórico GPRS permite alcanzar una velocidad de pico de 170 kbits/s, limitaciones en los terminales hacen que en la práctica el throughput alcance en el mejor de los casos los 84 kbits/s. De hecho, con los terminales e infraestructura de red actuales la velocidad de pico no excede los 48 kbits/s.

GPRS constituye un puente entre los sistemas móviles de segunda y tercera generación, de forma que ha venido a formar parte de los sistemas conocidos como 2,5G. Estas tecnologías, entre las que también se encuentra EDGE, representan una transición necesaria hacia el paradigma de la Internet móvil representado por UMTS.

Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE), emplea un esquema de modulación más potente que el de GSM (GMSK), como es el 8-PSK. Las velocidades alcanzables dependen, como en GPRS, de las condiciones radio, pudiendo alcanzar teóricamente, hasta 59 kbps/time slot. Tasas de bit de 48 kbps/time slot podrán ofrecerse, en teoría, en determinadas zonas, lo que supone 384 kbps por portadora. A nivel radio, implica numerosos y costosos cambios HW por lo que probablemente no se lleve a cabo su implantación por parte de los operadores, que preferirán pasar directamente al UMTS.

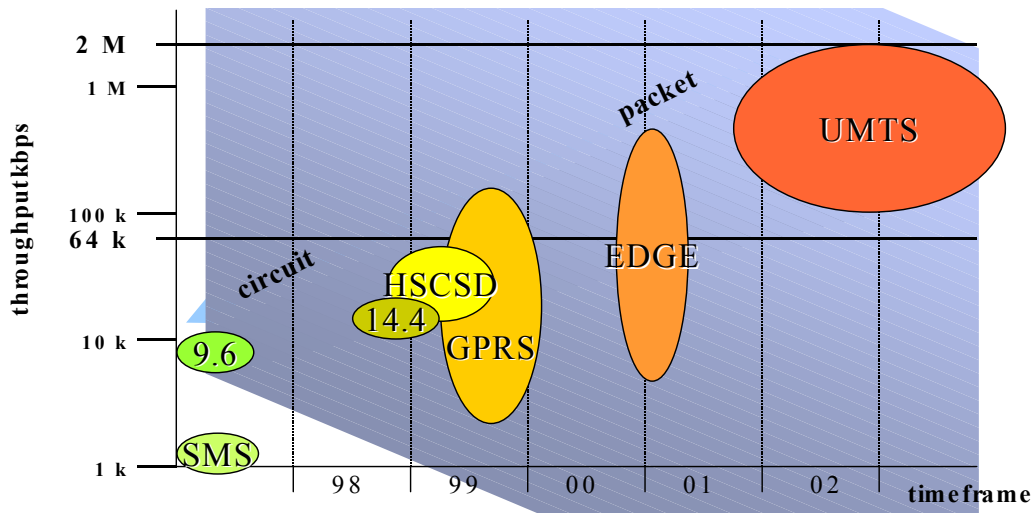


Figura 2.1. Evolución GSM-UMTS.

2.1.1 ¿QUÉ ES GPRS?

GPRS es un nuevo servicio portador de GSM que mejora y simplifica el acceso radio a las redes de paquetes de datos, como Internet, aplicando los principios de la tecnología de paquetes radio para transferir de manera eficiente paquetes de datos entre estaciones móviles GSM y redes de conmutación de paquetes. La mayor eficiencia de GPRS radica en el hecho de que un usuario sólo hace uso de los recursos cuando transmite o recibe datos; el resto del tiempo el canal está libre para la transferencia de datos de otros usuarios. Es importante destacar el carácter de GPRS como servicio portador, esto es, como plataforma de acceso y transporte de datos de la que hacen uso una variedad de aplicaciones y servicios.

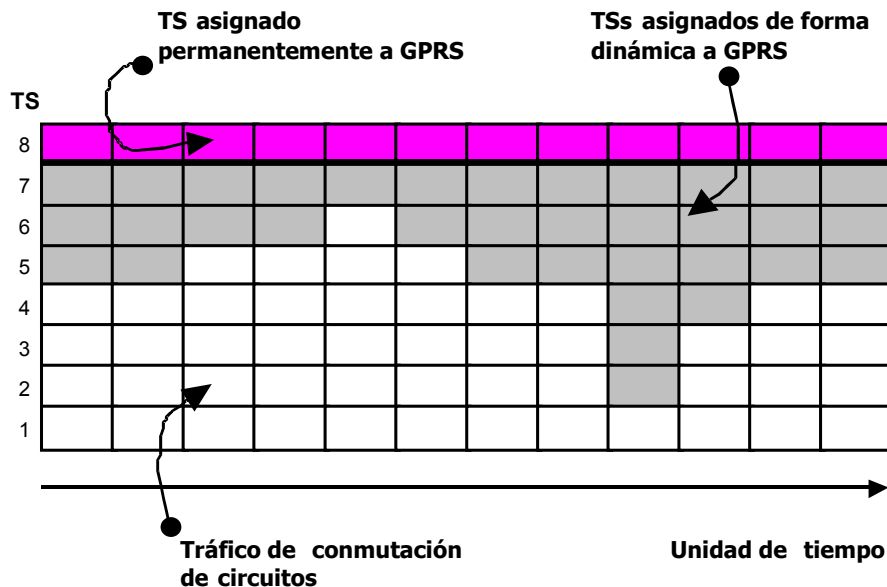


Figura 2.2. Dinamismo de canales en GPRS.

El uso de GPRS conlleva importantes ventajas para el usuario:

- Característica “**Always connected**”. Un usuario GPRS puede estar conectado todo el tiempo que desee, puesto que no hace uso de recursos de red mientras no esté recibiendo ni transmitiendo datos.
- **Tarificación por volumen de datos transferidos**, en lugar de por tiempo.
- **Menor tiempo de establecimiento de conexión**. En el GSM convencional, el establecimiento de una conexión dura varios segundos, mientras que GPRS ofrece en la práctica tiempos de conexión inferiores a 1 segundo.
- **Mayor velocidad de transmisión**. En GSM sólo se puede tener un canal asignado (un "timeslot"), sin embargo, en GPRS, se pueden tener varios canales asignados, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base como de la estación base al móvil. La velocidad de transmisión aumentará con el número de canales asignados. Además, GPRS permite el uso de esquemas de codificación de datos que permiten una velocidad de transferencia de datos mayor que en GSM.

Desde el punto de vista de la arquitectura de red, GPRS implica:

- En el Subsistema Radio (BSS), **una actualización software en las BTSs y en las BSCs** así como una nueva unidad hardware en la BSC para la conmutación de paquetes, la Packet Control Unit (PCU).
- En el Subsistema de Conmutación, la existencia **de una nueva red de conmutación de paquetes**, constituida por nuevos nodos que gestionan el tráfico de paquetes ,SGSN (Serving GPRS Support Node) y GGSN (Gateway GPRS Support Node),y un backbone IP que los interconecta.
- **Nuevos terminales** capaces de transferir datos en modo paquete.

2.1.2 GENERALIDADES GPRS.

Las llamadas de voz están garantizadas en la nueva red GPRS, como lo estaban en la red GSM, ya que tienen prioridad sobre las llamadas de datos. Una llamada de datos podrá utilizar TS libres siempre y cuando no sean requeridos por una llamada de voz. En caso de colisión el TS será asignado a la llamada de voz e incluso se liberará un TS que esté siendo utilizado por una llamada de datos si una llamada de voz es realizada desde un terminal móvil o a un terminal móvil.

GPRS proporciona un servicio portador de datos entre un MS y otro terminal, conectado a una red GPRS o a una red externa de transmisión de datos (PDN). Existen varios tipos de servicio:

- PTP (point to point)
- PTM (point to multipoint) (no en la primera fase). Permite la transmisión de un paquete a múltiples subscriptores.
 - PTM - M: Multicast. El mensaje es enviado a todos los subscriptores en una determinada área geográfica.
 - PTM - G: Grupo Cerrado de Usuarios. El mensaje es enviado sólo a un conjunto de usuarios identificados con una dirección de grupo.
- SMS. GPRS actúa como servicio portador.

2.2 Arquitectura de la red GPRS .

2.2.1 RED GSM/GPRS .

La introducción de GPRS en la red supone una serie de cambios a nivel hardware y software en los distintos elementos de la red GSM. Básicamente es una extensión de la arquitectura GSM, que supone la coexistencia del servicio de conmutación de paquetes GPRS con el actual servicio de conmutación de circuitos GSM, como se muestra en la siguiente ilustración:

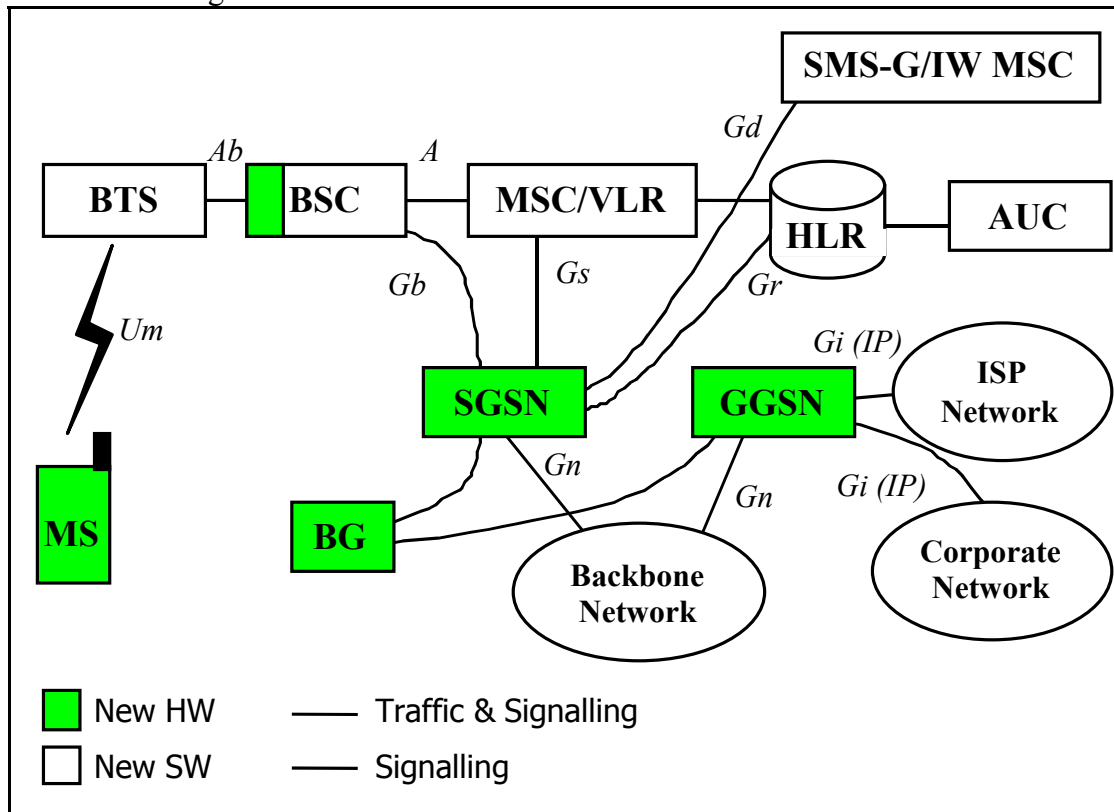


Figura 2.3. Estructura de red GSM y GPRS.

La característica principal de GPRS es la utilización de una red de conmutación de paquetes de tipo IP (*Internal IP Backbone*) para el tráfico de datos, mientras que el tráfico de voz no supone ningún cambio, utilizando la red GSM ya existente. Existen dos nodos nuevos de conmutación de paquetes cuya misión es el enrutamiento del tráfico de datos sobre la red IP. Estos nodos son el SGSN y el GGSN, que básicamente actúan como routers y soportan la movilidad de los terminales.

Todos los nodos de la red GSM (BTS, BSC, MSC/VLR y HLR) se reutilizan en la nueva arquitectura, previa una actualización software. GPRS requiere la introducción de nuevo hardware en la BSC y la actualización de otros elementos ya existentes.

Para poder pasar de la red GSM a una red GPRS, como hemos mencionado anteriormente, deberemos de introducir dos nuevos nodos: SGSN y GGSN, así como una nueva tarjeta hardware en la BSC, la PCU. A continuación enumeraremos las principales funciones de estos nuevos componentes en la red GPRS.

2.2.1.1 SGSN (*Serving GPRS Support Node*).

Este nodo es el responsable de gestionar el encaminamiento de los paquetes IP tanto entrantes como salientes, que parten desde un móvil o van hacia un móvil. Un SGSN, de forma totalmente análoga a la MSC, proporciona servicio a todos los abonados GPRS que se encuentren físicamente localizados dentro de su área de servicio, por lo que un abonado GPRS podrá ser servido por cualquier SGSN de la red, dependiendo únicamente del lugar en el que se encuentre. Está conectado al BSS y se encuentra en el mismo nivel jerárquico en la red que MSC/VLR. Se encarga de:

- Enrutado de paquetes y transferencia a y desde un área de servicio SGSN.
- Cifrado y autenticación.
- Soporte de movilidad. Facilita los protocolos para permitir la actualización del área de enrutamiento y el handover entre BSCs e incluso entre distintos SGSNs.
- Control de enlace lógico hacia la MS. Activa, para cada sesión GPRS, un PDP (Packet Data Protocol) context que se registra en el GGSN. Al establecer una nueva sesión, la función del SGSN es negociar los parámetros de calidad con la estación móvil.
- Conexión a: HLR, MSC, BSC, SMS-GMSC, SMS-IWMSC, GGSN.

2.2.1.2 GGSN (*Gateway GPRS Support Node*).

Es el nodo encargado de mantener la comunicación con las redes externas. El SGSN es el encargado de seleccionar el GGSN. El GGSN proporciona:

- Interfaz hacia una red externa de paquetes IP. El GGSN se comporta como un router desde el punto de vista de la red externa IP.
- Gestión de la sesión GPRS. Asigna, en la fase de establecimiento de la sesión, una dirección IP a la estación móvil. Dicha dirección puede ser estática o dinámica.
- Funciones para asociar a los abonados al correcto SGSN.

2.2.1.3 PCU (*Packet Control Unit*).

- Necesaria para la discriminación entre tráfico de voz (se sigue mandando por la red GSM) y tráfico de datos (se enruta hacia el SGSN).
- Responsable de la gestión de los recursos radio para los paquetes de datos GPRS. La PCU es la responsable de la asignación de PDCHs (canales de tráfico de paquetes).
- Soporte de las capas RLC y MAC.

GPRS requiere por último la introducción de nuevos terminales capaces de soportar la transmisión en modo paquete.

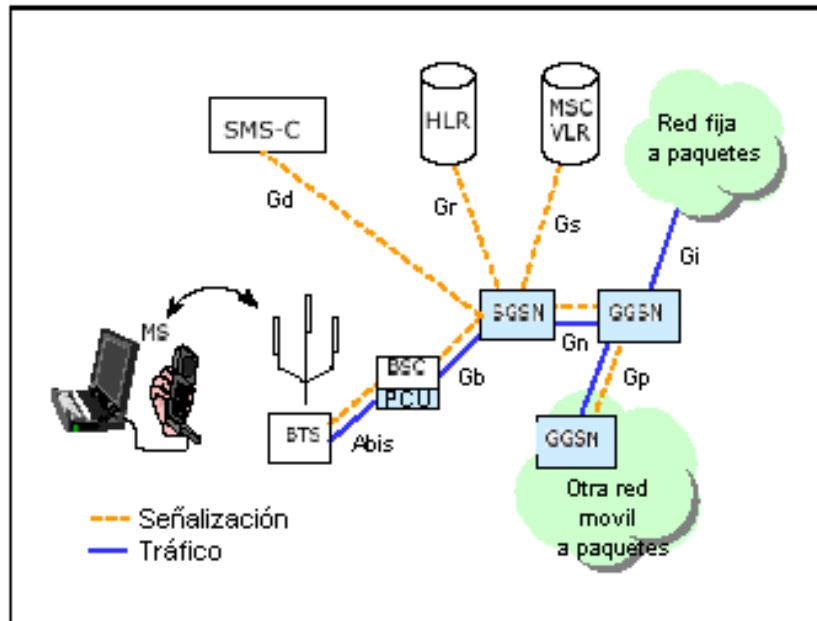
2.2.2 INTERFACES.

Figura 2.4. Interfaces entre entidades de red GPRS.

La comunicación entre los nodos GSN y el resto de elementos de la red se realiza a través de los siguientes interfaces estándar:

- **Gb:** conecta la BSC con el SGSN, permitiendo el intercambio de información de señalización y de los datos de usuario. El interface Gb permitirá a varios usuarios ser multiplexados sobre el mismo recurso físico. Los recursos se asignan dinámicamente al usuario durante la transmisión o recepción de datos, al contrario que en el interfaz A, donde al usuario se le asigna el mismo recurso físico durante todo el periodo de la actividad de llamada. Utiliza líneas PCM redundantes para su implementación y se basa en el protocolo Frame Relay.
- **Gr:** conecta el SGSN con el HLR. Es utilizado por el SGSN para actualizar en el HLR los datos variables del usuario (como por ejemplo la información de localización) y por el HLR para comunicar al SGSN los datos relativos a un usuario GPRS (como por ejemplo la información de autenticación).
- **Gd:** conecta el SGSN con el SMS-Center. Permite transmitir y recibir SMSs del Centro de Servicios a través del GSN.
- **Gs:** conecta el SGSN con la MSC. Implementa los procedimientos de GPRS/GSM (attach, detach, location updating, paging). No se soporta en la primera release comercial GPRS.
- **Gn:** conecta nodos GPRS pertenecientes a la misma PLMN (Public Land Mobile Network).
- **Gi:** conecta el GGSN a una red IP externa.
- **Gp:** conecta nodos GPRS pertenecientes a diferentes PLMN (Public Land Mobile Network).

Los interfaces Gr, Gd y Gs utilizan el protocolo CCITT nº 7 y se implementan con enlaces de señalización a 64 Kbit/s sobre E1. Los interfaces Gn, Gi y Gp se basan en el protocolo IP.

2.2.3 TORRE DE PROTOCOLOS.

2.2.3.1 Plano de transmisión.

En la figura se puede observar la torre de protocolos en el plano de transmisión que emplean para comunicarse entre sí los diferentes nodos de una red GPRS.

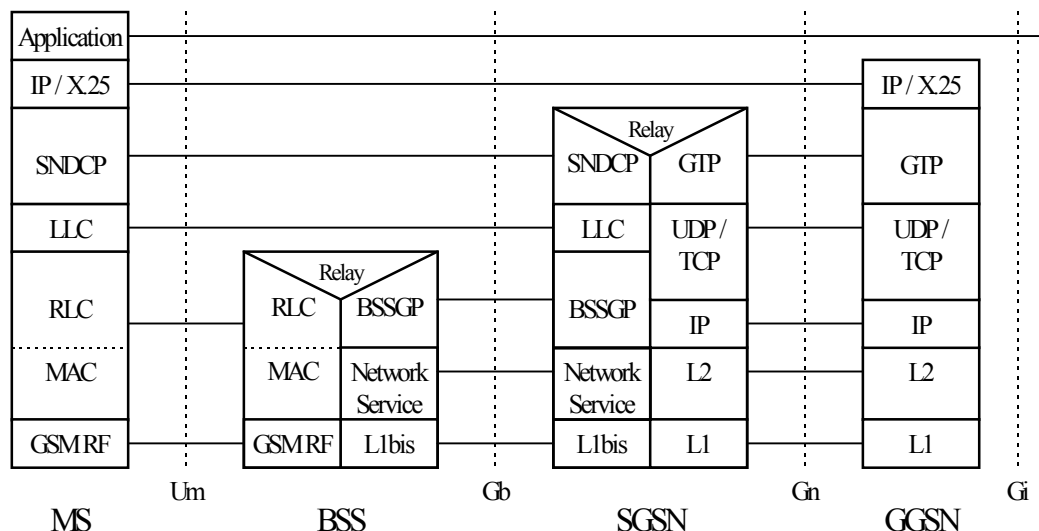


Figura 2.5. Torre de protocolos GPRS.

Las funciones principales de los distintos protocolos son:

- **IP/X.25.** Son los protocolos utilizados en la capa de aplicación para aplicaciones “end-to-end”.
- **GTP (GPRS Tunneling Protocol).** Es un protocolo entre los nodos GSN (GPRS Support Node) que contiene tanto los procedimientos de señalización como los de transferencia de datos. Se utiliza tanto en el interfaz Gn como en el Gp para transferir en el tunneling¹ los paquetes y la información de señalización asociada destinados al móvil.
- **IP (Internet Protocol).** Enruta los paquetes en el backbone de la red GPRS.
- El nivel L2 (capa de enlace) y el nivel L1 (capa física) dependen de la implementación de la red del operador.

¹ Los paquetes que provienen de redes externas se entregan al GGSN, el cual posee la información de enrutamiento necesaria para enviarlos al SGSN que atiende al área geográfica donde reside el móvil. Después, el SGSN realiza una conexión lógica con el móvil, por medio de la cual se entregan los paquetes. En el momento de su entrada en la red GPRS, cada paquete IP viene encapsulado (labor realizada por el GGSN) dentro otro paquete IP, el cual contiene la dirección del nodo SGSN que controla en aquel momento al móvil. De esta manera, la transferencia de todos los paquetes destinados a los usuarios controlados por un SGSN dado se realiza encapsulándolos dentro de otro paquete IP que contiene la dirección de dicho SGSN, creándose así un túnel entre el GGSN y el SGSN. Cuando un usuario cambia su posición dentro de la red y se sitúa bajo el control de otro SGSN, el GGSN cambia la dirección de encapsulamiento, variando así el destino del túnel abierto.

- **SNDCP (Subnetwork Dependent Convergence Protocol).** Permite a los protocolos de capa superior compartir la conexión lógica proporcionada por la capa LLC. Al mismo tiempo proporciona otras funcionalidades como la segmentación, la multiplexación y la compresión.
- **TCP/UDP.** El protocolo TCP (Transmission Control Protocol) se encarga del control del flujo y de la protección ante datos corruptos. Tanto el control como la protección se realizan “end to end”. El protocolo UDP (User Datagram Protocol) proporciona sólo protección contra errores, sin añadir ningún control adicional para una posible retransmisión ni para el control del flujo. Por esta razón las conexiones que utiliza el TCP se definen “acknowledged” (con acuse de recibo) mientras que las que utiliza el UDP se definen “unacknowledged” (sin acuse de recibo).
- **BSSGP (Base Station System GPRS Protocol).** Permite el envío de las tramas LLC desde el SGSN hasta el BSS y viceversa. Además, prepara las tramas para su transmisión al RLC/MAC, gestionando la prioridad y la calidad del servicio.
- **NS (Network Service).** Transporta los PDU (Protocol Data Unit) generados a nivel BSSGP y gestiona los casos de congestión, realizando así un control del tráfico. La conexión entre el SGSN y el BSS se realiza mediante una red Frame Relay. Su estructura interna está dividida, desde el punto de vista lógico, en dos subsistemas: uno de control y otro que gestiona unas conexiones virtuales identificadas por un BVC12 (BSSGP Virtual Connection Identifier).
- **La capa física del interfaz Gb (L1bis)** se realizará por medio de enlaces E1.
- **Relay.** Lleva a cabo una función de conversión entre diferentes protocolos de una misma entidad y realiza una labor de almacenamiento guardando los PDU. Los tiempos de almacenamiento y el tamaño de los PDU vienen determinados por el PDP Type y por el QoS asociados al PDU. Otra función importante que lleva a cabo este nivel en el SGSN y en el GGSN es la reordenación de los PDU.

En cuanto al interfaz Aire, es posible modelarlo como una torre de protocolos de comunicación con diferentes funcionalidades, como se muestra en la siguiente figura:

² Conexión virtual que proporciona una comunicación punto a punto entre el SGSN y la BSC/PCU sin tener en cuenta la configuración exacta del interfaz Gb. El valor que toma es único y debe ser el mismo en la BSC y en el SGSN. Estos caminos virtuales se agrupan dentro de la capa Frame Relay.

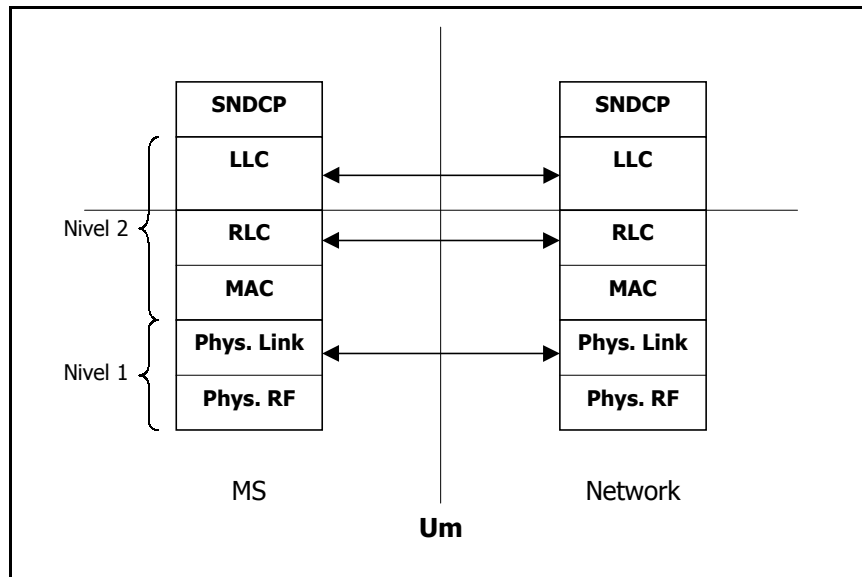
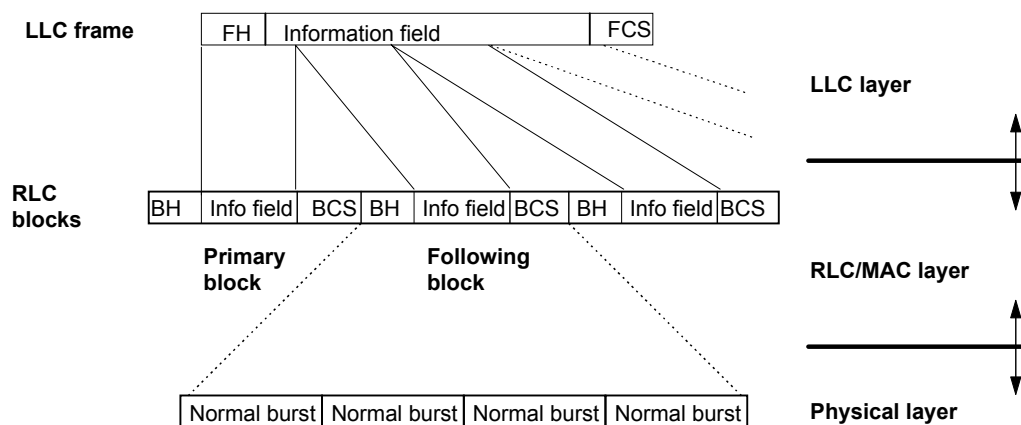


Figura 2.6. Modelo de protocolos de la interfaz radio.

El interfaz Aire abarca dos niveles:

- **El nivel de enlace (Data Link Layer)**, que se divide a su vez en dos subcapas: la capa LLC (Logical Link Control), entre la MS y el SGSN, y la capa RLC/MAC (Radio Link Control/Medium Access Control), entre la MS y el BSS.
- **El nivel físico (Physical Layer)**, dividido a su vez en nivel físico de enlace (Physical Link Layer, PLL) y nivel físico de radio frecuencia (Physical RF Layer, RFL).

En la siguiente figura se puede observar el formato de las tramas de cada uno de estos dos niveles del interfaz Aire:



FH = Frame Header
 FCS = Frame Check Sequence
 BH = Block Header
 BCS = Block Check Sequence
 (When SDCCCH coding is used, BCS corresponds to the Fire code)

Figura 2.7. Formato de tramas LLC y RLC/MAC.

- **LLC (Logical Link Control).** Esta capa proporciona un enlace lógico fiable entre la MS y el SGSN que le es asignado. Su funcionamiento está basado en el protocolo LAPD utilizado en GSM e incluye una secuencia de control, el control del flujo y la detección de errores de transmisión y retransmisión (ARQ, Automatic Repeat Request). La confidencialidad de los datos está asegurada por las funcionalidades de cifrado, las cuales están supervisadas por este nivel, y se permiten longitudes de trama variables. También puede soportar tanto el modo de transmisión de datos “acknowledged” como el “unacknowledged”.

- **RLC/MAC (Radio Link Control/Medium Access Control).** Los niveles RLC y MAC operan sobre el nivel físico y proporcionan servicios para la transferencia de información. Las funcionalidades se dividen en dos grupos:
 - **El nivel RLC** es el responsable de segmentar en bloques los paquetes procedentes del nivel LLC superior para enviarlos al MS, de gestionar la retransmisión de los bloques dañados y de reensamblar los bloques RLC procedentes de la MS para formar la trama LLC. Permite la comunicación segura entre MS y BSS (PCU). Es un nivel dependiente del suministrador. Existen dos modos RLC: con acuse de recibo (acknowledge) y sin retransmisiones (unacknowledge).
 - **El nivel MAC** proporciona una multiplexación de datos y de señales de control en un PDTCH, tanto en uplink como en downlink. Así mismo, actúa como mediador para gestionar el acceso de móviles a la red, incluyendo la gestión de colisiones, de colas de paquetes y de prioridad basada en QoS negociada. Deriva del protocolo Slotted Aloha (Aloha ranurado) utilizado en GSM y soporta tanto los modos de operación “acknowledged” como “unacknowledged”.
- **PLL (Physical Link Layer).** Este nivel opera sobre el nivel físico de radio frecuencia para proporcionar un canal físico entre el móvil y la red. Su labor incluye la codificación de canal (detección de errores de transmisión y corrección de errores hacia delante (FEC)), el entrelazado y la detección de congestión de enlaces físicos.
- **RFL (Physical RF Layer).** En este nivel se definen las frecuencias de los canales, el esquema de modulación/demodulación y las prestaciones de transmisores y receptores. Para GPRS estas especificaciones permanecen iguales a las de GSM.

2.2.3.2 Plano de señalización.

La arquitectura de protocolos en el plano de señalización comprende protocolos para el control y el soporte de funcionalidades del plano de transmisión, como por ejemplo GPRS attach/detach, activación del PDP context, control de los caminos de enrutado y asignación de los recursos de la red. Desde un punto de vista funcional, los protocolos pueden ser clasificados en dos grupos: los que gestionan el diálogo entre estación móvil y SGSN y los que soportan los procedimientos de señalización entre los diferentes nodos del Core Network.

- Entre la MS y el SGSN:

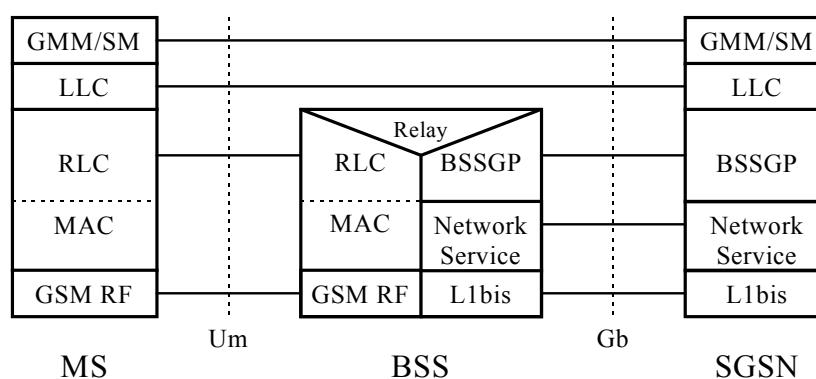


Figura 2.8. Torre de protocolos: plano de señalización.

El protocolo **GMM/SM (GPRS Mobility Management and Session Management)** gestiona la movilidad y permite la administración de la sesión cuando se llevan a cabo funcionalidades tales como GPRS attach/detach, activación del PDP context y actualización de routing areas.

- Entre el SGSN y los registros HLR, VLR y EIR:

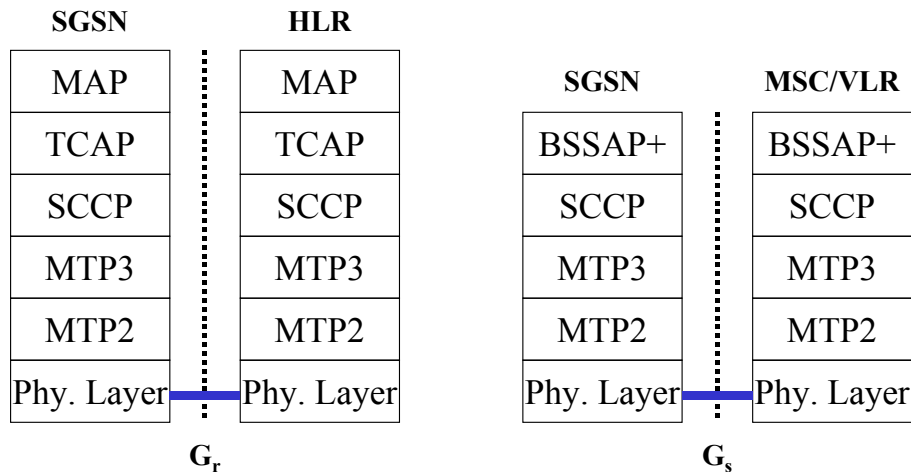


Figura 2.9. Protocolos entre SGSN y HLR, VLR y EIR..

La arquitectura de protocolos en el plano de señalización entre el SGSN y los registros HLR, VLR y EIR es la misma que para el GSM convencional, ampliada con funcionalidades específicas de GPRS. Entre el SGSN y el HLR, al igual que entre el SGSN y el EIR, se emplea MAP (Mobile Application Part) mejorado, que es una extensión para redes móviles del SS7. Transporta la información de señalización asociada a los location updates y la información de enrutado, perfiles de usuario y handovers. El intercambio de mensajes MAP se lleva a cabo sobre TCAP (Transaction Capabilities Application Part) y SCCP (Signalling Connection Control Part).

El **BSSAP+ (Base Station System Application Part +)** incluye funcionalidades del BSSAP de GSM y se aplica a la información de señalización transferida entre el SGSN y el VLR (interfaz G_s). Esto incluye señalización para la administración de la movilidad cuando es necesaria la coordinación de GPRS y de GSM, como por ejemplo en un location update combinado para GPRS y GSM, en un attach combinado GPRS/IMSI o en un paging de un MS a través de GPRS para una llamada GPRS entrante.

2.2.4 ESTADOS DEL MÓVIL.

En el manejo de la movilidad (*Mobility Management: MM*) de un usuario GPRS se definen tres estados: *IDLE*, *STANDBY* y *READY*. Cada estado define un cierto nivel de información y funcionalidad.

2.2.4.1 ESTADO IDLE.

En estado *IDLE* de GPRS, la MS no se encuentra registrado en la red de GPRS. Como no existe información de posición del móvil, **para la red GPRS dicho usuario es transparente e ilocalizable.**

Todos los procesos de gestión de movilidad relacionados con ese móvil no pueden llevarse a cabo: no se puede realizar *paging* GPRS hacia ese usuario, ni tampoco iniciar una transmisión de paquetes.

La MS tiene que ver el BCCH (canal de difusión) para determinar las celdas que soportan el servicio GPRS. En estas condiciones, la MS realiza los procesos de selección de red y de celda pero no realiza ningún proceso de actualización de localización en la red GPRS.

Para poder enviar o recibir datos, el móvil debe dejar el estado *IDLE* mediante el proceso de *GPRS Attach*. Una vez finalizado este proceso correctamente, la MS se encuentra en estado *READY*.

2.2.4.2 ESTADO STANDBY.

En estado *STANDBY*, la MS está registrado en la red GPRS. La MS-GPRS y el SGSN mantienen un contexto de gestión de movilidad: la MS envía actualizaciones de *Routing Area* al nodo SGSN cada vez que cambia de área.

La MS observa el BCCH para determinar las celdas que soportan GPRS y realizar los procesos de selección y reelección de celda GPRS de forma transparente para la red. El terminal no informa al SGSN del cambio de celda dentro del mismo *Routing Area, RA*.

En estado *STANDBY*, el SGSN, por tanto, tiene información acerca de la suscripción dla MS y de su ubicación sólo a nivel de *RA*.

El usuario GPRS recibe información de señalización y de *paging* tanto de conmutación de paquetes como de conmutación de circuitos (si existe interfaz Gs) vía SGSN. Sin embargo, en este estado, no es posible iniciar ninguna transmisión de paquetes. Para ello, debe ser activado previamente el *contexto PDP* que puede hacerse mientras la MS se encuentre en este estado.

Para el nodo SGSN el cambio a estado *READY* se produce cuando la MS responde a un *paging* (cuando se reciben los paquetes procedentes dla MS). Para la MS el cambio a estado *READY* se produce cuando éste trasmite información.

El cambio de estado *STANDBY* a estado *IDLE* puede ser iniciado tanto por la MS como por la red mediante el proceso de *GPRS Detach*. El proceso de *Implicit Detach* se produce al expirar el temporizador del SGSN que indica que el usuario está ilocalizable.

2.2.4.3 ESTADO READY.

En estado *READY* se está realizando una transferencia de datos o ésta ha terminado recientemente.

La MS, en este estado, realiza procesos de gestión de movilidad que proporcionan a la red la identificación de la celda que ha seleccionado. En la cabecera de cada paquete que envía la MS al nivel BSSGP se incluye un identificador de celda, el CGI (*Cell Global Identity*).

En modo *READY*, por tanto, la red tiene información dla MS a nivel de celda.

Al igual que en los otros estados, los procesos de selección / reelección de celda los gobierna la MS. No obstante, de manera opcional, estos procesos pueden ser controlados por la red.

En estado *READY* la MS puede activar o desactivar contextos PDP (esto también se podía realizar en estado *STANDBY*).

La MS se mantiene en estado *READY* durante un tiempo incluso no habiendo transferencia de paquetes ni recursos radio asignados. Este tiempo viene definido por un temporizador, el cual supervisa el cambio de estado *READY* a *STANDBY*.

Cuando la MS inicia el proceso de *detach* se pasa de estado *READY* a *IDLE*.

El gráfico siguiente muestra todos los cambios de estado.

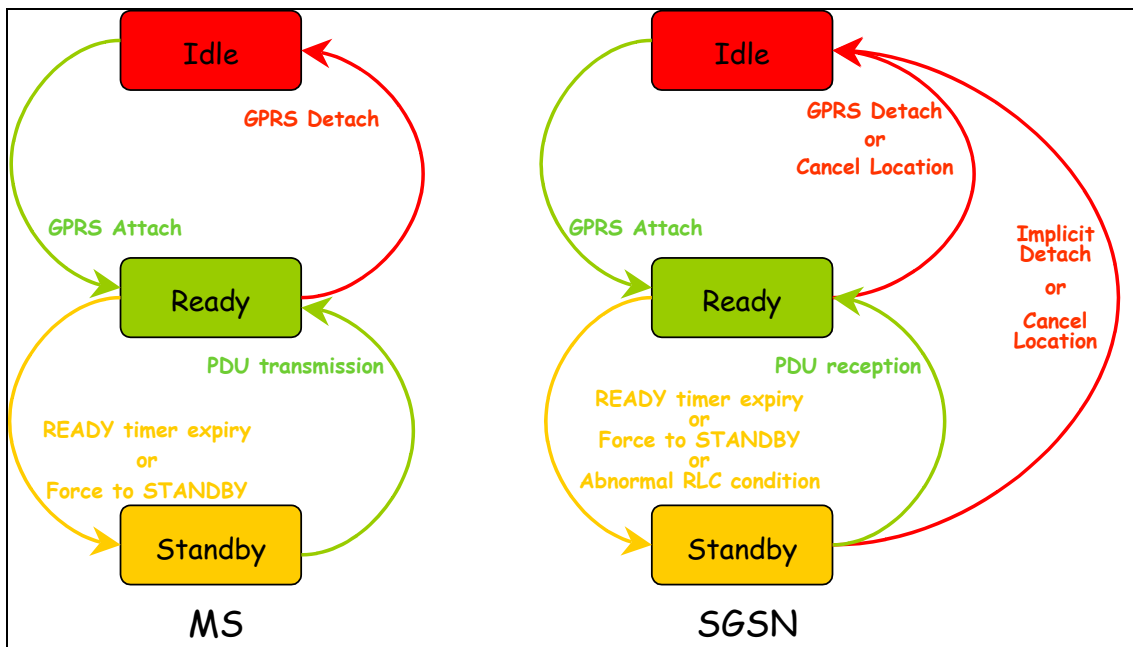


Figura 2.10. Estados del móvil desde el punto de vista dla MS y del SGSN.

2.2.4.4 Paso de IDLE a READY.

- **GPRS Attach.** La MS solicita acceso a la red y se establece un enlace lógico con el nodo SGSN.

2.2.4.5 Paso de STANDBY a IDLE.

- **Implicit Detach.** El MM (Mobility Management, Gestión de movilidad) y el contexto PDP pueden ser borrados una vez producido el “Implicit Detach”.
- **Cancel Location.** El SGSN recibe un mensaje de cancelación de localización por parte del HLR y borra el MM y el contexto PDP.

2.2.4.6 Paso de STANDBY a READY.

- **Transmisión de PDU (Packet Data Unit).** La MS envía un PDU LLC al SGSN probablemente como respuesta a un paging.
- **Recepción de PDU.** El SGSN recibe un PDU LLC desde la MS.

2.2.4.7 Paso de READY a STANDBY.

- **El temporizador READY expira.** Después de una transferencia de datos ha pasado un tiempo superior al especificado por el nodo SGSN.
- **Paso a STANDBY forzado.** Indicado por el SGSN antes de que el temporizador READY expire.
- **Abnormal RLC Condition.** El SGSN fuerza el paso a STANDBY en caso de haber problemas irrecuperables en la transmisión.

2.2.4.8 Paso de READY a IDLE.

- **GPRS Detach.** La MS o la red realizan una petición para que el contexto MM vuelva a estado IDLE y el contexto PDP vuelva a estado Inactivo.
- **Cancel Location.** El SGSN recibe un mensaje de cancelación de localización por parte del HLR y borra el MM y el contexto PDP.

2.3 Terminales.

2.3.1 DEFINICIONES.

Al hablar de terminales de tecnología GPRS, se definen tres conceptos:

- **Terminal Equipment (TE).** El TE es el terminal de datos (ordenador o portátil) del usuario final que se usa dentro del sistema GPRS para transmitir y recibir paquetes de datos de usuario. El sistema GPRS proporciona conectividad IP entre el TE y un ISP (Internet Service Provider) o una red LAN (Local Area Network) corporativa conectada al sistema GPRS. Por tanto, desde el punto de vista del TE, se podría comparar el terminal móvil al módem, conectando el TE al sistema GPRS.
- **Mobile Terminal (MT).** El MT es el dispositivo que comunica el TE con el interfaz radio hacia una BTS o estación base. Un MT debe estar equipado con software que proporcione funcionalidad de GPRS para poder interactuar con el sistema, estableciendo la conexión con el SGSN. Las conexiones IP son estáticas desde el punto de vista del TE; esto es, el TE no tiene por qué conocer si se trata de una conexión móvil y conserva la dirección asignada hasta que el MT hace un detach.
- **Mobile Station (MS).** La combinación del TE y del MT constituye lo que se llama Mobile Station. Normalmente, en el estándar para GPRS, el término de MS se utiliza cuando se habla de las funcionalidades que debe soportar. El TE y el MT pueden formar parte del mismo dispositivo.

Existen dos formas complementarias de clasificar los terminales GPRS:

- Según el tipo de coexistencia entre los servicios de conmutación de circuitos y paquetes.
- Por la clase de multislots.

2.3.1.1 Según el tipo de coexistencia entre los servicios de conmutación de circuitos y paquetes.

- **CLASE A:** Terminales que soportan simultáneamente la activación, monitorización y tráfico de PS y CS, o sea, permiten mantener una conexión de voz y una de paquetes al mismo tiempo.
- **CLASE B:** Terminales que no soportan tráfico simultáneo de CS y PS. El usuario puede hacer y/o recibir llamadas de ambos servicios aunque secuencialmente, no simultáneamente. La selección del servicio se realiza de forma automática, por ejemplo, una conexión GPRS permanece en espera mientras se decide atender a una llamada de voz entrante.
- **CLASE C:** Terminales que no soportan un estado de disponibilidad simultánea para establecer conexiones en modo circuito o paquete. El usuario puede hacer o recibir llamadas únicamente por el servicio seleccionado manualmente o por defecto. El estado de la MS en el servicio no seleccionado es de ilocalizable.

2.3.1.2 Por la clase clase de multislot.

La clase multislot dla MS determina el número de TS en el uplink y downlink que puede gestionar de forma simultánea. Véase la especificación GSM 05.02.

Multislot class	Maximum number of slots			Minimum number of slots				Type
	Rx	Tx	Sum	T _{1a}	T _{1b}	T _{2a}	T _{2b}	
1	1	1	2	3	2	4	2	1
2	2	1	3	3	2	3	1	1
3	2	2	3	3	2	3	1	1
4	3	1	4	3	1	3	1	1
5	2	2	4	3	1	3	1	1
6	3	2	4	3	1	3	1	1
7	3	3	4	3	1	3	1	1
8	4	1	5	3	1	2	1	1
9	3	2	5	3	1	2	1	1
10	4	2	5	3	1	2	1	1
11	4	3	5	3	1	2	1	1
12	4	4	5	2	1	2	1	1
13	3	3	NA	NA	a)	3	a)	2
14	4	4	NA	NA	a)	3	a)	2
15	5	5	NA	NA	a)	3	a)	2
16	6	6	NA	NA	a)	2	a)	2
17	7	7	NA	NA	a)	1	0	2
18	8	8	NA	NA	0	0	0	2
19	6	2	NA	3	b)	2	c)	1
20	6	3	NA	3	b)	2	c)	1
21	6	4	NA	3	b)	2	c)	1
22	6	4	NA	2	b)	2	c)	1
23	6	6	NA	2	b)	2	c)	1
24	8	2	NA	3	b)	2	c)	1
25	8	3	NA	3	b)	2	c)	1
26	8	4	NA	3	b)	2	c)	1
27	8	4	NA	2	b)	2	c)	1
28	8	6	NA	2	b)	2	c)	1
29	8	8	NA	2	b)	2	c)	1

Tabla 2.11. Clases de multislot.

Los terminales tipo 1 no necesitan transmitir y recibir al mismo tiempo, en cambio sí se requiere en los terminales de tipo 2, deben ser capaces de transmitir y recibir al mismo tiempo.

- El **campo Rx** de la tabla anterior define el número máximo de TS de la trama TDMA durante los que la MS recibe. Los TS deben ser contiguos.
- El **campo Tx** de la tabla anterior define el número máximo de TS de la trama TDMA durante los que la MS transmite. Los TS deben ser contiguos.
- **Sum** es el número total de TS en UL y DL de la trama TDMA que pueden ser utilizados por la MS.
- **T_{1a}** es el tiempo que necesita la MS para realizar medidas de las celdas vecinas y quedar listo para transmitir. No aplica para móviles de tipo 2.

2.3.2 SIM.

2.3.2.1 Impacto de GPRS en la SIM.

Del impacto de GPRS en las tarjetas SIM podemos considerar los siguientes aspectos:

- GSM y GPRS comparten los mismos procesos de seguridad (autenticación, cifrado y protección de la identidad del usuario), aunque generan parámetros de sesión distintos, unos para GSM y otros para GPRS. El algoritmo de autenticación, que reside en la SIM, es el mismo para ambos servicios. El algoritmo de cifrado sí puede cambiar, pero al residir en el terminal, no tiene impacto en la SIM.
- La modificación de la tarjeta SIM para que guarde los parámetros de sesión GPRS, siguiendo las normas GSM, sólo tiene impacto en la personalización eléctrica. No hace falta la utilización de un chip más potente o con más memoria, ni afecta en absoluto al proceso de provisión de tarjetas.

2.3.2.2 Funciones de la tarjeta SIM.

Para poder entender de mejor manera el impacto que supone GPRS en la tarjeta SIM, se va a describir en el presente apartado aquellas funciones en las que interviene directamente la SIM en relación a los aspectos de seguridad del servicio básico de comunicación, tanto de voz, en el caso de GSM, como de datos, en el caso de GPRS.

Las principales funciones en las que interviene la tarjeta son:

- Autenticación del usuario móvil.
- Cifrado de la información.
- Protección de la identidad del usuario móvil.

Así diferenciamos:

- **En GSM:**
 - La clave de autenticación Ki reside de forma segura tanto en la tarjeta SIM como en el Centro de Autenticación (AuC) de la red.
 - Para realizar el cifrado en GSM, se utiliza el algoritmo A5, soportado por el propio teléfono móvil (no reside en la tarjeta SIM).
 - El terminal móvil almacena el valor del TMSI y del LAI fuera de la tarjeta SIM, de forma que no se pierden al apagar el móvil.
- **En GPRS:**
 - GPRS comparte el IMSI y la Ki con GSM, y genera sus propios valores de Kc, P-TMSI RAI.
 - Compatibilidad GSM Y GPRS EN LA SIM.

La siguiente tabla representa la información que actualmente se guarda en la SIM, en relación a los procesos de seguridad para GSM:

<i>Campo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Registro en la SIM</i>
<i>IMSI</i>	<i>International Mobile Subscriber Identity</i>	<i>EFIMSI</i>
<i>Ki</i>	<i>Authentication key</i>	<i>SIM Vendor proprietary EFKi</i>
<i>TMSI</i>	<i>Temporary Mobile Subscriber Identity</i>	<i>EFLOCI</i>
<i>LAI</i>	<i>Location Area Information</i>	
<i>TMSI TIME</i>	<i>Current value of Period Location Updating Timer</i>	
<i>Location Update Status</i>	<i>Status of location update</i>	
<i>Kc</i>	<i>Current used ciphering key</i>	<i>EFKc</i>
<i>CKSN</i>	<i>Ciphering key sequence number of Kc</i>	

Tabla 2.12. Información de seguridad que se guarda en la SIM en GSM.

Para el caso de GPRS, la información sería la siguiente:

<i>Campo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Registro en la SIM</i>
<i>IMSI</i>	<i>International Mobile Subscriber Identity</i>	<i>EFIMSI</i>
<i>Ki</i>	<i>Authentication key</i>	<i>SIM Vendor proprietary EFKi</i>
<i>P-TMSI</i>	<i>Packet Temporary Mobile Subscriber Identity</i>	<i>EFLOCIGPRS</i>
<i>P-TMSI Signature</i>	<i>A signature used for identification checking purposes.</i>	
<i>RAI</i>	<i>Current routing area information</i>	
<i>Routing Area Update Status</i>	<i>Status of RAI update</i>	
<i>Kc</i>	<i>Current used ciphering key</i>	<i>EFKcGPRS</i>
<i>CKSN</i>	<i>Ciphering key sequence number of Kc</i>	

Tabla 2.13. Información de seguridad que se guarda en la SIM en GPRS.

Por lo tanto, para convertir una SIM normal en una “GPRS-aware SIM”, basta añadir los ficheros EFLOCIGPRS y EFKcGPRS en el mapa de memoria de la tarjeta, y dar de alta y habilitar dichos ficheros en la SST (SIM Service Table), tabla de servicios de la tarjeta SIM. Con ello, la tarjeta SIM podrá funcionar tanto en GSM como en GPRS.

Sin embargo, la norma GSM 03.60 indica que un móvil GPRS podrá acceder a los servicios de esta naturaleza tanto con una “GPRS-aware SIM” como con una SIM que no lo sea. En este último caso, parte de la información indicada en la tabla GPRS anterior, en concreto el IMSI, P-TMSI, P-TMSI Signature, RAI, RAI Update Status, GPRS Kc y GPRS CKSN se guarda en la memoria del teléfono móvil, en vez de en la SIM. Esta información sólo se utilizará en una siguiente sesión GPRS en el caso en que la imagen del IMSI guardada en el teléfono coincide con el IMSI almacenado en la SIM. En caso contrario, se inicia un nuevo proceso de generación a partir del IMSI de la SIM, guardándose los nuevos valores en el móvil.

Con esto último, la norma GSM 03.60 garantiza el acceso a servicios GPRS con tarjetas SIM ya existentes en el mercado, y que no son “GPRS-aware”. Los actuales usuarios podrán beneficiarse de los nuevos servicios GPRS cambiando tan sólo el terminal, sin tener que hacer un reemplazo de tarjeta.

Lo que es totalmente inviable es convertir las actuales SIMs de los usuarios en GPRS-aware SIMs sin realizar un reemplazo, ya que, una vez emitida una tarjeta SIM, es imposible reorganizar su memoria EEPROM.

2.3.3 COMERCIALES/EN PREVISIÓN.



Motorola Timeport T260



Motorola Accompli 008



Motorola Timeport T280



Alcatel OT 511



Sagem MW 9400



Nokia 8310^a



Nokia 6310



Siemens S45



Siemens ME45



Siemens SX45



Ericsson R520



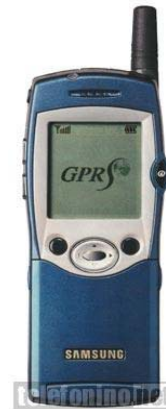
Ericsson T39



Ericsson T68



Mitsubishi Trium Mondo



Samsung SGH Q100



Sagem MW 940



Panasonic GD95

Figura 2.14. Terminales GPRS.

2.4 GPRS en el subsistema radio.

2.4.1 GESTIÓN RECURSOS.

2.4.1.1 Asignación de canales.

La asignación de canales en GPRS se realiza de forma diferente a la de GSM.

En la tecnología GSM tradicional, cuando un usuario realiza una llamada se le asigna un único TS de forma permanente y durante el tiempo total de la llamada (tanto si se transmiten datos como si no). Consiste en dividir el eje temporal en intervalos de tiempo (time slot) y crear una estructura repetitiva (trama) conforme a la cual cíclicamente se le da a las distintas fuentes la posibilidad de transmitir, reservándole un circuito para cada una. Esta técnica (denominada TDMA *determinístico*) está representada de forma esquemática en la siguiente figura. Los flujos de información producidos por los tres tributarios (con frecuencia de emisión media f_b) se dividen en time slot transmitidos cíclicamente a una frecuencia tres veces mayor ($3 \times f_b$) empleando los time slots de la trama del flujo asociado. Con esta técnica el reconocimiento en recepción de la información perteneciente a las distintas fuentes es implícito visto el carácter cíclico de la asignación de los recursos de transmisión; el inconveniente consiste en un empleo escasamente eficiente de los recursos de transmisión en cuanto los mismos están ocupados incluso en ausencia de información a transmitir.

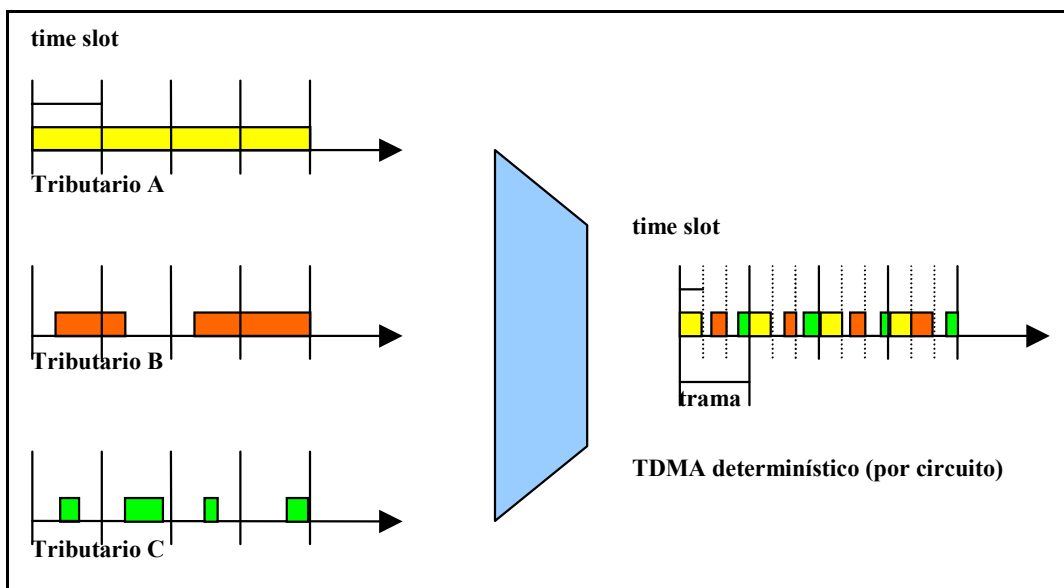


Figura 2.15. Esquema del acceso múltiple TDMA determinístico.

Sin embargo, en GPRS se permite que un único MS transmita en varios TS en la misma trama TDMA. Además, la asignación de canales se realiza únicamente cuando se envían o reciben datos, liberando estos canales cuando se finaliza la transmisión. Con esta filosofía varios usuarios pueden compartir un mismo canal físico consiguiendo así una mejor eficiencia en la utilización de los recursos radio. Por otro lado, la asignación en UL y DL se realiza de forma separada de modo que soporte un tráfico de datos asimétricos. Se utiliza por tanto, otra técnica de acceso múltiple conocido como TDMA *estadístico* en el que la información a transmitir viene segmentada en paquetes de longitud adecuada; a estos paquetes se le asocia la información (etiqueta) necesaria para su recomposición una vez llegados a destinación. Esta es la técnica que está en la base de la transmisión en paquetes empleada en GPRS y que garantiza una alta eficiencia en transmisión, dado que los recursos sólo vienen ocupados cuando hay información a transferir.

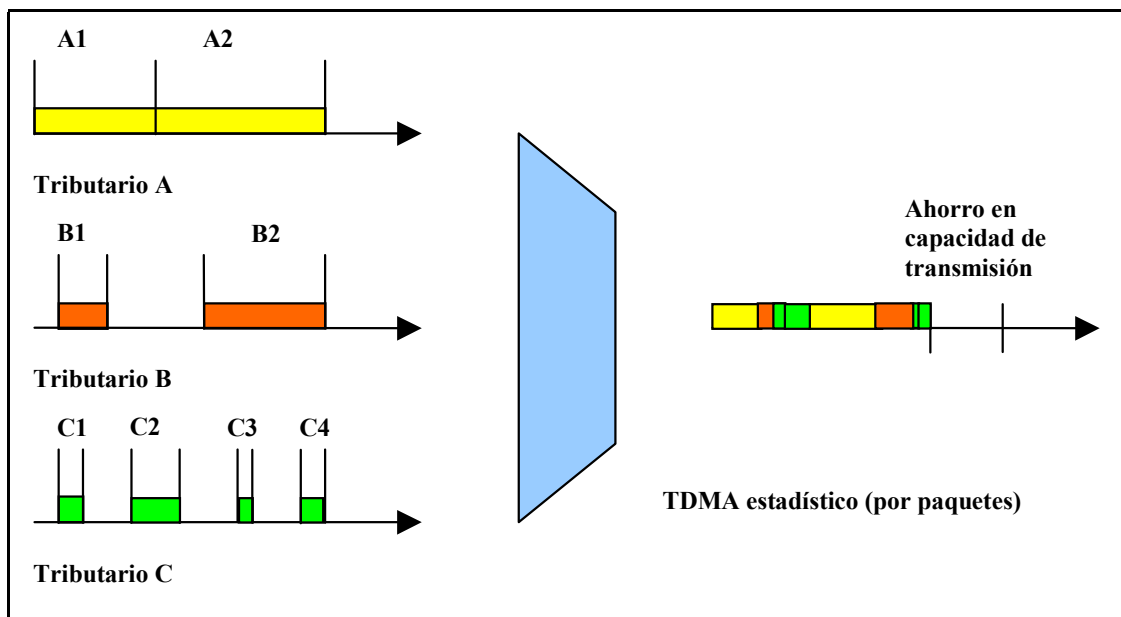


Figura 2.16. Esquema del acceso múltiple TDMA estadístico.

Antes de pasar a explicar cómo se realiza la asignación de recursos radio recordemos que "Packet Data Channels" (PDCHs) son los canales físicos dedicados al tráfico de datos. A cada uno de estos canales físicos le corresponde un TS, los cuales se toman del conjunto de canales disponibles en toda la celda. Por tanto, los recursos radio de toda una celda se comparten por los usuarios GPRS y no GPRS que están situados en esa celda. La responsable de la asignación de canales a los MSs GPRS es la unidad PCU.

2.4.1.2 Canales fijos/ bajo demanda (on-demand).

La reserva de canales GPRS y canales CS (“Circuit Switch”) se realiza de forma dinámica según el principio de *capacidad bajo demanda (Capacity on demand)* en función de la carga de tráfico existente en ese instante, la prioridad del servicio y la clase de *multislot*. Así, cuando se tiene congestión de PDCHs, canales de tráfico, debido a la carga de tráfico GPRS y en la celda se tienen más recursos disponibles, la red puede asignar más canales físicos como canales PDCHs. Por tanto, el número de PDCHs en una celda puede aumentar o disminuir de acuerdo a la demanda existente. Si otros servicios con mayor prioridad demandan recursos, se puede llevar a cabo una liberación de PDCHs.

El procedimiento de capacidad bajo demanda utiliza los siguientes principios:

- **Supervisión de carga:** esta función permite monitorizar la carga de PDCHs. Así, el número de PDCHs asignados en una celda puede aumentar o disminuir dependiendo de la demanda.
- **Asignación dinámica de PDCHs:** los canales que no se usan pueden ser asignados como PDCHs para aumentar la calidad del servicio GPRS.

El operador puede dedicar permanentemente o temporalmente algunos recursos fijos para el tráfico GPRS. De este modo se pueden definir dos tipos de canales PDCH:

- **PDCH dedicados:** corresponden a un recurso radio (TS) dedicado permanentemente al tráfico de datos GPRS. En cada celda es posible fijar un número de PDCH dedicados, los cuales sólo pueden ser liberados por el operador mediante comando. Se distinguen dos tipos:
 - **Master PDCH:** si el proceso de señalización y control de tráfico de paquetes no se lleva a cabo a través del canal de control de GSM (CCCH) al menos un canal PDCH, actuando como Master, es el responsable de llevar esta señalización (PCCCH). También puede llevar datos de usuario y señalización dedicada (PDTCH y PACCH).
 - **Slave PDCH:** se nombran así a los canales PDCH que se utilizan para la transferencia de datos y para señalización dedicada y sólo acomodan canales de usuario (PDTCH y PACCH).

En el caso en el que la celda no contenga ningún PDCH dedicado, los canales de control de GSM gestionan la difusión y la señalización de los terminales GPRS.

- **PDCH bajo demanda:** corresponden a un recurso reservado dinámicamente para el tráfico de datos. Según este principio, los recursos radio son asignados y liberados dinámicamente para el tráfico de datos bajo la demanda de transmisión de paquetes. Dependiendo de la demanda existente, el número de canales asignados para GPRS (número de PDCH) puede cambiar. Los canales físicos que no están siendo utilizados por canales GSM se pueden asignar como PDCHs con el fin de incrementar la calidad de servicio de GPRS. Cuando existe demanda de recursos de mayor prioridad, los canales PDCHs pueden ser liberados.

En una celda que soporta GPRS, el sistema BSS mantiene dos listas de canales *idle* (libres), una GSM y una GPRS. Inicialmente todos los canales disponibles pertenecen a la lista GSM, excepto los PDCH. Cuando se requiere un canal disponible, hay dos posibilidades:

- **Cuando se requiere un canal GPRS**, el sistema busca primero un PDCH dedicado. Si no lo encuentra (no hay PDCH dedicados o están ocupados) el sistema comprueba las dos listas idle.
- **Si se requiere un canal a conmutación de circuitos para una llamada de voz**, inicialmente el sistema busca en la lista idle GSM. Si no hay canales disponibles se examina la lista idle GPRS. Como opción final se libera forzosamente un PDCH bajo demanda y se destina para la llamada de voz.

Si el sistema procede a reservar un PDCH bajo demanda, al terminar la transmisión de datos, si ningún usuario está ocupando el mismo, se procede a liberarlo para ambos tipos de transmisión. Al contrario, un PDCH dedicado vuelve a ser disponible para tráfico de voz sólo por comando externo.

Este comportamiento garantiza la prioridad del tráfico de voz sobre el de datos, y al mismo tiempo permite ocupar con el segundo los “huecos” dejados libres por el primero, como ejemplifica la figura.

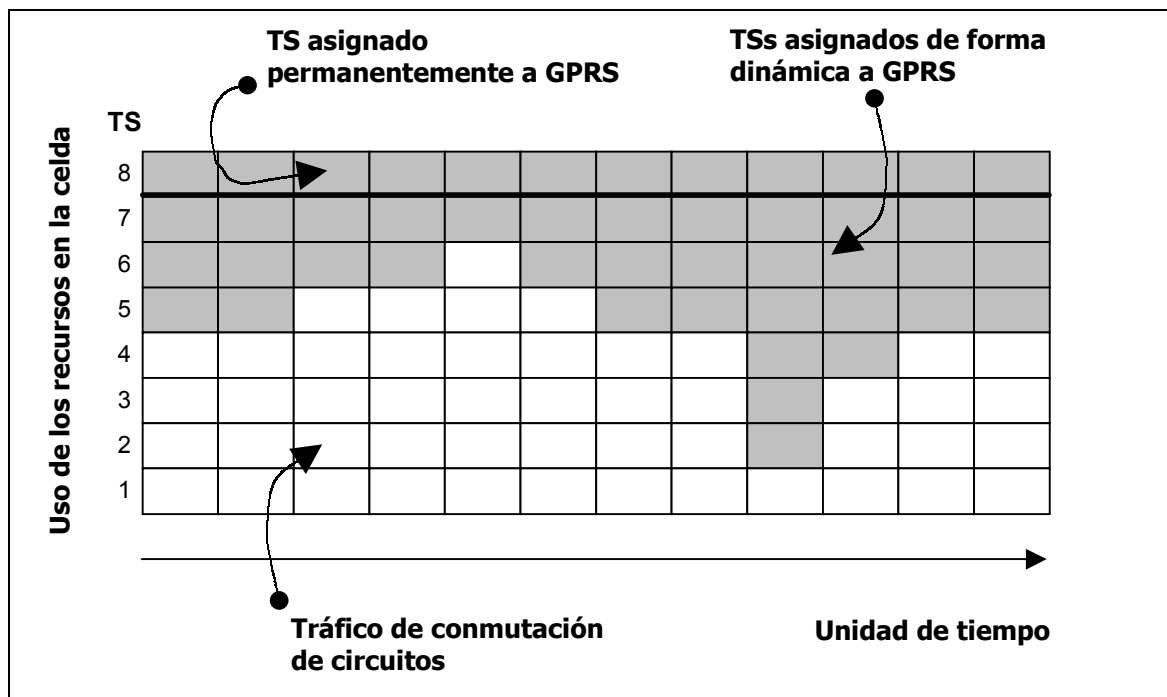


Figura 2.17. Asignación canales GPRS.

2.4.1.3 TBF (Temporary Block Flow).

TBF (*Temporary Block Flow*) es una conexión física entre un determinado MS y la red con el fin de soportar una transferencia unidireccional de paquetes.

Durante una transmisión de datos, un usuario tiene que enviar y/o recibir uno o más paquetes de datos, para lo cual se le asigna un recurso temporal (uno o más PDCHs) en una dirección (UL o DL), los cuales se liberarán una vez realizada la transferencia de datos. A esta asignación temporal se le denomina TBF.

Puesto que un TBF se mantiene sólo mientras se tiene la transferencia de datos, es posible tener diferentes conexiones ocupando los mismos recursos radio al emplear los huecos de transmisión que deja un usuario.

Cada TBF tiene un identificador, **TFI** (*Temporary Flow Identity*). Antes de intercambiar cualquier paquete de datos entre el móvil y la red, ésta entrega al MS un TFI que utilizará durante el proceso de intercambio de paquete de datos.

Puesto que los datos en DL y UL se manejan de manera independiente, se tiene un TBF en DL y un TBF en UL. Si el flujo de datos es en UL, la red asigna al MS un **USF** (*Uplink State Flag*) para indicarle la disponibilidad del recurso que ha solicitado. Este *flag* se encuentra en la cabecera de cada "Radio Block"³ DL. Cuando un MS reconoce su USF tiene permiso para enviar un bloque RLC en UL.

Un TBF puede iniciarse por la MS o por la red.

2.4.2 CANALES GPRS.

Análogamente al sistema GSM, en el GPRS se definen distintos canales lógicos que se pueden utilizar tanto para el tráfico de datos como para la señalización y el control del mismo. A su vez los canales de señalización se clasifican en canales de difusión (PBCH), control común (PCCCH) y de control dedicado (PDCCH). El diagrama de la siguiente figura muestra una lista de todos los canales lógicos que se introducen con el sistema GPRS, indicando por cada uno de ellos el grupo de pertenencia y el sentido (uplink o downlink).

³ "Radio Blocks": La PCU corta las tramas LLC recibidas en una transferencia DL en pequeños trozos denominados "Radio Blocks" o "RLC Blocks". Cada "Radio Block" se envía en 4 tramas consecutivas de un TS. Si por ejemplo a un MS se le asignan los TS 1-4, el primer "Radio Block" se envía en cuatro tramas del TS1. El segundo "Radio Block" se envía en las 4 cuatro tramas del TS2 y así sucesivamente.

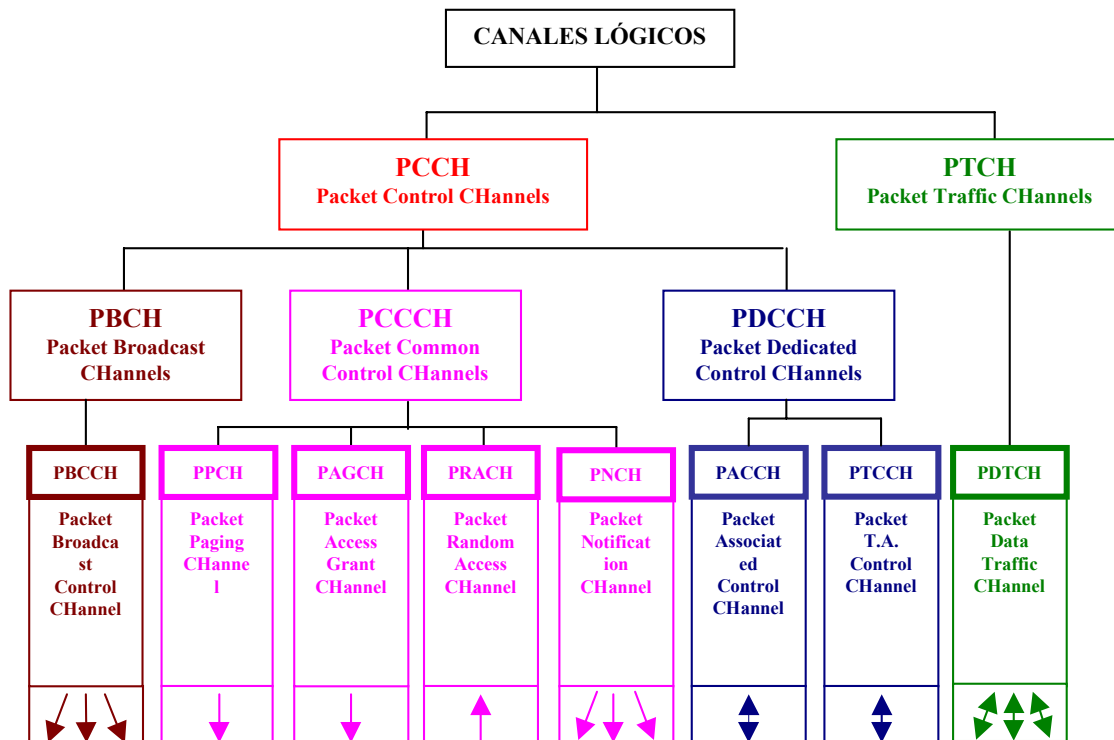


Figura 2.18. Canales lógicos de GPRS.

- **PDTCH (Canales de tráfico de datos).** El canal de tráfico de paquetes PDTCH se emplea para transferir datos de usuario. Este canal se asigna al MS o en caso de PTM (Point To Multipoint) a múltiples móviles. Un terminal móvil puede utilizar varios PDTCHs simultáneamente. Todos los PDTCHs son unidireccionales. Se puede asignar PDTCH/U y PDTCH/D simultáneamente. Múltiples MSs pueden compartir un PDTCH, pero el PDTCH se dedica a un solo móvil en un instante de tiempo.
- **PBCCH (Canal de difusión).** Es un canal lógico que se transmite sólo en downlink (punto multipunto desde el subsistema BSS a los móviles) para transmitir información relevante del sistema. Este canal va a albergar información sobre:
 - GPRS BA list (lista de portadoras que el móvil debe medir).
 - Información de Frequency Hopping.
 - BSIC (NCC +BCC), identidad de la celda.
 - Parámetros de control de potencia en la MS.
 - Parámetros de recepción discontinua (DRX).
 - Parámetros de reelección.
 - Mensajes de System Information.

- **PCCCH (Canal de control común de paquete).** Es el grupo de canales lógicos que transporta información de señalización para el primer acceso a la red y así poder iniciar la transferencia de paquetes, por lo tanto es un canal accesible por cualquier usuario. Este canal consta de cuatro subcanales:
 - **PRACH (Canal de acceso aleatorio para paquetes).** Se usa en Uplink por parte del móvil para requerir uno o más PDTCHs y para obtener el Timing Advance. En caso de no poder utilizar el canal PRACH se usaría el de GSM RACH.
 - **PAGCH (Canal que concede el acceso a paquetes).** Se usa en downlink por parte del subsistema BSS para asignar uno o más PDTCHs a un MS. En GSM se usa el AGCH
 - **PPCH (Canal de paging para paquetes).** Se usa en downlink por parte del subsistema BSS a la hora de buscar la MS mediante un paging, y así poder establecer la comunicación de paquetes. Si no estuviera disponible se usaría el PCH del GSM.
 - **PNCH (Canal de notificación para paquete).** Se usa para informar al móvil de mensajes de entrada punto multipunto (BSS --> MS), antes de la transferencia de paquetes PTM (Point To Multipoint).
- **PDCCH (Canales de control dedicado).** Es un grupo de canales lógicos para la comunicación exclusiva entre un móvil en concreto y la red. Son canales bidireccionales compuestos por los canales PACCH y PTCCH:
 - **PACCH (Canal de control asociado para paquetes).** Este canal se ubica siempre en asociación con el canal o canales PDTCH asignados al MS. Es un canal de señalización dedicado a un móvil en concreto. Esta señalización podría incluir recursos de asignación o reasignación de mensajes, control de potencia, etc.
 - **PTCCH (Canal de control de timing advance para paquetes).** Se utiliza para adaptar la sincronización de trama y así adaptar el Timing Advance dla MS. Un canal PTCCH se utiliza para transmitir información de Timing Advance a varios MSs.

Hay que resaltar el hecho que los canales de señalización específicos para el sistema GPRS sólo se pueden utilizar en el caso que esté definido el *canal principal* PDCH. Se denominará *canal principal* PDCH a aquel canal físico que transporte el canal de radiodifusión de paquete (PBCCH) y el canal de control común de paquete (PCCCH).

Como se ha mencionado anteriormente, existe la posibilidad de asignar los canales PDCHs de forma dinámica (canales bajo demanda) o estática (canales dedicados). A su vez por lo que se refiere a los canales lógicos de señalización, las especificaciones GPRS prevén dos modalidades de empleo.

En la primera, se emplean los canales de control del GSM para controlar y señalar también el sistema GPRS; por tanto un móvil GPRS recibe los mensajes “*System Information*” sobre el canal BCCH del GSM, adecuadamente enriquecido con los mensajes “*System Information 13*” específicas del GPRS. Todas las operaciones que requieren el uso de canales de señalización común para el intercambio de informaciones entre la MS y la red (por ej. registro en la red GPRS, escucha de los canales de paging, etc.) se llevan a cabo por medio de los canales CCCH del GSM (PCH, RACH, AGCH).

La segunda modalidad consiste en la definición de nuevos canales lógico específicos para el GPRS (PBCCH, PCCCH, PDCCH). En este caso, el primer canal PDCH de tipo *dedicado* se define como “*Master*” PDCH (MPDCH), y en el se mapean los canales lógicos de señalización del GPRS que son el PBCCH (canal de broadcast) y el PCCCH (canal de control y señalización común), con funciones análogas a los correspondientes canales BCCH y CCCH del GSM, pero optimizadas para el GPRS. Obviamente en el caso de que fuera necesario un alto tráfico de señalización común, es posible configurar canales de señalización adicionales al master. Todos los otros PDCH dedicados u on-demand que transportan tráfico y señalización dedicada al usuario se definen como “*slave*”.

2.4.2.1 Estructura multiframe para PDCH y mapeo de canales.

El mapeo en el tiempo de los canales PDCH es definido por una estructura multitrama, que consiste en 52 tramas TDMA compuestas por 12 bloques (B0 – B11) de 4 frames cada uno, más 2 frames idle y otros 2 frames para PTCCH (Packet Timing advance Control Channel; este canal se utiliza para transmitir ráfagas de acceso casual al fin de evaluar el avance de tiempo de los terminales móviles). El mapeo específico depende de si el PDCH contiene o no el PCCCH (Packet Common Control Channels).

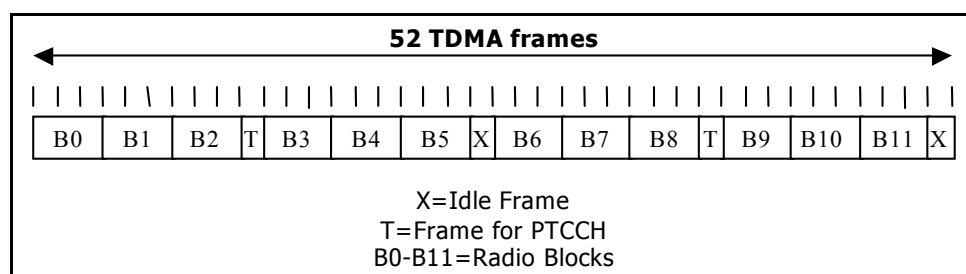


Figura 2.19. Estructura de una trama con canales PDCH.

- **Cuando el PDCH contiene PCCCH.** En Downlink el bloque B0 podría ser utilizado como PBCCH y los bloques B1-B11 contendrán los canales lógicos: PBCCH, PAGCH, PCH, PNCH, PTCCH, PDTCH o PACCH. En Uplink los bloques B0 a B11 podrían contener PRACH, PTCCH, PDTCH o PACCH.
- **Cuando el PDCH no contenga PCCCH la trama se compondrá.** Todos los bloques podrían ser utilizados como PTCCH, PDTCH o PACCH. Los bloques designados con T se destinan a las ráfagas PTCCH mientras que los bloques libres (X) se utilizan para transmitir resultados de medidas entre la estación base y el móvil.

2.4.3 MODO OPERACIÓN DE RED.

En una red GSM/GPRS el proceso de paging de conmutación de circuitos y de paquetes dirigidos a MS GPRS-attached puede hacerse de forma coordinada. Coordinación del paging quiere decir que la red envía los mensajes de paging para los servicios de conmutación de circuitos, CS, sobre el mismo canal que para servicios de conmutación de paquetes, CP. Dependiendo de por donde la red envíe los mensajes de paging se establecen tres tipos de modos de operación de red.

2.4.3.1 Modo de operación de red I.

La red envía los mensajes de paging CS a un terminal GPRS-attached sobre el mismo canal por el que envía los paging de GPRS. Puede hacerlo por el canal de control común definido específicamente para el paging, tanto por el de paquetes (PPCH) como por el de GSM (PCH), o por el canal PACCH asociado al PDCH asignado. Esto significa que el terminal en estado standby monitorizará un único canal de paging para ambos servicios y en transferencia de paquetes recibirá los paging de CS por el canal PACCH asociado al PDCH asignado.

2.4.3.2 Modo de operación de red II.

La red envía los mensajes de paging CS y los de PS a los terminales que se encuentran attach-GPRS a través del canal de control común de GSM (CCCH) específico para ello, el PCH (Paging Channel). Esto significa que el teléfono sólo monitoriza el PCH, incluso cuando se encuentra modo transfer. En este modo de operación, la red no realiza coordinación del paging de ambos servicios. Cabe destacar, que los paging CS continúan siendo enviados por el canal PCH incluso cuando el terminal se encuentra en transferencia de paquetes con PDCH asignado. Por lo tanto, para evitar pérdidas de paging CS en modo transfer de GPRS, la MS debe ser capaz de monitorizar el PCH al mismo tiempo que gestiona los PDCH asignado.

2.4.3.3 Modo de operación de red III.

En este modo de operación, la red no realiza coordinación de paging. La red envía los mensajes de paging CS a los terminales attach-GPRS sobre el canal de control común de GSM (CCCH) definido para ello, el PCH (Paging Channel), y envía los mensajes de paging PS sobre el canal de control común de paquetes (PCCCH) también definido para ello, el PPCH (Packet Paging Channel), siempre y cuando esté habilitado en la celda, en caso contrario, el paging PS se enviaría sobre el canal PCH.

Esto significa que si el terminal debe recibir los mensajes de paging de ambos servicios (circuitos y paquetes) debe monitorizar dos canales de paging simultáneamente siempre y cuando el canal PPCH esté definido en la celda.

La tabla siguiente resume lo dicho anteriormente:

<i>MODO</i>	<i>PAGING CS</i>	<i>PAGING PS</i>	<i>COORDINACIÓN DE PAGING</i>
<i>I</i>	<i>Packet Paging Channel (PPCH)</i>	<i>Packet Paging Channel (PPCH)</i>	<i>SI</i>
	<i>Paging Channel (PCH)</i>	<i>Paging Channel (PCH)</i>	
	<i>Packet Associated Control Channel (PACCH)</i>	<i>No aplica</i>	
<i>II</i>	<i>Paging Channel (PCH)</i>	<i>Paging Channel (PCH)</i>	<i>NO</i>
<i>III</i>	<i>Paging Channel (PCH)</i>	<i>Packet Paging Channel (PPCH)</i>	<i>NO</i>
	<i>Paging Channel (PCH)</i>	<i>Paging Channel (PCH)</i>	

Tabla 2.20. Modos de operación de red.

Cuando el interfaz Gs está presente dentro de la red, todos los paging originados desde una MSC hacia terminales attach-GPRS, se encaminarán a través del SGSN, estableciéndose coordinación de paging en la red. La coordinación de paging se realizará a través de IMSI, y esto ocurrirá independientemente de si el terminal se encuentra en estado Standby o Ready. La red se encuentra operando en modo I.

Cuando el interfaz Gs no está presente, todos los paging originados desde una MSC hacia terminales attach-GPRS irán vía interfaz A, y la coordinación de paging no puede ser realizado. En ese caso la red podrá operar:

- En modo II, si el canal de control común de paquetes, el PCCCH, no se encuentra en la celda.
- En modo III, si se utiliza el canal de control común de paquetes, el PCCCH, para los paging de paquetes.

La MS conoce el modo de operación de red (modo I,II, o III) a través de los mensajes System Information que se difunde en el BCCH. Para un correcto funcionamiento, el modo de operación de red debería ser el mismo para todas las celdas de una misma routing area (RA).

2.4.4 ESQUEMAS CODIFICACIÓN.

En el estándar GPRS existen cuatro posibles esquemas de codificación en el interfaz aire: CS1, CS2, CS3 y CS4. Estos esquemas implican diferentes códigos de canal y se diferencian por un decreciente nivel de protección contra los errores de transmisión, que permite mayores velocidades de transmisión de información. De esta forma es posible elegir entre códigos con elevada redundancia, robustos pero con bit-rate modesto, y códigos con menor redundancia, que permite un mayor bit-rate pero menos robustos. La tabla resume más detalladamente los parámetros de los códigos.

Coding Scheme	Data Rate per TSL (kbit/s)
CS1	9.05
CS2	13.4
CS3	15.6
CS4	21.4

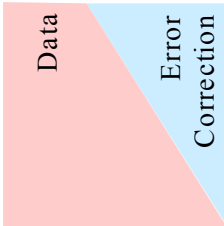


Figura 2.21. Tasa binaria por esquema de codificación.

CS-1 corresponde al código de canal utilizado en GSM para el SACCH. CS-2 y CS-3 se basan en el mismo esquema de codificación que CS-1, donde se reduce el número de bit de *forward error control* (FEC) para aumentar el número de bits disponibles para la información y alcanzar así el bit-rate deseado.

Scheme	Code rate	USF	coded USF	Radio Block	BSC	Tail	Coded bits	Punctured bits	Data rate kbps
CS-1	1/2	3	3	181	40	4	456	0	9.05
CS-2	~2/3	3	6	268	16	4	588	132	13.4
CS-3	~3/4	3	6	312	16	4	676	220	15.6
CS-4	1	3	12	428	16	-	456	-	21.4

Tabla 2.22. Tipos de codificación en GPRS.

Resulta claro que los códigos menos robustos proporcionan una efectiva ventaja sólo si la transmisión es muy fiable y la probabilidad de error muy baja. Esto corresponde a condiciones de enlace radio con elevada relación C/I. En el interfaz Abis, los datos GPRS se transportan en tramas TRAU modificadas. Como en conexiones de conmutación de circuitos, un enlace de 16 kbit/s se requiere por timeslot de interfaz aire. De esta forma, no se requiere ningún incremento en la capacidad Abis para GPRS. Hay que tener en cuenta que los esquemas de codificación CS3 y CS4 no encajan en un único sub-slot 16kbit/s, de forma que serán necesarios introducir capacidad adicional en el Abis y realizar un re-mapeo.

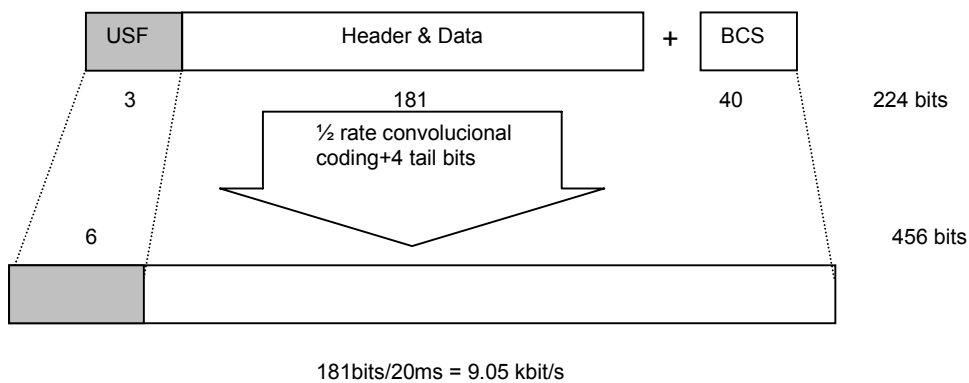


Figura 2.23. Estructura de trama del esquema CS-1.

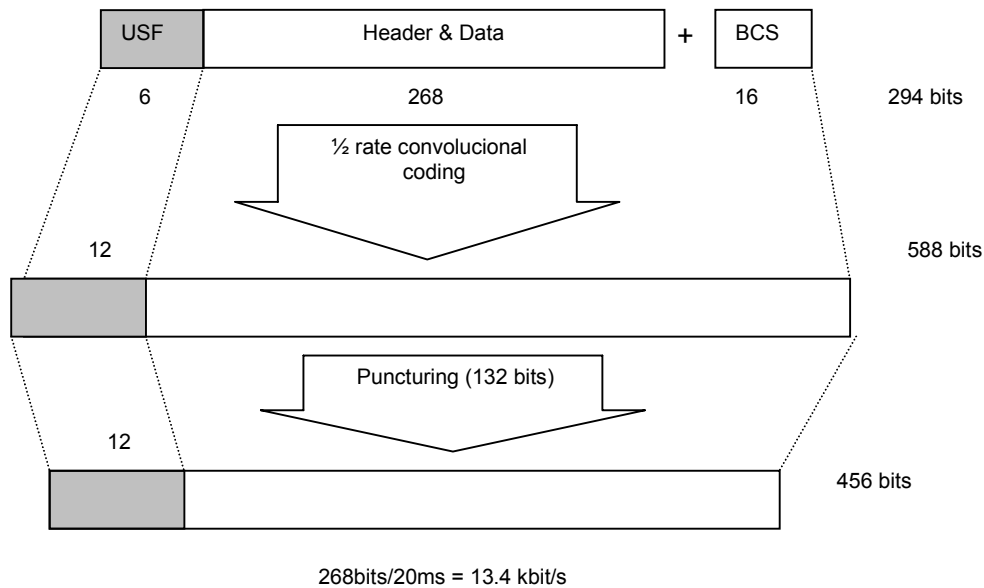


Figura 2.24. Estructura de trama del esquema CS-2.

De estas figuras se observa que el esquema de codificación 2 permite utilizar más bits de información y por consiguiente menos protección que el CS-1. Resulta claro que los códigos menos robustos proporcionan una efectiva ventaja sólo si la transmisión es muy fiable y la probabilidad de error muy baja.

Esto corresponde a condiciones de enlace radio con elevada relación C/I. Además CS-3 y CS-4 alcanzan y superan el bit rate del interfaz Abis (16 Kbps) de modo que ésta necesita ser modificada para la implementación de estos códigos.

El funcionamiento de un esquema de codificación depende de la calidad del enlace radio (relación C/I), que a su vez depende de la planificación celular utilizada, del espectro disponible (frecuencias) y del nivel de tráfico presente en la red.

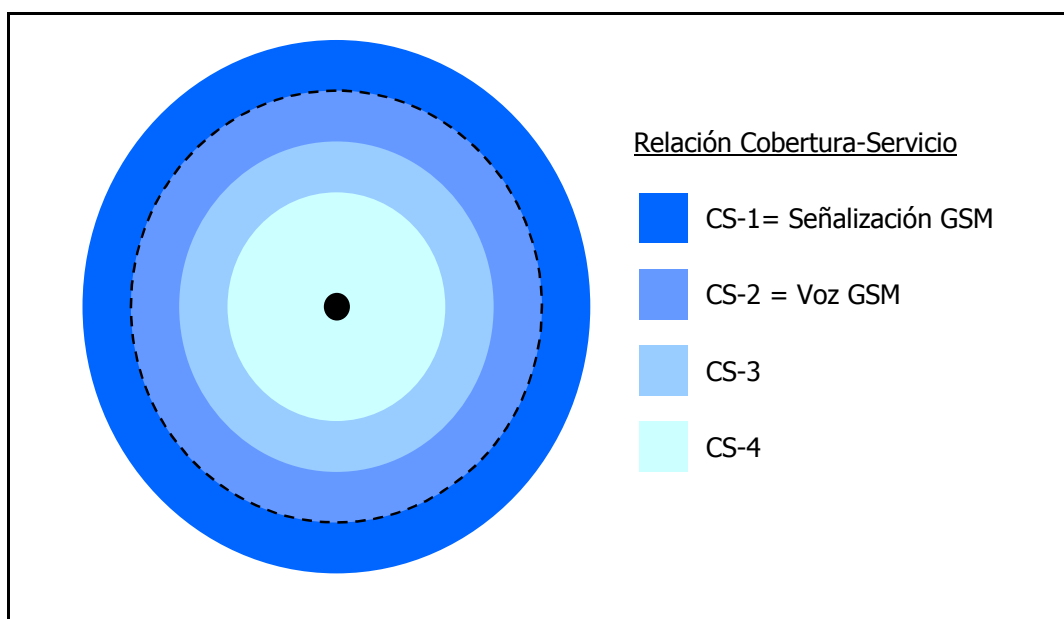


Figura 2.25. Relación cobertura-esquema de codificación.

Simulaciones demuestran que el throughput efectivo proporcionado por los diferentes esquemas de codificación depende de la relación C/I. La figura siguiente presenta los resultados de dichas simulaciones. La máxima velocidad teórica por Time Slot con GPRS se estima ser de 21.4 kbps con CS-4. Por tanto, si se utiliza el máximo número de TS permitido por MS (8 TS) se puede alcanzar una tasa binaria de 171.2 kbps, siempre que subsistan las condiciones de C/I necesarias.

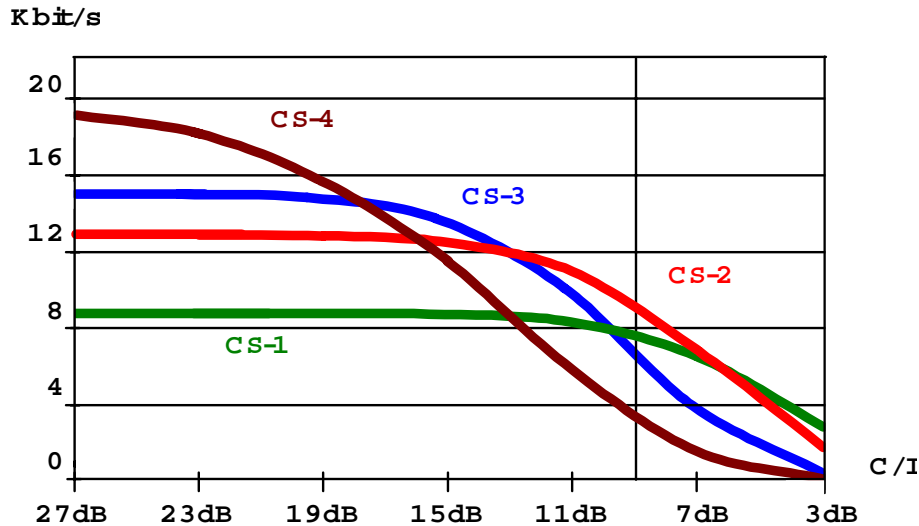


Figura 2.26. Comparativa entre los esquemas de modulación.

2.4.4.1 Selección de esquema de codificación.

En todos los canales de control GPRS salvo el Packet Random Access Channel (PRACH) y el Packet Timing Advance Control Channel en Uplink (PTCCH/U) se usa siempre el esquema CS-1. Por otra parte, es de destacar que todos los esquemas de codificación son obligatorios para los móviles GPRS, mientras que para una red que quiera ofrecer servicios GPRS el único código realmente obligatorio es el CS-1.

Recordamos que para los servicios de conmutación de circuitos las prestaciones radio han sido especificadas principalmente en términos de BER (Bit Error Rate), para un valor de C/I de 9 dB o para un nivel de sensibilidad de referencia (en dBm) al fin de obtener un valor asignado de BER. En los servicios de conmutación de paquetes las prestaciones han sido especificadas en términos de C/I o de niveles de sensibilidad necesarios para obtener unos valores de Block Erasure Rate (BLER) del 10%. A título de ejemplo, en la tabla a continuación se muestran las especificaciones para un entorno urbano de propagación (Typical Urban 50 Km/h) en el caso de *Frequency Hopping* ideal. Si los valores realmente presentes en la red no cumplieren los requisitos de C/I requeridos, la transmisión de datos sería igualmente posible pero a costa de una disminución del *throughput* (debida al incremento de retransmisiones de paquetes).

Esquema de codificación	C/I requerido (dB) TU 50 - FH ideal
CS-1	9
CS-2	13
CS-3	15
CS-4	23

Tabla 2.27. C/I requerido para un BLER del 10%.

Examinando el comportamiento de las curvas en figura anterior, deducimos que el throughput máximo se obtiene con valores altos de C/I y esquemas de codificación con bajo nivel de protección (como CS-3 o CS-4) que garantizan una alta eficiencia de transmisión, sólo si las retransmisiones de los bloques radio debidas a errores no corregidos por el FEC son insignificantes. Sin embargo, en correspondencia de altos valores de C/I, pero con esquema de codificación del tipo 1 ó 2 (elevado nivel de protección de errores), a pesar del bajo número de retransmisiones el throughput es menor que el correspondiente a CS-3/4, siendo la mayor parte de los bits transmitidos redundancia para la corrección de errores. Con valores bajos de C/I, los códigos con menos nivel de protección (CS-3/4) son inutilizables y resulta necesario emplear los esquemas de codificación CS-1/2. Así pues, se puede concluir que:

- **CS-2** tiene requisitos de C/I parecidos a la voz GSM, y por tanto permite buenos valores de throughput en una red diseñada para voz GSM. Este esquema se puede considerar como referencia y término de comparación para los demás.
- **CS-1** resulta ser menos exigente que la voz GSM, con lo cual garantiza elevada robustez en una red diseñada para voz GSM, a expensas de un throughput reducido con respecto a CS-2.
- **CS-3** aporta una mejora marginal en el throughput con respecto a CS-2, necesitando por otra parte valores bastante superiores de C/I.
- **CS-4** tiene el valor de throughput nominal más elevado, pero requiere valores de C/I muy elevados (> 19 dB), muy poco frecuentes en una red GSM actual.

A la hora de elegir uno u otro esquema de codificación, se deberá tener en cuenta, no sólo la velocidad de transmisión que éste proporciona, sino también la calidad de la red en el entorno considerado (valor de C/I) y la capacidad de transmisión en el interfaz A-bis.

Con respecto a este último aspecto, recordamos que en el interfaz A-bis los datos GPRS se transportan en tramas TRAU modificadas. Con los esquemas de codificación CS-1 y CS-2 se requiere una canal de 16 kbit/s por *timeslot* del interfaz radio, de igual forma que en las conexiones de conmutación de circuitos. De esta forma, no se requiere ningún incremento en la capacidad A-bis para GPRS. Por el contrario, los esquemas de codificación CS-3 y CS-4 no encajan en un único sub-slot de 16kbit/s, de forma que será necesario introducir capacidad adicional en el A-bis y realizar un re-mapeo. Una funcionalidad del tipo “*Dynamic A-bis*” que permitiría un re-mapeo dinámico en el A-bis, para tener más de 16 Kbps por *time slot* del interfaz aire, sería la solución más conveniente, visto que un mapeo estático implicaría un gran desgaste de capacidad.

Para mejorar la eficiencia en transmisión, vista la variabilidad del canal de propagación, sería conveniente, además, poder elegir de manera dinámica y durante una conexión el esquema de codificación más adecuado, con un mecanismo denominado “*Link Adaptation*” que se prevé implementar en la segunda fase del GPRS.

2.5 Core network.

2.5.1 FUNCIONALIDADES.

Al hablar de las funcionalidades de Core Network (o red troncal) para GPRS, se debe tener en cuenta que muchas de las funcionalidades desarrolladas para esta tecnología dependen del suministrador que proporciona los distintos nodos. Sin embargo, el estándar recoge las funcionalidades básicas que debe implementar cualquier suministrador para los distintos nodos de GPRS.

2.5.1.1 Funciones de control de acceso a la red.

La red de acceso es el medio a través del cual los usuarios se conectan a una red de telecomunicaciones para hacer uso de los servicios o facilidades que proporciona dicha red. Un protocolo de acceso se define como un conjunto de procedimientos que permite a un usuario utilizar los servicios o facilidades de una red de comunicaciones.

La red de acceso de los usuarios puede verse tanto del lado del móvil como desde la red PLMN. El interfaz de red fija puede soportar diferentes protocolos de acceso hacia redes de datos externos, por ejemplo IP. El conjunto de protocolos de acceso que se soporta por la red se debe determinar por los propios operadores de la red PLMN. Para ello, existen funciones de control de acceso según las capacidades de los usuarios individuales que limitan el servicio disponible para los mismos.

2.5.1.2 Funciones de registro.

Las funcionalidades de registro son aquellas por las cuáles un Mobile ID (es decir, la identificación móvil de un usuario, que en la práctica se asocia al número móvil) de usuario se asocia con una dirección en la red PLMN, con un punto de acceso a la red PDP externa y con un protocolo de datos de usuario. La asociación puede ser estática (almacenada en el HLR) o dinámica, alojando los recursos en los nodos GSN.

2.5.1.3 Funciones de autenticación y de autorización.

Estas funciones llevan a cabo la identificación y autenticación del usuario que pide los servicios, y de la validación del tipo de servicio requerido para asegurar que el usuario está autorizado a hacer uso de un servicio particular de la red.

La función de autenticación se lleva a cabo en asociación con las funciones de *Control de Movilidad*.

2.5.1.4 Función de control de admisión.

El propósito de esta funcionalidad es calcular qué recursos de red se necesitan para proporcionar una determinada calidad de servicio (QoS) requerida, determinando si dichos recursos están disponibles y reservándolos si así fuera.

El control de admisión se lleva a cabo junto con la función de Gestión de los Recursos Radio para poder estimar los recursos necesarios por celda.

2.5.1.5 Función de screening de mensajes.

Una función de screening trata del filtrado de los mensajes autorizados o no autorizados. Esta funcionalidad debería soportarse a través de funciones propias de filtrado de paquetes. El resto de los mensajes de control y filtrado de los paquetes debe realizarse por parte del operador mediante, por ejemplo, el uso de firewalls (cortafuegos).

2.5.1.6 Funciones de adaptación de paquetes.

Esta función adapta los paquetes transmitidos/recibidos hacia/desde un equipo terminal de datos para una apropiada transmisión a través de una red de paquetes.

2.5.1.7 Función de recogida de datos de tarificación.

Esta función se encarga de encaminar y recoger los distintos ficheros de tarificación hacia los elementos que realicen las funciones de procesado.

2.5.1.8 Función de restricción determinado por el operador.

El propósito de esta función es limitar al proveedor del servicio del riesgo financiero respecto a nuevos usuarios morosos, restringiendo determinados servicios.

2.5.1.9 Funciones de enrutado y transferencia de paquetes.

Una ruta es una lista ordenada de nodos utilizada para la transferencia de mensajes dentro de la PLMN o entre varias PLMNs.

Cada ruta está formada por el nodo originante y ninguno o varios nodos de retransmisión y por el nodo destino. El proceso de enrutado y de su uso, en concordancia con una serie de reglas, consiste en llevar la transmisión de los mensajes a través de las rutas establecidas dentro de la PLMN.

- **Función de retransmisión.** La función de retransmisión es aquella que consiste en reenviar los paquetes recibidos de un nodo al siguiente nodo dentro de una determinada ruta.
- **Función de enrutado.** Esta función determina el nodo de la red al cual debe enviarse el mensaje y el servicio utilizado para llegar al nodo GSN utilizando la dirección de destino del mensaje. La función de enrutado selecciona el camino de transmisión según el “próximo salto” en la ruta. La transmisión de datos entre los GSNs puede hacerse a través de redes de datos externas que proporcionen las mismas funciones de enrutado (por ejemplo, X.25, Frame Relay, ATM, etc.).

2.5.1.10 Función de traducción y mapeo de direcciones.

Esta función es la conversión de una dirección en otra de diferente tipo. La traducción de direcciones se utiliza para convertir una dirección de un determinado protocolo en otra de otro protocolo distinto que se utilice para enrutar paquetes dentro de una red (o varias) PLMN(s).

El mapeo de direcciones se utiliza para mapear una dirección de red en otra distinta de la misma red pero del mismo tipo, por motivos de enrutado y retransmisión de mensajes en la PLMN.

2.5.1.11 Funciones de encapsulado.

El encapsulado es la suma de direcciones e información de control dentro de una unidad de datos para enrutado de paquetes en una red PLMN. El desencapsulado consiste en la recuperación de la dirección y de la información de control de una unidad de datos hasta el paquete original. Este proceso se realiza entre los nodos de soporte de GPRS (GSNs) y entre el SGSN y la MS.

2.5.1.12 Función de tunnelling.

El *Tunnelling* es la transferencia de unidades de datos encapsuladas dentro de la red PLMN, desde el punto de encapsulamiento hasta el punto destino donde se desencapsula la información. Un túnel es un camino de dos sentidos con conexión punto-a-punto, donde sólo se identifican los puntos extremos del mismo.

2.5.1.13 Funciones de compresión.

Las funciones de compresión optimizan el uso de la capacidad radio mediante la transmisión de SDU (*Subscriber Data Unit*) pequeñas, mientras preservan la información contenida.

Sólo se soporta compresión de cabeceras IP en modo Iu.

2.5.1.14 Funciones de cifrado.

Las funciones de cifrado preservan la confidencialidad de los datos de usuario y de la señalización a través de los canales radio, protegiéndola de intrusos.

2.5.1.15 Funciones de DNS (servidor de nombres de dominio).

La función de DNS resuelve los nombre lógicos de los GSN a direcciones. Esta funcionalidad es estándar dentro de Internet, que permite la resolución de cualquier nombre para un GSN o cualquier nodo dentro de una red de datos.

2.5.1.16 Funciones de control y gestión de la movilidad.

Las funciones de gestión de la movilidad se utilizan para seguir la pista de la localización actual de un MS dentro de la propia o en otra PLMN.

2.5.1.17 Función de gestión de las conexiones lógicas.

Las funciones de gestión de las conexiones lógicas se refieren al mantenimiento de los canales de comunicación entre la MS y la PLMN dentro del interfaz radio. Estas funciones implican las propias de coordinación de los estados de la conexión y de las actividades de supervisión dentro del propio enlace.

2.5.1.18 Funciones de gestión de los recursos radio.

Estas funciones hacen referencia a la distribución y el mantenimiento de las conexiones de comunicación vía radio y de la red de acceso.

2.5.1.19 Funciones de gestión de la red.

Las funcionalidades de gestión de red proporcionan mecanismos para el soporte de las funciones de operación y mantenimiento referidas al dominio de paquetes.

2.5.2 SGSN (SERVICE GPRS SUPPORT NODE).

El SGSN es el componente primario dentro de la red GSM para dar servicio de GPRS. Sus tareas principales son el envío de paquetes IP tanto en sentido saliente de la red como entrante, direccionándolos a la MS que esté *attached* al área de servicio de un SGSN. Por tanto, el SGSN proporciona enrutado de paquetes y transferencia hacia o desde el área de servicio, además de hacer de servidor para todos los usuarios GPRS que estén físicamente situados dentro de su área de servicio. Además, el SGSN proporciona los mecanismos para:

- Autenticación y Cifrado.
- Gestión de la Sesión.
- Gestión de la Movilidad.
- Gestión de los enlaces lógicos hacia la MS.
- Conexión hacia el HLR, MSC, BSC, GGSN y otros nodos.
- Datos de salida de tarificación.

Además, en el SGSN existe una funcionalidad de registro de la localización que almacena dos tipos de datos de usuario necesarios para la transferencia de paquetes, tanto originantes como terminantes:

- Información de Suscripción.
- IMSI.
- Una o varias identidades temporales.
- Uno o varias direcciones PDP.
- Información de localización.
- VLR asociado (si existe un interfaz Gs asociado), según el modo de operación de la MS, la celda y el Routing Area en donde se encuentra la MS.
- Direcciones del GGSN y de cada GGSN en el que hay un PDP context activo.

La activación de los PDP context debe soportarse en el SGSN. Después de que el procedimiento se complete y de que se haya utilizado la función de control de admisión para negociar la QoS con la MS, la MS pasa a estado *ready* y se podría enviar, en cualquier sentido, tráfico de paquetes.

2.5.3 GGSN (GATEWAY GPRS SUPPORT NODE).

Como el SGSN, el GGSN es un componente primario dentro de la red GPRS. Éste proporciona:

- El interfaz hacia una red de paquetes IP externa. El GGSN, por tanto, implementa la funcionalidad de acceso y las interfaces hacia ISP externos y funcionalidad de router y de RADIUS (Remote Access Dial-In User Service), que se utilizan para propósitos de seguridad. Desde el punto de vista de una red IP externa, el GGSN actúa como un router para direccionar IP a todos los usuarios suscritos a un determinado SGSN.
- Gestión de la sesión GPRS y establecimiento de la comunicación hacia una red externa.
- Funcionalidad para asociar los usuarios con el correcto SGSN.

- Datos de salida de tarificación. El GGSN recopila información para cada MS relacionada con el uso de la red de datos externa que se haga. Tanto el GGSN como el SGSN recopilan esta información.

Cuando un SGSN inicia la activación de un PDP context, ésta también debe ser soportada por el GGSN, que se encarga de, mientras la sesión está activa, enviar los paquetes hacia el SGSN correspondiente.

2.5.4 DNS.

Para GPRS, el DNS es un elemento de la red necesario para realizar las traducciones de los APNs (*Access Point Names*). El APN es la referencia utilizada por la MS para apuntar al GGSN que va a ser utilizado como salida desde la PLMN a las redes externas. La MS indica al SGSN el APN por el que se va a conectar y el SGSN debe traducir el APN a través de un DNS para conocer la dirección IP del GGSN al que se refiere. Este APN podría además identificar la red externa.

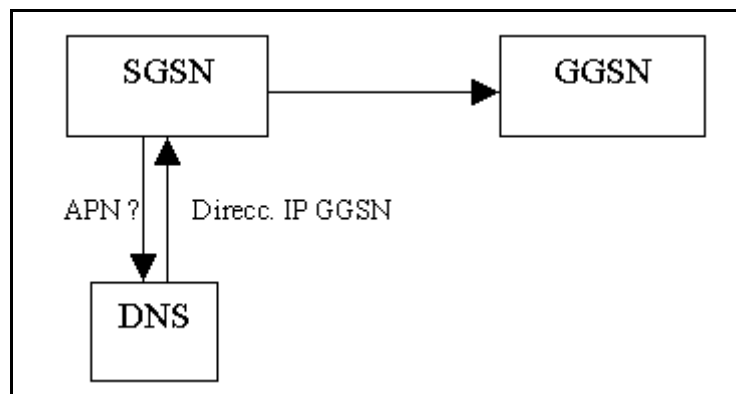


Figura 2.28. Modo de funcionamiento de un DNS en el entorno GPRS.

2.5.4.1 Funcionalidades de los DNS.

- **DNS como Traductor de APNs.** Esta es la funcionalidad más utilizada e importante de un DNS en el Core Network GPRS de una PLMN. El DNS debe ser capaz de resolver los APNs en direcciones IP de los GGSN a los que se refieren dichos APNs. En el caso de roaming, el DNS debería ser capaz de resolver los APNs de la HPLMN del roamer si es que estuviera permitido o, en su defecto, de dirigir la consulta a otro DNS para que la resuelva.
- **DNS para la Funcionalidad de Inter-SGSN Routing Area Update.** Cuando una MS pasa de un SGSN a otro SGSN (que incluso podría ser perteneciente a otra PLMN), el nuevo SGSN no tiene por qué conocer la dirección del antiguo SGSN. Por eso el SGSN transformaría la información de la antigua RA (Routing Area) en un nombre del tipo DNS. El SGSN adquiriría la dirección IP del *antiguo SGSN* desde un servidor DNS. Otra forma de soportar la misma clase de *inter-PLMN roaming* sin DNS *server* sería almacenar las direcciones IP de todos los SGSN en el HLR y solicitarlas cuando sea necesario.
- **DNS Server para Referencias a nodos GSN.** Dada la disposición de un DNS Server dentro de la PLMN, podría ser posible referirse a nodos GSN con nombres lógicos DNS, que serían traducidos a direcciones IP por el DNS Server.

2.5.5 PROVISIÓN DEL SERVICIO EN LOS HLRs.

Para provisionar el servicio GPRS a un usuario es necesario definirlo en el registro que éste posee en el HLR. Los datos de subscripción a GPRS son tratados de la misma forma que los datos de servicios básicos. En primer lugar se provisiona el acceso al servicio GPRS para el usuario, así como el tipo de acceso que utilizarán los mensajes cortos, por GSM vía MSC o por GPRS vía SGSN. Posteriormente es necesario definir cuales van a ser los PDPs a los que va a tener acceso el usuario.

A continuación se describen los datos que se deben definir para cada usuario.

- **Identificador de PDP Context**, es un índice particular del registro de usuario.
- **Tipo de PDP**, por ejemplo X.25, PPP, or IP. Actualmente sólo se soportan PDPs de tipo IP.
- **Dirección del PDP**. Es la dirección que se asignará al usuario cuando se conecte a ese PDP. Si se deja en blanco este campo la dirección IP la asignará la red de forma dinámica.
- **Access Point Name (APN)**. Es una etiqueta que identifica el acceso a un punto externo de la red de datos.
- **El APN "wildcard"** es un caso especial de provisión. En el HLR, solo se pueden asignar 5 APNs por usuario, aunque existe la posibilidad de provisionar el APN "wildcard", que, dependiendo de la configuración de la red, permite conectarse a cualquier APN de los definidos.
- **Perfil de calidad de servicio**. Es el nivel de calidad de servicio que se asignará a un usuario cuando se conecte a un APN, si no especifica otros requisitos en la petición de conexión. Los distintos parámetros que forman la calidad de servicio se detallan en el apartado CALIDAD DE SERVICIO.
- **VPLMN Address Allowed**. Especifica si el usuario, cuando hace roaming, puede utilizar la red visitada (VPLMN) para conectarse a un APN, o debe hacerlo a través de su red origen (Home PLMN).

En todos los HLRs deben estar definidos los mismos APNs con idénticos APNIDs, para facilitar las tareas de provisión.

2.6 Backbone.

2.6.1 DESCRIPCIÓN.

El backbone GPRS es una red basada en el protocolo IP a través de la cual se encaminan todos los paquetes de datos entre los distintos elementos de la red GPRS. Además de ofrecer la interconexión entre los nodos GPRS (GSN), el backbone también provee el interfaz hacia otras redes de paquetes como Internet, X25 o redes GPRS de otros operadores.

El backbone está formado por routers y switches, además de otros servicios como DNS y Firewalls. Puede implementarse utilizando distintas tecnologías, como IP sobre ATM, IP sobre SDH o MPLS. Una red basada en IP con la opción de ATM permite a los operadores móviles reutilizar el mismo backbone como base en la evolución a 3G, protegiendo la inversión realizada.

En GPRS se distinguen dos Backbones:

- **Intra-PLMN backbone.** Conecta GSNs de la misma PLMN y, por lo tanto, es una red IP privada del operador GPRS.
- **Inter-PLMN backbone.** Conecta GSNs de distintas PLMNs. Es necesario un acuerdo entre dos operadores GPRS para implantar este backbone.

2.6.2 ARQUITECTURA GENÉRICA DE UNA RED DE DATOS.

Generalmente la arquitectura de una red de datos es jerárquica, distinguiéndose tres capas:

- **Backbone:** proporciona el transporte entre emplazamientos. Su función es la conmutación de paquetes de la forma más rápida posible.
- **Distribución:** proporciona conectividad de acuerdo a ciertas políticas, como filtrado, calidad de servicio, etc.
- **Acceso:** conexión entre los usuarios finales y la red.

En una red de datos se distinguen dos componentes:

- **Campus:** consiste en los usuarios conectados localmente en un edificio o grupo de edificios. La tecnología típica de LAN es Ethernet
- **WAN (Wide Area Networks):** conecta varios campus. Las tecnologías típicas de WAN son Leased lines, Frame Relay, RDSI, ATM, ADSL, X25.

A continuación se describen los equipos utilizados en la implementación de una red de datos:

- **Routers:** separan dominios de broadcast y se usan para conectar diferentes redes. Los routers encaminan el tráfico de una red basándose en la dirección de la red destino (Nivel 3).
- **Switches:** operan en capa 2 del modelo OSI, conmutando paquetes de acuerdo a la dirección MAC. Proporcionan un segmento de red único en cada puerto.

2.6.3 INTRA-PLMN BACKBONE.

La intra-PLMN Backbone es la red IP que posibilita la conexión entre GSNs de un operador.

Sobre este backbone interno se transporta el interfaz Gn. Los nodos GPRS (GSN) utilizan el protocolo GTP (GPRS tunnelling protocol) sobre el backbone. GTP se utiliza para encapsular mensajes IP, X25 y MAP (mobile application part) entre los GSNs. Además de GTP, a través del interfaz Gn se transportan los siguientes tipos de tráfico:

- Tráfico de CDRs o ficheros de tarificación generados en los nodos.
- Tráfico de supervisión de cada nodo.
- Tráfico de autenticación de los usuarios entre el cliente RADIUS de los nodos GGSN y los servidores RADIUS del operador.
- Tráfico de resolución de nombres entre los SGSN y los DNS del operador.

También es posible utilizar los mismos recursos de la intra-PLMN Backbone para transportar el interfaz Gb. Este interfaz es Frame Relay de acuerdo al estándar. Para su transporte pueden utilizarse distintas aproximaciones:

- Red frame relay propia o alquilada.
- Transmisión libre de los circuitos utilizados para voz entre BSC-MSC y de MSC a SGSN como canales portadores de Frame Relay y utilizando las MSCs como crossconectores.
- Backbone.

En la tabla se muestran las ventajas y desventajas de las distintas posibilidades.

	<i>Backbone</i>	<i>Red FR alquilada</i>	<i>Red FR propia</i>
<i>Rapidez de implementación</i>	Alta	Media (dependencia del proveedor de circuitos)	Media
<i>Sencillez</i>	Media	Alta	Baja
<i>Escalabilidad</i>	Crecimiento rápido	Dependencia del proveedor	Crecimiento rápido
<i>Gestión</i>	Control total	Sin control	Control total. ¿Conocimiento experto en FR?
<i>Redundancia</i>	Garantizado por el BB, en transmisión y equipos	No siempre es posible la diversidad de rutas e implica un alto coste	Necesario duplicar equipos
<i>Costes</i>	Tarjetas routers nuevos	Alta circuitos Cuota mensual	Alta circuitos. Cuota mensual Equipos de conmutación FR (routers, otros)
<i>Protección de inversión</i>	Reutilizable	Red paralela, exclusiva para GPRS	Red paralela, exclusiva para GPRS

Tabla 2.29. Opciones de implementación de Gb.

2.6.4 INTER-PLMN BACKBONE.

La inter-PLMN backbone es la red IP que hace posible la conexión entre nodos GSNs de distintas PLMNs para ofrecer los servicios de roaming GPRS.

Sobre la inter-PLMN backbone se transporte el interfaz Gp de los nodos GSN.

La conexión entre la red de datos de un operador móvil y la inter-PLMN backbone se realiza utilizando equipos Border Gateways y firewalls para garantizar la seguridad de la red GPRS del operador. Los Border Gateways / Firewalls pueden utilizar técnicas de cifrado y tunneling.

A través de los firewalls se permitirá únicamente el tráfico entre DNS, señalización entre nodos GSN, datos GPRS entre la VPLMN y la HPLMN y herramientas de diagnóstico como el ping.

La Inter-PLMN Backbone puede construirse mediante enlaces directos entre las operadoras o mediante una red para roaming compuesta por varios proveedores GRX (GPRS Roaming Exchange), tal y como se muestra en la figura siguiente.

El servicio de GRX proporciona conectividad IP internacional entre las redes de los operadores móviles, haciendo posible el transporte del tráfico de datos IP de los clientes en roaming cuando utilizan los servicios GPRS desde otros países distintos al de origen.

Con una única conexión al servicio de GRX, un operador móvil puede tener acceso a cualquier otra red con roaming.

El servicio GRX se basa en una red IP privada, dedicada al transporte de tráfico de datos de roaming.

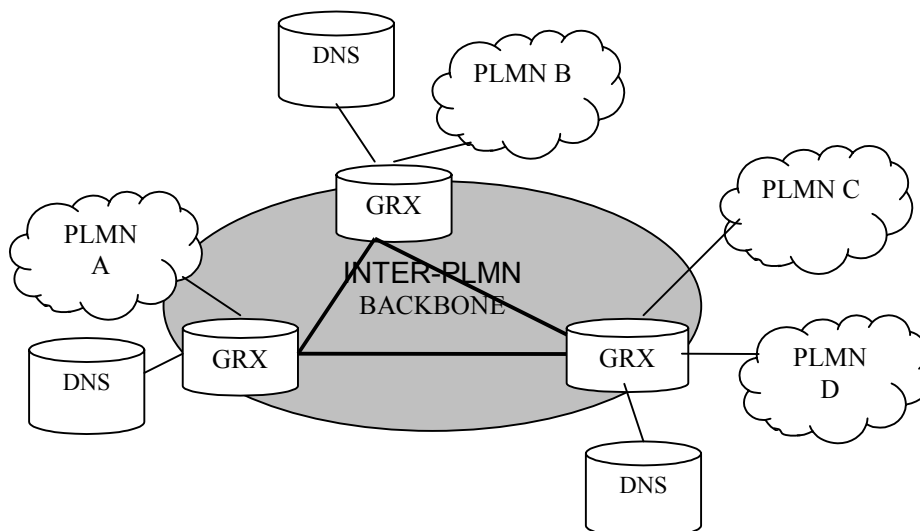


Figura 2.30. GPRS Roaming Network.

Los requerimientos que debe cumplir un proveedor de GRX son:

- Conectividad: solución escalable.
- Posibilidad de interconexión con otros Roaming partners vía un único GRX.
- Disponibilidad del servicio:
 - Solución redundante.
 - Servicio 24x7.
 - Seguridad, no debe existir ninguna conexión directa a la red IP pública.
 - QoS (round trip delay, packet loss).

En la InterPLMN backbone se utiliza el protocolo BGP4. Puede utilizarse un sistema autónomo privado o público. Inicialmente, la Asociación GSM ha acordado el uso de Sistemas Autónomos privados y es la encargada de controlar y administrar los números de Sistemas Autónomos privados.

2.6.5 OPCIONES DE IMPLEMENTACIÓN DEL BACKBONE .

Para la implementación del Backbone GPRS se tienen diferentes opciones. El protocolo de nivel 3 ha de ser IP, pero por debajo de esta capa puede utilizarse ATM, MPLS, SDH/SONET, DWDM ..., tal y como se muestra en la figura.

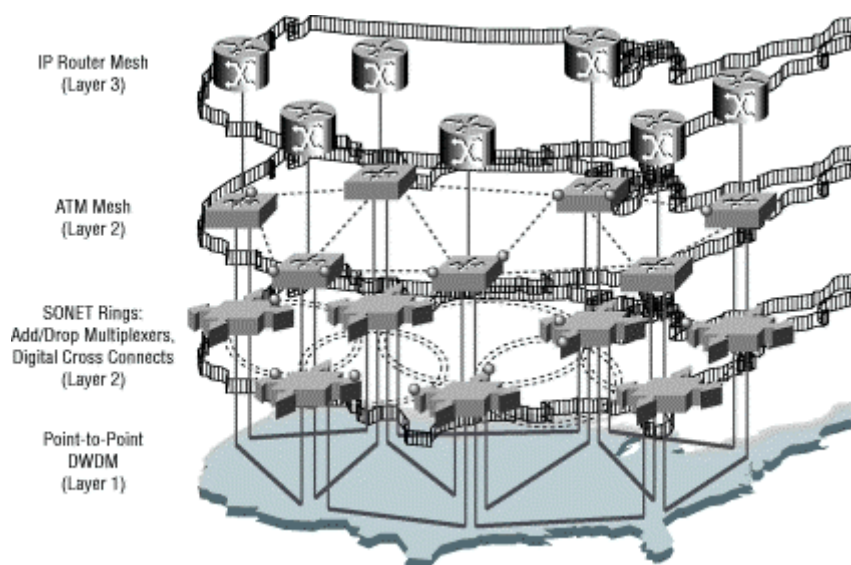


Figura 2.31. Opciones de implementación del backbone.

En la Tabla siguiente se presenta una comparativa entre las distintas opciones para el transporte de IP.

	<i>ATM</i>	<i>IP/MPLS</i>	<i>IP over SDH</i>	<i>IP over WDM</i>
<i>VPN</i>	Nivel 2: Basadas en técnicas (VP/VC)	Nivel 3: Basadas etiquetas (config automát.)	Nivel 3: Basadas en técnicas túneles	Nivel 3: Basadas en técnicas túneles
<i>Calidad de Servicio</i>	Nativas del protocolo, sólo a nivel 2, con uso de PVC separados	Diff-Serv + Traffic engineering	Diff-Serv	Diff-Serv
<i>Gestión de Ancho de Banda</i>	Granularidad: Basada en ATM cell rate, alta flexibilidad Traffic Engineering:	Granularidad: Depende del nivel de transporte Traffic Engineering:	Granularidad: Basada en jerarquías SDH, baja flexibilidad	Granularidad: Flujos de datos de alta velocidad
<i>Escalabilidad</i>	Basada en una malla estática VC	Alta	Alta	Alta
<i>Gestión y Mantenimiento de la Red</i>	En general, gestión de ATM y SDH por separado	Simple	Simple	Muy simple, solo gestión a nivel IP e interfaz óptico
<i>Soporte del tráfico de voz</i>	Clases de Servicio dedicadas con QoS garantiz.	Con Diff-serv + MPLS Traffic Engineering	Con Diff-serv	Con Diff-serv
<i>Transporte del protocolo IP</i>	Modelo clásico de IP sobre ATM	Nativo	Nativo	Nativo
<i>Transporte de otro protocolos</i>	Plataforma Multiservicio	Plataforma orientada a IP	Plataforma orientada a IP	Plataforma orientada a IP
<i>Tolerancia a fallos</i>	Enrutamiento IP + redundancia por ATM VC + redundancia nivel SDH	Enrutamiento IP + redundancia a nivel de transporte.	Enrutamiento IP+ redundancia a nivel SDH + redundancia a nivel WDM	Enrutamiento IP + redundancia nivel WDM
<i>Exceso de bits debido al protocolo</i>	Overhead Grande (ATM+AAL5+SNAP), 20-25%	Depende del protocolo de nivel 2 específ.	Overhead Bajo	Overhead Mínimo
<i>Disponibilidad Comercial</i>	Muy buena	Buena	Muy buena	Tecnología en fase inicial

Tabla 2.32. Comparativa de alternativas para el transporte de IP.

La tendencia en las redes de datos es hacia arquitecturas sencillas para el transporte de servicios IP, eliminando capas intermedias como ATM y utilizando el protocolo IP/MPLS.

2.6.6 DIRECCIONAMIENTO IP EN GPRS.

Hay que distinguir entre el direccionamiento de los nodos de la red GPRS y el direccionamiento utilizado para los usuarios GPRS.

A continuación se presenta un resumen del estado de las recomendaciones proporcionadas en este aspecto:

- Utilización de las guías, políticas de solicitud y procedimientos de los RIR (Regional Internet Registry), incluyendo algunos extras de la Asociación GSM.
- Uso de direcciones públicas cuando el servicio a proporcionar lo requiera o pueda probarse que la utilización de direccionamiento privado no es adecuada.
- Utilización eficiente de los rangos de direccionamiento solicitados:
 - Comparación del rango de direcciones públicas solicitadas con la cantidad de direcciones privadas utilizadas en los servicios existentes / planificados.
 - Direccionamiento dinámico para compartir direcciones públicas entre varios usuarios.

Cada operador es responsable de:

- El diseño y la implantación de sus servicios y red.
- Solicitar y justificar las direcciones públicas que necesite.
- Direccionamiento IP para Usuarios GPRS.
- El despliegue de GPRS ha comenzado utilizándose direcciones Ipv4 para identificar a cada terminal móvil.

Debido al creciente número de usuarios con terminal móvil, a la convergencia de GPRS e Internet y a la naturaleza “always on” de GPRS se ha planteado la duda de si las direcciones Ipv4 disponibles actualmente serían suficientes para cubrir la demanda.

Después de un estudio de los distintos servicios que se ofrecerán sobre GPRS, se ha determinado que para la mayoría de ellos no son necesarias direcciones IP registradas, sino que pueden utilizarse rangos privados.

Las ventajas del direccionamiento privado son:

- No es necesario hacer una petición de direcciones IP a un organismo de registro de Internet. A veces esta petición puede implicar algún retraso en la implantación.
- Se aumenta la seguridad, ya que las direcciones privadas no son directamente accesibles desde Internet.

Los inconvenientes del direccionamiento privado son:

- Es necesario utilizar NAT: puede tener impacto en el rendimiento. El impacto sobre la degradación del rendimiento es muy pequeño respecto a la situación en la que se utilizan firewalls y WapGateways y no se usa NAT.
- No existen direcciones privadas para más de 16 millones de clientes conectados simultáneamente.

Para el direccionamiento de los usuarios GPRS pueden utilizarse direcciones IP estáticas o dinámicas. La asignación dinámica de direcciones permite reducir el tamaño del pool de direcciones IP necesario y hace posible el routing en configuraciones en las que varios GGSN sirven un mismo APN.

Las recomendaciones del IR.40 sobre el direccionamiento IP para los usuarios son:

<i>Nº</i>	<i>Servicio</i>	<i>Tipo de dirección</i>	<i>Observaciones</i>
<i>1</i>	<i>Acceso directo a Intranet corporativa</i>	<i>De la empresa</i>	<i>Utilización de direcciones de la empresa, normalmente Privadas</i>
<i>2</i>	<i>Acceso a Internet vía WAP</i>	<i>Privada</i>	<i>No hay justificación para direccionamiento público. Alto volumen. Utilizando direccionamiento privado también pueden ofrecerse servicios "push", ya que es el WapGateway y no quien ha iniciado el push el que se comunica con el teléfono WAP.</i>
<i>3</i>	<i>Acceso a Internet vía WAP y a aplicaciones compatibles con NAT (Web, PoP3, e-mail)</i>	<i>Privada</i>	<i>Probablemente será utilizando una PDA. Volumen medio-bajo.</i>
<i>4</i>	<i>Acceso a Internet, incluyendo acceso a Intranets via cliente VPN IPSec</i>	<i>Pública</i>	<i>Probablemente será utilizando un PC.</i>
<i>5</i>	<i>APN Internet</i>	<i>Pública</i>	<i>Utilizada únicamente con roaming internacional</i>

Tabla 2.33. Recomendaciones del IR.40 sobre el direccionamiento IP para los usuarios.

2.7 Procesos básicos.

2.7.1 ACTUALIZACIÓN DE ROUTING AREA.

Al igual que ocurre en GSM, en GPRS las celdas se agrupan en entidades superiores a efectos de localización de la zona del área de servicio en la que se encuentra la estación móvil. Estas entidades superiores se denominan *Routing Area*, equivalentes a las Áreas de Localización existentes en GPRS. El principal cometido de los procesos de actualización de *routing area* consiste en renovar periódicamente la información sobre la localización de cada uno de los móviles cuando éstos se encuentran en estado GPRS-*attached*. La disponibilidad de esta información por parte de la red es imprescindible, tanto para móviles en *standby* en relación con el encaminamiento adecuado de los mensajes de paging, como para móviles en transfer en relación con el ruteo de los paquetes destinados al mismo.

En este proceso de actualización el móvil intercambia mensajes con el SGSN y el tráfico generado dependerá de la cadencia de dicho proceso, entre otros factores. Desde este punto de vista será necesario elegir un solución de compromiso entre el tráfico relacionado con estos mensajes y el grado de fiabilidad de la información almacenada a cerca de la localización de los móviles, ya que al disminuir la cadencia la precisión temporal es menor.

El procedimiento de routing area puede ser iniciado por dos causas, según las cuales distinguimos entre:

- **Actualización de Routing Area normal.** Para actualizar el registro del routing area actual de un móvil en la red cuando éste acampa en una celda que pertenece a una routing area distinta de la inicial.
- **Y actualización de Routing Area periódico.** Este procedimiento es utilizado por un móvil GPRS para mandar su localización a nivel de routing area de forma periódica. Existe un temporizador (T3480) que controla el proceso de actualización periódica de routing area por parte del móvil y está definido en el SGSN. El valor de este temporizador se envía de la red al terminal en los mensajes de Routing Area Update Accept o Attach Accept. El temporizador es único por routing area. Cuando el T3480 expira, el móvil debe iniciar el proceso de actualización de routing periódica.

Además de la distinción entre los procedimientos de actualización normal y periódico, existe también la posibilidad de llevar a cabo la actualización de *Routing Area* y *Location Area* de forma combinada, utilizando los mismos mensajes para transmitir la información relacionada con ambos procesos. Cabe destacar que este procedimiento combinado solo es posible en modo de operación I. Para los modos de operación II y III el móvil realizará la actualización de *routing area* y *location area* de forma independiente. En el caso de que sea clase A simultáneamente, iniciando primero la actualización de location area, y si el móvil no es clase A entonces realizará primero la actualización de location area y cuando ésta haya finalizado iniciará la de routing area.

2.7.1.1 Proceso de actualización Routing Area (IntRA-SGSN).

El intercambio de mensajes durante el proceso de actualización de *routing area* es el siguiente:

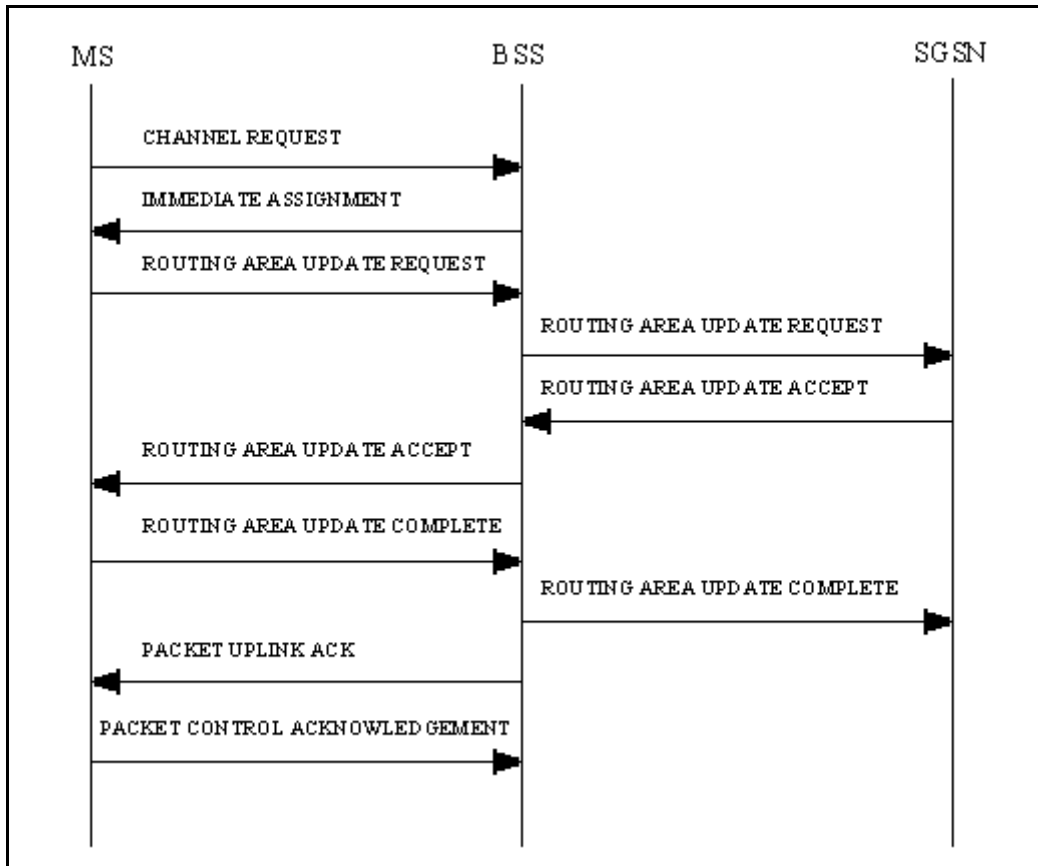


Figura 2.34. Procedimiento de actualización de Routing Area.

Una vez establecidos los canales adecuados para la transferencia de los mensajes involucrados en el proceso de actualización de routing area, el móvil enviará el mensaje ROUTING AREA UPDATE REQUEST, solicitando el inicio del proceso. Si la petición de routing area es aceptada por la red, ésta enviará un mensaje de ROUTING AREA UPDATE ACCEPT, en el cual la red podrá incluir un nuevo P-TMSI (opcional) y la identificación de routing area. Cuando el móvil recibe el mensaje ACCEPT almacena la identificación del área enviada y reseteará el contador de intentos de actualización. La retransmisión se realiza cuatro veces, esto es, a la quinta expiración del temporizador, el procedimiento de actualización se aborta.

Si el mensaje de ROUTING AREA UPDATE ACCEPT contiene un P-TMSI, el móvil utilizará este P-TMSI como nuevo identificador temporal para servicios GPRS, si no seguirá utilizando el antiguo P-TMSI. Ambos, el viejo y el nuevo P-TMSI se considerarán como válidos hasta que las antiguas se consideren como inválidas por la red. El móvil enviará un mensaje de ROUTING AREA UPDATE COMPLETE si el mensaje RA UPDATE ACCEPT contiene: un P-TMSI y/o N-PDU.

Para limitar el número de intentos consecutivos de actualización de routing area, se introduce un contador de intentos. Para evitar así la actualización de routing area de móviles fuera de cobertura PLMN o sin servicio GPRS. Dicho contador se irá incrementando con cada intento y será reseteado cuando:

- Se complete un procedimiento de registro (attach) GPRS, o
- Se complete exitosamente un procedimiento de actualización de routing area.

Durante el procedimiento de actualización de Routing Area, el móvil no puede realizar ninguna transferencia de datos, aunque la recepción si es posible. La transmisión de la red será suspendida solo cuando el procedimiento de *Routing Area Update* implique un cambio de P-TMSI.

Si el temporizador expira cuando la MS se encuentra fuera de cobertura de la PLMN o sin servicio GPRS, entonces el móvil iniciará el proceso de actualización de routing area tan pronto como acampe de nuevo bajo cobertura GPRS.

Si el móvil pierde cobertura GPRS pero no expira el temporizador que controla la actualización de routing area periódico, le es permitido acampar de nuevo bajo servicio GPRS sin tener que llevar a cabo la actualización de su localización. Sólo lo hará si ésta ha cambiado durante el tiempo que ha estado fuera de cobertura GPRS.

2.7.1.2 Actualización de RA/LA combinado

El procedimiento de actualización de routing area combinado sólo se dará en modo de operación I; es decir, si existe interfaz Gs entre SGSN y MSC. En el mismo proceso de actualización de *Routing Area* se actualiza también la *Location Area*. Los mensajes de ROUTING AREA UPDATE ACCEPT y ROUTING AREA UPDATE COMPLETE transportan información para actualización de routing area y location area simultáneamente. El procedimiento de actualización combinado se inicia sólo si el móvil GPRS está registrado y:

- Detecta un cambio de routing area.
- Detecta un cambio de location area.
- Cuando un móvil GPRS está GPRS attach y quiere realizar un IMSI attach para servicios no GPRS.
- Tras el mensaje CM SERVICE REJECT (causa: IMSI desconocida por VLR) recibido en el móvil. En este caso la adaptación del tipo IE (Information Element) se establecerá a “RA/LA Update combinado con IMSI attach”.

El intercambio de mensajes durante el proceso de actualización de routing area combinado es el mismo que para una actualización periódica de routing area con la única diferencia en el mensaje ROUTING AREA UPDATE REQUEST donde el valor del tipo IE indicará “combined RA/LA updating”. La identificación Routing Area y Location Area de una celda se difunde en los canales broadcast.

Dependiendo del valor del IE recibido en el mensaje ROUTING AREA UPDATE ACCEPT, se pueden distinguir dos casos:

- El IE resultante indica “combined RA/LA”: el procedimiento RA/LA ha finalizado correctamente.
- El IE resultante indica “sólo RA”: el procedimiento RA es correcto pero no el LA Update.

El móvil enviará un mensaje de ROUTING AREA UPDATE COMPLETE si el ROUTING AREA UPDATE ACCEPT contiene: un P-TMSI y/o un TMSI; y/o números N-PDU recibidos. En este último caso, los números N-PDU recibidos que son válidos en el móvil se incluirán en el mensaje de ROUTING AREA UPDATE COMPLETE.

Cuando la red recibe un mensaje ROUTING AREA UPDATE COMPLETE para el timer T3350 (interno) y considera el nuevo P-TMSI como válido. Si en cambio, el RA Update combinado no puede aceptarse, la red envía un ROUTING AREA UPDATE REJECT al móvil. El móvil que recibe un ROUTING AREA UPDATE REJECT para el timer T3330 y pasa al estado IDLE.

2.7.2 GPRS ATTACH.

Antes de que un móvil pueda utilizar servicios de GPRS debe registrarse en el nodo SGSN. Durante el proceso de *GPRS attach*, el cual es iniciado desde la MS al SGSN, el móvil proporcionará su identidad y una indicación del tipo de *attach* que se va a realizar: *GPRS attach* o *GPRS/IMSI attach* combinado.

Al recibir una petición de registro procedente dla MS, la red comprueba si ese usuario está autorizado a utilizar servicios GPRS, copia el perfil de usuario desde el HLR al SGSN y le asigna un *P-TMSI (Packet Temporary Mobile Subscriber Identity)* con el que la MS se identificará. Este identificador está asociado a cada RA o routing area; es decir, el P-TMSI se modificará al cambiar de RA.

Si la MS tiene un P-TMSI válido se identificará mediante él y el RA asociado al mismo. Si no dispone de P-TMSI válido, la MS proporcionará su IMSI.

El SGSN envía el P-TMSI al MS en los mensajes de *Attach Accept* y *Routing Area Update Accept* y puede reasignarlo en cualquier momento siempre y cuando la MS se encuentre en estado READY. La reasignación de P-TMSI se puede llevar a cabo en los procesos de ‘P-TMSI reallocation’, ‘Attach’ o ‘Routeing Area Update’.

Tras el proceso *GPRS attach*, la MS queda en estado READY para el SGSN y puede iniciar la activación del contexto PDP.

Si la red soporta cifrado, el SGSN enviará el P-TMSI cifrado. No obstante, los mensajes de 'Routing Area Update Request' y 'Attach Request' en los que la MS incluye el P-TMSI no viajarán cifrados.

El gráfico siguiente muestra el intercambio de mensajes durante el proceso de *attach*:

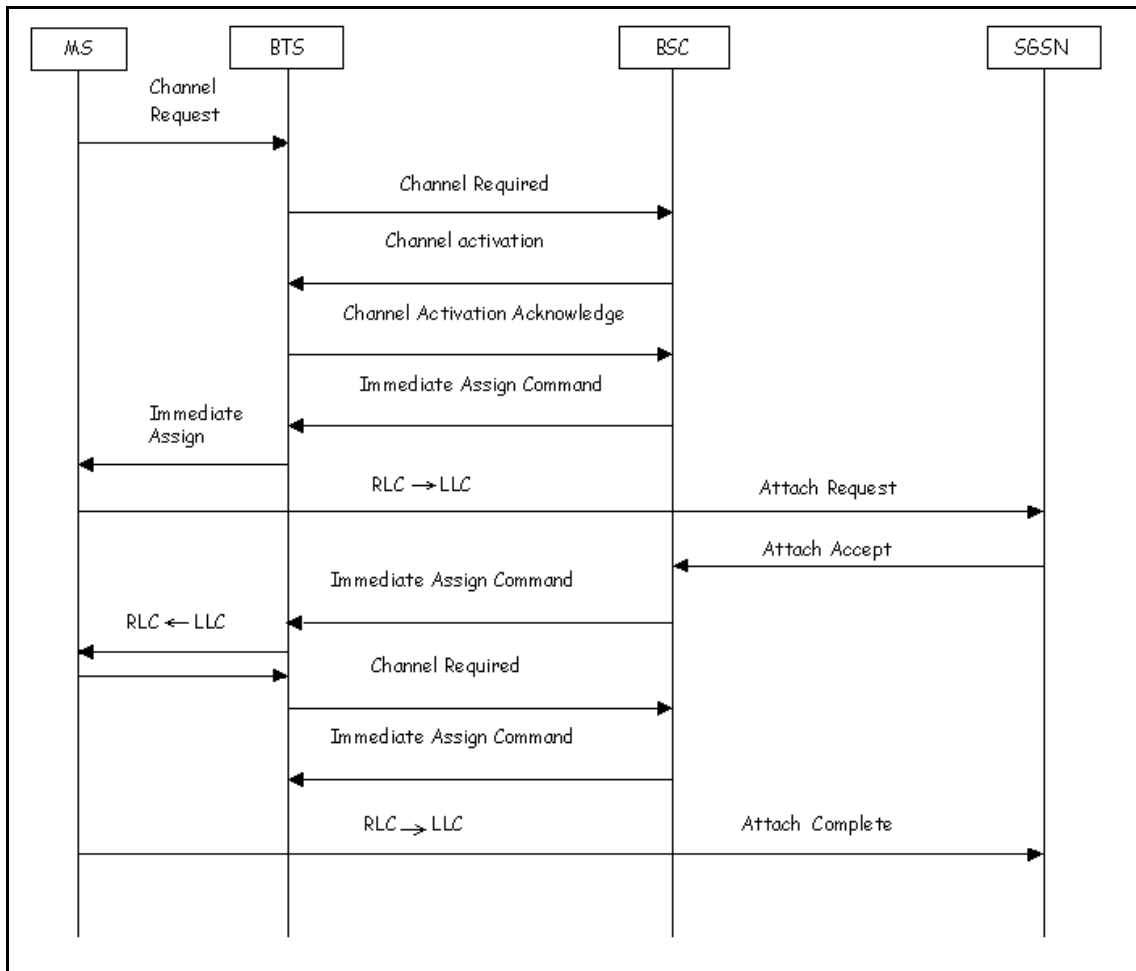


Figura 2.35. GPRS Attach.

2.7.2.1 GPRS/IMSI Attach Combinado.

Si la red opera en modo I, puede realizarse el proceso de GPRS/IMSI *attach* combinado. El gráfico siguiente muestra el flujo de mensajes durante este proceso.

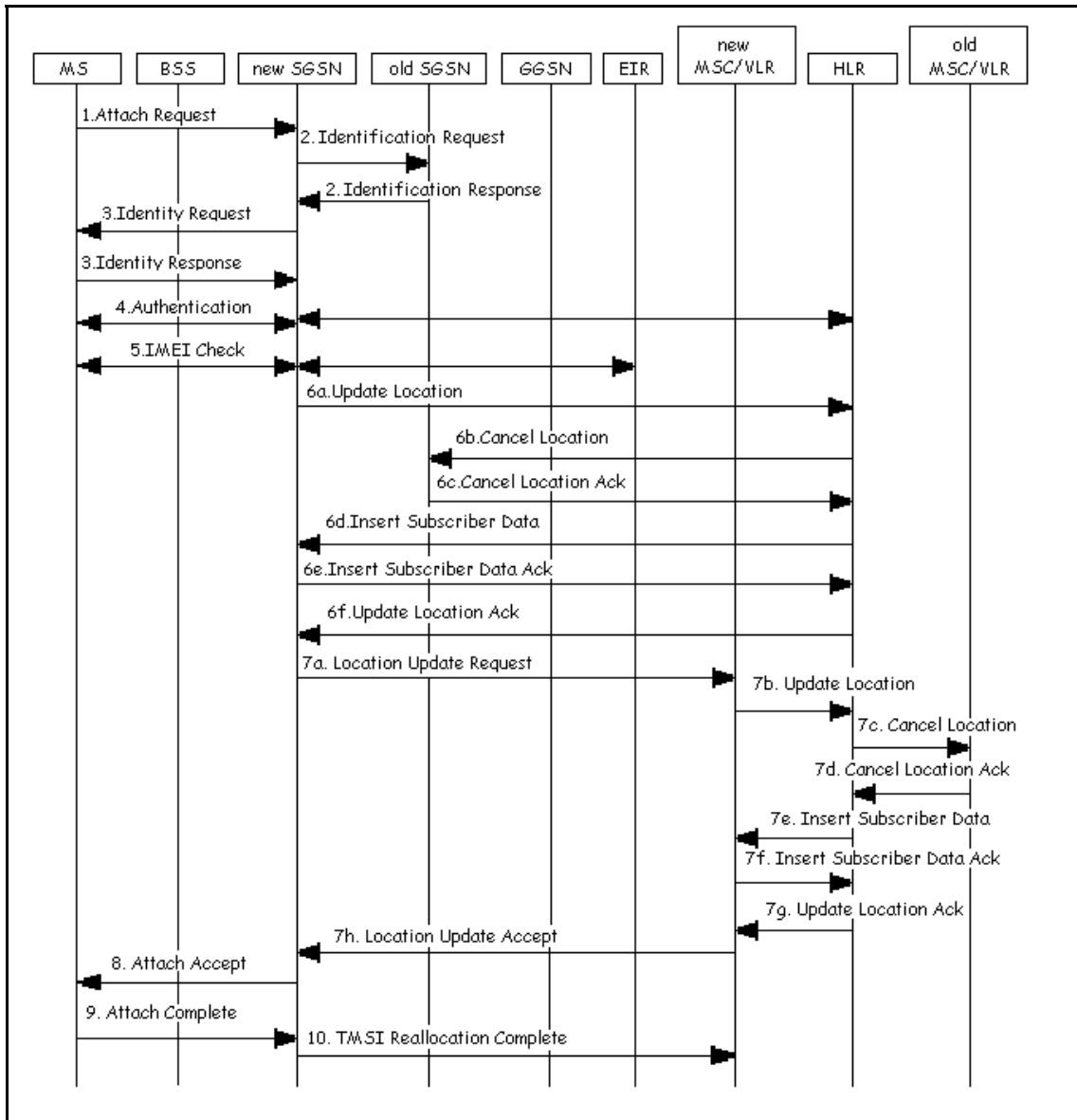


Figura 2.36. GPRS/IMSI Attach combinado.

Los pasos que se siguen en el proceso de GPRS/IMSI *Attach* combinado son los siguientes:

1) Attach Request.

La MS inicia el proceso enviando al SGSN el mensaje de *Attach Request* en el que se incluye información de IMSI o P-TMSI, *Classmark*, tipo de *attach*, parámetros de DRX.

Si la MS tiene un P-TMSI válido, se utilizará el PTMSI y el RAI antiguo asociado al P-TMSI incluido. Si no existe un P-TMSI válido se utilizará el IMSI.

Classmark proporciona información acerca de la MS: clase de *multislot*, algoritmos de cifrado GPRS que se soportan.

El tipo de *attach* puede tener los siguientes valores: *GPRS attach* únicamente, *GPRS attach* mientras se mantenga *IMSI attach*, *GPRS/IMSI attach* combinado.

Los parámetros DRX indican si la MS utiliza o no la funcionalidad de recepción discontinua. Si la utiliza, los parámetros DRX indican también cuando la MS se encuentra en modo “non sleep”, es decir, capaz de recibir “Paging Request” y “Channel Assignment”.

2) Identification Request/Response.

Si la MS se identifica con el P-TMSI y el SGSN ha cambiado desde el detach, el nuevo SGSN manda un ‘Identification Request’ al antiguo SGSN pidiendo el IMSI. El antiguo SGSN responde con ‘Identification Response’ donde viaja información de IMSI junto con las tripletas de autenticación.

3) Identity Request/Response.

Si no se conoce la MS en ambos SGSN, el nuevo y el antiguo, el SGSN envía al MS este mensaje para que se identifique. La MS responde con el IMSI.

4) Authentication.

Ver el apartado en el que se describen los procesos de autenticación y cifrado.

5) IMEI Check (Opcional).

6) Si el número del SGSN ha cambiado desde el *GPRS detach* o si es el primer *attach* que se realiza, existe un intercambio de información entre el SGSN y el HLR.

7) Si el tipo de *attach* indicado en el paso 1 es el de GPRS mientras también lo esté como *IMSI attach* o *GPRS/IMSI attach* combinado, el VLR debe ser actualizado si se tiene interfaz Gs.

8) Attach accept.

En este mensaje viaja información acerca del P-TMSI y SMS.

9) Attach complete.

Confirmación del proceso.

Si no puede aceptarse el mensaje de ‘*Attach Request*’, el SGSN devuelve al MS un mensaje de ‘*Attach Reject*’ con el IMSI y la causa del rechazo.

2.7.3 GPRS DETACH.

La función “Detach” permite al MS informar a la red o viceversa de que quiere realizar una desconexión del servicio GPRS. La MS puede ser desactivado de la red GPRS de manera explícita o implícita:

- **“Explicit Detach”**. La red o la MS realizan la petición “Request Detach”.
- **“Implicit Detach”**. La red desconecta al MS sin notificarle nada, debido a la expiración de un temporizador o por un problema radio irrecuperable que causa la desconexión del enlace lógico.

2.7.3.1 GPRS Detach iniciado por la MS.

Los mensajes que se intercambia entre la MS y la red durante el procedimiento de “MS-Initiated detach” viene detallado en la siguiente figura:

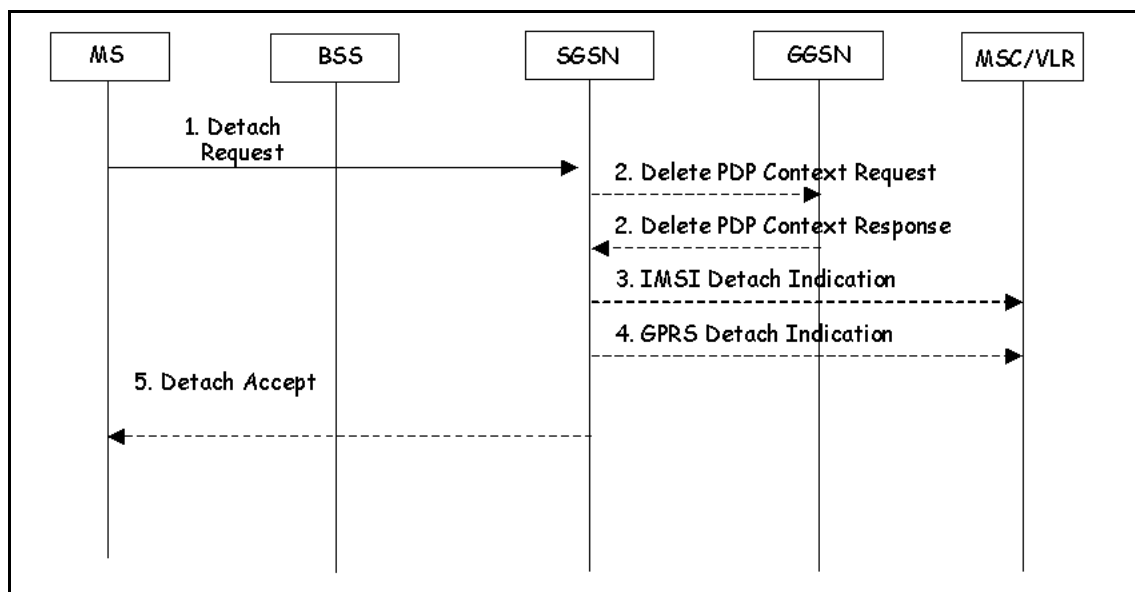


Figura 2.37. GPRS Detach..

1) La MS envía la petición de “Detach” al nodo SGSN indicándole si se trata de un “switch off” (donde le dice si el Detach es debido a una situación de apagado o no) y el tipo de “detach” que quiere realizar (GPRS Detach, IMSI Detach o GPRS/IMSI Detach combinado).

2) Si es un GPRS Detach, en el GGSN el contexto PDP es desactivado por el SGSN.

3) Si se trata de un IMSI Detach, el SGSN envía una indicación sobre ello a la MSC/VLR.

4) Si la MS quiere permanecer en GSM pero realizar un detach de GPRS, el nodo SGSN envía una indicación de GPRS Detach al VLR. A partir de aquí el VLR borra la asociación dila MS con el SGSN y realiza los procesos de paging y Location Update sin el nodo SGSN.

5) Si el Detach no es debido a una situación de apagado del móvil, el SGSN envía un mensaje de “detach accept” al MS.

2.7.3.2 GPRS Detach Iniciado por la red.

El flujo de mensajes que se intercambia la MS y la red durante el procedimiento de “SGSN-Initiated detach” es el siguiente:

1) El SGSN informa al MS que va a ser desactivado mediante el envío de un mensaje de “Detach Request”.

2) El contexto PDP en el GGSN será desactivado por el SGSN.

3) El SGSN envía una indicación de GPRS Detach al VLR que borrará la asociación de la MS y el SGSN. A partir de este momento el manejo del paging y del Location Update no se realizará a través del SGSN.

4) La MS envía un mensaje de “Detach Accept” al SGSN en cualquier momento después del paso 1.

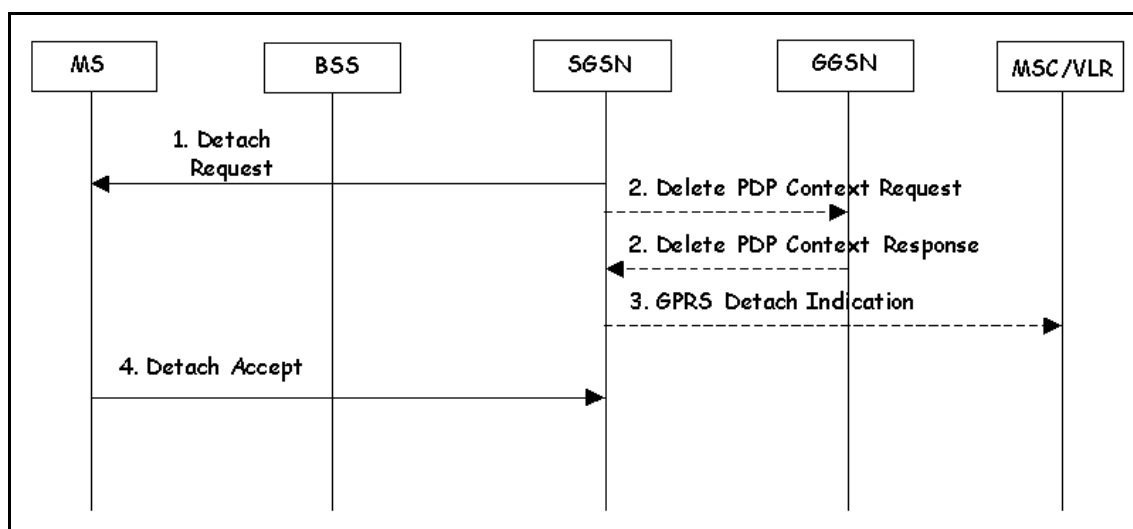


Figura 2.38. Detalles del mensaje de Detach Request iniciado por la red.

2.7.4 PAGING.

La red utiliza el proceso de paging para identificar dónde se encuentra el móvil acampado y así poderle enviar información. Si el móvil no está attach GPRS cuando recibe un paging GPRS el móvil lo ignorará.

El flujo de mensajes entre la red y MS durante el proceso de paging es el siguiente:

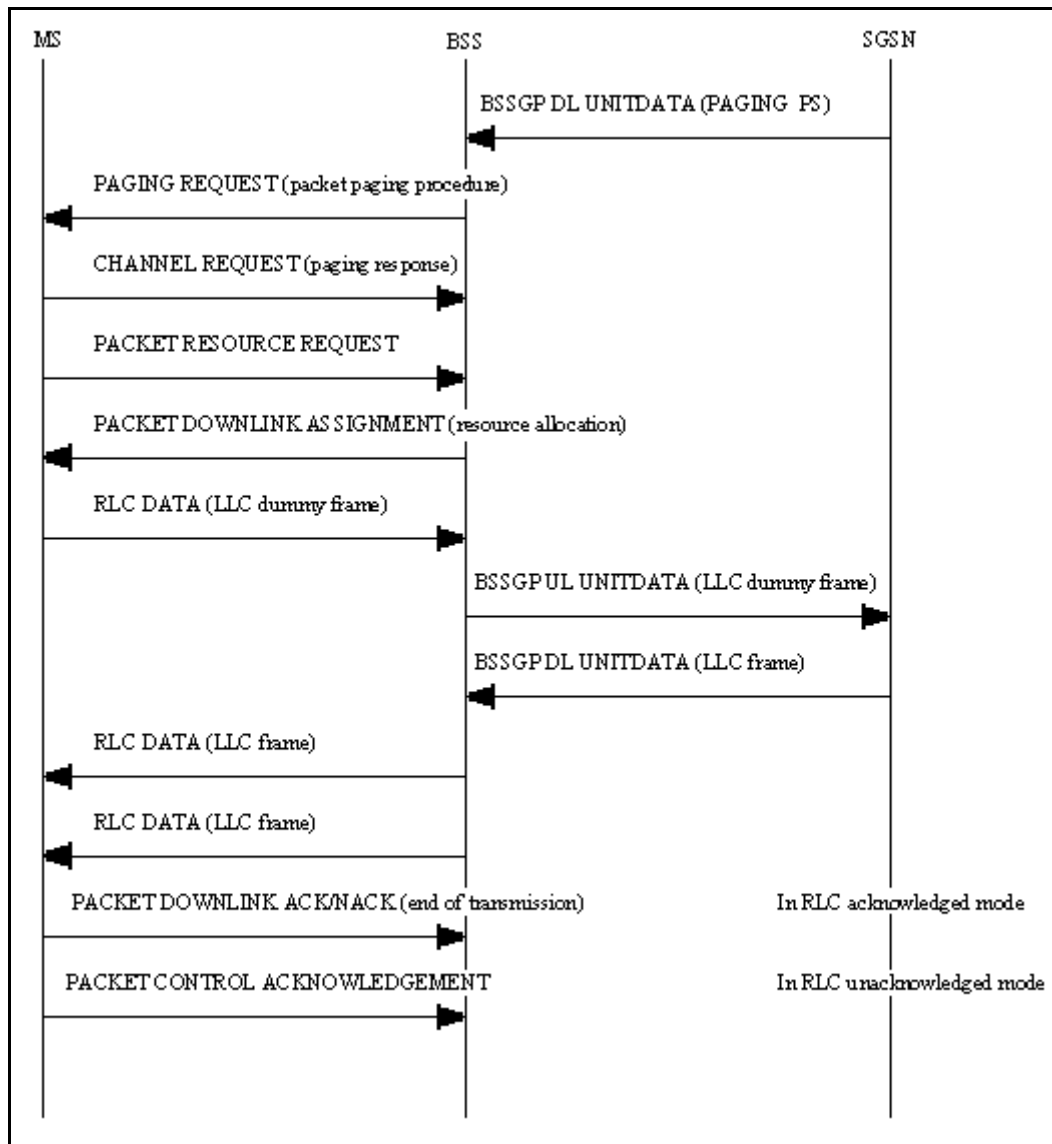


Figura 2.39. Paging MS en estado Standby.

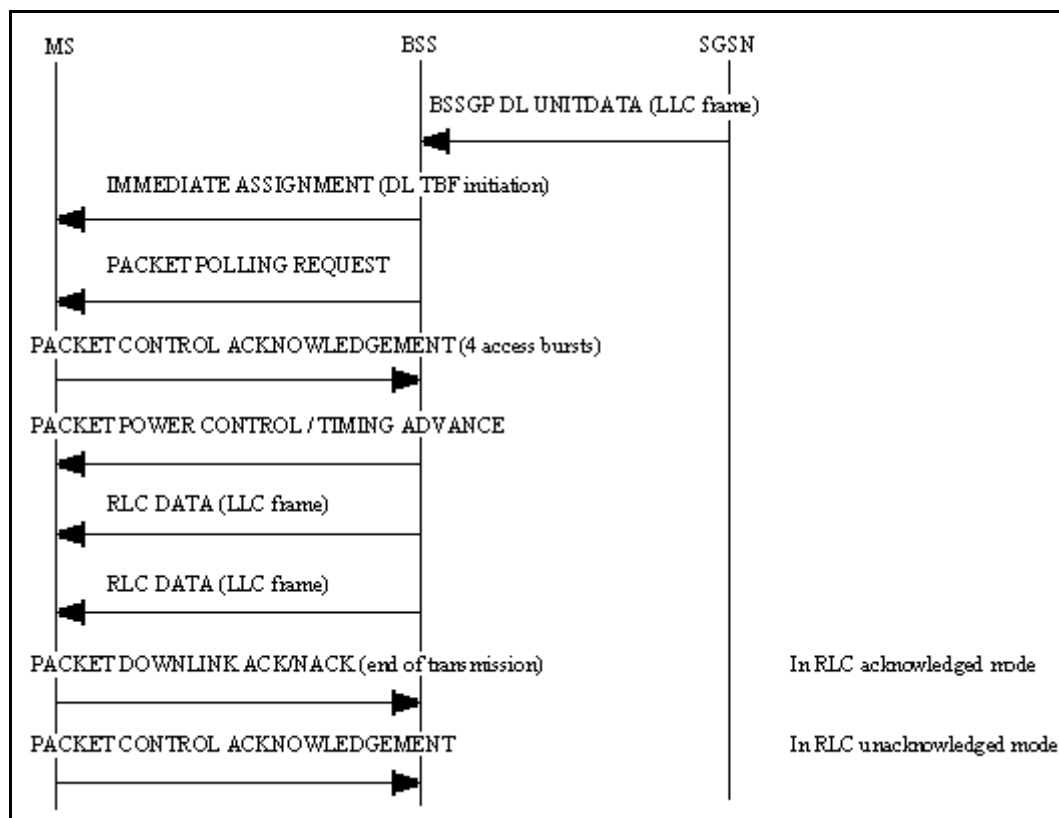


Figura 2.40. Paging MS en estado Ready.

Para iniciar el procedimiento de paging, la red difunde un mensaje de PAGING REQUEST o PACKET POLLING REQUEST por el canal lógico destinado a ello, el PCH o PPCH (modo idle), o bien usando el PACCH (modo transferencia). Tras la recepción de este mensaje por parte del móvil, éste solicita acceso como respuesta al paging.

2.7.4.1 Paging GPRS usando P-TMSI.

La red iniciará un procedimiento de paging GPRS usando P-TMSI cuando existen mensajes de señalización o datos de usuario pendientes de enviar al móvil. La red hará un paging sólo a los móviles GPRS que están registrados mediante attach GPRS (normal o combinado) e identificados por un P-TMSI.

2.7.4.2 Paging GPRS usando IMSI.

El paging GPRS usando IMSI es un procedimiento usado ocasionalmente para la recuperación de errores en la red. La red puede iniciar un paging usando IMSI si el P-TMSI no está disponible debido a un error de red.

Tras la recepción de indicación de paging GPRS con IMSI, el móvil desactivará localmente cualquier PDP context y hará un detach local GPRS. El detach local incluye el borrado de RAI, P-TMSI y clave de cifrado GPRS.

Tras la realización de detach local, el móvil realizará un GPRS attach combinado o no. Posteriormente, el móvil podrá activar PDP context o reemplazar los PDP activados previamente.

2.7.5 PROTOCOLO DE TRANSFERENCIA DE DATOS.

En este apartado se describirá la forma en que se establecen las conexiones entre la estación móvil y la red. En este proceso será importante tener en cuenta tanto los identificadores que permiten la multiplexación de usuarios sobre un mismo TS como el intercambio de mensajes necesario en el proceso.

2.7.5.1 TBF (Temporary Block Flow).

Un TBF (*Temporary Block Flow*) es una conexión física entre un determinado MS y la red con el fin de soportar una transferencia unidireccional de paquetes. El establecimiento de esta conexión es llevada a cabo por la capa MAC.

Durante una transmisión de datos, el usuario envía y/o recibe uno o más paquetes de datos, para lo cual se le asigna un recurso temporal (uno o más PDCHs) en una dirección (uplink o downlink), los cuales se liberarán una vez realizada la transferencia de datos, aunque la conexión permanezca abierta. A esta asignación temporal se le denomina TBF. Cuando la asignación abarca varios canales PDCH, time slots en la misma trama, entonces se dice que la conexión es multislot. Es obvio que según el número de PDCH disponibles por un usuario su tasa binaria máxima será distinta.

Cada TBF tiene un identificador, **TFI** (*Temporary Flow Identity*). Antes de intercambiar cualquier paquete de datos entre el móvil y la red y viceversa, ésta entrega al MS un TFI que utilizará durante el proceso de intercambio de paquetes de datos. La existencia de este identificador se entiende cuando se considera la ventaja de multiplexar varios usuarios sobre un mismo PDCH. El TFI permite diferenciar los paquetes recibidos de los distintos usuarios multiplexados sobre el mismo canal. Es decir el tráfico de los usuarios que comparten un determinado canal PDCH en downlink son diferenciados por este identificador.

Puesto que los datos en downlink y en uplink se manejan de manera independiente, se tienen distintos TBF para cada sentido. Cuando el flujo de datos se realice en uplink, la red asignará al móvil un **USF** (*Uplink State Flag*), con éste nuevo identificador la red indicará al móvil cuando puede transmitir sobre los canales asignados, evitando de esta forma la colisión de usuarios multiplexados sobre los mismos canales. Este identificador es enviado desde la PCU en la cabecera de cada *Radio Block*⁴ en downlink. El móvil monitorizará dicho flag en los PDCH asignados y podrá transmitir un radio block en los canales de las tramas consecutivas a aquella en la cual el USF enviado coincida con el asignado inicialmente.

El hecho de que los TBF definidos en uplink y downlink sean distintos permite la asignación asimétrica de recursos, permitiendo de esta forma un mejor aprovechamiento de los mismos cuando el servicio ofrecido está orientado a aplicaciones como WWW o FTP, que precisan un flujo de bits elevado en downlink mientras que en uplink éste suele ser mucho menor.

⁴ "Radio Blocks": La PCU segmenta las tramas LLC recibidas en una transferencia DL en pequeños trozos denominados "Radio Blocks" o "RLC Blocks". Cada "Radio Block" se envía en 4 tramas consecutivas de un TS. Si por ejemplo a un MS se le asignan los TS 1-4, el primer "Radio Block" se envía en cuatro tramas del TS1. El segundo "Radio Block" se envía en las 4 tramas del TS2 y así sucesivamente.

El procedimiento de un TBF puede ser iniciado bien por parte del móvil o bien por la red, según la procedencia de la solicitud del servicio. En los apartados siguientes se hará referencia a ambos.

2.7.5.2 Establecimiento de TBF iniciado por la MS.

El propósito de este procedimiento es establecer un TBF para soportar la transferencia de paquetes desde el móvil hacia la red.

Si el móvil tiene ya ha establecido un TBF en downlink, la petición puede realizarse utilizando el canal PACCH asignado a esa conexión. Este caso puede ser, por ejemplo, cuando es necesario enviar mensajes de acuse de recibo o *acknowledgement*⁵.

Si el móvil no tiene establecido un TBF, envía una petición (mensaje de “*Packet Channel Request*”) a la PCU a través del canal RACH o PRACH, simultáneamente el móvil deja el estado idle y pasa al estado ready. Este mensaje de “*Packet Channel Request*” contiene parámetros requeridos para indicar cuales son los recursos radio demandados por el móvil y cual es el tipo de acceso. Se distinguen dos formas de establecimiento de TBF en UL, en una fase o en dos fases dependiendo de las necesidades de la transferencia de datos:

- **Acceso en una fase.** Esta clase de acceso se utiliza para transmitir pequeños volúmenes de tráfico como en el caso de los mensajes de señalización ya que solo es posible solicitar un solo time slot, en tal caso el móvil envía a la red un mensaje de “*Channel Request*” indicando el tipo de acceso (una fase para este caso). El propósito de este acceso es enviar un mensajes de señalización como: “*Paging Response*”, “*Cell Update*” “*Attach Request*” (mensajes de señalización para MM GPRS) o “*Activate PDP Context*”.

En esta fase el modo que se utiliza por defecto es el modo con acuse de recibo o *acknowledged*.

La PCU asigna un PDTCH para esa petición e informa al móvil de los valores TFI y USF⁶ en el mensaje “*Inmediate Assignment*”. En el primer bloque de datos el móvil envía su identificador, quedando de esta forma la conexión perfectamente definida y los recursos asignados. En caso de que no hubiera recursos disponibles en el momento de la asignación, la PCU no puede llevar a cabo la asignación de ningún canal, por tanto, enviará al móvil un mensaje de “*Inmediate Assignment Reject*”.

El acceso en una fase finaliza cuando la PCU envía un mensaje de “*Packet Uplink Ack/Nack*”. La siguiente figura ejemplifica el acceso en una fase.

⁵ Los mensajes de acuse de recibo (*acknowledged*), son utilizados en el modo de operación *acknowledged* para indicar a la parte emisora de paquetes su correcta o incorrecta recepción y así poder llevar a cabo la retransmisión de los mismos. La elección del modo de operación *acknowledged/knowledge* vendrá determinado por las capas superiores de la torre de protocolos dependiendo de las aplicaciones. (Por ejemplo , el acceso a internet es normalmente en modo *unacknowledged*).

⁶ El MS monitoriza los USF de los PDCHS asignados y transmite “*Radio Blocks*” en aquellos que llevan el valor USF reservado para el uso de ese MS.

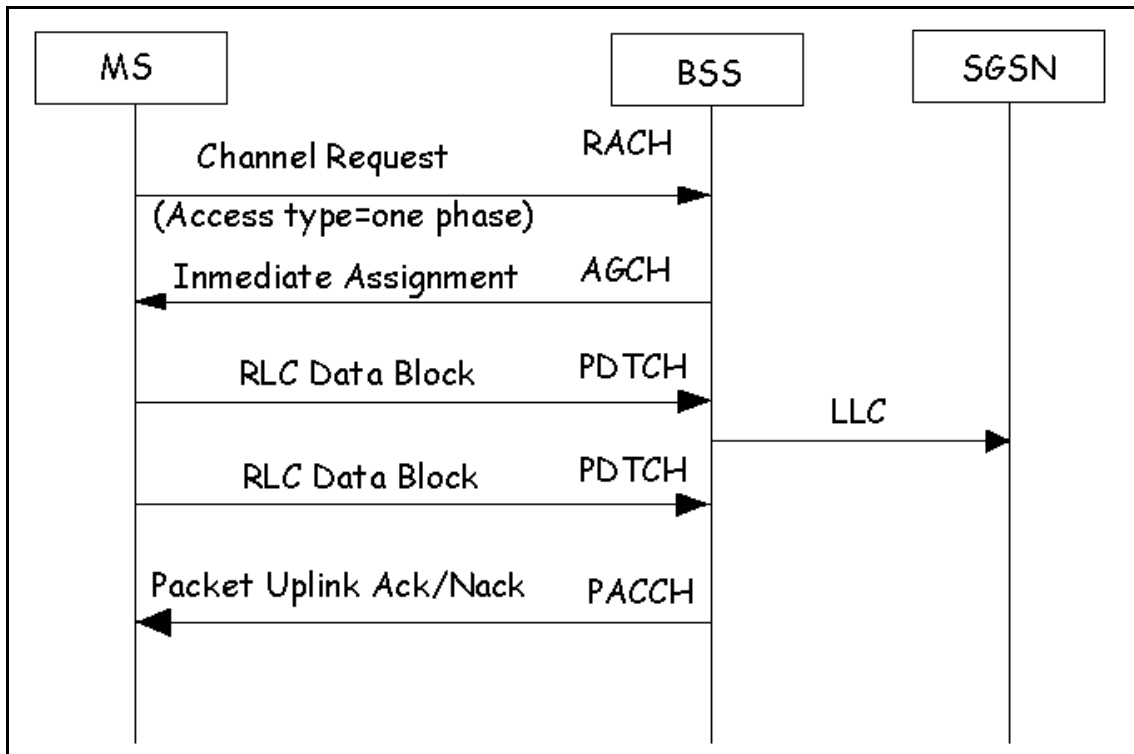


Figura 2.41. Acceso en una sola fase con canal de control CCCH.

- Acceso en dos fases.** Este acceso es utilizado cuando el móvil pide más de un time slot o quiere utilizar el modo “RLC unacknowledge” (sin acuse de recibo). En estos casos, la estación móvil envía a la red un mensaje de “Channel Request” indicando el tipo de acceso (dos fases). La red le responde con un mensaje de “Packet Uplink Assignment”. En este mensaje la PCU asigna al móvil un único bloque para que realice la petición de uno o más canales. Si se está utilizando el criterio de “asignación dinámica de recursos” la red incluye el valor de USF del PDCH asignado en este proceso. El móvil utilizará ese bloque para enviar a la PCU una petición más precisa a través del mensaje “Packet Resource Request”⁷. La PCU asignará, de acuerdo con la información relacionada con la petición, la configuración real para el TBF uplink, la cual comprenderá la configuración PDTCH, el valor USF asignado a cada PDTCH, y el TFI que tendrá que utilizar el móvil.

Si la PCU no tiene recursos PDTCH disponibles enviará al MS un mensaje de “Packet Access Reject”. El acceso en 2 fases finaliza cuando la PCU recibe el primer bloque en el PDTCH asignado. La siguiente figura muestra el flujo de mensajes intercambiados en el proceso de acceso en dos fases.

⁷ Si el MS ya tiene establecido un TBF en DL, el móvil envía un mensaje de “Packet Resource Request” en el canal de control asociado con el TBF en DL, PACCH. La PCU tiene que considerar la asignación del DL al establecer recursos en UL.

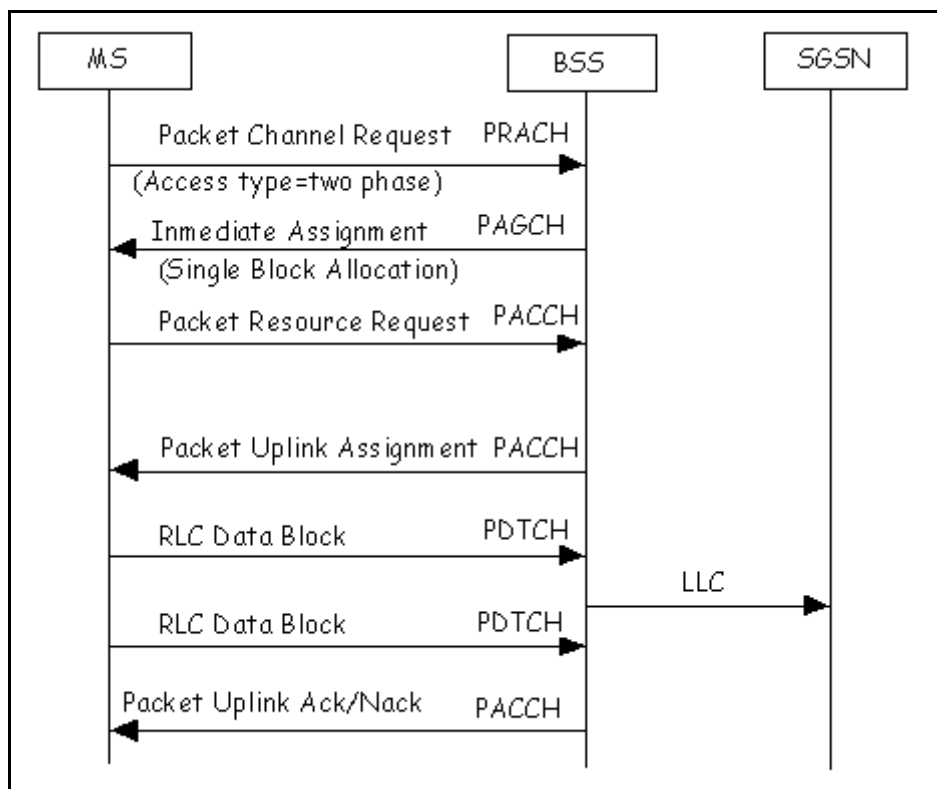


Figura 2.42. Acceso en dos fases con canal de control PCCCH.

2.7.5.3 Establecimiento de TBF iniciado por la red.

Cuando el móvil se encuentra en estado *STANDBY*, la transferencia de paquetes en sentido downlink se inicia mediante el *paging* en el *RA* (Routing Area) donde se encuentra. A este mensaje de *paging* el móvil responde mediante un procedimiento de transferencia de paquetes en uplink. En ese momento ya se encuentra en modo *READY* y el nodo SGSN puede comenzar a enviar tramas LLC a la PCU con la identidad de la celda y del móvil con el que quiere establecer la transferencia de datos. Cuando la PCU recibe las tramas LLC procedentes del nodo SGSN, comprueba si dicho móvil está involucrado en una transferencia de paquetes. Entonces:

- **Si el móvil tiene ya un TBF en downlink**, la nueva trama LLC se pone en cola con otras tramas LLC que van dirigidas al mismo usuario. En este caso, no es necesario, por tanto, realizar el procedimiento de paging para establecer el TBF, simplemente se envía un mensaje de “Immediate Assignment” en el subgrupo de paging del móvil.
- **Si el móvil ya tiene un TBF en uplink**, la PCU lo tiene que tener en cuenta. Probablemente, le asignará los recursos downlink en los mismos time slots (o al menos parcialmente) que los asignados en uplink. En este caso, tampoco es necesario realizar el procedimiento de paging para establecer el TBF.

- Si el móvil no tiene TBF establecido**, se envía un mensaje de “Packet Downlink Assignment” al móvil en un time slot que escucha de acuerdo a su grupo de paging. En este mensaje se incluye la lista de PDTCHs que se utilizarán en la transferencia de datos en dowlink, el timing advance, el TFI e información sobre el control de potencia. Una vez que el móvil está envuelto en una transferencia de paquetes, permanece en modo “non-DRX” y no es necesario esperar a su grupo de paging, pudiéndose enviar el mensaje de forma inmediata. Cuando se ha asignado el TBF, la red envía los “Radio Blocks” pertenecientes a un TBF en downlink en los canales asignados para dicho canal descendente.

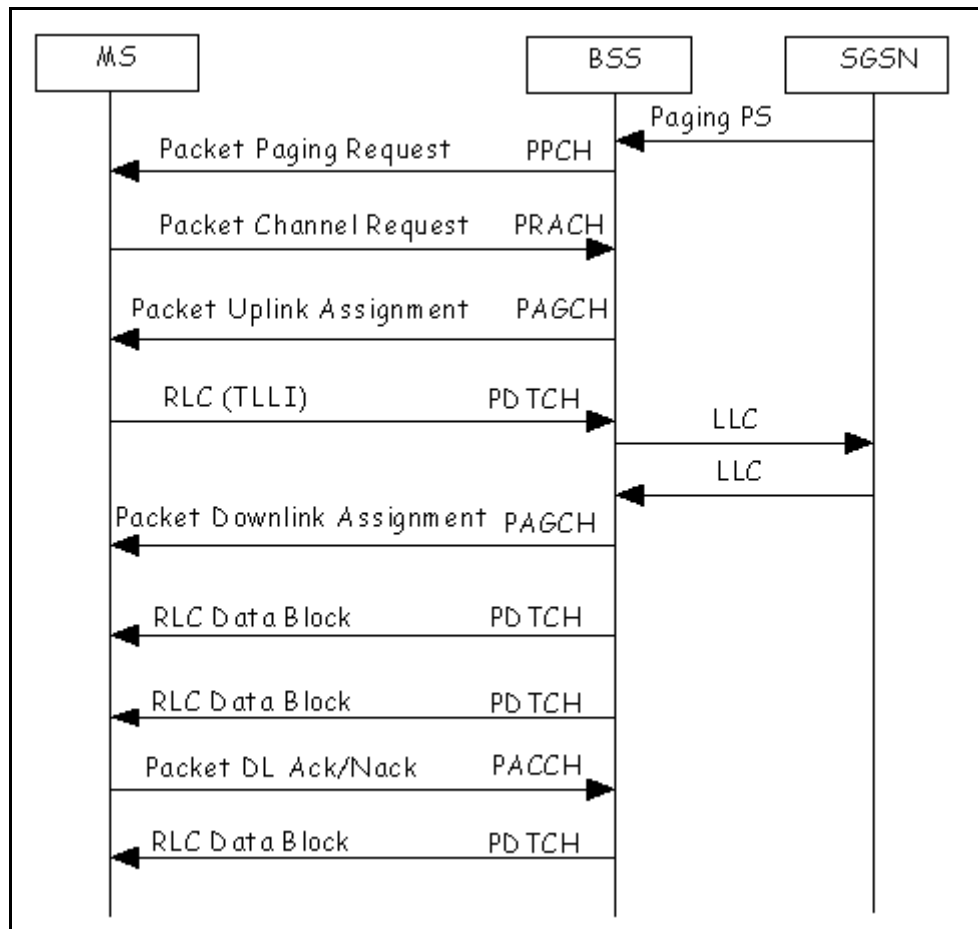


Figura 2.43. Packet Paging con canales de control GPRS.

2.7.5.4 Liberación de un TBF.

- Liberación del TBF en downlink.** El móvil recibe los bloques RLC/MAC en los PDCHs asignados en downlink. En cada uno de estos PDCH, el móvil leerá el TFI y decodificará los bloques de datos RLC que van destinados a él. Cuando no hay más tramas LLC en la PCU destinadas a un cierto usuario (aunque pudiera haber más en el nodo SGSN), la red inicia la liberación del TBF enviando el último bloque de datos con el campo FBI (Final Block Indicator) configurado a "1". Cuando el móvil recibe este mensaje debe enviar un "Packet DL Ack/Nack message" con el indicador "Final Ack Indicator" configurado a 1.

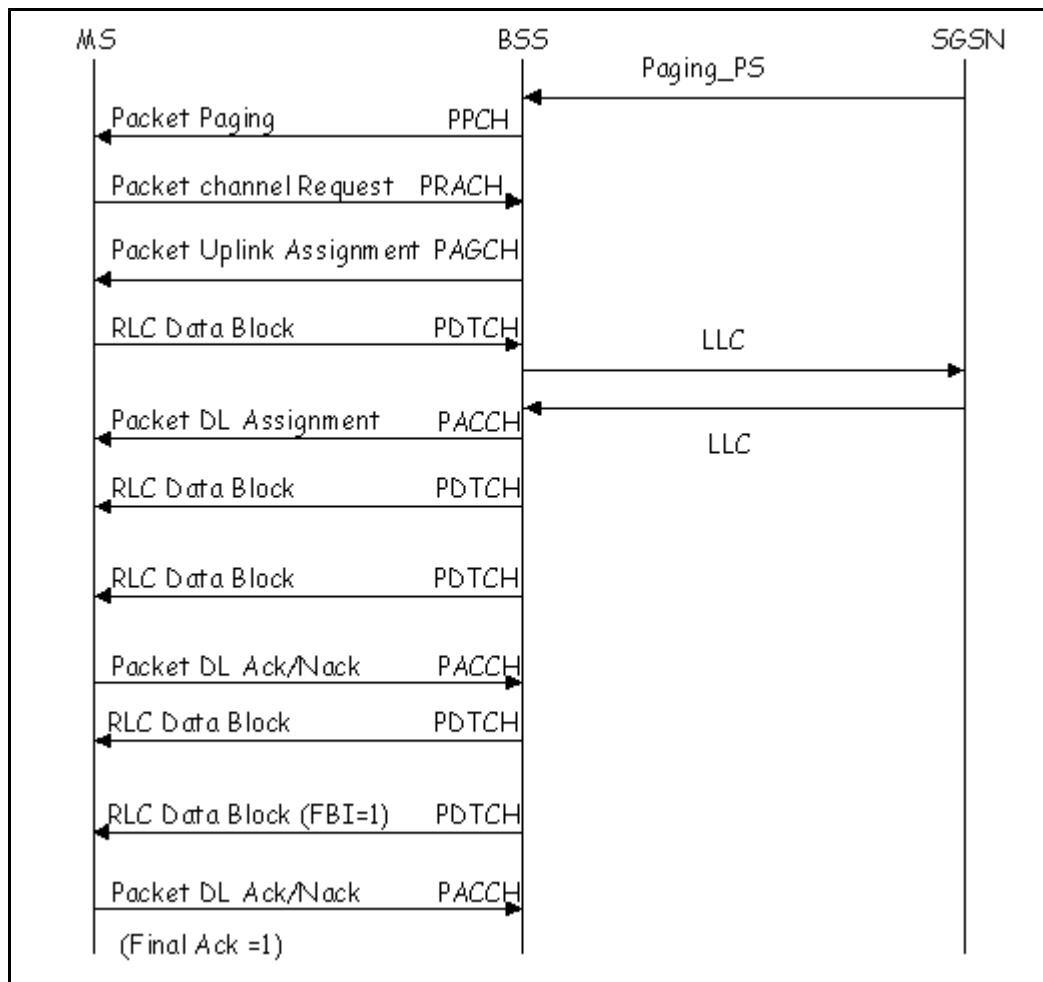


Figura 2.44. Liberación de TBF en el downlink.

Si inmediatamente después llegara una nueva trama, al terminal se le envía una nueva asignación correspondiente a un nuevo TBF, no siendo necesario realizar un nuevo paging ya que la MS se encuentra todavía en estado "ready".

- Libерación del TBF uplink:** Cuando el móvil envía el último bloque RLC, lo señala a la red mediante el indicador CV (Countdown Value) configurado a valor "0". Una vez que todos los bloques han sido enviados y reconocidos por parte de la red, ésta enviará un mensaje de "Ack/Nack" con el indicador Final Ack=1. El móvil, posteriormente, deberá transmitir el mensaje "Packet Control Acknowledgement" y con esto se pasaría a liberar el TBF en uplink.

Si la MS tiene más paquetes que enviar después de que el proceso de cuenta atrás se ha iniciado, se tiene que establecer un nuevo TBF, ya que no está autorizado a continuar enviando más paquetes de los que tenía cuando inició el proceso de cuenta atrás.

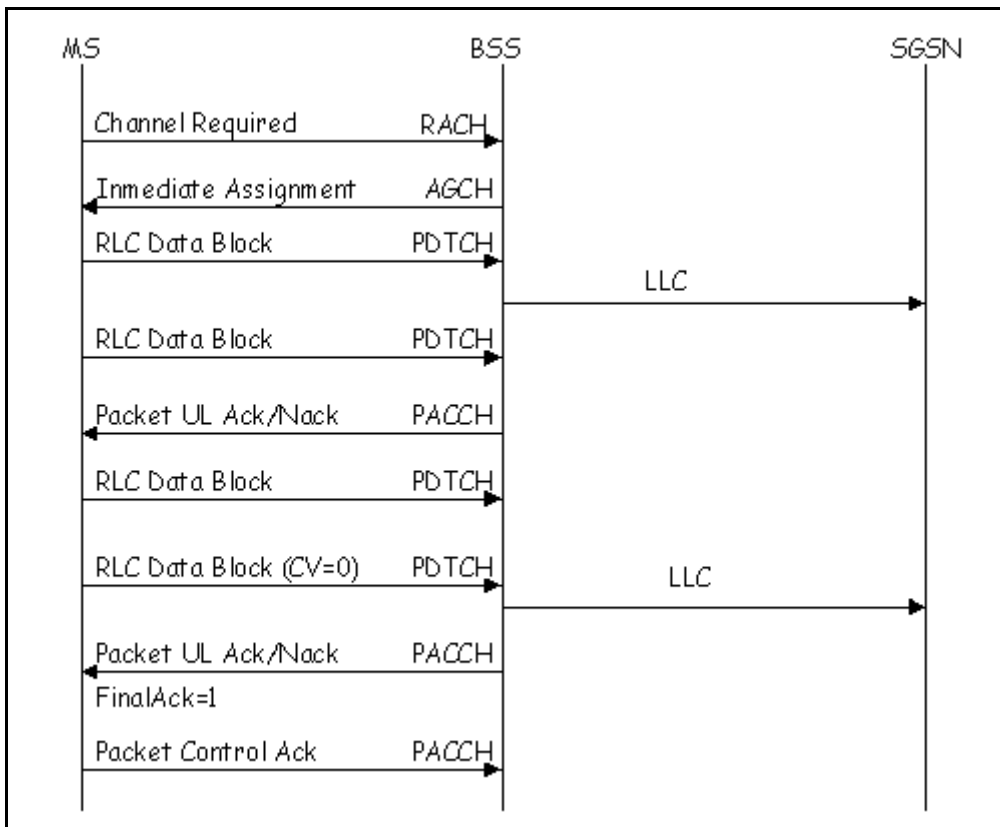


Figura 2.45. Liberación de TBF en el uplink.

2.7.6 PDP CONTEXT ACTIVATION/DEACTIVATION.

Para intercambiar datos por paquetes con PDNs (Paquet Data Networks) después de haber realizado satisfactoriamente un GPRS attach, el terminal debe solicitar una o más direcciones, por ejemplo, una dirección IP para una red internet.

Una suscripción GPRS tiene muchas direcciones PDP (Packet Data Protocol), IP en la mayoría de los casos. Cada una de ellas se describe por medio de una asociación entre la MS, el SGSN y el GGSN, que contiene el perfil con la calidad de servicio de esa suscripción en particular. Esta asociación es la que se conoce como contexto PDP. Cada contexto PDP existe de manera independiente en uno de dos estados: activo o inactivo, indicando si está habilitado o no para el tráfico de datos.

Este contexto se almacena en el terminal, en el SGSN y el GGSN. Cuando un contexto está activo, el terminal es “visible” para la PDN externa y es capaz de enviar y recibir datos por paquetes. La asociación de los indicadores PDP e IMSI es lo que permite al nodo GGSN enrutar los paquetes recibidos de una PDN hasta el terminal. Un usuario puede tener distintos contextos PDP activos simultáneamente.

En cada sesión se establece un contexto PDP que definirá las características de dicha sesión. En él estarán referenciados:

- Tipo de PDP, por ejemplo: Ipv4.
- La dirección PDP asignada a el terminal para la sesión. Por ejemplo: 129.187.225.3.
- La calidad de servicio.
- La dirección del GGSN que sirve como punto de acceso a la PDN.

El establecimiento de una dirección PDP puede ser estática o dinámica. En el primer caso, el operador asigna una dirección PDP al usuario de forma permanente. En el segundo caso, el operador asigna la dirección PDP al usuario cada vez que se realiza la activación del contexto PDP. Como parece lógico, el operador decidirá el tipo de asignación de dirección PDP a emplear en la red, cuando no se está utilizando una asignación dinámica de dirección PDP, es el nodo GGSN el responsable de la asignación, activación y desactivación de la dirección.

En la figura siguiente se muestra el procedimiento de activación de un contexto PDP entre el terminal, SGSN y GGSN.

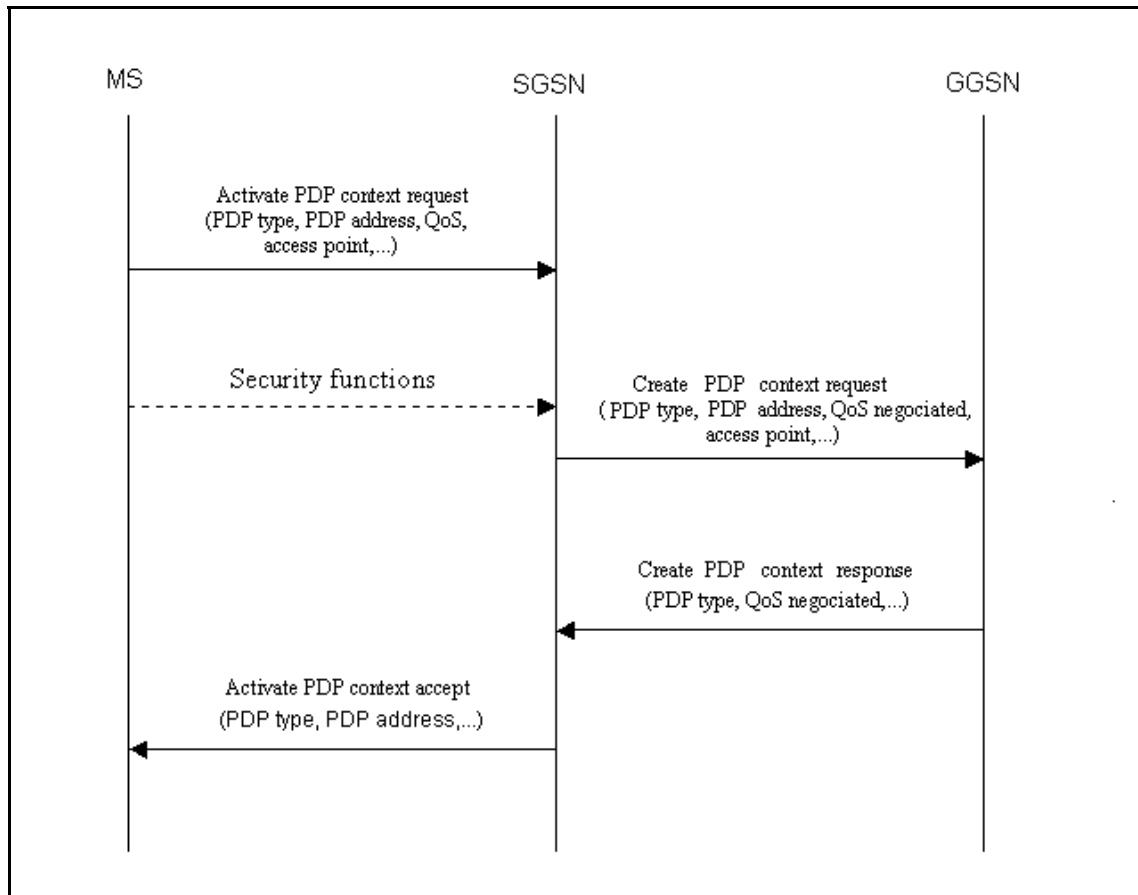


Figura 2.46. Procedimiento de activación de un contexto PDP entre el terminal, SGSN y GGSN.

El terminal informa al nodo SGSN acerca de la solicitud de un contexto PDP con el mensaje “Activate PDP Context Request”. Si se requiere asignación dinámica de dirección PDP, el parámetro PDP address se dejará vacío. Posteriormente se realizan las funciones de seguridad como la autenticación y si el acceso es concedido, el SGSN mandará un mensaje de “Create PDP Context Request” al nodo GGSN involucrado que creará un nuevo acceso en su registro de contexto PDP que habilitará la ruta de datos por paquetes entre el SGSN y la PDN exterior. Posteriormente, el GGSN retorna el mensaje de confirmación “Create PDP Context Response” hacia el SGSN en cuyo contenido constará la dirección PDP, si es por asignación dinámica. El SGSN actualiza su registro de contexto PDP y confirma la nueva activación al terminal a través del mensaje “Activate PDP Context Accept”.

Además GPRS soporta activación de contextos PDP anónimos. En este caso, las funciones de seguridad no son atendidas y el usuario (por ejemplo: IMSI, P-TMSI, etc) son ignorados por la red. Esta es una fórmula que puede ser utilizada para servicios prepago, donde el usuario no quiere ser identificado. En este supuesto, sólo se puede realizar la asignación de dirección PDP de forma dinámica.

2.7.7 ROAMING.

Cuando un usuario quiere hacer uso del servicio de GPRS en una red que no es la propia (VPLMN) realiza un “GPRS attach” en esa red. El SGSN de la VPLMN se comunicará entonces con el HLR de la red origen del móvil (HPLMN). Para que el usuario pueda registrarse es necesario que tenga el servicio GPRS activado con el NAM igual a 0 ó 2.

A partir de ese momento y según el valor del VPAA en el perfil de usuario del HLR de la HPLMN, se pueden diferenciar dos casos distintos de roaming:

- **ESCENARIO A:** El usuario utiliza el GGSN de la VPLMN (VPAA=1 ó VPAA=0).
- **ESCENARIO B:** El usuario utiliza el GGSN de la HPLMN (VPAA=0).

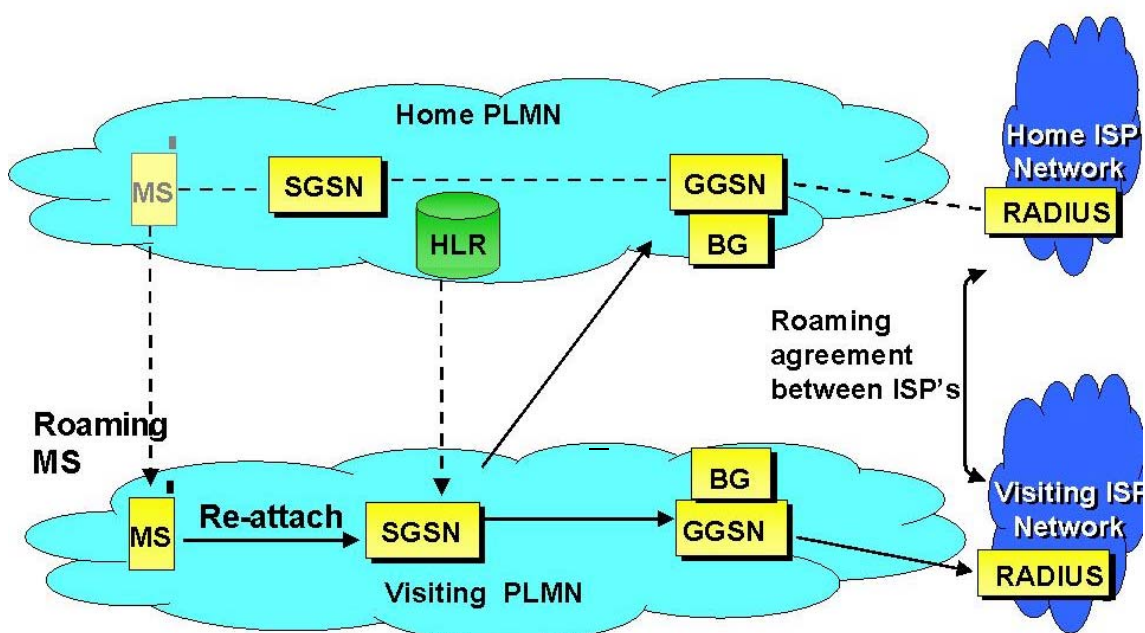


Figura 2.47. Roaming en GPRS.

Así pues, cuando se define un APN para un abonado, se define si se permite a ese abonado acceder a ese APN por el GGSN de la red visitada o por el GGSN de su red, según el parámetro VPAA.

2.7.7.1 Escenario A: conexión a través del GGSN de la VPLMN.

El escenario que se pretende describir en este apartado, se muestra en la siguiente figura.

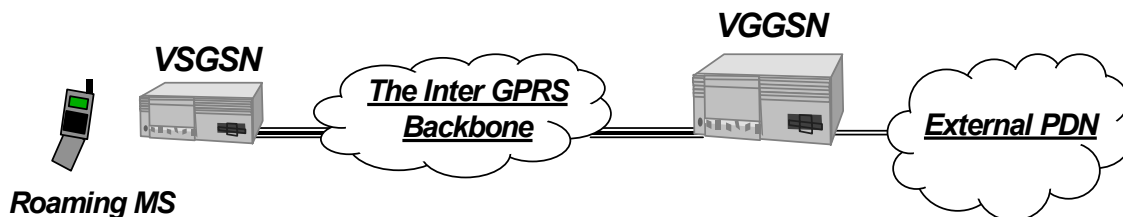


Figura 2.48. Escenario A: conexión a través del GGSN de la VPLMN.

Una vez realizado el registro, el roamer realizará un “Active PDP Context Request”. En este mensaje la MS mandará el APN pero sin el Operator-ID.

Estos usuarios estarán utilizando tanto los SGSNs como a los GGSNs de la red visitada. Los datos y señalización, se realizarán a través de la PLMN backbone del VPLMN, por los interfaces Gn.

Al no existir interacción entre los nodos de la red de la VPLMN y la red HOME del abonado, no será necesario el establecimiento de interfaces Gp.

El interfaz Gp es el que comunica los GSNs de diferentes PLMNs. Este interfaz permite soportar servicios GPRS entre áreas geográficas que están en PLMNs diferentes. Básicamente, el interfaz Gp proporciona la funcionalidad de un interfaz Gn al que deben añadirse propiedades de seguridad, ya que su dirección es pública para que sea accesible desde los nodos GSN de la otra PLMN. El interfaz Gp se conecta a un BG, que no es más que un router que utiliza el protocolo de enrutamiento externo (BGP) para enrutar hacia las otras PLMN a través del inter-PLMN Backbone, que puede ser una línea dedicada, Internet o una red privada proporcionada por un GRX.

Un GRX es simplemente un proveedor de una red de transporte para llevar el tráfico GTP entre nodos SGSN-GGSN de diferentes áreas geográficas.

En el registro de abonado en el HLR HOME, el usuario deberá tener definido el APN de la red de VPLMN o, en su defecto, el wildcard y el VPAA activado.

2.7.7.2 Escenario B: conexión a través del GGSN de la HPLM.

El escenario que se pretende describir en este apartado, se presenta en la siguiente figura.

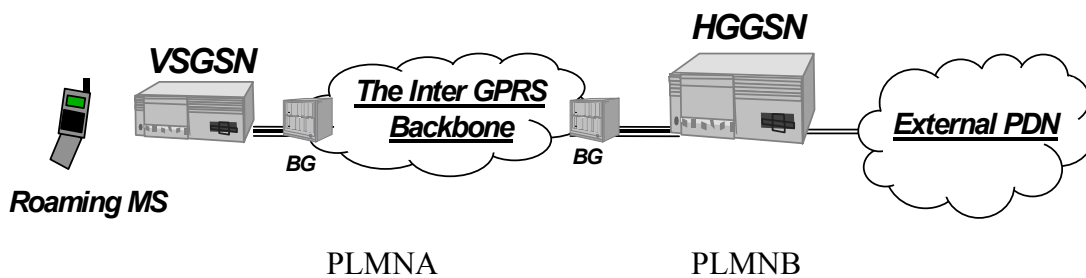


Figura 2.49. Escenario B: conexión a través del GGSN de la HPLMN.

En este escenario la única diferencia con el perfil de abonado para el escenario A es que el roaming puede estar no permitido (VPAA=0). También podría darse el caso de que estuviera permitido, pero que el APN indicara un GGSN en la HPLMN.

Es también en este caso donde se puede usar un GRX que lleve el transporte GTP y DNS de una PLMN a otra. El GRX deberá también proveer de un DNS root o una réplica de un DNS root que resuelva para todas las consultas de APNs del resto de PLMNs con las direcciones GGSNs correspondientes.

2.4.8 RESELECCIÓN DE CELDA.

En este apartado se describirán los algoritmos, procesos y parámetros que intervienen durante el paso de un móvil GPRS registrado (*attached*) de una celda a otra vecina. Cabe destacar que a diferencia de los que ocurre en redes GSM, en GPRS no existe handover sino que cuando el móvil se encuentra en modo de transferencia de datos y es preciso realizar un cambio de celda, bien por condiciones radio, bien por exigencias de la red, simplemente se lleva a cabo una reelección de celda estableciéndose distintos TBF en las celdas origen y destino.

Un aspecto importante a tener en cuenta en la descripción de los algoritmos de reelección de celda, será si la red dispone de canales de control comunes para GPRS (PBCCH) o no, ya que si no es así no será posible la ejecución de los algoritmos de reelección propios de GPRS y se llevarán a cabo los de GSM, lo cual conllevará algunas limitaciones. Para la difusión de los parámetros propios de GPRS ha sido necesario modificar varios mensajes *System Information* del BCCH más concretamente los SI-2 y SI-3, además de haber sido necesario añadir uno nuevo SI-13.

El algoritmo parte de unas medidas tomadas de una lista BA (BCCH Allocation) para GPRS. Con ellas realiza unos cálculos para hallar C1, C31 y C32 de las celdas de servicio y vecinas. El parámetro C1 refleja las pérdidas de propagación (habrá reelección de celda cuando su valor sea negativo). El criterio C31 indica un umbral de nivel de señal y permite establecer niveles jerárquicos de celdas para GPRS (HCS- Hierarchical Cell Structures). El parámetro C32 permite escoger entre celdas de la misma prioridad (se escoge la celda con mayor C32).

Caso de producirse una reelección de celda que implique un cambio de PCU durante una transferencia de datos, el SGSN se encargará de reenviar las tramas LLC no confirmadas hacia la nueva PCU, liberando el búfer de la anterior.

En los procesos de reelección de celda que requieren la actualización del celda o routing area, se aplica un nuevo valor adicional de histéresis para evitar el efecto ping-pong de salto de una routing area a otra de forma reiterada cuando un móvil se encuentra en la frontera de ambas.

2.7.9 MENSAJES CORTOS EN GPRS.

Es posible utilizar el sistema GPRS para el servicio de mensajes cortos, hasta ahora se venía utilizando a través de la red GSM. No existen cambios en la funcionalidad básica del servicio, salvo que se utiliza el SGSN en lugar de la GMSC para transmitir los mensajes cortos, y que en el interfaz radio se utilizarán los canales de transmisión de paquetes de datos.

2.7.9.1 Interfaz Gd.

Para la comunicación entre el SGSN y el Centro Servidor de Mensajes Cortos se ha creado el interfaz Gd. En este interfaz se utiliza el sistema de señalización N° 7, protocolo MAP, especificado en la especificación GSM 09.02 del ETSI.

2.7.9.2 Originación de mensajes cortos a través de GPRS.

El móvil realiza la transmisión del mensaje corto a través de los canales radio de GPRS para que llegue hasta el SGSN. El SGSN dirigirá el SM al SMSC, después de comprobar los datos de suscripción del usuario y determinar que tiene permitido este servicio. Los acuses de haber entregado el SM en el destino indicado, se enrutarán siguiendo el mismo camino, en sentido contrario hasta el móvil. Para enviar un mensaje corto a través de GPRS, el usuario debe configurar su terminal móvil para utilizar esta vía de acceso.

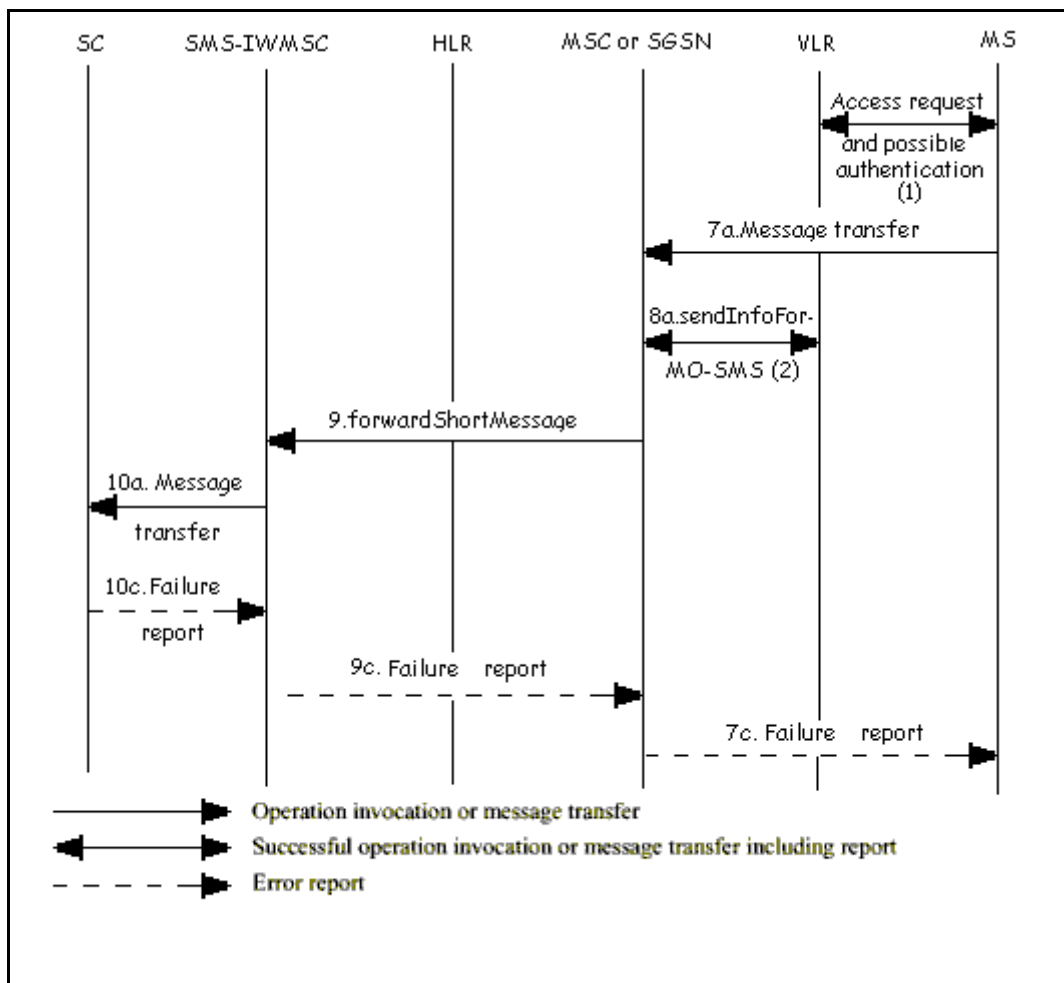


Figura 2.50. Mensajes originados por el móvil a través de GPRS.

En la figura 2.50 se muestra la secuencia de mensajes que se especifica en el estándar GSM 03.40 de la ETSI para la originación de mensajes cortos.

2.7.9.3 Terminación de mensajes cortos a través de GPRS.

Cuando un Centro Servidor de Mensajes Cortos tiene almacenado un SM para un usuario, este lo puede entregar vía GPRS si así lo tiene permitido y especificado el perfil del usuario en el HLR. La secuencia que sigue es la siguiente:

- El SMSC envía una petición al HLR que posee el registro del usuario destino, para conocer la localización de éste.
- El registro de usuario del HLR puede definir que los SMS se entreguen a través de la MSC o del SGSN (vía GPRS), mediante el parámetro TSMO. Según este configurado para el usuario, el HLR devuelve al SMSC la dirección del SGSN o de la MSC, o ambos, donde está localizado el móvil.
- El SMSC envía el mensaje al SGSN donde está localizado el móvil destino.
- El SGSN envía el SM al móvil, que lo recibirá a través de los canales de paquetes de datos.
- El SGSN enviará hacia el SMSC el resultado de la entrega del SM.
- Si el móvil no está accesible se activará en el HLR el flag de mensaje pendiente, con la dirección del SMSC en que está almacenado el SM. Cuando el móvil vuelva a realizar un attach, el HLR comunicará al SMSC que el usuario ya está disponible para recibir mensajes.

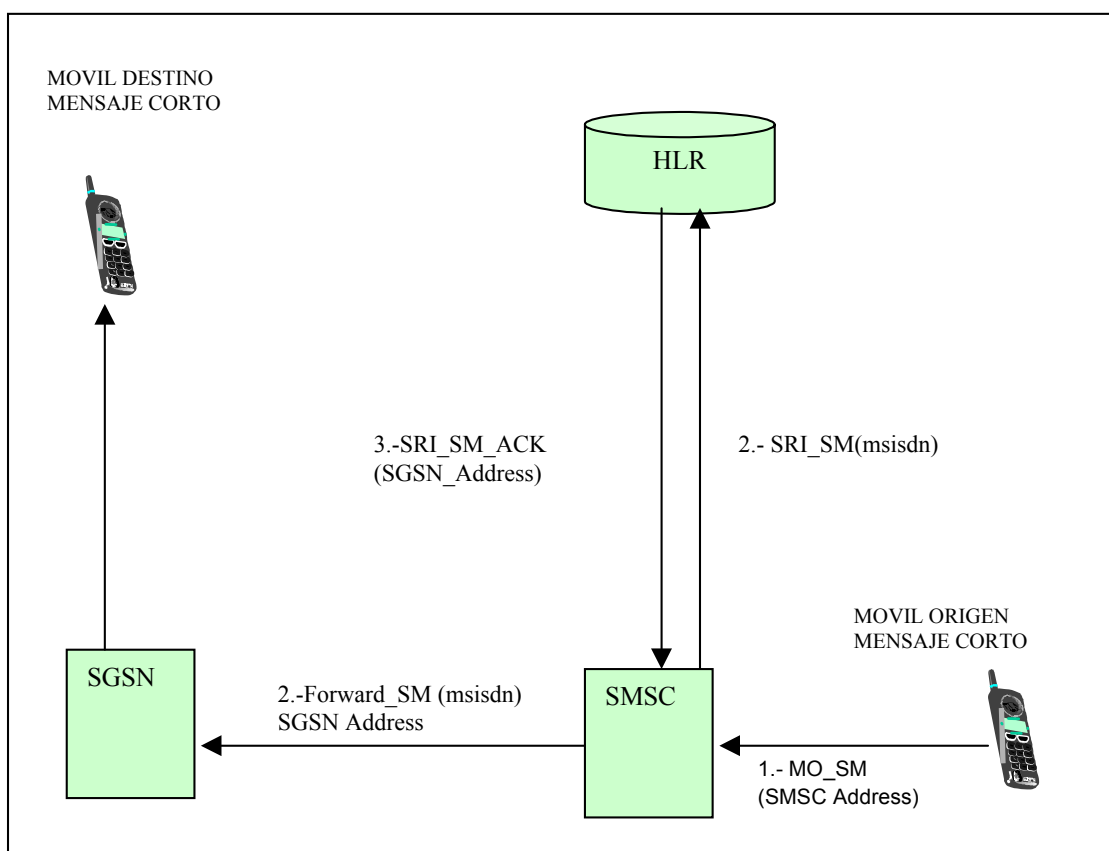


Figura 2.51. Envío de mensajes cortos MT a través de GPRS.

En la figura 2.51 se muestra un escenario típico.

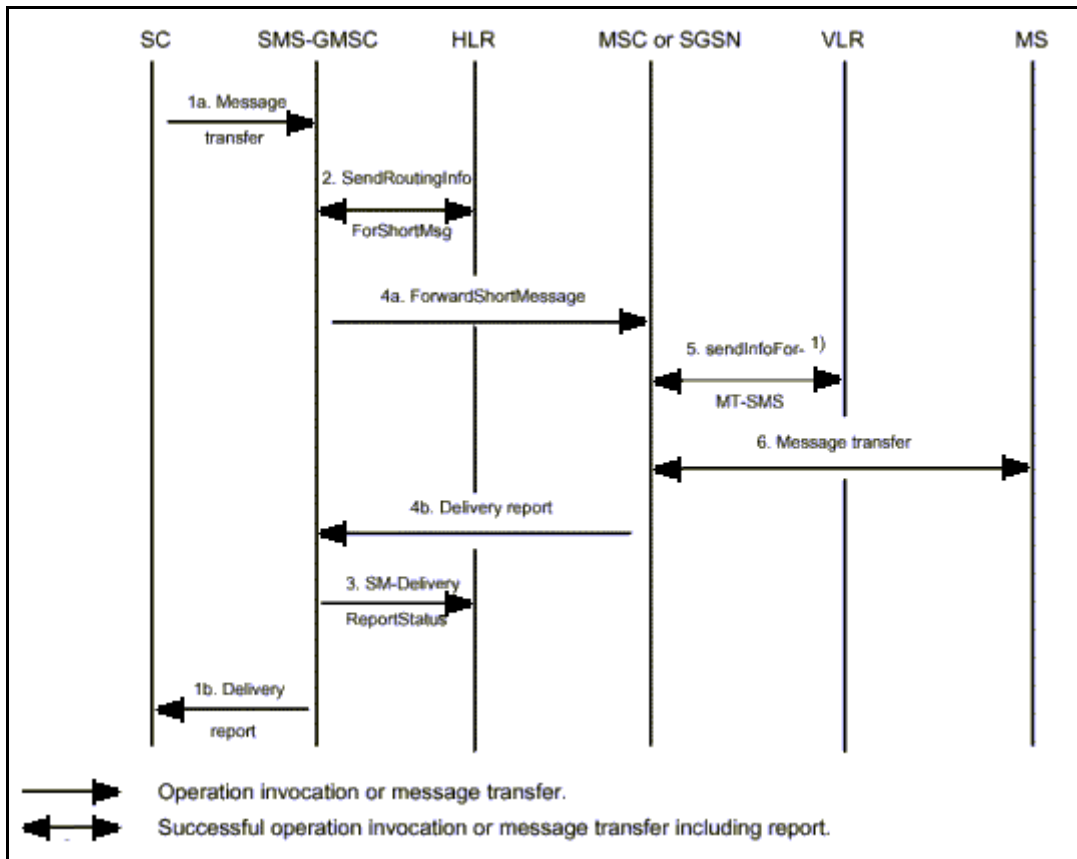


Figura 2.52. Secuencia de mensajes para el envío de mensajes cortos.

2.8 Tarificación.

2.8.1 INTRODUCCIÓN.

Con la introducción de GPRS en la telefonía móvil, se añaden dos nuevos nodos tipo GSN (GPRS Support Node) a las redes de los operadores de telefonía móvil llamados SGSN (Serving GPRS Support Node) y GGSN (Gateway GPRS Support Node).

Para la correcta tarificación de las conexiones que los clientes de un operador móvil realizan a través de GPRS, los nodos SGSN y GGSN generan ficheros de tarificación (CDRs), que serán recopilados y formateados por el Sistema de Mediación del Operador y posteriormente enviados a sus sistemas de Tarificación y Facturación.

Dado que la conexión GPRS es continua, se plantean distintas tarificaciones, hasta ahora imposibles de tener en cuenta, en función de diferentes parámetros, no sólo en función de la duración de la conexión como se viene haciendo en las llamadas GSM. Tal es el caso de una tarificación en función del tráfico de datos transferido o de la calidad de servicio, etc.

2.8.2 NODOS SGSN-GGSN.

Como se ha dicho con anterioridad, los dos nodos GSN de GPRS, SGSN y GGSN generan ficheros de tarificación (CDRs). Los generados por el nodo SGSN se llaman S-CDRs (SGSN Call Detail Record) y los generados por el nodo GGSN se llaman G-CDRs (GGSN Call Detail Record.).

Actualmente existen pocas diferencias entre un CDR y otro, una de estas diferencias es, por ejemplo, el campo donde se incluye la MSISDN del cliente conectado a una sesión GPRS, que sólo aparece en los S-CDRs.

Los nodos GSN están conectados al sistema de mediación del operador para que éste pueda procesar y formatear dichos ficheros y se puedan enviar a los sistemas de negocio para ser tarificados.

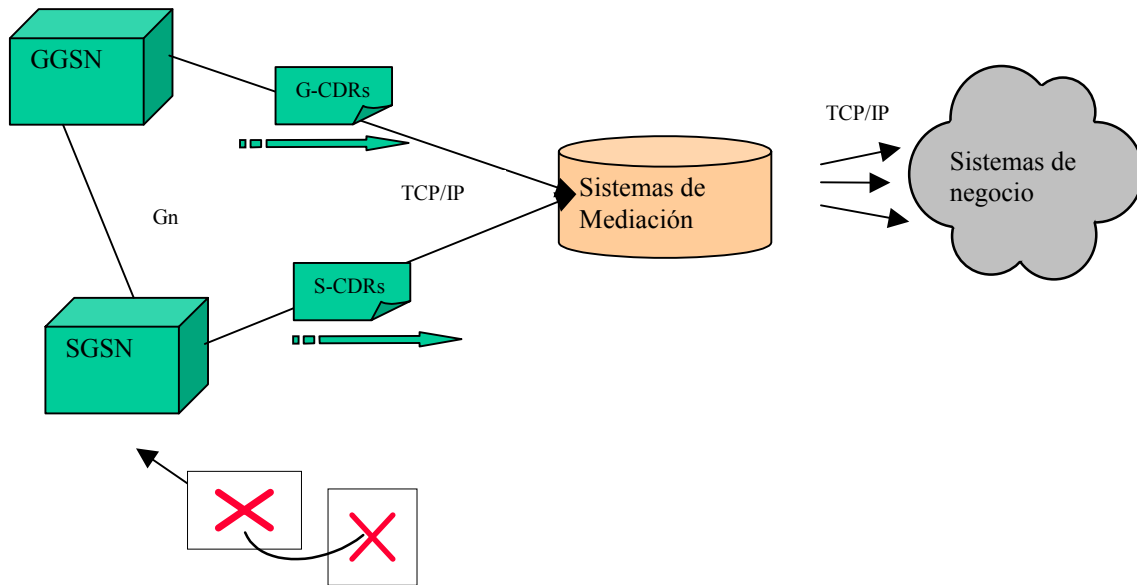


Figura 2.53. Envío de los CDR a los sistemas de negocio para ser tarificados.

2.8.3 GENERACIÓN DE S-CDRS (SGSNPDPRECORD).

Los CDRs se crean en el nodo SGSN en el momento en que se activa un PDP context. Se le asigna el Charging ID recibido por el nodo GGSN. El CDR generado se cerrará cuando se termine la transferencia de paquetes, es decir, después de que el tráfico de datos finaliza y la información se inserta en el campo “List of Traffic Data Volumes” o cuando se alcanza alguna de las causas de cierre parcial. Estos CDR’s se generan debido a los siguiente casos:

- **Por límite de volumen de datos.** Se trata de un parámetro configurable, (para cada PDP context activo en el nodo GSN fijado por el “PDP Context Output threshold”), de manera que en el momento en que el volumen de datos transferidos alcance el límite establecido, se genera un S-CDR parcial en el nodo SGSN. En el campo “Cause for record closing” aparecerá el valor 16. El volumen de datos es la suma del uplink volume y downlink volume.
- **Por límite de tiempo.** Es un parámetro también configurable, (para la supervisión de cada PDP context activo en el nodo GSN fijado por el “PDP Context Output timer”), de manera que cuando el tiempo parametrizado transcurre, se genera un S-CDR parcial en el nodo SGSN. En el campo “Cause for record closing” aparecerá el valor 17.
- **Cambio de tarifa.** Si se produce un cambio de tarifa, se genera un S-CDR parcial para cada PDP context. En el campo “Cause for record closing” aparecerá el valor 19. En este caso, el contador de volumen se pone a cero.
- **Cambio de la calidad de servicio (QoS).** Si se detecta un cambio en el parámetro QoS (indica la calidad del servicio), se genera un S-CDR parcial. En este caso, en el campo “Cause for record closing” aparecerá el valor 19, pero aquí, tanto el contador de volumen como el de tiempo se ponen a cero.

Al desactivarse un PDP context, se produce un S-CDR. La causa de cierre del CDR (Cause for record closing) indicará un cierre normal con el valor 0. Si se produce una situación anormal que obliga a la desactivación del PDP context, se indicará con el valor 4.

2.8.4 GENERACIÓN DE CDR'S DEL TIPO G-CDR (GGSNPDPCORD).

La generación de estos CDRs se produce del mismo modo que los S-CDR, sólo que los G-CDR se abren en el nodo GGSN en vez de en el nodo SGSN.

2.8.5 TIPOS DE TARIFICACIÓN.

La tarificación de las conexiones GPRS puede realizarse en función de varios parámetros:

- **Tarificación por duración.** Para tarificar por duración hay que tener en cuenta el campo “duration” del CDR, que indica el tiempo en segundos que ha durado la conexión. Hay que tener en cuenta que esta duración no contabiliza sólo el tiempo correspondiente al tráfico de datos, (el usuario está transfiriendo información) sino que comienza a contar desde que el usuario realiza el “attach” (aunque no haya tráfico de datos) hasta que se desconecte. Es decir, no se puede saber cuanto tiempo ha empleado en el tráfico de datos.
- **Tarificación por volumen.** En este caso hay que tener en cuenta la información que aparece en los campos “dataVolumeGPRSUplink” y “dataVolumeGPRSDownlink” del CDR, que indican respectivamente el volumen de datos enviados y el volumen de datos recibidos por el cliente. Esta información viene en Kbytes y será necesario sumar el valor de los dos campos para obtener el número total de bytes del tráfico enviado y recibido para poder tarificar por este valor.
- **Tarificación por calidad de servicio.** Para tarificar por la calidad de servicio se utilizarán dicho parámetro, que a su vez está compuesto por 5 valores para indicar la calidad dada a la conexión del cliente y que aparecen en el S-CDR. Como ya se ha dicho anteriormente, si se cambia la calidad de servicio, se genera un nuevo S-CDR (con su correspondiente G-CDR) y se podrá tarificar en función de los valores de la QoS utilizada.
- **Tarificación por APN accedido.** Igualmente, en los CDRs generados por los nodos GSN, aparece el APN al que se ha realizado la conexión (“accessPointName”). Este parámetro puede utilizarse, como en los casos anteriores, para tarificar al cliente en función del valor ahí almacenado.

2.8.6 CALIDAD SOLICITADA – CALIDAD CONCEDIDA.

Todo cliente de un Operador de telefonía móvil que tenga activado el servicio GPRS en el HLR, tendrá definida una calidad de servicio concreta, es decir, unos valores concretos en los parámetros que determinan la calidad de servicio (QoS).

Dicha QoS es la que recibirá habitualmente el usuario desde la red en su conexión GPRS, pero si por algún motivo, no puede alcanzarse, la conexión GPRS dispondrá entonces de una calidad menor. Por este motivo, si se modifica la calidad del servicio, se genera un nuevo CDR, puesto que en este caso, la tarificación de la conexión GPRS debe ser más económica al no recibir la calidad de servicio adecuada.

2.9 Gestión de la seguridad.

2.9.1 AUTENTICACIÓN.

El proceso de autenticación de un usuario GPRS puede iniciarlo el SGSN en cualquier momento. Tal y como se observa en la ilustración siguiente, el SGSN pide al HLR/AUC la generación de la tripleta (SRES, RAND, Ki), para ello envía el IMSI del usuario al HLR/AUC del que obtiene el par de valores SRES/RAND mediante el algoritmo A3. El SGSN guarda el valor SRES y envía al MS el valor RAND. La MS por su parte calcula el valor SRES aplicando el algoritmo A3 y lo envía al SGSN. Éste comparará el resultado ofrecido por la MS con el que había guardado para dar por válida o no la autenticación.

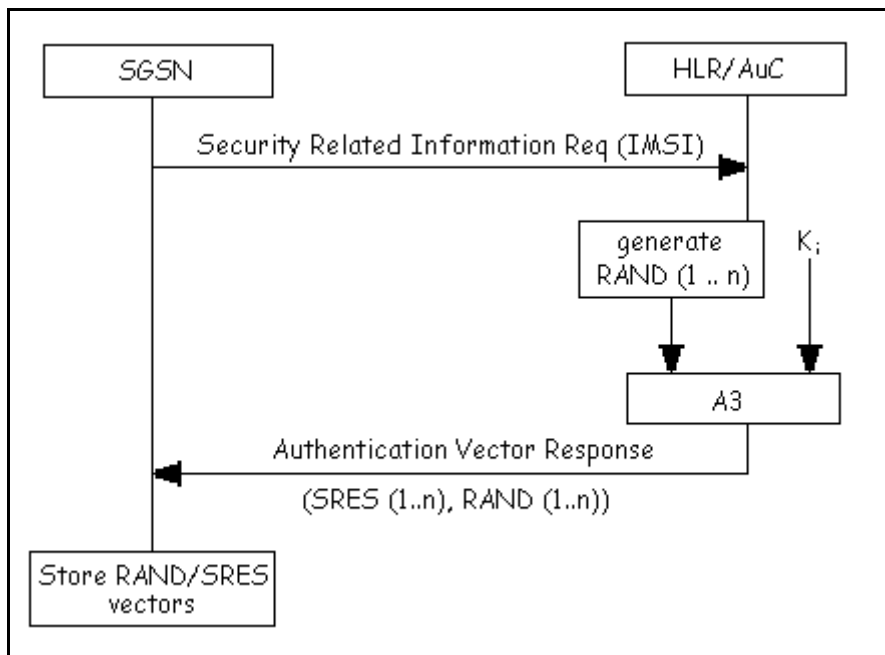


Figura 2.54. Cálculo de SRES/RAND por parte de la red.

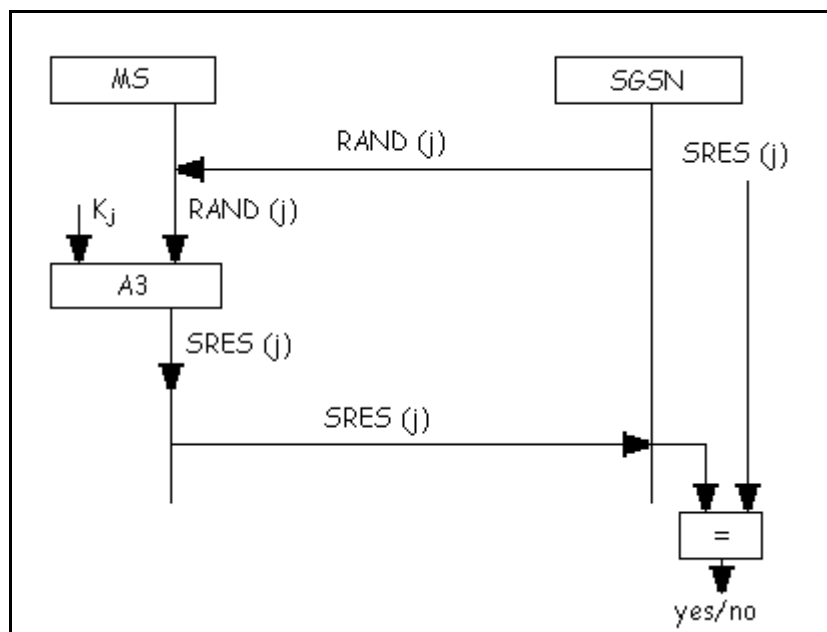


Figura 2.55. Cálculo de SRES por parte de la MS.

2.9.2 CIFRADO.

Para la autenticación y cifrado se utilizan los mismos procesos y algoritmos que en GSM. A diferencia del cifrado que existe en GSM cuyo ámbito es desde la MS al BSS, en GPRS el cifrado va de SGSN al MS. El SGSN pide al MS la identidad del equipo (IMEI). Con la respuesta obtenida el SGSN puede consultar al EIR para chequear esta identidad.

2.9.2.1 Algoritmo de cifrado para GPRS.

El algoritmo consiste en un cifrado de flujo simétrico. Las variables de entrada al algoritmo son la K_c , la trama de entrada y la dirección de transferencia. La salida del algoritmo de cifrado es la cadena resultante. El proceso de cifrado y la recuperación de la cadena inicial se muestra en la figura siguiente. Los parámetros del algoritmo tienen el siguiente formato:

- **K_c (64 bits).** La clave de cifrado es un dato sin estructura concreta y es generado en la autenticación GPRS y en los procedimientos de manejo de clave. Su longitud es de 64 bits. La clave es única para la MS cuando usa tráfico punto a punto, o puede ser común para varios usuarios cuando el SGSN envía los mismos datos a varios MS en una transmisión punto-multipunto. Este parámetro nunca se transmite por el interfaz radio.
- **Entrada (32 bits).** Trama LLC utilizada como entrada para su cifrado.
- **Dirección de transferencia(1 bit).** Define la dirección de la transmisión, ascendente o descendente, y se refleja en un bit.
- **Cadena resultante (1600 octetos).** Es la salida del algoritmo de cifrado. La longitud máxima de la cadena de salida coincide con la longitud máxima de la trama LLC de transmisión de datos, incluyendo el FCS (Secuencia de comprobación de trama) de 3 octetos. La mínima es de 3 octetos. En la unidad transmisora, la cadena resultante se opera mediante una función XOR con el texto plano a transmitir, y el resultado es enviado a través del interfaz radio. En la unidad receptora la cadena resultante es operada mediante una función XOR con el texto cifrado, y se obtiene el texto plano original. El texto plano son las tramas LLC de los datos que se transmiten. Las transmisiones ascendentes y descendentes son independientes, por lo que el cifrado también lo será en ambos casos. Esto contrasta con el algoritmo de cifrado A5 donde las claves de ambas direcciones son generadas desde la misma entrada.

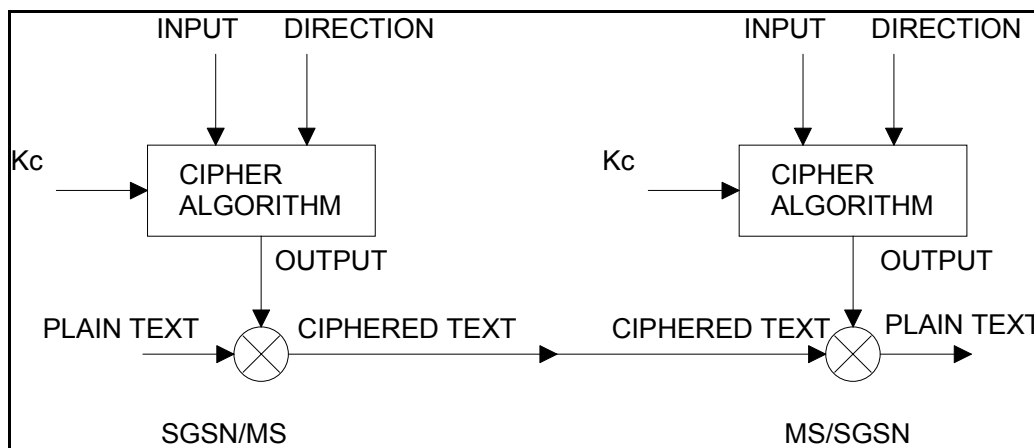


Figura 2.56. Entorno básico de cifrado GPRS.

2.10 Calidad de servicio.

El criterio de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) surge de la necesidad de que debe ser posible responder a las condiciones de tráfico de datos de forma adaptativa, ya que no todos los usuarios y aplicaciones requieren de las mismas condiciones de tráfico de datos y, se hace evidente que, el aumento de usuarios conlleva a un aumento exagerado de las necesidades de gestión de los mismos de una forma ineficiente.

Para ello, en GPRS se introducen ya mecanismos (que luego se ven mejorados en UMTS) para la gestión de este concepto, según el tipo de cliente, el tipo de aplicación y el tipo de recursos que haya disponibles en un determinado momento.

2.10.1 CALIDAD DE SERVICIO EXTREMO A EXTREMO.

Cuando se habla de Calidad de Servicio extremo-a-extremo (end-to-end Quality of Service), nos referimos a los mecanismos de los que dispone el sistema GPRS para poder garantizar una determinada calidad de servicio, según hemos comentado anteriormente, entre el punto originante y el final de una determinada comunicación o sesión de datos.

Es decir, se pueden establecer unas determinadas calidades de servicio fijas en puntos intermedios, pero está claro que la calidad de servicio extremo-a-extremo será la suma de las peores calidades de servicio intermedias.

Hasta GSM únicamente había definidas tres tipo de calidades de servicio:

- Voz
- Servicio de datos transparente (transmisión de datos sin corrección de errores)
- Servicio de datos no transparente (transmisión de datos con corrección de errores).

El aumento de la complejidad de los sistemas GPRS, debido a que aparecen conceptos nuevos, como pueden ser el de la transmisión por un backbone o la gestión de políticas de calidades de servicio tanto en los nodos SGSN como GGSN, hace que ya no se definan estos tipos de calidades de servicio y, para asegurar que una determinada aplicación tenga una determinada calidad de servicio (por ejemplo, un streaming de video), habrá que asegurar que en todos los puntos se dan las condiciones para que el servicio funcione de forma adecuada.

Debido a que estamos hablando ya de conmutación de paquetes, donde no existe la exclusividad de los recursos a menos que se defina explícitamente, como ocurría en GSM (conmutación de circuitos), los mecanismos para asegurar esta definición cambian completamente.

Evidentemente, se trata de asegurar una determinada calidad de servicio en el subsistema radio (por ejemplo, asegurando un determinado número de timeslots dedicados para GPRS y unas determinadas velocidades binarias medias y de pico), en el subsistema core (incluyendo también la parte de transmisión en las redes de paquetes de datos, donde se importan los conceptos que se establecen ya en las redes IP).

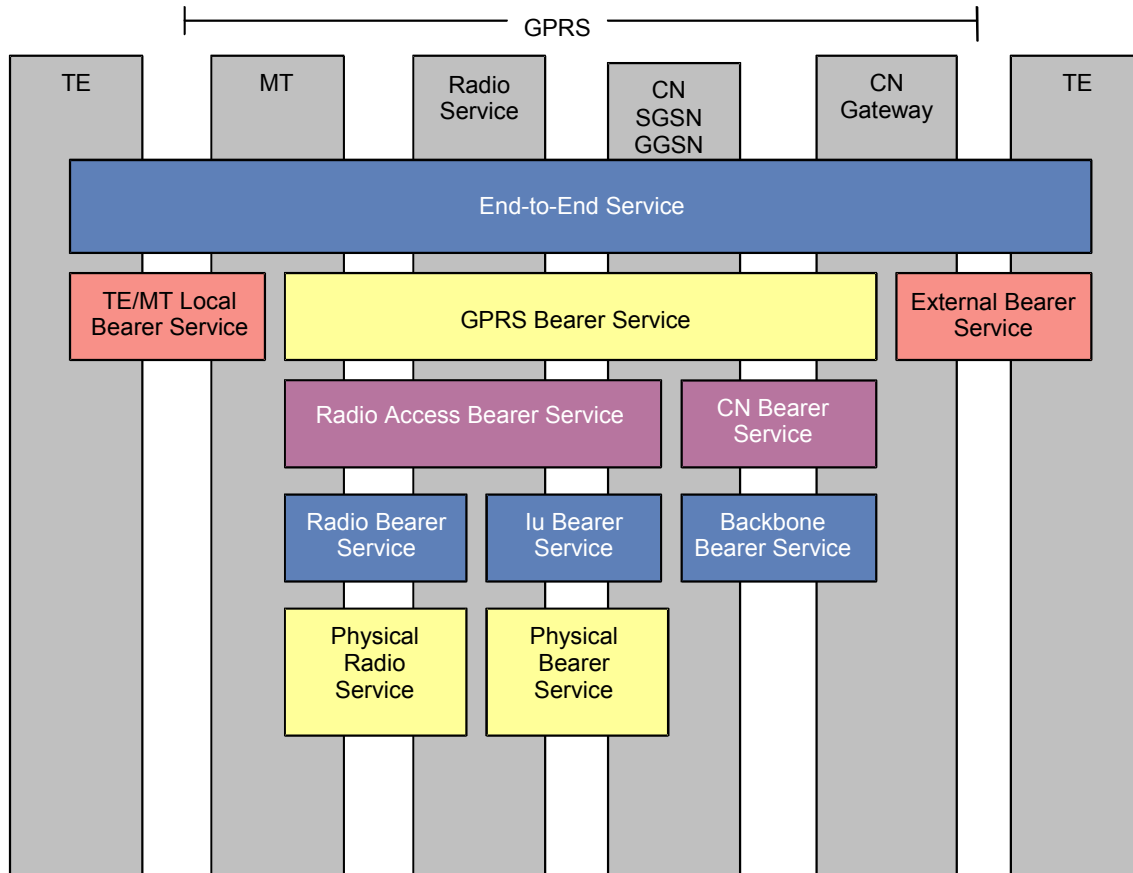


Figura 2.57. Calidad de Servicio extremo-a-extremo (E2E QoS).

Para proporcionar QoS IP extremo-a-extremo, es necesario gestionar la QoS en cada dominio.

Debido a las diferentes técnicas utilizadas en una red IP, se utiliza una política de decisiones lógicas. Además, es necesario implementar algún sistema que interaccione con los distintos tipos de redes que puedan implementar los distintos tipos de redes y subsistemas. El interworking puede realizarse de distintas formas, incluyendo:

- Señalización a lo largo de todo el camino.
- Marcado de paquetes o etiquetado a lo largo del flujo de datos.
- Interacción entre políticas de control y control de recursos.

2.10.2 CALIDAD DE SERVICIO EN EL SUBSISTEMA CORE.

Para definir la calidad de servicio en el subsistema Core, se definen una serie de parámetros de QoS, asumiendo que el usuario está en una localización con cobertura aceptable y que está operando en una situación de red normal.

En el proceso de activación de un contexto PDP se negocia la QoS. La MS solicita un QoS, que es validada con la QoS definida en su perfil en el HLR. La red le asignará la QoS requerida siempre y cuando sea posible, pudiendo la MS rechazar la activación del contexto si no se ajusta a la solicitada. El sistema BSS utiliza la información del perfil de calidad de servicio asociado para determinar el nivel de prioridad radio. Se estandarizaron cuatro niveles de prioridad radio (además del nivel de señalización) que definen la prioridad de acceso radio y la prioridad de servicio. Así pues, al establecer un PDP Context se le asocia un perfil de calidad de servicio, definida por 5 atributos:

- **Precedence Class (Priority).** Nivel de prioridad de la comunicación bajo condiciones anormales, como congestión de red o recursos limitados (de 1 a 3). Indica la prioridad relativa para el mantenimiento del servicio. Por ejemplo, en condiciones anormales se indica si algunos paquetes deben ser descartados o no. Los niveles de prioridad definidos son:
 - **High Precedence.** Estos servicios se mantienen por encima de cualquier otro nivel de precedencia.
 - **Normal Precedence.** Estos servicios se mantiene por encima de los usuarios de Low Precedence.
 - **Low Precedence:** Este tipo de servicios serán los que se verán más perjudicados en caso de condiciones de congestión.

<i>Precedencia</i>	<i>Clase</i>	<i>Interpretación</i>
<i>1</i>	<i>High priority</i>	<i>El servicio debe de mantenerse por encima de los de clase 2 y 3.</i>
<i>2</i>	<i>Normal priority</i>	<i>El servicio debe de mantenerse por encima del de clase 3.</i>
<i>3</i>	<i>Low priority</i>	<i>El servicio debe de mantenerse por detrás de los de clases 1 y 2.</i>

Tabla 2.58. Perfiles de calidad de servicio.

- **Delay Class.** Es el retardo que puede soportar una comunicación (de 1 a 4). El Delay 4 es el considerado como “best effort” y el 1 el mejor. Esto es así debido a que GPRS no es un servicio de “store and forward”, aunque los datos se almacenen temporalmente en los nodos durante la transmisión. El retardo en el que se incurre es debido a las características técnicas de transmisión (o sus limitaciones) y trata de minimizarse mediante la definición de este parámetro, que define el retardo de transferencia extremo-a-extremo en la transmisión de una SDU a través de una red GPRS.

- **Reliability Class.** Define la fiabilidad ante errores, datos corruptos, duplicado de datos y pérdida de paquetes, con confirmaciones en la diferentes capas GTP, LLC, RLC (de 1 a 5).

<i>Reliability Class</i>	<i>GTP Mode</i>	<i>LLC Frame Mode</i>	<i>LLC Data Protection</i>	<i>RLC BLOCK Mode</i>	<i>Traffic Type</i>
1	<i>Con reconocimiento</i>	<i>Con reconocimiento</i>	<i>Protegida</i>	<i>Con reconocimiento</i>	<i>Tráfico no en tiempo real, aplicaciones sensibles al error que no puede convivir pérdidas de datos.</i>
2	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>Con reconocimiento</i>	<i>Protegida</i>	<i>Con reconocimiento</i>	<i>Tráfico no en tiempo real, aplicaciones sensibles al error que puede convivir con pérdidas de datos infrecuentes.</i>
3	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>Protegida</i>	<i>Con reconocimiento</i>	<i>Tráfico no en tiempo real, aplicaciones sensibles al error que puede convivir con pérdidas de datos, GMM/SM, y SMS.</i>
4	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>Protegida</i>	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>Tráfico en tiempo real, aplicaciones sensibles al error que puede convivir con pérdidas de datos.</i>
5	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>No protegida</i>	<i>Sin reconocimiento</i>	<i>Tráfico en tiempo real, aplicaciones no sensibles al error que puede convivir con pérdidas de datos.</i>
<i>Nota: Para tráfico en tiempo real, la QoS necesita además valores adecuados de retardo y velocidad media.</i>					

Tabla 2.59. Distintos niveles de Reliability Class.

- **Peak Throughput Class:** Es el throughput de pico medido en el Gi y en otros puntos de referencia de la red en unidades de octetos por segundo. Especifica la tasa máxima a la que los datos esperan ser transferidos a través de la red para un contexto PDP, pero no se especifica el tiempo en que esta tasa puede ser mantenida, pues depende de la capacidad dila MS y de los recursos radio.

<i>Clases de velocidad media de pico</i>	<i>Velocidad media de pico en octetos por segundo</i>
1	<i>Por encima de 1000 (8 kbits/s)</i>
2	<i>Por encima de 2000 (16 kbits/s)</i>
3	<i>Por encima de 4000 (32 kbits/s)</i>
4	<i>Por encima de 8000 (64 kbits/s)</i>
5	<i>Por encima de 16000 (128 kbits/s)</i>
6	<i>Por encima de 32000 (256 kbits/s)</i>
7	<i>Por encima de 64000 (512 kbits/s)</i>
8	<i>Por encima de 128000 (1024 kbits/s)</i>
9	<i>Por encima de 256000 (2048 kbits/s)</i>

Tabla 2.60. Distintos niveles de Peak Throughput Class.

- **Mean Throughput Class:** Es el throughput medio medido en el Gi y en otros puntos de referencia de la red en unidades de octetos por segundo. Especifica la tasa media a la que los datos esperan ser transmitidos a través de la red para un contexto PDP.

Capítulo 3. Principios básicos del Acceso Múltiple por División de Código.

<i>Capítulo 3. Principios básicos del Acceso Múltiple por División de Código.....</i>	<i>113</i>
3.1 Introducción.....	114
3.2 Clasificación de esquemas CDMA.	115
3.3 CDMA de secuencia directa (DS-CDMA).....	116
3.3.1 RECEPTOR RAKE.....	120
3.3.2 CONTROL DE POTENCIA.	120
3.3.3 HANDOVER.....	122
3.3.4 DUPLEX: FDD Y TDD.	123
3.3.5 CAPACIDAD.....	124
3.3.6 BALANCE DE ENLACE.	130

3.1 Introducción.

La base para cualquier diseño del interfaz aire consiste en el esquema de acceso múltiple, o sea, en como el medio de transmisión común se comparte entre los usuarios. En *Frequency Division Multiple Access* (FDMA), el ancho de banda total del sistema está dividido en canales de frecuencia asignados a los usuarios, de manera que en cada porción del espectro sólo transmite un usuario. En *Time Division Multiple Access* (TDMA) cada canal de frecuencia está dividido en *time slots* y se asigna a cada usuario uno de ellos, de manera que en cada intervalo temporal sólo transmite un usuario.

En *Code Division Multiple Access* (CDMA) se consigue el acceso múltiple asignando a cada usuario un código pseudo-casual para codificar la señal portadora de información. El receptor, conociendo el código del usuario, es capaz de decodificar la señal recibida y recuperar la señal de información. Esto es posible, porque las correlaciones cruzadas entre el código del usuario deseado y los códigos de los demás usuarios son pequeñas en comparación con la autocorrelación de cada código. Puesto que se escogen secuencias de código cuyo ancho de banda es mucho más grande del ancho de banda de las señales portadoras de información, el proceso de codificación ensancha el espectro de la señal, y es por lo tanto, conocido como modulación de espectro ensanchado (*spread spectrum modulation*). Por esto, la secuencias de código tienen también el nombre de códigos de ensanchamiento (*spreading codes*).

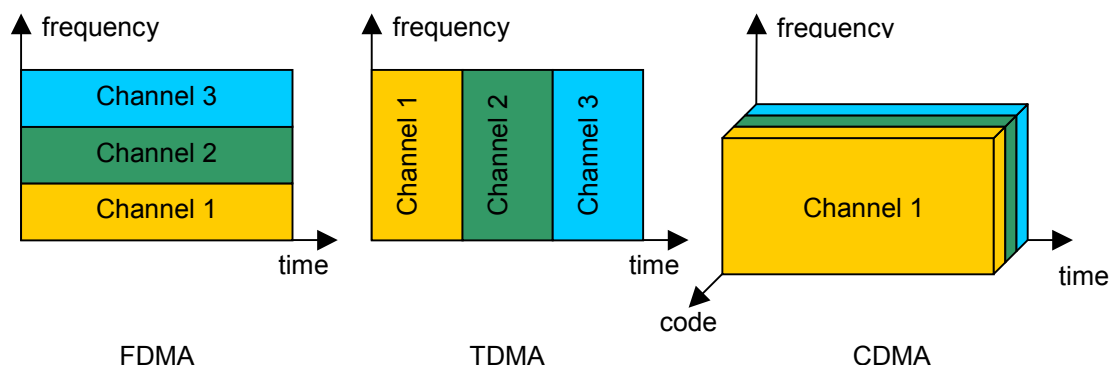


Figura 3.1. Distintos tipos de acceso múltiple.

Generalmente TDMA y CDMA suelen utilizar FDMA para dividir la banda de frecuencia disponible en porciones más pequeñas que son sucesivamente divididas por tiempo o código.

3.2 Clasificación de esquemas CDMA.

En esquemas de acceso múltiple de tipo CDMA, es el ensanchamiento del espectro el que proporciona la capacidad para el acceso múltiple, por lo tanto, es importante conocer las técnicas necesarias para generar señales de espectro ensanchado y las propiedades de éstas. Las técnicas de modulación de espectro ensanchado satisfacen dos criterios:

- El ancho de banda de transmisión debe ser mucho más grande que el ancho de banda de información.
- El ancho de banda en radio frecuencia resultante de la modulación es independiente (estadísticamente) de la información transmitida.

El cociente entre el ancho de banda de transmisión W y el de información R se denomina *processing gain* (ganancia de procesado) G_p del sistema de espectro ensanchado,

$$G_p = \frac{W}{R}$$

El receptor genera de forma síncrona una réplica del código de ensanchamiento, y calcula la correlación entre la señal recibida y la réplica para recuperar la señal portadora de información originaria. Esto implica que el receptor necesita conocer el código utilizado para modular la señal.

Existen diferentes técnicas de modulación para generar señales de espectro ensanchado. Las principales son las siguientes:

- **Secuencia directa (*Direct Sequence*)**. La señal portadora de información es multiplicada directamente por un código de ensanchamiento de alta tasa binaria.
- **Salto de frecuencia (*Frequency Hopping*)**. La frecuencia de la portadora a la que se transmite la señal es cambiada velozmente de acuerdo con el código.
- **Salto de tiempo (*Time Hopping*)**. La señal portadora de información se transmite de manera discontinua en ráfagas cortas cuyo instante temporal de comienzo depende del código spread.
- **Modulación híbrida (*Hybrid Modulation*)**. Cualquier esquema que combine varios de los anteriores mecanismos de modulación.

De acuerdo con el alcance de este capítulo, se centrará la atención sobre el CDMA de secuencia directa (DS-CDMA).

3.3 CDMA de secuencia directa (DS-CDMA).

En DS-CDMA la señal portadora de información es modulada directamente por una señal código digital, o sea, discreta en el tiempo y discreta en valor. Esta señal consiste en una secuencia de bits de código llamados *chips* que pueden tomar el valor de +1 ó -1. Para obtener el ensanchamiento del espectro deseado, la tasa binaria de la señal código, llamada *chip rate*, debe ser mucho mayor que la de la señal de información.

Las figuras ilustran el esquema de bloques simplificado para un transmisor con modulación de código de tipo BSK (Binary Phase Shift Keying), junto con las señales generadas y el esquema de bloques simplificado del receptor.

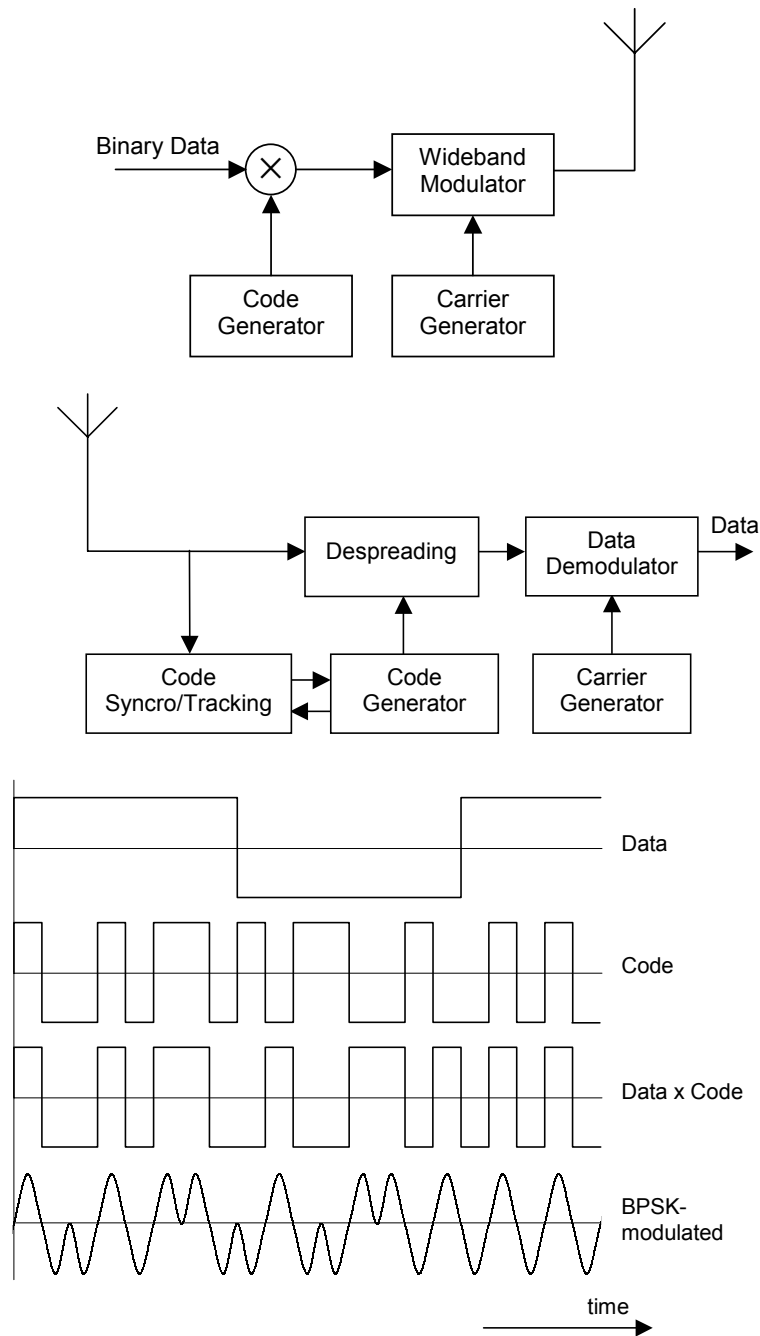


Figura 3.2. Esquema de bloques simplificado para un transmisor con modulación de código de tipo BSK (Binary Phase Shift Keying) y señales generadas.

En este ejemplo se transmiten 8 chips por cada símbolo de información, lo cual implica un *processing gain* igual a 8. Cabe destacar que el receptor, además de conocer el código utilizado en transmisión, necesita lograr que el código de la señal recibida y la réplica generada localmente estén sincronizadas durante todo el proceso de recepción.

Entre las propiedades de las señales de espectro ensanchado en el caso de DS-SS-SSM destacan las siguientes:

- **Capacidad para el acceso múltiple.** Si varios usuarios transmiten simultáneamente señales de espectro ensanchado, el receptor puede distinguir entre ellos con tal de que cada uno utilice un código diferente de los demás. Si las correlaciones entre el código de cada usuario y los códigos de los demás son suficientemente pequeñas, el receptor puede realizar el proceso de *despreading*. Esto consiste en calcular la correlación de la señal recibida con la señal código de un determinado usuario, de manera que la señal de banda ancha de éste vuelve a ser la señal portadora de información de banda estrecha, mientras que las señales de los demás usuarios siguen ocupando todo el ancho de banda de transmisión. Así dentro del ancho de banda de información, la potencia del usuario deseado será mayor que la potencia de interferencia de las demás señales (a condición de que no haya demasiados interferentes). Este proceso es ilustrado en la figura siguiente en el caso de dos usuarios.

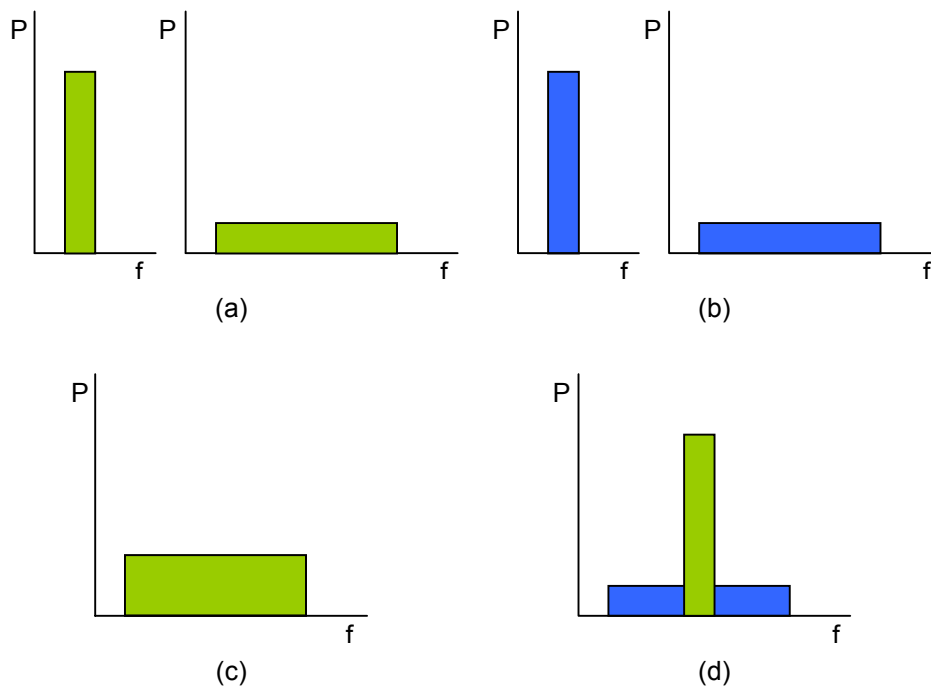


Figura 3.3. Ejemplo de varios usuarios transmitiendo simultáneamente señales de espectro ensanchado.

Después de haberse ensanchado las señales del primer usuario (a) y del segundo (b), ambas se transmiten juntas (c). El receptor, calculando la correlación cruzada de la señal recibida con el código del primer usuario, es capaz de recuperar la señal portadora de información de éste, y la señal del segundo usuario constituye una señal de interferencia de banda ancha, cuya potencia en la banda de información resulta reducida por un factor igual al *processing gain*.

- **Protección contra la interferencia multicamino (*multipath fading*).** Las señales de código poseen una función de autocorrelación que toma valores muy pequeños fuera del intervalo $[-T_c, T_c]$, siendo T_c la duración del *chip*. Esto significa que si llegan al receptor versiones de la señal por diferentes caminos (con diferentes fases, amplitudes y retardos), si los retardos relativos entre las señales Δt son tales que $\Delta t > T_c$, entonces el receptor es capaz de resolverlas y reconstruir la señal transmitida
- **Seguridad.** La señal transmitida puede ser recuperada sólo si se conoce el código utilizado en transmisión
- **Inmunidad a la interferencia.** Si en el ancho de banda de transmisión se encuentra una señal de interferencia de banda estrecha, calculando la correlación cruzada entre ésta y una señal código se distribuye la potencia de la señal interferente en todo el ancho de banda de transmisión, reduciendo la potencia de interferencia en el ancho de banda de información. La figura ilustra el caso de una señal con una interferente.

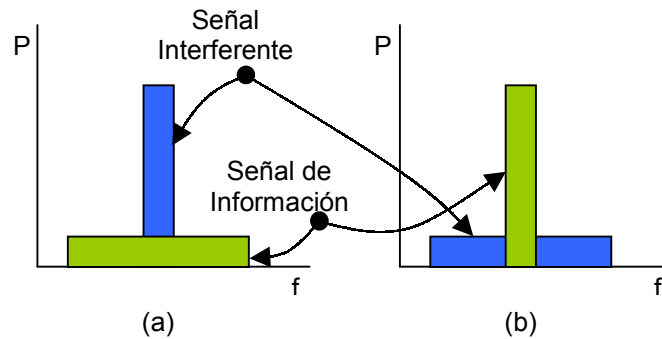


Figura 3.4. Una señal con una interferente.

El proceso de *despread* permite distribuir la potencia de la señal interferente de banda estrecha (a) sobre todo el ancho de banda de transmisión (b), de forma que la potencia de interferencia dentro el ancho de banda de información resulta reducida por un factor igual al *processing gain*.

- **Inmunidad al *jamming*.** La propiedad anterior resulta válida también en el caso de interferencia producida intencionalmente (*jamming*).
- **Baja probabilidad de interceptación.** La señal a secuencia directa, ya que utiliza siempre todo el ancho de banda de transmisión, tendrá una densidad muy baja de potencia por unidad de ancho de banda. Esto hace muy difícil la detección de las señales DS-SS.

Además de las propiedades mencionadas, el DS-SS presenta una serie de ventajas específicas:

- La generación de la señal a transmitir es muy sencilla, pudiendo ser una sencilla multiplicación.
- Es posible la demodulación coherente de la señal de banda ancha.
- No es necesaria la sincronización entre usuarios.

Sin embargo, el esquema DS-CDMA resulta afectado por algunas limitaciones:

- Para la recepción correcta, es necesario adquirir y mantener la sincronización entre la señal código generada localmente y la señal recibida, manteniendo además, el error por debajo del tiempo de chip. Además de resultar complejo en la práctica, esto limita prácticamente el ancho de banda máximo a 10-20 MHz.
- La potencia recibida desde usuarios cercanos a la estación base es mucho más grande que la potencia recibida desde usuarios lejanos. Como cada usuario transmite en todo el ancho de banda, un usuario cercano a la estación base creará una gran cantidad de interferencia, perjudicando a los usuarios lejanos, haciendo la recepción de estos imposible. Este problema, conocido como near-far effect (efecto cercano-lejano) se puede solucionar aplicando un algoritmo de control de potencia al uplink, así que, idealmente, todos los usuarios sean recibidos por la estación base con la misma potencia media. Dicho algoritmo, siendo de difícil realización práctica (debido a retardos en la realimentación, errores de medidas, etc.), resulta ser un elemento crítico en el diseño de un sistema DS-CDMA.

Procediendo de las consideraciones anteriores, resultan claras dos características fundamentales de los sistemas DS-CDMA:

- **Capacidad limitada por interferencia auto generada.** Debido a la naturaleza del esquema de modulación, todas las señales moduladas comparten el mismo medio de transmisión en tiempo y en frecuencia. Desde el punto de vista de cada una de ellas, las demás constituyen interferencia, generada por el sistema, reducida por el *processing gain*. En la práctica, en caso de elevada carga de tráfico, la capacidad de cada celda resulta limitada por esta interferencia auto generada y no por otros factores como el ruido. Así un sistema DS-CDMA resulta ser limitado por interferencia.
- **Factor de reuso de frecuencia igual a 1.** Siendo el sistema limitado por interferencia autogenerada, y siendo en línea teórica inmune a otro tipo de interferencia, cada celda puede utilizar todo el ancho de banda disponible, ya que la naturaleza del esquema de modulación hace que las celdas vecinas no influyan en el buen funcionamiento del sistema. Entonces, la planificación frecuencial resulta innecesaria. La figura siguiente ejemplifica este principio.

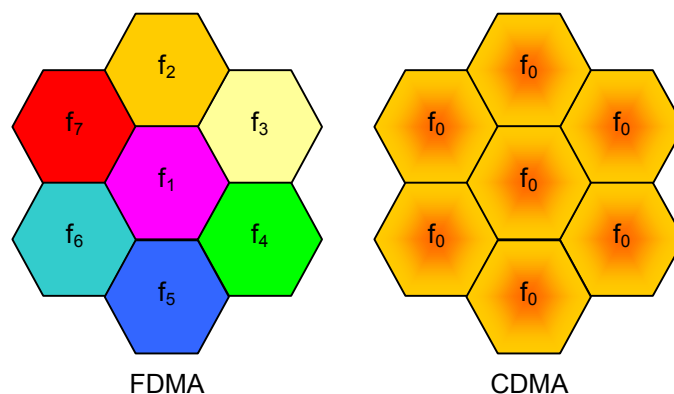


Figura 3.4. Reuso de frecuencias en FDMA y CDMA.

A la hora del diseño y la realización de un sistema DS-CDMA, hay que examinar diversos elementos del sistema y cómo éstos afectan las prestaciones generales.

3.3.1 RECEPTOR RAKE.

Las señales de espectro ensanchado con secuencia directa son muy adecuadas a canales de transmisión multicamino. En caso de que la señal transmitida sufra reflexiones múltiples debidas a obstáculos presentes en el camino de propagación, pueden llegar al receptor diferentes copias de la señal transmitida con diferentes retardos (dispersión multicamino, *multipath fading*). Sin embargo, el receptor es capaz de distinguir estas copias gracias a las propiedades de la autocorrelación de las secuencias de código. En concreto, desde el punto de vista de cada copia de la señal transmitida, cualquier otra copia con un retraso relativo mayor del tiempo de chip será tratada como interferencia y entonces suprimida por el proceso de *despreading*.

No obstante, las componentes múltiples recibidas se pueden combinar con un tipo de receptor *ad hoc* llamado receptor RAKE, que garantiza ulteriores beneficios. Este receptor consiste en un conjunto de correladores, uno por cada componente multicamino recibida. Cada correlador utiliza para el *despreading* una secuencia código alineada temporalmente con el retardo de la relativa componente. Sucesivamente se pueden combinar las señales obtenidas del *despreading* y obtener una señal recibida más fiel a la señal transmitida. Ya que cada componente sufre un desvanecimiento independientemente de las demás, este receptor beneficia de la llamada ganancia por diversidad. La figura ilustra un esquema de principio del receptor RAKE.

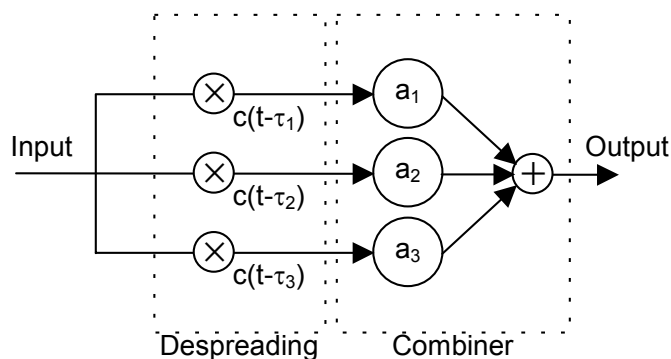


Figura 3.5. Receptor RAKE.

3.3.2 CONTROL DE POTENCIA.

El control de potencia es esencial para el correcto funcionamiento de un sistema DS-CDMA. Como se ha apuntado anteriormente, al compartir los usuarios el mismo ancho de banda es necesario controlar con precisión la potencia de cada uno de ellos, para que no interfiera innecesariamente con los demás. Particularmente significativo es, en uplink, el problema conocido como efecto cercano-lejano (*near-far effect*).

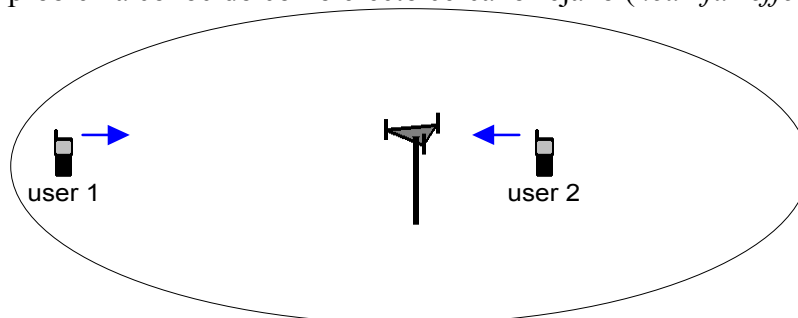


Figura 3.6. Efecto cercano-lejano.

En el ejemplo de la figura, los dos usuarios transmiten con la misma potencia, de forma que el usuario 1 es recibido por la estación base con una potencia menor que la potencia con la que es recibido el usuario 2, debido a las mayores pérdidas de propagación (mayor distancia de la estación base) de 1 con respecto a 2. Si, por ejemplo, la estación base recibe los usuarios 1 y 2 con potencias $p_2=10 p_1$, entonces (considerando despreciable el ruido térmico).

$$\left(\frac{S}{N}\right)_1 = \frac{1}{10} \quad \left(\frac{S}{N}\right)_2 = 10$$

Si además suponemos que el S/N objetivo debe ser igual a $1/10$, entonces el usuario 1 se encontraría en condiciones límite y el sistema estaría en su máxima capacidad, ya que un nuevo usuario reduciría el S/N del usuario 1 debajo del nivel objetivo echándole fuera de la celda¹.

Por esta razones es necesario implementar un algoritmo de control de potencia, para superar el problema cercano-lejano y maximizar la capacidad. Esto consiste, idealmente, en hacer que la potencia de transmisión de cada usuario, sea tal que, la estación base reciba las señales de todos los usuarios con la misma potencia. En el ejemplo, con un objetivo de S/N igual a $1/10$ y control de potencia ideal se pueden soportar hasta 11 usuarios.

Existen dos técnicas de implementación del algoritmo de control de potencia. El más sencillo consiste en utilizar un esquema de bucle abierto (*open loop*) que deja al móvil el control de la potencia a transmitir. Esencialmente el móvil estima las pérdidas de propagación en downlink a partir de la potencia nominal transmitida por la estación base y la potencia recibida, y ajusta la potencia a transmitir en uplink de acuerdo con dichas predicciones. Asimismo existe un esquema más complejo y eficiente de tipo a bucle cerrado (*closed loop*) que involucra tanto la estación base como la estación móvil. Este algoritmo se basa en ajustar la potencia de transmisión para que el *Frame Error Rate* (FER) percibido por la estación base se mantenga próximo al valor requerido.

Se nota que en downlink, idealmente, no es necesario ningún tipo de control de potencia, ya que la estación base transmite todas las señales coherentemente en la misma banda, de manera que el móvil las recibe con la misma potencia, sin efectos de tipo cercano-lejano. En la práctica se implementa algún tipo de control de potencia también en downlink, sin requisitos muy estrictos, para minimizar la potencia total transmitida.

¹ Este ejemplo se puede también interpretar como una reducción del rango de la celda al alcanzar la máxima capacidad.

3.3.3 HANDOVER.

En un sistema de comunicaciones móviles de tipo celular, cuando un usuario se mueve del área de cobertura de una estación base a otra, es necesario un proceso de traspaso (*handover*) del enlace de comunicación entre las dos estaciones base.

Siendo el factor de reutilización de frecuencia igual a 1 en CDMA, celdas vecinas utilizan las mismas frecuencias, o sea todo el ancho de banda disponible. Para reducir la interferencia generada por un móvil en las celdas vecinas, se utiliza un mecanismo denominado *soft handover*. Éste permite que un móvil esté conectado a dos o más estaciones base simultáneamente. La figura ejemplifica el caso de móvil en soft handover conectado a dos estaciones base. En uplink, las dos estaciones base reciben la señal de la estación móvil, la decodifican y envían las dos copias decodificadas al RNC (*Radio Network Controller*)², que escoge la de mayor calidad. En downlink, el móvil se encarga de combinar las señales de las dos estaciones base, tratándolas como componentes multicamino de la misma señal y combinándolas con su receptor RAKE.

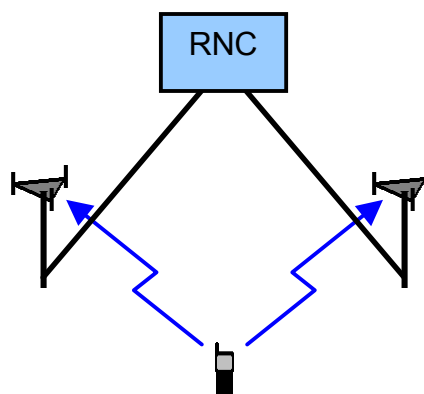


Figura 3.7. Efecto multicamino.

Un móvil entra en estado de soft handover, cuando la intensidad de la señal de una celda vecina a la celda actual supera cierto umbral, pero es aún menor que la intensidad de señal de la celda actual. El soft handover, además de reducir la interferencia en las celdas vecinas, permite mejorar las prestaciones mediante ganancia por diversidad, llamada en este caso macro diversidad.

En caso de que las dos estaciones base constituyan dos sectores de una misma celda, el procedimiento se denomina softer handover y la recombinación en uplink tiene lugar en la misma estación base.

Además de los mecanismos de traspaso citados, existe el *hard handover* correspondiente al traspaso entre diferentes frecuencias. El *hard handover* puede resultar necesario en caso de que el ancho de banda esté dividido en múltiples portadoras, por ejemplo, para implementar una estructura de celdas de tipo jerárquico, o para permitir el traspaso entre un sistema de tercera generación y su antecesor de segunda generación y garantizar la llamada compatibilidad hacia atrás.

² Equivalente a la BSC en GSM.

3.3.4 DUPLEX: FDD Y TDD.

Un sistema de comunicación se califica como dúplex, si permite la transmisión de señales entre los dos extremos en ambos sentidos al mismo tiempo. En los sistemas móviles, típicamente el dúplex se realiza dividiendo el ancho de banda en dos porciones simétricas y reservando una porción para el uplink y otra para el downlink. Esta solución se denomina *Frequency Division Duplex* (FDD, dúplex por división de frecuencia) y conceptualmente consiste en un esquema FDMA para multiplexar las señales de uplink y downlink. Esta es la elección de el estándar GSM. Típicamente las dos subbandas de uplink y downlink no son adyacentes sino separadas por una distancia en frecuencia llamada separación dúplex.

Asimismo, es posible realizar un esquema de dúplex basado en TDMA. Esto se realiza con una estructura de tramas temporales (*TDD frames*), cada una dividida en Time Slots, y utilizando unos de estos para el uplink y los demás para el downlink. Este mecanismo se denomina *Time Division Duplex* (TDD, dúplex por división de tiempo). La figura esquematiza las diferencias fundamentales entre FDD y TDD.

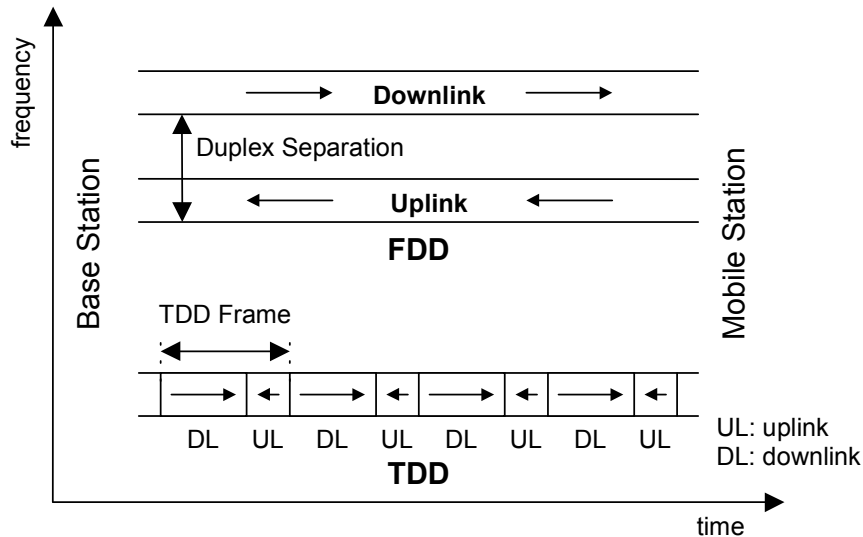


Figura 3.8. Diferencias fundamentales entre FDD y TDD.

FDD es, históricamente, el método utilizado para dúplex en sistemas de comunicación. Con respecto a esta solución, el TDD presenta varias peculiaridades:

- El TDD permite utilizar de forma adecuada porciones no pareadas del espectro, donde sería imposible identificar dos porciones separadas para uplink y downlink con esquema FDD.
- Variando el número de Time Slots asignados al uplink o al downlink, se puede realizar enlaces de tipo asimétrico, que permiten más flexibilidad en la repartición de capacidad entre downlink y uplink (por ejemplo, conexiones a Internet con mayor capacidad en downlink).
- Al compartir uplink y downlink el mismo canal físico, basándose en la señal recibida, el terminal puede estimar también los parámetros del canal en uplink, y entonces, un simple algoritmo de control de potencia de tipo bucle abierto garantiza prestaciones adecuadas también en uplink.

- La estructura de tramas temporales genera interferencia electromagnética, en forma de impulsos, que puede determinar problemas de compatibilidad electromagnética (EMC) internamente al terminal. Para que estas perturbaciones no afecten el altavoz y resulten audibles, es necesario utilizar una trama de duración máxima $T_F=10$ ms, que en la práctica limita la máxima velocidad de los usuarios a valores alrededor de 10 Km/h (con frecuencia de portadora de $f = 2$ GHz).

En el caso del estándar UMTS, se prevé el uso de TDD en hot spots, o sea, en zonas de elevada demanda de tráfico, sin que las celdas TDD sean adyacentes entre sí. De esta forma se elimina la necesidad de sincronismo entre celdas vecinas, y se ofrece la flexibilidad de capacidad típica del TDD en las zonas donde es realmente útil. Además, el TDD está limitado a usuarios estáticos o de baja movilidad. Todo esto hace del TDD el esquema ideal para pico celdas aisladas, destinadas a usuarios estáticos o de baja movilidad con una elevada demanda de tráfico, dentro de un entorno de tipo FDD que garantice la cobertura continua del territorio.

3.3.5 CAPACIDAD.

En la literatura existen varios modelos de capacidad de un sistema CDMA. Sin embargo, uno de los modelos más sencillos se basa en estimar la capacidad basándose en el nivel de interferencia generada por los usuarios en la banda. La capacidad efectiva depende en realidad de muchos otros factores como la demodulación de receptor, la precisión del algoritmo de control de potencia, y la potencia de interferencia real introducida por otros usuarios en la misma celda y en las celdas vecinas.

3.3.5.1 Celda aislada, un usuario.

En cualquier esquema de modulación de tipo digital, la métrica fundamental para evaluar las prestaciones ofrecidas es la relación entre la energía por bit y la densidad espectral de potencia de ruido, E_b/N_0 . Siendo el caso de una señal binaria y de ruido térmico, resulta que:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S/R}{N/W} = \left(\frac{S}{N} \right) \cdot G_p \quad (1)$$

con S potencia media de la señal moduladora, T tiempo de bit, $R=1/T$ bit rate de información, $N=N_fW$ la potencia de ruido total, N_f la densidad espectral de ruido térmico y W el ancho de banda de transmisión. La ecuación anterior constituye una relación fundamental en CDMA, ya que relaciona el cociente E_b/N_0 con la relación señal ruido de la señal recibida S/N y el *processing gain* G_p , y resulta ser válida también en casos generales.

3.3.5.2 Celda aislada, multiusuario.

Siendo el uplink el enlace que típicamente limita la capacidad total del sistema, es interesante proceder a un análisis más detallado de éste. En este caso se deberá considerar que $N_0 = N_t + I_{intra}$, siendo I_{intra} la interferencia intra-celda, generada por los demás usuarios situado dentro de la celda y que contribuye a incrementar la componente de ruido térmico.

Asumiendo control de potencia ideal, o sea, que la estación base reciba todas las estaciones móviles con la misma potencia S , y suponiendo para todos el mismo bit rate de información R , la relación señal ruido para un usuario se puede escribir como:

$$\frac{S}{N} = \frac{S}{WN_t + (M - 1)S} = \frac{1}{M - 1 + \frac{WN_t}{S}}$$

donde M es el numero total de usuarios en la banda. Este resultado es coherente con la hipótesis de sistema limitado por interferencia, que implica que la potencia total de interferencia en la banda sea igual a la suma total de la potencias de usuario. La figura ilustra estos conceptos en el caso de 7 usuarios sin ruido térmico.

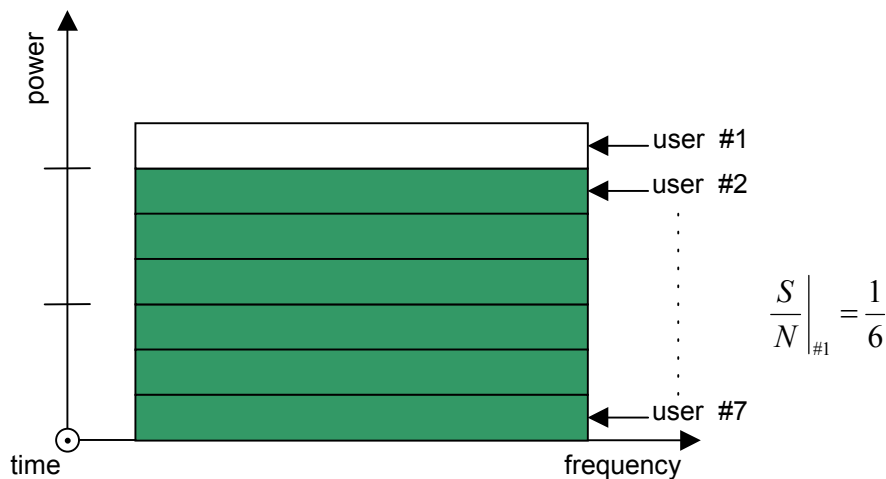


Figura 3.9. Sistema limitado por interferencia con 7 usuarios sin ruido térmico.

substituyendo en la ecuación (1) resulta que

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{1}{M - 1 + \frac{WN_t}{S}} \cdot \frac{W}{R} \xrightarrow{S \gg WN_t} \frac{1}{M - 1} \cdot \frac{W}{R} \quad (2)$$

donde M es el numero total de usuarios en la banda y la segunda expresión es válida en la hipótesis de WN_t despreciable con respecto a S .

Resolviendo para el número de usuarios:

$$M = 1 + \frac{W/R}{E_b/N_0}$$

3.3.5.3 Entorno multicelda.

La ecuación (2) tiene validez en el caso ideal de celda aislada, ya que ha sido obtenida implícitamente bajo esta hipótesis. Considerando una celda C rodeada por otras celdas, las señales de los usuarios de éstas se propagarán también dentro C y serán recibidas por la estación base de C en forma de interferencia adicional a la interferencia intra-celda I_{intra} . Entonces, C será cargada por la interferencia inter-celda I_{inter} procedente de los usuarios de las celdas vecinas. Debido a las mayores pérdidas de propagación que las señales sufren para llegar a C desde las celdas vecinas, suponiendo una distribución de tráfico uniforme, se puede suponer que esta interferencia inter-celda sea una fracción f (*fractional loading factor*) de la interferencia intra-celda. Así modificando la ecuación (2), se obtiene:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{1}{(M-1)(1+f)} \cdot \frac{W}{R} \tag{3}$$

La figura ilustra el caso de la celda anterior con $f=0.5$.

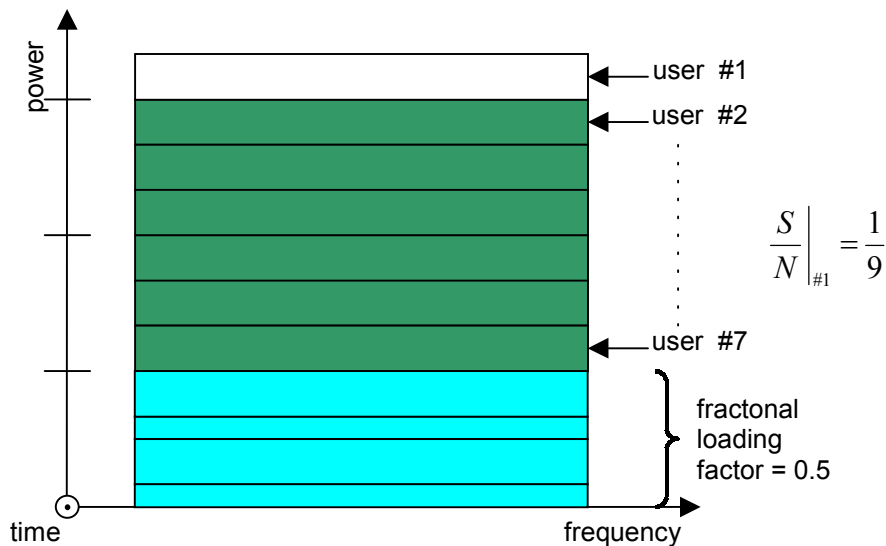


Figura 3.10. Sistema limitado por interferencia con 7 usuarios sin ruido térmico con interferencia intra-celda.

Resolviendo para el número de usuarios M , en el caso de M grande ($M-1 \approx M$),

$$M_{pole} \cong \frac{W/R}{E_b/N_0} \cdot \frac{1}{1+f} = \frac{1}{(S/N)(1+f)} \tag{4}$$

En este caso M se denomina *pole capacity*, y representa la máxima capacidad teórica de la celda, o sea, el máximo número de usuarios que pueden estar simultáneamente conectados bajo las hipótesis consideradas.

Examinando la ecuación (4), se pueden sacar varias conclusiones acerca de la capacidad en un sistema DS-CDMA:

- La capacidad, o sea, el número M de usuarios simultáneos, es directamente proporcional a la ganancia de procesamiento G_p del sistema.
- El valor E_b/N_0 se fija para que el enlace pueda garantizar un BER aceptable.
- La capacidad es inversamente proporcional al E_b/N_0 requerido, de forma que cuanto más bajo el E_b/N_0 mínimo, tanto más alta la capacidad.
- Se puede incrementar la capacidad reduciendo la carga de usuarios de celdas vecinas

3.3.5.4 Factor de carga.

Todas las ecuaciones anteriores suponen un control de potencia ideal. Sin embargo, en la práctica la potencia de transmisión S de los móviles resulta limitada por la máxima potencia del transmisor. Entonces, al aumentar el número de usuarios, debido al efecto cercano-lejano y al mecanismo de control de potencia utilizado para eliminar éste, los usuarios más lejanos de la estación base, o sea, al borde de la celda, recibirán el comando de transmitir con una potencia superior a su potencia máxima. Entonces, no pudiendo cumplir con los comandos de control de potencia, el E_b/N_0 bajará a niveles inaceptables y se cortará la conexión. Esto equivale a una reducción del rango de celda efectivo, y es conocido en literatura como fenómeno de *cell breathing*.

Para comprender mejor la relación existente entre capacidad y cobertura es conveniente reelaborar la ecuación (3), en el caso de M grande ($M - 1 \approx M$):

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{1}{(1+f)M + \frac{WN_t}{S}} \cdot \frac{W}{R}$$

$$\frac{E_b}{N_0} \frac{W}{R} = \frac{1}{(1+f)M + \frac{WN_t}{RE_b}}$$

El primer miembro de la ecuación corresponde, según la ecuación (1), a la relación señal ruido. En el segundo miembro el factor

$$q = \frac{RE_b}{WN_t} = \frac{S}{WN_t}$$

equivale a la potencia recibida por la estación base de un usuario dado, RE_b , normalizada con respecto a la potencia de ruido térmico total, WN_t . Substituyendo y despejando con respecto a q

$$\frac{S}{N} = \frac{q}{qM(1+f)+1}$$

$$q = \frac{S/N}{1 - M(1+f)(S/N)}$$

El término

$$\eta = M(1+f)(S/N) \tag{5}$$

constituye el llamado factor de carga del sistema, ya que reúne todos los factores que generan interferencia en el sistema. Utilizando la definición de *pole capacity* de la ecuación (4), se deduce que

$$\eta = M(1+f)(S/N) = \frac{M}{M_{pole}}$$

así que η es simplemente el número de usuarios normalizado con respecto al número máximo de usuarios, que entonces corresponde a $\eta=1$.

Sustituyendo η , finalmente se obtiene

$$q = \frac{S/N}{1-\eta} \tag{6}$$

Como ejemplo se puede considerar un servicio de conmutación de circuitos (voz) con los parámetros de la tabla siguiente. La gráfica ilustra el valor de q en función de η .

R	8 Kbps
W	3,84 Mcps (canal de 5 MHz)
$G_p = W/R$	480 (26.8 dB)
E_b/N_0	5,6 dB
$S/N = (E_b/N_0) \cdot (1/G_p)$	5,6 - 26,8 = -21.5 dB

Tabla 3.11. Parámetros para un servicio de conmutación de voz.

Desde el punto de vista físico, la ecuación (6) describe el comportamiento del sistema al aumentar el factor de carga η . Cuando $\eta=0$ (celda sin carga), correspondiente al caso de celda aislada con un usuario, se obtiene $q = S/N$, o sea vale la ecuación.1. Cuando $\eta \rightarrow 1$ (celda con carga máxima), $q \rightarrow \infty$. Esto significa que el terminal móvil debería transmitir con potencia infinita para garantizar el valor de E_b/N_0 necesario. De otra manera, Al subir η , el algoritmo de control de potencia llega a ordenar a los móviles transmitir con sus máximas potencias hasta que los usuarios más lejanos no pueden transmitir con la potencia necesaria para que la estación base los reciba con el S/N necesario y pierden la conexión (*cell breathing*).

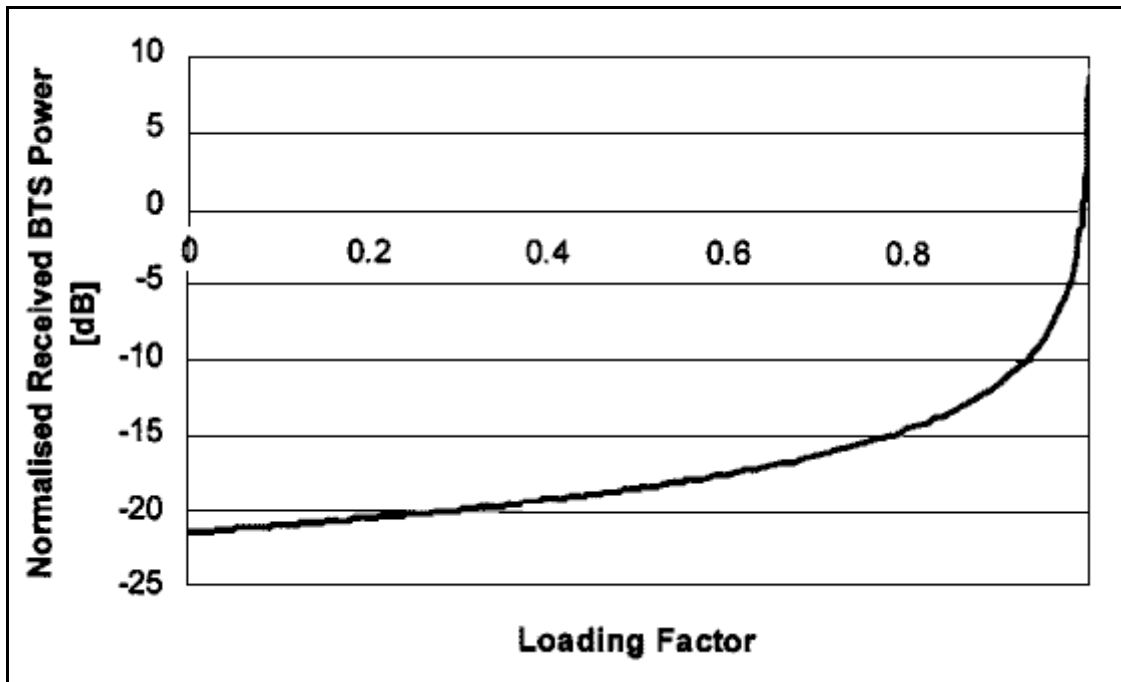


Figura 3.12. Gráfica del factor de carga del ejemplo para un servicio de conmutación de voz.

En sistemas reales no es aconsejable alcanzar un número de usuarios conectados a una celda próximos a la *pole capacity*. Las razones de esta limitación están en la inestabilidad que se genera en el sistema, debida al algoritmo de control de potencia y las limitaciones en potencia de los móviles. Entonces, en la práctica, se fija un valor de η máximo para alcanzar la máxima capacidad compatible con la estabilidad del sistema. Típicos valores empíricos de compromiso entre estabilidad y capacidad caen en el intervalo [0,6 0,7]. Fijado el η máximo, los protocolos de gestión de los recursos radio se encargan de mantener el valor de η por debajo del máximo, denegando el acceso de un nuevo usuario (control de acceso) o volviendo a negociar la calidad de servicio de los usuarios ya servidos (control de congestión).

3.3.5.5 Extensión al caso multiservicio.

El caso multiservicio, con aplicaciones de usuario con diferentes bit rate, resulta de difícil tratamiento matemático. En la práctica se utilizan herramientas software de planificación que calculan capacidad y cobertura a partir de las fuentes de interferencia, o sea de los usuarios, y calculando con un modelo numérico el valor de interferencia generada y capacidad y cobertura correspondientes.

A nivel de principio, cualquier análisis procederá de una expresión generalizada del factor de carga que tenga en cuenta las contribuciones de interferencia de los diferentes servicios, del tipo

$$\eta = (1 + f) \sum_s M_s (S/N)_s$$

donde cada servicio s contribuye a la interferencia según el número de usuarios (canales) activos M_s y la relación señal ruido $(S/N)_s$ apropiada para el servicio.

3.3.6 BALANCE DE ENLACE.

En el cálculo del balance de enlace de un sistema DS-CDMA con el objetivo de obtener una estimación del radio de celda, destacan algunos elementos peculiares que difieren del caso de GSM/DCS. En detalle cabe destacar las siguientes diferencias:

- **Potencia media por canal.** En DS-CDMA la potencia media corresponde a la máxima, ya que no hay Time Slots que limiten la actividad del transmisor a la octava parte del tiempo.
- **Relación E_b/N_0 .** Este valor depende del tipo de servicio considerado, y de toda la cadena de transmisión, de manera que se obtienen valores estimados de esta relación a través de simulaciones numéricas.
- **Sensibilidad del receptor.** En este caso, la mínima señal a la entrada del receptor que garantiza el E_b/N_0 objetivo, se expresa como

$$P_{RX,min} = kT + NF + 10\log(R) + E_b/N_0$$

donde R es el bit rate de información y NF el factor de ruido del receptor.

- **Margen de interferencia.** En DS-CDMA la interferencia es generada por el sistema mismo. En downlink este valor es constante, ya que las señales se transmiten coherentemente; en uplink el margen a incluir por interferencia depende del factor de carga del sistema η (5) según la expresión:

$$IM = 10\log\left(\frac{1}{1-\eta}\right)$$

- **Ganancia por macrodiversidad.** Este factor es debido al mecanismo de soft handover de DS-CDMA y se incluye en el balance³.
- **Margen de control de potencia.** Necesario para que el algoritmo de control de potencia pueda todavía controlar la potencia de transmisión del móvil cuando éste se encuentra al borde de la celda para poder compensar el desvanecimiento rápido de Rayleigh.

Entonces, el balance de enlace resulta depender de factores variables típicos del esquema de modulación, en especial modo el bit rate de información y el E_b/N_0 objetivo (ambos dependientes del tipo de servicio) y el factor de carga del sistema. La tabla es un ejemplo de cálculo para $\eta=0.7$ y 3 servicios, voz (13 Kbps), datos de media velocidad a conmutación de circuitos (*Low Constraint Delay data*, LCD 144 Kbps) y datos de elevada velocidad a conmutación de paquetes (*Unconstrained Delay Data*, UDD 384 Kbps), junto con el balance de enlace para DCS-1800 para permitir una comparación. El escenario considerado es un escenario de tipo interior de vehículo, con velocidad máxima de 120 Km/h y entorno típico de carreteras.

³ En el caso de servicios a conmutación de paquetes no se aplica soft handover

Parámetros	Unidad	Voz		LCD (circuitos)		UDD (paquetes)		GSM 1800	
Bit rate usuario	Kbps	13		144		384		13	
Ancho de banda portadora	kHz	5000		5000		5000		200	
Dirección del enlace	-	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up
Pot. Máx. por TCH	dBm	20,62	21	17,30	21	24,92	24	39,00	30
Pérdidas Tx (cables, conectores)	dBm	2	0	2	0	2	0	2	0
Ganancia de Antena Tx	dBi	18	0	18	0	18	0	18	0
EIRP para canal de tráfico	dBm	36,62	21	33,30	21	40,92	24	55,00	30
Ganancia por diversidad de antena	dB	0	0	0	0	0	0	0	4
Ganancia de antena Rx	dBi	0	18	0	18	0	18	0	18
Pérdidas Rx (cables, conectores)	dB	0	2	0	2	0	2	0	2
Factor de ruido receptor	dB	5	5	5	5	5	5	10	5
Densidad espectral ruido térmico	dB/Hz	-174	-174	-174	-174	-174	-174	-174	-174
Bit rate	dBHz	41,14	41,14	51,58	51,58	55,84	55,84	53,00	53,00
Eb/No objetivo	dB	8,65	6,8	5,6	2,3	5,6	2,45	11	11
Margen de realización	dB	1	1	1	1	1	1	0	0
Sensibilidad del receptor	dB	-118,21	-120,06	-110,82	-114,12	-106,56	-109,71	-100,00	-105,00
Carga del sistema	%	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	NA	NA
Margen de interferencia	dB	3	5,23	3	10,00	3	5,23	0	0
Margen de control de potencia	dB	2	2	2	2	2	2	0	0
Ganancia de macrodiversidad	dB	5	5	5	5	0	0	0	0
Body Loss	dB	3	3	1	1	1	1	3	3
Log Normal Fading Marging	dB	4	4	4	4	4	4	4	4
Pérdidas de penetración (vehículo)	dB	8	8	8	8	8	8	8	8
Pérdidas máximas de propagación	dB	139,83	139,83	131,12	131,12	129,48	129,48	140,00	140,00

Tabla 3.13. Comparativa de parámetros típicos del balance de potencia en diversos sistemas.

Capítulo 4. UMTS. La 3ª generación.

Capítulo 4. UMTS. La 3ª generación.....	133
4.1 Introducción: Una visión general.....	134
4.1.1 ANTECEDENTES.....	134
4.1.2 IMT-2000.....	135
4.1.3 EL CASO ESPAÑOL.....	136
4.1.4 NECESIDAD DE UMTS.....	137
4.1.5 PARAMETRIZACIÓN DE UNA RED UMTS.....	138
4.1.6 SERVICIOS OFRECIDOS POR UMTS.....	147
4.2 Terminales.....	152
4.2.1 TARJETAS USIM.....	152
4.2.2 TERMINALES UMTS.....	153
4.3 UTRAN.....	155
4.4 CORE.....	157
4.5 Protocolos y canales físicos de la red UTRAN.....	159
4.5.1 ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS UTRAN.....	159
4.5.3 CANALES LÓGICOS.....	160
4.6 Concepto de QoS y arquitectura.....	162
4.6.1 SERVICIOS DEL PORTADOR UMTS.....	162
4.6.2 REQUERIMIENTOS DE QOS.....	164
4.6.3 ARQUITECTURA QOS.....	165
4.6.4 FUNCIONES DE GESTIÓN DE QOS EN LA RED.....	166
4.6.5 CLASES DE UMTS QOS.....	168
4.6.6 ATRIBUTOS QOS.....	170
4.7 Procesos básicos.....	171
4.7.1 HANDOVER.....	171
4.7.2 CONTROL DINÁMICO DE POTENCIA.....	183
4.7.3 SELECCIÓN DE RED.....	189
4.7.4 ROAMING.....	190
4.7.5 TIPOS DE SERVICIO EN MODO IDLE.....	191
4.7.6 SELECCIÓN Y RESELECCIÓN DE CELDA.....	191
4.7.7 PROCESOS DE REGISTRO DE LOCALIZACIÓN.....	193
4.7.8 PAGING O AVISO.....	197
4.8 Control de admisión de llamada (CAC).....	199
4.8.1 MEDIDA DE LA CARGA EN EL INTERFACE RADIO.....	199
4.9 Control de carga (control de congestión).....	201

4.1 Introducción: Una visión general.

Las redes radio móviles de tercera generación han estado bajo intensa investigación como natural evolución tecnológica de las actuales redes digitales de segunda generación, con el fin de proporcionar una multitud de servicios, entre otros aplicaciones multimedia y servicios de datos de conmutación de paquetes de elevado *bit rate*. Con el intento de uniformizar a nivel mundial las tecnologías de tercera generación, la agencia de la Organización de las Naciones Unidas denominada *International Telecommunication Union* (ITU) está trabajando para definir un estándar común aceptado en todo el planeta, llamado de manera general *International Mobile Telecommunication 2000* (IMT-2000). Punto clave en este proceso resulta ser la definición del esquema de modulación para el interfaz aire y los relativos protocolos. Dentro del abanico de posibles esquemas, el Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (*Wideband Code Division Multiple Access*, W-CDMA) ha emergido como el interfaz aire preferido por distintos fabricantes de equipos y organismos internacionales de estandarización. Entre estos destaca el *European Telecommunication Standard Institute* (ETSI) en cuyo ámbito las tecnologías de tercera generación se designan con el nombre de *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS).

4.1.1 ANTECEDENTES.

Los sistemas de comunicaciones móviles de primera generación, introducidos a comienzos de los años 80, utilizaban esquemas de modulación de tipo analógico para ofrecer servicios de voz de conmutación de circuitos. Varios estándares fueron desarrollados a nivel nacional o internacional, entre otros AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*) en Estados Unidos y TACS (*Total Access Communication System*) en Europa.

A principios de los noventa se introdujeron los sistemas móviles de segunda generación, basados en esquemas de modulación digital y caracterizados por mejor eficiencia espectral, capacidad para servicios de datos de baja velocidad (9.6 Kbps) y mayores posibilidades de roaming internacional. Entre los estándares que se definieron, destacan el europeo GSM (*Global System for Mobile Communication*) y los norteamericanos PDC (*Personal Digital Cellular*), IS-95 (CDMAone) e IS-36 (Digital AMPS).

Debido a las crecientes necesidades para la transmisión de datos, se planeó y definió el desarrollo de sistemas de generación 2.5 como sistemas de segunda generación evolucionados para incluir la conmutación de paquetes y bit rate más elevados, superiores a 100 Kbps. Sobre todo destaca GPRS (*General Packet Radio Service*), evolución de GSM que incluye la conmutación de paquetes para datos, y EDGE (*Enhanced Data rates for GSM/Global Evolution*), evolución de GPRS con un esquema de modulación en el interfaz aire más eficiente que el de GSM¹.

¹ Obsérvese que se suele considerar EDGE como una tecnología de generación 2.5 por razones de desarrollo tecnológico aunque sus prestaciones satisfagan los requisitos de la ITU para el estándar IMT-2000.

	Acceso	Modulación	Ancho de banda	Velocidad
Sistema Analógico	FDMA	FM	25 KHz	x
GSM	TDMA	GMSK	200 KHz	9,6 Kbit/s
GPRS	TDMA	GMSK	200 KHz	160 Kbit/s
EDGE	TDMA	8-PSK	200 KHz	384 Kbit/s
UMTS	WCDMA	Q-PSK	5MHz	2Mbit/s

Figura 4.1 Comparativa entre distintas generaciones .de móviles en Europa.

4.1.2 IMT-2000.

El creciente número de abonados a servicios móviles y el auge de Internet y de las comunicaciones de datos han planteado la necesidad de bit rates aún más elevados y mayor eficiencia espectral y han puesto de esta manera las bases para la introducción de sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación, capaces de mayor flexibilidad, servicios simultáneos para un solo usuario y con diferentes clases de calidad de servicio.

Los principales objetivos de prestaciones del interfaz aire IMT-2000 se resumen a continuación.

- Plena cobertura y movilidad con bit rate 144 Kbps, preferentemente 384 Kbps.
- Cobertura y movilidad limitadas para 2 Mbps.
- Elevada eficiencia espectral comparada con los sistemas existentes.
- Elevada flexibilidad para introducir nuevos servicios.

Hay 3 tipos de tecnología desarrollados en 3G. Estos sistemas están siendo armonizados para asegurar su compatibilidad y aceptarán terminales multimodo. Esta integración de sistemas y servicios dará a los usuarios la posibilidad de hacer itinerancia en todo el mundo.

Los organismos regionales competentes ya han escogido su propia tecnología de tercera generación para IMT-2000. La aceleración reciente se debió a la escasez de espectro en Japón, lo cual empujó al organismo de estandarización japonés (ARIB) a definir el estándar W-CDMA a comienzos de 1997 y al gobierno a otorgar las correspondientes licencias para la puesta en servicio a mediados del año 2000.

En enero 1998, el fuerte soporte a CDMA por parte de los fabricantes y los operadores de GSM, conjuntamente con los acuerdos con Japón, llevaron el ETSI a escoger el WCDMA² para la bandas FDD (*Frequency Division Duplex*) de la componente terrestre del interfaz aire de UMTS, llamada UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*). Para las bandas TDD (*Time Division Duplex*) se optó por el WCDMA incluida una estructura de división de tiempo de tipo TDMA (TD-CDMA). Desde entonces se formó dentro de la ETSI un grupo denominado *Third Generation Partnership Project* (3GPP) cuya responsabilidad es especificar los detalles técnicos de UTRA. La primera *release* de las especificaciones se cerró en Diciembre 1999.

De forma paralela, en Estados Unidos el organismo competente (TIA) definió en febrero de 1998 UWC-136, basados en una evolución de GSM muy similar a EDGE, y en marzo de 1998 cdma2000, como evolución de tercera generación de IS-95.

La elección de la tecnología preferida para los sistemas de tercera generación depende de factores de diversa naturaleza, técnicos, políticos y de mercado. Los factores técnicos incluyen en general las prestaciones y los servicios que el sistema es capaz de ofrecer. Asimismo, resulta determinante el logro de un acuerdo político entre organismos de estandarización con el fin de uniformar los estándares de tercera generación. Estos acuerdos internacionales resultan a menudo obstaculizados por las diferentes exigencias regionales, debidas a diferentes sistemas y soluciones de segunda generación y a la necesidad de garantizar la compatibilidad con los sistemas existentes para salvaguardar las inversiones. Por otra parte, las nuevas oportunidades de mercado empujan sinergias de amplio alcance.

En este contexto, el trabajo de la ITU resulta forzosamente limitado, no teniendo, además, ésta poder real sobre los gobiernos nacionales. Hasta la fecha la ITU ha actuado con el fin de armonizar los diferentes estándares entre sí y fijar las porciones del espectro a utilizar a nivel mundial para los sistemas de tercera generación.

4.1.3 EL CASO ESPAÑOL.

En el ámbito español, el Ministerio de Fomento convocó el 11 de noviembre de 1999 un concurso abierto para la concesión de cuatro licencias para el establecimiento y la explotación de redes móviles (terrestres) de tercera generación. Estas licencias prevén la concesión para cada una de ellas de una porción de espectro pareado de 15+15 MHz, más una porción de espectro no pareado de 5 MHz, la primera perteneciente a las porciones FDD de UTRA y la segunda a la porción TDD. Según el pliego de condiciones, cualquier tecnología IMT-2000 es apta para la concesión de una de dichas licencias. Sin embargo, el Ministerio exige que al menos una licencia corresponda al estándar UMTS. La documentación de los participantes al concurso se presentó el 12 de enero del 2000 y la resolución el 15 de marzo. Se concedieron 4 licencias de UMTS, 3 a los operadores existentes, Telefónica móviles, Airtel (actualmente Vodafone) y Retevisión Móvil, y una nueva, Xfera.

² Nótese que W-CDMA se refiere a cualquier esquema CDMA de banda ancha (*Wideband*) mientras que WCDMA identifica el esquema de modulación escogido por el ETSI para el UTRA.

El impuesto de licencia UMTS está establecido en 131.000.000 de euros y la duración de la misma es de 20 años.

Los operadores estaban obligados a ofrecer cobertura en todas las ciudades que superen los 250.000 habitantes para el 1 de agosto de 2001, fecha prevista en un principio para que la 3G comenzasen a funcionar. Retrasos en la disponibilidad de la tecnología, han producido plazos mayores en el despliegue.

4.1.4 NECESIDAD DE UMTS.

Los pronósticos globales de mercado para los servicios móviles son enormes. En el 2000 se vendieron **284 millones de unidades móviles** en todo el mundo. Pero las posibilidades que ofrece el actual sistema de telecomunicaciones móviles, **GSM-DCS**, ya se han quedado algo cortas. La aparición de nuevas tecnologías como Internet e Intranet, además de la continua necesidad de traspaso de información existente en la sociedad actual, han ocasionado un aumento espectacular en la utilización de los sistemas multimedia. Debido a esto, la posibilidad de acceder a este tipo de servicios desde cualquier lugar, en cualquier momento y a través de un dispositivo móvil y fácilmente transportable ha tomado el carácter de imprescindible. El sistema GSM-DCS no da soporte a este tipo de servicios y necesidades; de ahí, que estemos asistiendo a la irrupción una nueva generación de móviles, los llamados **Móviles 3G**.

Si las cifras con GSM han sido espectaculares, la verdadera revolución de la telefonía móvil viene de la mano del UMTS.

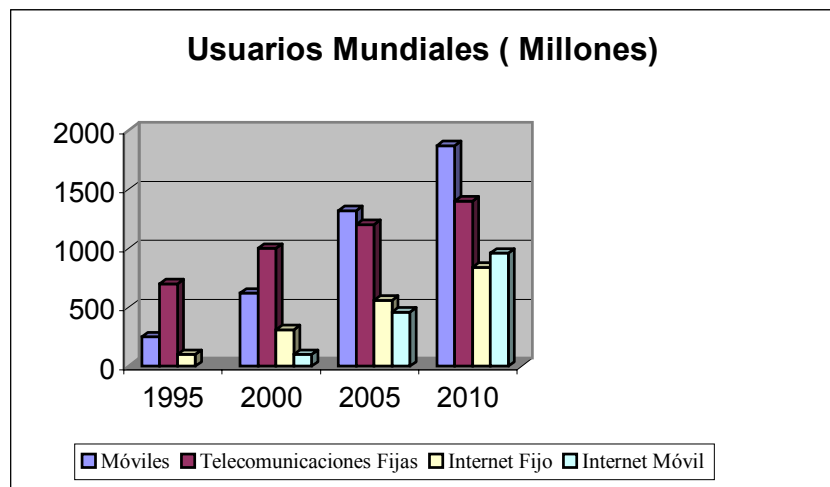


Figura 4.2. Evolución del mercado de telecomunicaciones.

Hay dos tendencias claramente reconocidas en el mercado de las telecomunicaciones:

- Los usuarios tienen una creciente necesidad de acceso a la información de la manera más eficiente posible.
- Los usuarios tienen una creciente necesidad de movilidad.

En la actualidad estos dos requisitos son cubiertos por dos sistemas diferentes, Internet y las redes móviles, respectivamente. La meta final del UMTS es la convergencia de estas dos soluciones, la cual permitirá cubrir las expectativas de los usuarios a través de una misma plataforma y por medio de nuevas generaciones de terminales.

Debido a la aparición de Internet, la cantidad de información accesible a través de la red ha crecido exponencialmente. La información digitalizada, (antes sostenida en papel, cintas de vídeo, cintas de audio) y los nuevos contenidos de información multimedia basados en vídeos, imágenes, voces y textos están siendo desarrollados a gran escala a través de la red fija de Internet. Además, la distribución electrónica de servicios como entretenimiento, marketing, publicidad y cursos a distancia son práctica común hoy en día.

A tener en cuenta también, es la información disponible en redes de sistemas específicos tales como monitorización del tráfico, monitorización de recursos naturales, gestión de distintos tipos de energías, monitorización para usos quirúrgicos, etc. **Todas estas fuentes de información serán transferidas mediante tecnologías inalámbricas.**

La otra característica clave del UMTS es la movilidad cada vez más necesaria en la actual sociedad. La gente se mueve cada vez más deprisa. Los usuarios de servicios de telecomunicaciones esperan y demandan que se pueda acceder a toda la **información** anteriormente citada **en cualquier momento** y que esté **disponible en cualquier lugar** en el que nos encontremos.

Los usuarios por encima de todo lo que quieren son servicios útiles, terminales fáciles de manejar y beneficios económicos. Esto significa que UMTS tiene que ofrecer:

- Servicios fáciles de utilizar y configurables en función de las necesidades y preferencias de cada usuario.
- Terminales y otros equipos que permitan el fácil acceso a dichos servicios.
- Costes de servicios UMTS que sean lo suficientemente bajos para asegurar un amplio mercado; en otras palabras, precios competitivos.
- De igual forma, un amplio rango de terminales disponibles, con precios apropiados para el mercado, que soporten todas los servicios del UMTS.

4.1.5 PARAMETRIZACIÓN DE UNA RED UMTS.

4.1.5.1 Espectro para UMTS.

En 1992, la Conferencia de Radio Mundial identificó las bandas de frecuencia 1885-2025 y 2110-2200 MHz para los futuros Sistemas IMT-2000. De estas bandas, 1980-2010 y 2170-2200 MHz fueron adjudicadas para la parte vía-satélite de estos sistemas.

Europa y Japón han decidido desarrollar la parte terrestre del UMTS en las bandas pareadas 1920-1980 y 2110-2170 MHz. En Europa también se ha decidido desarrollar **UTRA** (la parte Terrestre del Acceso por Radio de UMTS) en las bandas no pareadas 1900-1920 y 2010-2025 MHz.

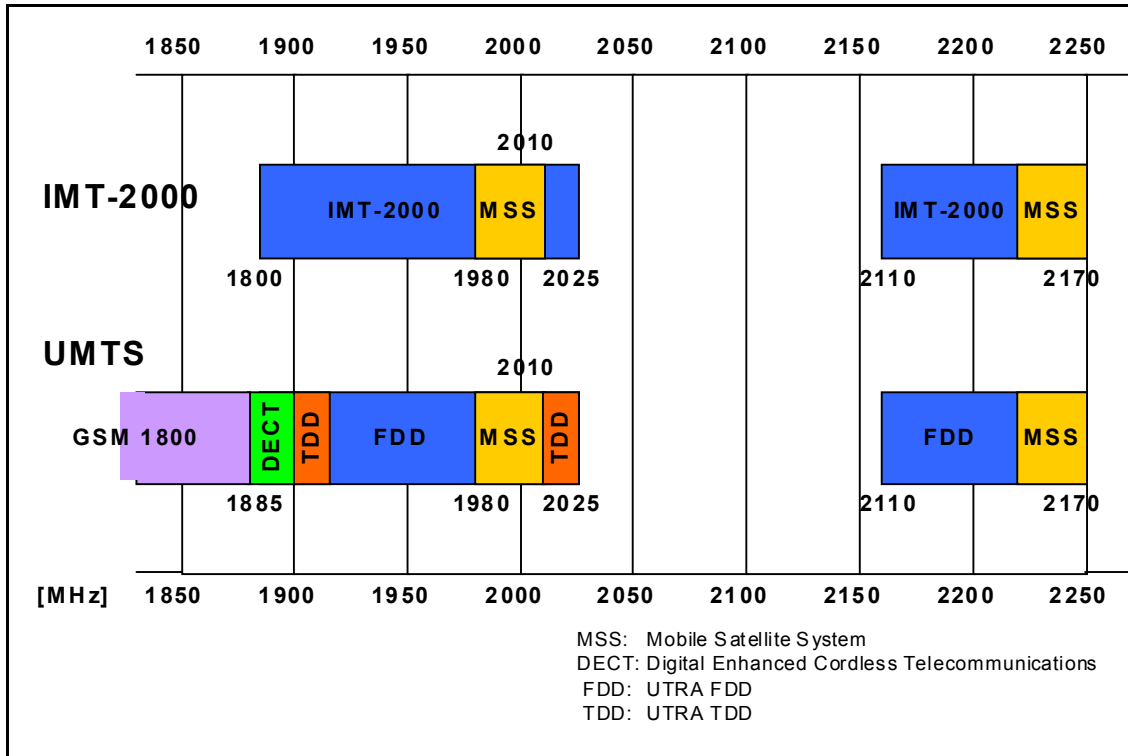


Figura 4.3 Espectro para UMTS.

En Europa se ha realizado todo el proceso siguiendo los pasos marcados en un Informe publicado en 1998 llamado " Propuesta del Consejo y Parlamento Europeo para la introducción coordinada del UMTS", que pretendía que los países miembros de la Unión Europea cumplieran la decisión sobre el espectro a utilizar del Comité Europeo de Radio.

4.1.5.2 Velocidad.

La capacidad de transmisión de UTRA podrá alcanzar al menos 144 Mbits/s para aplicaciones de movilidad plena en todos los medios; 384 Mbits/s en aplicaciones de movilidad reducida en los sistemas microcelulares y macrocelulares y 2048 Mbits/s para aplicaciones de baja movilidad en las microcélulas y picocélulas. Esta última tasa de transmisión puede ser posible para aplicaciones en paquetes en macrocélulas, dependiendo de las estrategias de desarrollo, diseño de la red y la capacidad de espectro.

4.1.5.3 Método de acceso.

Para las comunicaciones móviles existen una serie de técnicas para conseguir el acceso por radio a las distintas redes: TDMA (Acceso Múltiple por División en Tiempo), FDMA (Acceso Múltiple por División en Frecuencia) y CDMA (Acceso Múltiple por División en Códigos).

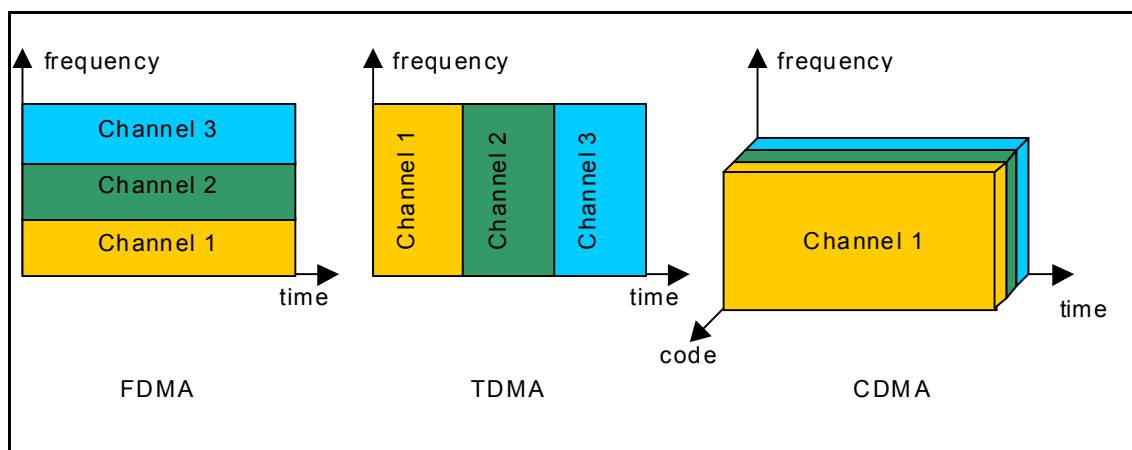


Figura 4.4. Técnicas de acceso para las comunicaciones móviles.

La ETSI decidió en 1998 utilizar dos técnicas de acceso radio para el UMTS:

- **W-CDMA** (Acceso Múltiple por División en Códigos para Banda Ancha) para las bandas pareadas del espectro.
- **TD-CDMA** (Acceso Múltiple por División en Códigos y Tiempo) para las bandas asimétricas del espectro.

En UMTS se utiliza sistemas CDMA de espectro ampliado en las que el ancho de la señal transmitida es mayor que el ancho de la señal de información. Esto se consigue mediante la introducción de secuencias de códigos por parte del emisor. Estas secuencias de códigos deben ser conocidas por el receptor. El principio de codificación se aprecia en la siguiente figura.

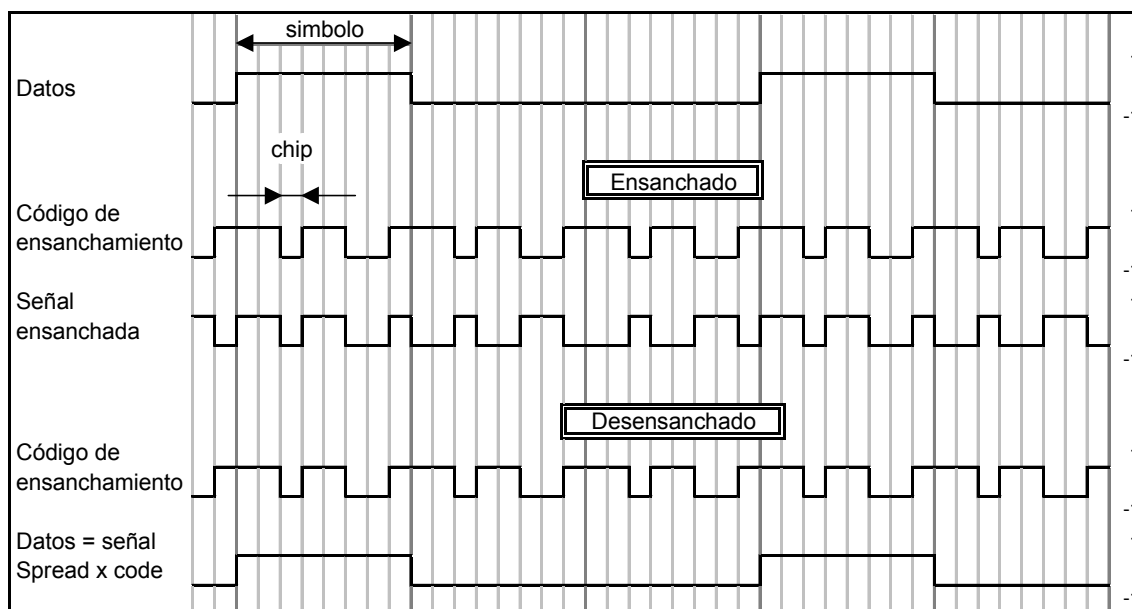


Figura 4.5 . Principio de CDMA.

La velocidad de transmisión de las secuencias de códigos es mayor que la velocidad de transmisión de datos. A la relación entre una velocidad y otra se la conoce como relación de proceso.

$$\text{Relación de Proceso} = \frac{\text{Velocidad Códigos}}{\text{Velocidad Datos}}$$

Otro término importante en relación a los códigos es el **factor de ampliación**: Es el número de chips que componen un bit codificado para un usuario.

$$\text{Factor de Ampliación} = \frac{\text{Nº de Chips}}{\text{Bit Codificado}} \quad 4 \leq \text{Factor de Ampliación} \leq 256$$

El esquema general del sistema CDMA se aprecia en la figura siguiente.

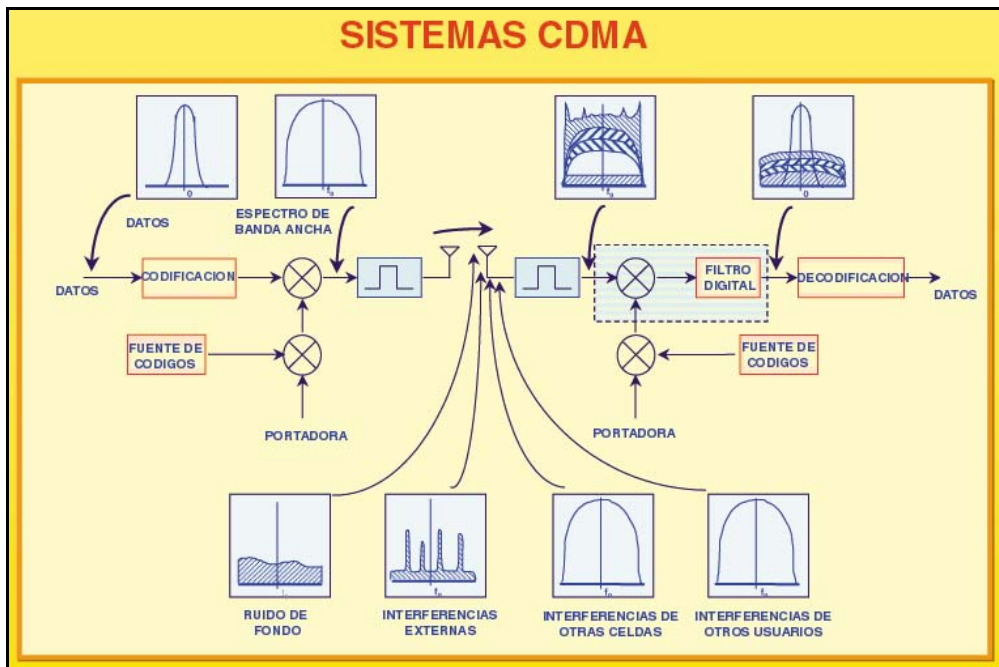


Figura 4.6. Esquema general de CDMA..

4.1.5.4 Dúplex.

En UMTS se utilizan FDD (Dúplex por División en Frecuencia) en las bandas pareadas y TDD (Dúplex por División en Tiempo) en la banda no pareada.

- **FDD (Dúplex por División en Frecuencia).** Esta técnica tiene 3 características principales:
 - Los usuarios que comparten la misma banda son transmitidos por la misma portadora (5 Mhz) en Tramas de 10 ms.
 - Los usuarios se distinguen entre sí por medio de códigos, la interferencia mutua entre usuarios se elimina en el proceso de decodificación.
 - La señal transmitida equivale a la multiplicación de la señal del usuario por la señal asociada al código.

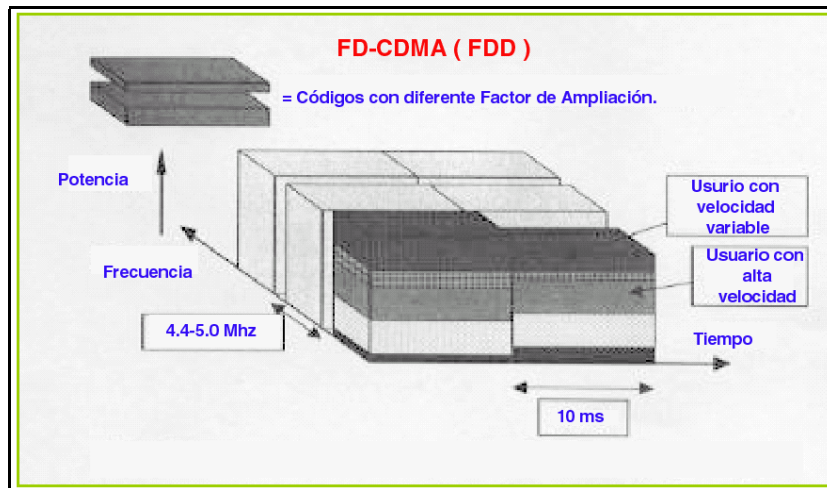


Figura 4.7. Esquema de FDDD-CDMA..

- **TDD (Dúplex por División en Tiempo).** Las principales características de este sistema son:
 - Al igual que en FDD, los usuarios que comparten ancho de banda son transmitidos sobre la misma portadora (5 Mhz). Pero además se realiza una división en tiempo. Cada trama de 10 ms está dividida en 15 time slots de 0,66 ms.
 - Los usuarios dentro de un mismo time slot son diferenciados mediante secuencias de códigos. El número de códigos totales en un time slot no es fijo y depende del factor de ampliación y de la velocidad de transmisión de cada canal físico.
 - El factor de ampliación máximo en este método es 16.

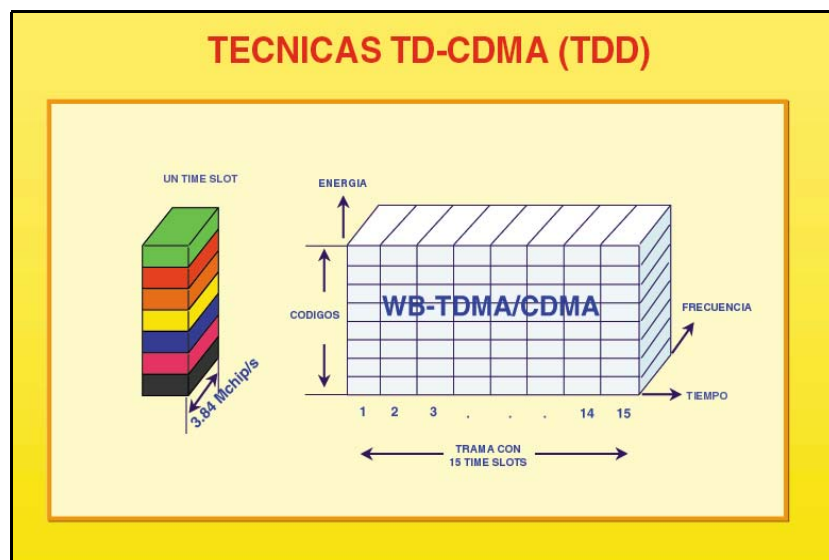


Figura 4.8. Esquema de TDD-CDMA..

En el sistema TDD un canal físico se identifica por medio de 3 parámetros:

- Portadora.
- Time Slot.
- Código.

Los Servicios de alta velocidad pueden ser proporcionados encriptando un mismo usuario en varios códigos e introduciéndolo en uno o en varios time slots.

En el receptor, se realiza una detección conjunta de todos los códigos que identifican a los distintos usuarios existentes en una misma portadora/tiempo para obtener el canal de tráfico resultante. Con esto se reduce (idealmente se elimina) la interferencia entre señales.

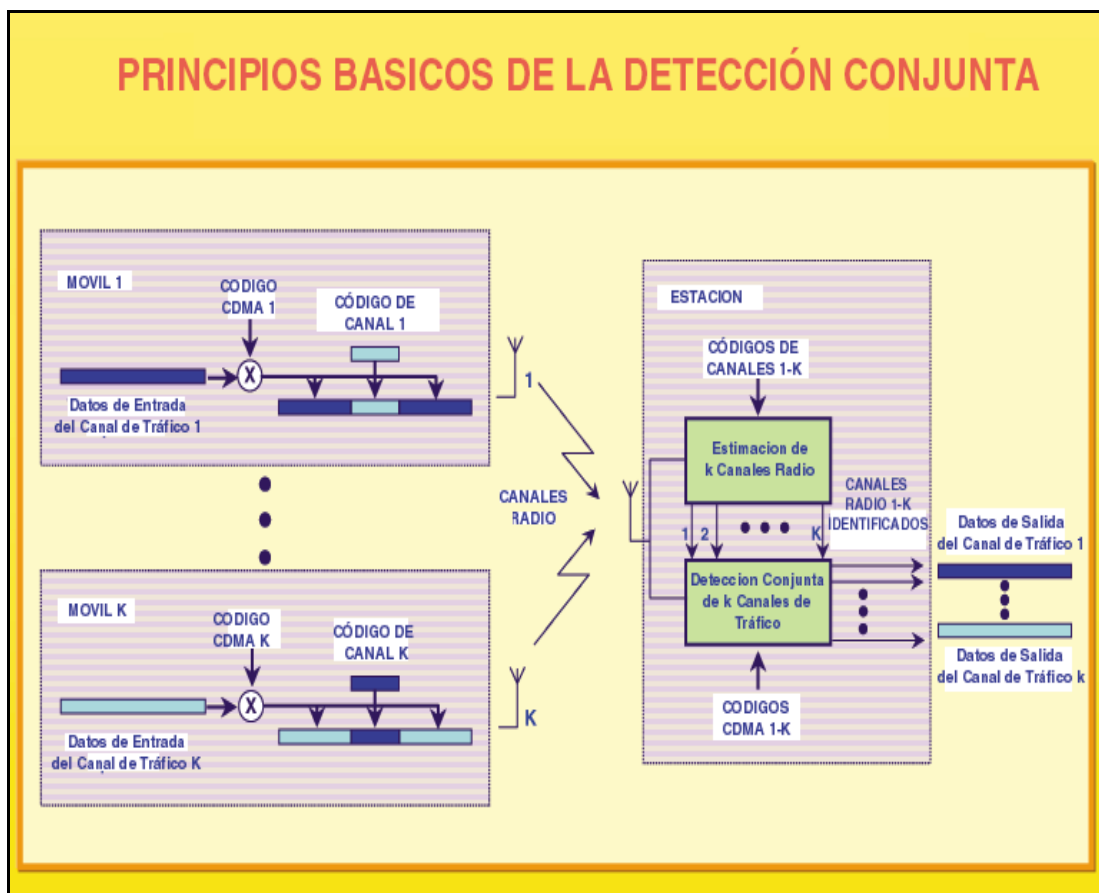


Figura 4.9. Principios básicos de la detección conjunta.

4.1.5.5 Sistemas vía-satélite.

En la fase inicial del lanzamiento del UMTS, el componente satélite de la red aportará cobertura global a un gran número de usuarios. Estos sistemas vía-satélite serán implementados utilizando la banda de frecuencia identificada por el IMT-2000 como banda MSS (de Servicios Móviles vía-Satélite) y proporcionará servicios compatibles con los sistemas terrestres UMTS.

4.1.5.6 Movilidad y Cobertura.

UMTS ha sido diseñado como un sistema global, comprendiendo tanto componentes terrestres como componentes vía satélite. Los terminales multimodo son capaces de operar, tanto con sistemas de segunda generación como GSM y DCS como con UMTS. En el futuro habrá incluso más redes que utilizarán estos y otros estándares, la meta final es realizar verdaderas comunicaciones personales, con terminales capaces de “trasladarse” entre estas diferentes redes. Esto significa que un usuario podrá moverse desde una red privada, a una red pública picocelular/microcelular, y a una red macrocelular (como las que hay actualmente para sistemas de segunda Generación) y luego a una red móvil vía-satélite con interrupciones mínimas de la comunicación.

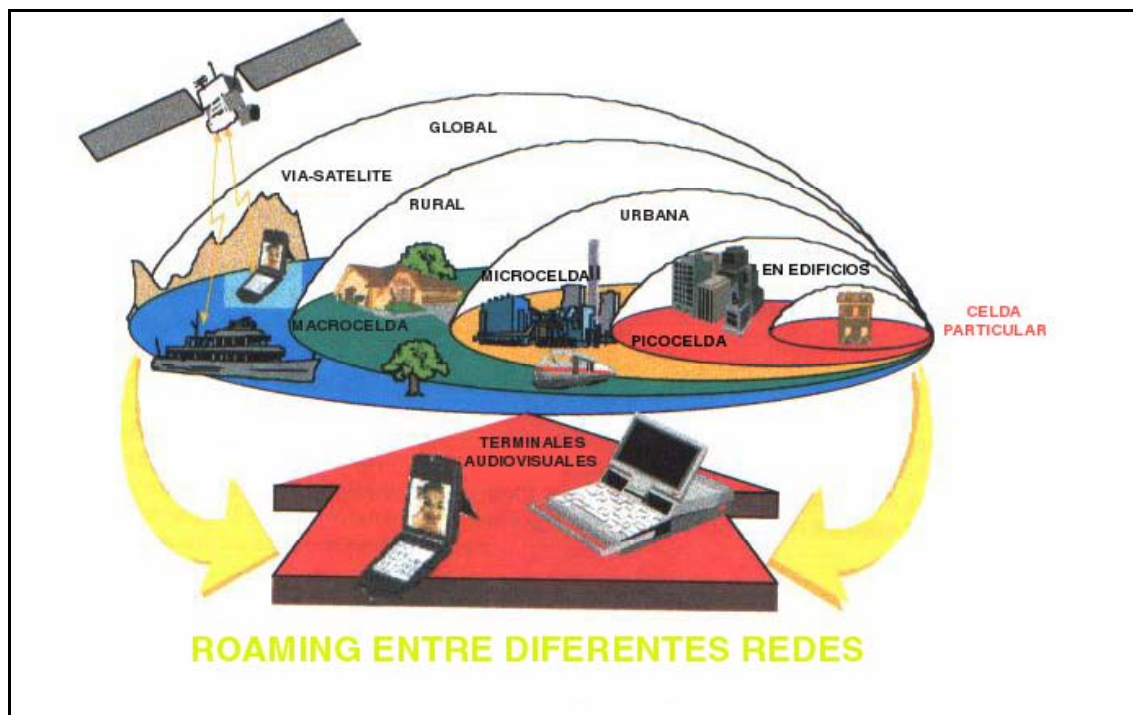


Figura 4.10. Movilidad y cobertura.

4.1.5.7 Compatibilidad con Protocolos de Internet (IP).

El número de redes y aplicaciones IP están creciendo a pasos agigantados. La aplicación más obvia es Internet pero las redes privadas (**Intranets**) están aumentando, tanto en número como en utilización, en igual, o incluso, en mayor manera.

Para elevar Internet a un nuevo nivel de eficacia en las comunicaciones de red y en el desarrollo de aplicaciones, el **IETF (Grupo para Tareas de Ingeniería de Internet)** ha especificado el IPv6 (Protocolo de Internet versión 6). Este protocolo elimina muchas de las limitaciones del IPv4 y, junto con un número de protocolos especializados, ofrece las siguientes características para las redes celulares y sus usuarios:

- Para los operadores:
 - Autoconfiguración.
 - Selección del servidor de Internet.
 - Procesado de paquetes más eficiente en los “routers”.
 - Soporte en tiempo real.
 - Extensiones del protocolo para soluciones privadas.

- Para los usuarios:
 - Fácil manejo y autoconfiguración.
 - Localización más eficiente de las distintas direcciones.
 - Posibilidad de cambiar de número.
 - Procesado de paquetes más eficiente en los “routers”.
 - Soporte en Tiempo Real.

Para las redes de tercera generación ha sido especificado, también por el IETF, el Protocolo MIPv6 (Protocolo de Internet versión 6 Móvil), que esencialmente proporciona un mecanismo de re-ruteo de datos desde una parte de la red IP a otra, y permite a los nodos móviles mantener su dirección IP.

4.1.5.8 Interoperatividad entre plataformas.

La posibilidad de transportar contenidos multimedia sobre varios tipos de redes, como televisión, telecomunicaciones, e Internet, requiere que las industrias desarrollen la interoperatividad entre plataformas para que las propiedades de las distintas redes no puedan tener impacto en los contenidos. En muchas ocasiones se tendrá que acceder en cascada a redes distintas como ethernet, ATM, X25 y UMTS.

4.1.5.9 Herramientas y desarrollo de API.

El mercado de UMTS debe ser impulsado por el desarrollo y despliegue de nuevos e innovadores servicios. El principal elemento en este área es la estandarización del API (Interfaz para la Programación de Aplicaciones).

API permite la abstracción tanto del terminal como de la red, proporcionando una vía genérica para el acceso de las aplicaciones a los terminales y a las redes. API posibilita que la misma aplicación pueda ser utilizada en una amplia variedad de terminales y proporciona un interfaz común para las aplicaciones en las redes UMTS.

API soporta la seguridad, la tarificación, información de usuarios, gestión de servicios, gestión de llamadas, gestión de la USIM, interacción con el usuario y traducción de contenidos. Continuará y extenderá tecnologías actuales como Java, WAP (Protocolos de Aplicación Inalámbrica), herramientas de GSM SIM y tecnologías de Internet que serán explotadas en combinación con otras tecnologías emergentes para los productos de la Sociedad de Información tales como la televisión digital.

4.1.5.10 Arquitectura Cliente-Servidor.

Muchos nuevos desarrollos en la industria de las telecomunicaciones se basan en tecnología cliente/servidor, que permite bajarse información transparentemente desde un servidor a un terminal, permitiendo una directa e inmediata interacción, validación e interpretación del usuario. La información necesaria para este sistema se encuentran en servidores centrales que responden rápidamente a las demandas de los abonados.

Para la industria móvil, los terminales inteligentes y las tarjetas USIM permiten la personalización del interfaz de cada usuario y el desarrollo de servicios que no son posibles con los terminales de 2ª generación. Debido a la posibilidad que ofrece UMTS de permutar entre las distintas redes, se aumenta la capacidad de ofrecer servicios y aplicaciones independientemente de la red activa.

UMTS supone un avance sustancial en los sistemas móviles de comunicaciones. Ha sido diseñado por encima de todo para proporcionar flexibilidad (a usuarios, operadores de red y suministradores) y además engloba una gran cantidad de nuevos conceptos y tecnologías.

4.1.5.11 Arquitectura de Red.

En la figura siguiente vemos esquema con sus tres partes fundamentales:

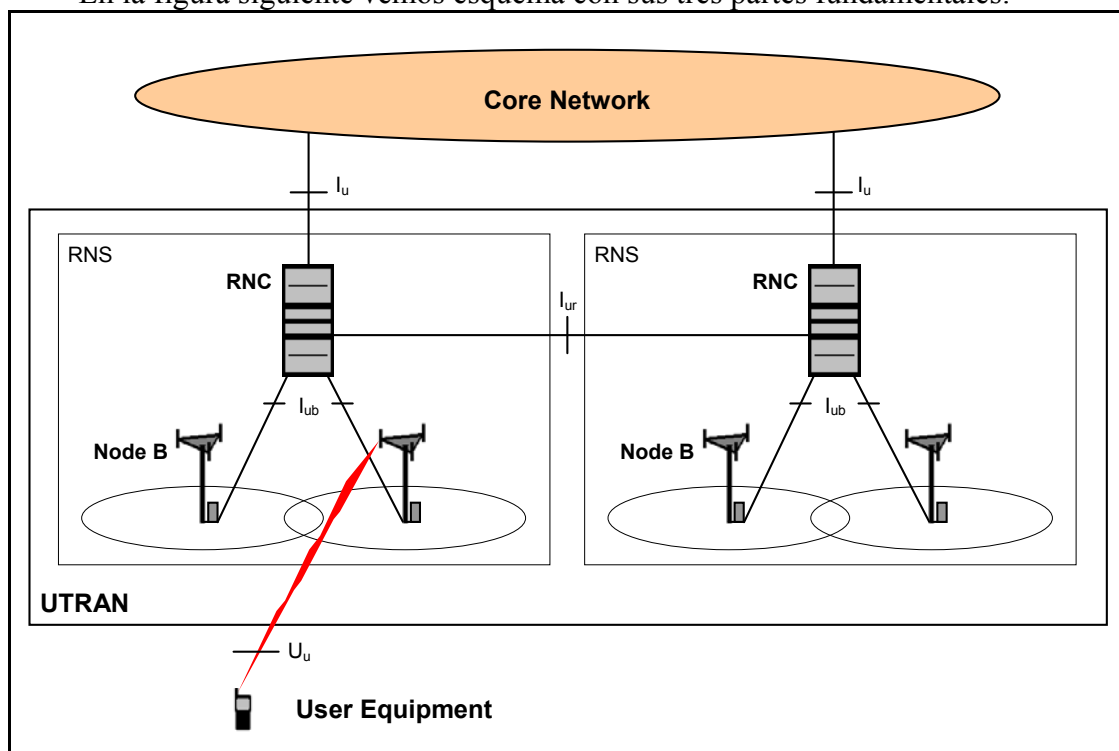


Figura 4.11. Arquitectura de red.

- **Core Network.** Red troncal de transporte de la información y del control asociado a la red. Gestiona los procedimientos específicos de servicios: la gestión de la movilidad y el control de llamada. La tecnología es de tipo ATM.
- **User Equipment.** Indica de manera general el equipo de usuario.
- **UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).** Constituye la red de acceso para la componente terrestre, y conecta conceptualmente el equipo de usuario con la red troncal. Gestiona todos los procedimientos específicos del ámbito radio. Utiliza el esquema de modulación de tipo WCDMA.

4.1.6 SERVICIOS OFRECIDOS POR UMTS.

4.1.6.1 Servicios basados en la localización.

La localización del usuario, ya sea vía-satélite o por mecanismos terrestres, permite a UMTS proporcionar servicios específicos en función del lugar donde se encuentra el abonado. Estos servicios generan comunicaciones de valor añadido para el usuario, tales como:

- Navegación, reserva de plazas.
- Información privada, local, turística.
- Servicios de traducción.
- Monitorización: primeros auxilios, captura de prisioneros.
- Servicios de información automáticos al entrar en una determinada área.
- Modelos de tarificación.

Hay dos mecanismos básicos para determinar la posición de un usuario: sistemas vía-satélite y mecanismos basados en infraestructura terrestre. Ambos métodos se pueden describir basándonos en su exactitud, disponibilidad y tiempo de realización de medida.

- **Sistemas vía-satélite: GPS.** Este sistema se basa en el tiempo de llegada de la señal emitida por uno de los muchos satélites al terminal o al centro de red.
 - El método basado en el terminal tiene una exactitud de 10-40 m. La señal del satélite recibida en el móvil se envía al centro de red para que este realice los cálculos de posición y mapeado; posteriormente el terminal recibirá la información de su situación. Para la realización de estas operaciones es necesaria la existencia de un puerto inalámbrico de comunicación entre terminal y centro de red y la de un receptor de señales vía satélite en el terminal.
 - El sistema basado en la red central tiene un nivel de exactitud de 1 m. En este método la señal vía-satélite es recibida por el centro de red y mediante cálculos de errores de señal entre terminal y centro se consigue averiguar la posición del usuario.
- **Sistemas basados en Infraestructura Terrestre.** Hay varias formas de calcular la posición de un móvil dentro de este sistema, pudiendo realizar los cálculos el propio móvil o el centro de red. El primer método es inherente a la estructura jerárquica de la redes de los Sistemas 3G (prácticamente igual a la de los sistemas existentes hoy en día). Una de las características de los sistemas celulares es identificar la celda donde se encuentra el terminal con relativa exactitud. Está claro que cuanto menor sea la celda mayor será la exactitud de posición. En las redes 3G encontraremos celdas menores a las de los sistemas 2G/2G+.

ETSI y 3GPP están aún estandarizando una serie de tecnologías, tanto basadas en la red (celulares), como basadas en el terminal. Pero algunas soluciones privadas están siendo objeto de pruebas, combinándolas con técnicas convencionales de GPS.

4.1.6.2 Mensajes multimedia unificados.

Los Mensajes Multimedia Unificados utilizan el protocolo MIME (especificación para la transferencia de mensajes que no sean de texto por medio de e-mail) y transmiten archivos de textos, archivos de aplicaciones de software y archivos de datos multimedia. La especificación MIME permite la transmisión de documentos compuestos (imágenes y dibujos) y posibilita la transmisión simultánea de voz y fax.

Con esta aplicación, teniendo una única dirección en la red y un único número para transmisiones de voz, fax y correo electrónico, se proporciona una gran disminución de tiempo a la hora de enviar y recibir comunicaciones. Este ahorro es debido a que el usuario tiene que buscar todos sus mensajes en una sola "bandeja de entrada" con acceso móvil y fijo.

Un desarrollo esencial en este área es el **mensaje G5**, que es una serie de protocolos, combinación de los estándares existentes para el correo electrónico de Internet y los faxes del grupo 3, y que puede desarrollarse sobre ambos medios. Los mensajes G5 proporcionan un sistema extremadamente seguro y nos brinda la posibilidad de archivar los mensajes de forma local y/o remota.

4.1.6.3 Voz sobre IP.

Una característica principal de los sistemas 3G es el modelo "voz sobre datos", en contraposición con el modelo de las redes 2G "datos sobre voz".

En las redes 2G nos encontramos con sistemas de conmutación de circuitos, mientras que las redes 3G se implementan con conmutación de paquetes de datos, más apropiadas para el tráfico de información basado en protocolos IP. Se espera que con este tipo de redes se consiga, al menos, la misma calidad en las transmisiones de voz que con los sistemas actuales. Durante los primeros años de los sistemas 3G se mantendrán ambos sistemas, para a continuación conseguir el escenario ideal que es una única red multiservicio con conmutación de paquetes de datos.

4.1.6.4 Servicios para empresas.

Las empresas han visto ampliado su mercado a través del comercio electrónico introducido por Internet y ha reducido la dificultad de venta mediante las relaciones empresa-cliente disponibles en la Red. Ahora las empresas se centran en el desarrollo de información y servicios accesibles para los usuarios. UMTS introduce nuevos campos de actuación dentro de estos servicios:

- Distinto tipo de Consumidores; y por lo tanto, de ventas.
- Atención al Cliente Interactiva.
- Mantenimiento Interactivo.

4.1.6.5 Extensión de la Oficina.

Los enormes cambios producidos en aspectos de trabajo y de estilos de vida tendrán un fuerte impacto en las personas, empresas y organizaciones en el futuro y serán unos importantes impulsores de las comunicaciones móviles en áreas tales como:

- La globalización de la competencia.
- El cambio de la Sociedad Industrial a la Sociedad de la Información.
- Atención inmediata a las demandas espontáneas de usuarios.

Este cambio requiere que las empresas y organizaciones se coloquen en una posición más cercana a los usuarios, combinando movilidad y flexibilidad con el acceso interactivo a los datos de empresa desde cualquier lugar y en cualquier momento. Las capacidades del UMTS y los servicios de Tercera Generación ofrecen un soporte a todas las personas, empresas y organizaciones para llegar al éxito en este mundo cambiante.

UMTS ofrece ventajas, debido a su amplia banda de trabajo, en campos como:

- Teletrabajo.
- Trabajos interactivos de colaboración.
- Utilización de servicios en cualquier lugar y cualquier momento.
- Apoyo remoto en operaciones de mantenimiento.

4.1.6.6 Comercio Móvil.

El Comercio Electrónico, y por consiguiente el Comercio Electrónico Móvil, tendrán un gran impacto en los ingresos de los operadores a corto-medio plazo. El Comercio Móvil incluye servicios tales como la adquisición de objetos, servicios o contenidos, así como, la realización de transacciones financieras directamente desde el terminal.

La clave para la revolución del comercio móvil es Internet. No porque Internet proporcione todo lo que otras redes no, ni porque sea mejor. Es simplemente porque Internet permite la conexión en cualquier momento de comunicaciones sin la intervención de voz. Las tarifas planas y los bajos costes de entrada han aumentado el uso general de este tipo de comercio.

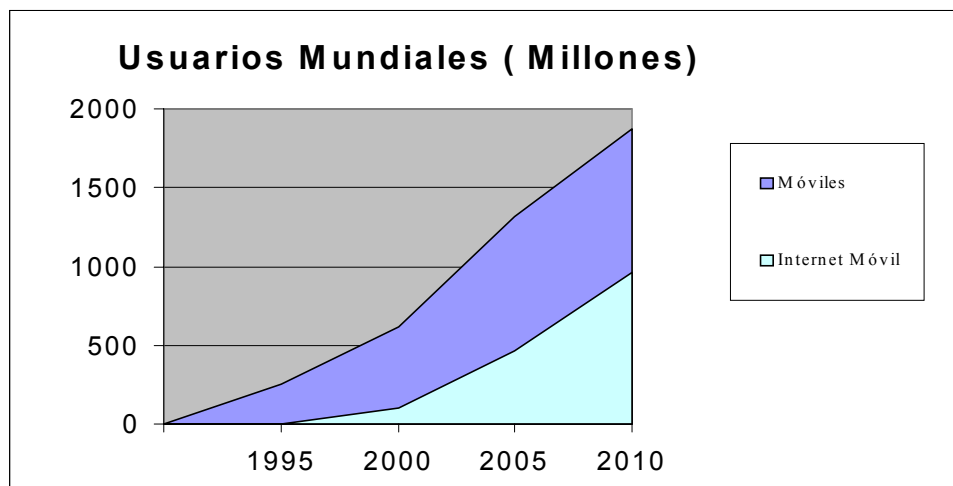


Figura 4.12. Evolución de los usuarios de móviles e internet.

Con la aparición de los sistemas 3G, se mejora la capacidad de realizar este tipo de acciones desde cualquier lugar mediante un "simple" terminal; en otras palabras, se le da movilidad a todas estas interacciones, que pueden ser de usuario a usuario, de empresa a usuario, de usuario a empresa o de empresa a empresa.

Se espera que esta aplicación sea una de las más importantes para casi todas las clases sociales y una de las que conduzca, en la primera fase de la implementación del sistema, a la popularización e impacto en la sociedad del mismo.

Uno de los principales problemas que tendrá que combatir esta aplicación será todo lo referente a aspectos de seguridad, confianza y métodos de pago. La seguridad en Internet está bajo la supervisión de distintos grupos de estandarización. Además, hay aspectos independientes a esta red que serán solucionados mediante protocolos de encriptación y autenticación inherentes a los estándares de los sistemas 3G.

4.1.6.7 Telemedicina.

Los sistemas de salud están descubriendo los servicios de Internet y de las telecomunicaciones, que mejoran los contactos entre médicos y pacientes, permitiendo una eficiente transferencia de historiales médicos y la posibilidad de comunicación médico-paciente.

Las características de los sistemas de tercera generación en aspectos de seguridad, autenticación, encriptación e integridad del tráfico garantizan el desarrollo de transferencia de datos vía radio y en la red fija.

Se pueden identificar un gran número de servicios de telemedicina:

- Monitorización de pacientes en su casa o en la carretera.
- Disponibilidad móvil de los historiales de los pacientes.
- Intercambio de información entre ambulancias y hospitales.
- Consultas de pacientes.
- Acceso a información médica en países subdesarrollados.

4.1.6.8 Telemática y Telemetría.

Ejemplos específicos de los servicios de telemática y telemetría posibles con el UMTS pueden ser:

- Parada automática tras fallo en el motor del coche.
- Realización de llamadas de emergencia en caso de parada del motor.
- Información sobre el estado de alarmas.
- Controles atmosféricos.
- Servicios públicos y municipales.

4.1.6.9 Aplicaciones Multimedia.

Las aplicaciones multimedia hacen posible la prestación de servicios de banda ancha en tiempo real (videoconferencia) y/o servicios sin necesidad de esta característica (acceso a Internet, transferencia de un archivo). Los sistemas 3G tienen en cuenta los resultados de la demanda de servicios de banda base en combinación con la movilidad global y la interactividad. Esta única combinación de características permite el desarrollo de nuevas aplicaciones y la apertura de nuevas áreas de trabajo.

- **Videoconferencia.** Este es un tipo de servicio de comunicación que puede ser utilizado de manera económica por los usuarios de los sistemas 3G. Hasta la fecha, la videoconferencia no ha podido desarrollarse conforme a las expectativas que se crearon. La falta de ancho de banda, los altos costes, la ausencia de equipamiento y servicios y la necesidad de salas especialmente equipadas han sido unos de los mayores factores de restricción. La posibilidad de un gran ancho de banda está ahora emergiendo tanto en redes de telecomunicaciones fijas como en las móviles. Ahora se podrán realizar videoconferencias a gran escala y teniendo una calidad aceptable. Además, los sistemas 3G posibilitan que la prestación de estos servicios tenga lugar independientemente de un lugar fijo.
- **Transporte de Datos Audiovisuales.** El gran ancho de banda de los sistemas 3G permite la descarga rápida y en tiempo real de contenidos multimedia desde varias plataformas y desde Internet. Estos servicios competirán con los medios habituales como CDs y DVDs. El usuario percibirá grandes ventajas debido a:
 - Competencia de precios entre los distintos servicios.
 - Acceso global a los distintos servicios.
 - Una reducción en la necesidad de aparatos "offline".

En la siguiente tabla se muestra el tiempo necesario para la descarga de distintas aplicaciones mediante las distintas plataformas:

<i>SERVICIOS</i>	<i>2G</i>	<i>2G+</i>	<i>3G</i>
<i>E-mail 10kbyte</i>	<i>8 s</i>	<i>0,7 s</i>	<i>0,04 s</i>
<i>Página Web 9kbyte</i>	<i>9 s</i>	<i>0,8 s</i>	<i>0,04 s</i>
<i>Archivo de texto 40kbyte</i>	<i>33 s</i>	<i>3 s</i>	<i>0,2 s</i>
<i>Amplio Reportaje 2Mbyte</i>	<i>28 min</i>	<i>2 min</i>	<i>7 s</i>
<i>Video clip 2Mbyte</i>	<i>48 min</i>	<i>4 min</i>	<i>14 s</i>
<i>Película con calidad de televisión</i>	<i>1100 h</i>	<i>52 h</i>	<i>5 h</i>

Tabla 4.13. Servicios de 3ª generación.

4.1.6.10 Radiocomunicación Interactiva.

La difusión por radio y televisión y por telefonía son esencialmente diferentes: la difusión por radio, radiocomunicación, se entiende, principalmente, como una comunicación "de uno para muchos" y la telefonía es, principalmente, "de uno para uno". Para cubrir todos los servicios que ofrecen los sistemas 3G son necesarias ambas técnicas con sus propias ventajas e inconvenientes.

La radiocomunicación es un mecanismo unidireccional que proporciona servicio a una gran cantidad de usuarios; mientras que la telefonía es un sistema bidireccional, pero tan sólo permite comunicaciones "punto a punto" .

Combinando los dos sistemas y agregándole la interactividad se mejora el mecanismo de distribución tradicional "de uno para muchos" ofreciendo un servicio de respuesta o bajo demanda. El resultado es un sistema de comunicación asimétrico que ofrece un gran ancho de banda en el sentido "downlink" basado en las técnicas de transmisión de radio/televisión y una banda más estrecha en el sentido "Uplink" proporcionado por los sistemas de Telecomunicación (GSM-GPRS-UMTS). Este nuevo sistema abre una gran variedad de trabajo en muchas áreas:

- **Educación:** Universidad, educación continua, cursos de formación, estudios para mayores.
- **Comercio y empleo:** Finanzas, ventas y transacciones, agencias de colocación.
- **Juegos interactivos.**
- **Servicios de urgencias.**

4.1.6.11 Entretenimiento y Educación.

Estos servicios tienen un gran valor dentro de la cadena de UMTS. Permitirán el crecimiento, mejora y personificación de los servicios ofrecidos en la actualidad.

- **Entretenimiento.** Dentro de estos servicios se incluyen: Televisión inalámbrica y portátil, juegos interactivos móviles, casinos virtuales, información Turística.
- **Educación.** La educación a distancia está creciendo en los últimos años de una manera asombrosa. Pero las redes actuales no poseen el ancho de banda necesario para la distribución del material de aprendizaje o la comunicación en tiempo real con tutores o profesores. Estos servicios son muy efectivos desde el punto de vista económico en lugares donde la instalación de líneas fijas es excesivamente costosa (áreas rurales y de baja densidad de usuarios). En estos lugares la movilidad no es la característica principalmente apreciada, si no la capacidad de UMTS de proporcionar un gran ancho de banda y soporte interactivo con un bajo coste de infraestructura.

4.2 Terminales.

4.2.1 TARJETAS USIM.

Uno de los mayores adelantos introducidos por GSM fue la SIM (Módulo Identificativo del Usuario) o tarjeta personal. Esto hace posible un alto grado de seguridad y la posibilidad de adquirir móviles "a medida". Los requisitos de la SIM, los algoritmos de seguridad, la tarjeta y la tecnología de los circuitos integrados de silicio siguen en vigor durante la introducción del UMTS y durante su desarrollo.

La industria de tarjetas personales puede ofrecer tarjetas con una mayor capacidad de memoria, una mayor velocidad de ejecución, operaciones inteligentes (sin contacto) y una mayor capacidad de encriptamiento.

Estos avances permiten a la USIM la posibilidad de ofrecer servicios UMTS basados en paquetes, debido a que proporciona una alta seguridad para los usuarios en las operaciones móviles de almacenamiento y transmisión de datos. También puede cargarse en el software de configuración de cualquier terminal UMTS: imágenes, firmas, archivos personales, huella digital y otros datos, tanto desde como en la tarjeta.

Las tarjetas inteligentes permiten una utilización mucho más sencilla que las actuales; por ejemplo, permitiendo que la tarjeta personal sea utilizada para transacciones y gestiones financieras como el comercio electrónico y la compra de entradas electrónica sin tener sacar la cartera o el teléfono.

Todas las redes, tanto fijas como móviles, adoptarán los mismos estándares o estándares compatibles en su capa física para las tarjetas de identificación de sus usuarios, permitiendo el roaming entre todas las redes y el acceso universal a todos los servicios. La utilización de estas tarjetas para el comercio electrónico y las operaciones bancarias se generalizará en un corto espacio de tiempo y los usuarios demandarán que sea posible usar la misma tarjeta en cualquier terminal y con cualquier red.

Las nuevas tecnologías permiten el aumento de la capacidad de memoria y hacen factible la carga de programas más complejos y de muchos más datos. Se pueden acomodar varias aplicaciones y servidores en la misma tarjeta. Esto permite que el usuario decida qué aplicaciones y servidores quiere cargar en su tarjeta, como si fuese el disco duro de un PC.

4.2.2 TERMINALES UMTS.

Las características UMTS se pueden encontrar asociadas a otros tipos de comunicaciones como GSM o GSM y GPRS.

<i>Terminales y Tarjetas UMTS</i>	
<i>Terminal (Single Mode)</i>	<i>Sólo UMTS</i>
<i>Terminal (Dual Mode)</i>	<i>UMTS más GSM/GPRS</i>
<i>Terminal TDD</i>	<i>TD-CDMA</i>
<i>GPRS/EDGE/UMTS</i>	<i>UMTS más EDGE</i>
<i>Tarjeta PC</i>	

Tabla 4.14 Terminales multibanda.

En los terminales UMTS se pueden distinguir tres tipos de productos:

- **Tipo Voice/Data.** Cuyas características son:
 - Tamaño medio.
 - Pantalla monocroma y en ocasiones en color.
 - Soporte de audio y vídeo.
 - Orientado a un público mayoritario y relativamente joven.
 - Precio asequible.
 - Servicios de MMS (Mensajes multimedia), descarga de juegos, WAP, música, etc.

- **Tipo Smartphone.** Cuyas características son:
 - Pequeño tamaño.
 - Pantalla en color.
 - Soporte de audio y vídeo de media calidad (MPEG4).
 - Orientado a un público mayoritario de profesionales que requieren un acceso a servicios de datos elevado con una calidad garantizada.
 - Precio medio/alto.
 - Servicios de MMS (Mensajes multimedia), videoconferencia, e-mail, etc.
- **Tipo PDA.** Cuyas características son:
 - Mayor tamaño.
 - Incorpora todas las funciones de llamada.
 - Pantalla en color con puntero táctil.
 - Soporte de audio y vídeo de alta calidad (MPEG2).
 - Orientado a un público minoritario (áreas de negocios y empresas) y de mediana edad.
 - Precio elevado.
 - Servicios tipo PC/Office (Internet, correo electrónico, bookmarks, memoria elevada...), etc.

La cobertura de UMTS será limitada en muchas áreas mientras que los sistemas de segunda generación tienen una amplia cobertura. Para conseguir que UMTS sea útil para un amplio número de usuarios se requiere que los terminales sean multimodo desde el principio, es decir, es necesario que combinen los sistemas de acceso radio de UMTS, UTRA modo FDD y/o TDD y modo GSM. Entendiendo por el término modo tanto la tecnología de acceso por radio (UMTS, GSM,...) como el modo de acceso radio (FDD o TDD). En la ETSI TR 121 910 se definen los siguientes tipos de terminales multimodo:

- **Tipo 1.** Este tipo de UE (User Equipment) opera en cada modo soportado como un terminal monomodo, es decir, que cuando está operando en un modo no busca o monitoriza ningún otro modo. El cambio de modo se basa en una selección manual de un nuevo modo por el usuario.
- **Tipo 2.** Cuando el terminal está utilizando un modo, monitoriza otro modo y lo reporta utilizando el modo actual. Este tipo de UE no soporta ni recepción ni transmisión simultáneamente a través de distintos modos. Si el terminal soportara selección manual del modo y ésta estuviera activada entonces se comportaría como un terminal tipo 1. Lo más normal es que el terminal utilice el modo comprimido (compressed mode) para poder realizar la monitorización del otro modo.
- **Tipo 3.** Este terminal puede recibir simultáneamente más de un modo, pero no puede transmitir en más de un modo.
- **Tipo 4.** Este terminal puede transmitir y recibir en más de un modo.

4.3 UTRAN.

El subsistema radio del estándar UMTS, denominado UTRAN, está basado en la técnica de acceso radio WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), o acceso múltiple por división de código en banda ancha, distinta de la técnica tradicional TDMA (*Time Division Multiple Access*) utilizada en redes de 2ª generación.

Dicha técnica se basa en un mecanismo de modulación que consiste en generar, a partir de la señal en banda base, una señal moduladora de un ancho de banda mucho mayor que el de banda base, utilizando un código de expansión espectral que permite la separación entre diferentes comunicaciones que comparten una misma portadora.

Más en detalle, las especificaciones prevén un ancho de banda por canal de 5 MHz, con un *chip rate* de 3.84 Megachips por segundo (Mcps). El esquema emplea tanto el modo FDD (*Frequency Division Duplex*) como el TDD (*Time Division Duplex*), y está definido para soportar una amplia gama de servicios de usuarios multiplexados sobre una misma portadora.

Dentro de la Red de Acceso a UMTS en su parte Terrestre (UTRAN) hay distintos elementos, siendo su relación muy parecida a la existente en las Redes GSM.

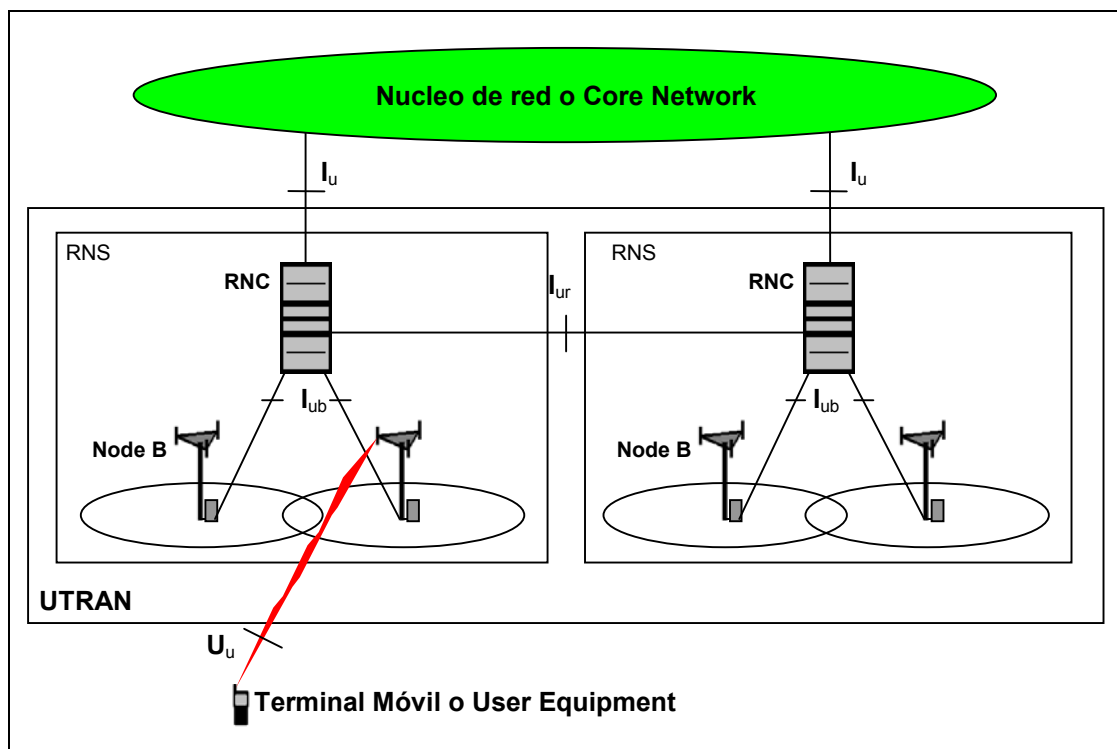


Figura 4.15. Arquitectura de red del sistema UMTS.

La arquitectura UTRAN posee las siguientes características:

- Soporta Soft-Handover.
- Soporta la conmutación de circuitos y de paquetes simultáneamente.
- Mantiene elementos comunes con GSM.
- Permite el control dinámico de potencia.

Radio Network Subsystem (RNS): equivale al grupo BSS en GSM y designa el conjunto de un RNC y de los nodos B controlados por él. El RNS se conecta al equipo de usuario mediante el interfaz U_u y al Core mediante el interfaz I_u .

A su vez el RNS está compuesto por:

- **Radio Network Controller (RNC).**
- **Node B.**

4.3.1 RNC: Radio Network Controller.

Representa el equivalente a la BSC en sistemas de segunda generación, y controla uno o más nodos B. Las RNCs pueden conectarse entre sí mediante el interfaz (lógico) I_{ur} para gestionar el *soft handover* en ámbito UTRAN.

- Gestiona las decisiones sobre el handover.
- Se encarga de las funciones de *splitting/combining* para soportar macro diversidad entre diferentes nodos B.
- Control de admisión y congestión.

De forma genérica, se puede decir que la RNC es el nodo de la red encargado de controlar y gestionar todos los recursos radio de la RAN (*Radio Access Network*). En este sentido, sus funciones principales son:

- Asegurar un uso óptimo de estos recursos radio.
- Control de la movilidad y handover dentro de la RAN.
- Soporte de los portadores de acceso radio (RAB o Radio Access Bearer) para los diferentes servicios: conversational, interactive, streaming y background.
- Proveer un servicio portador transparente para los mensajes de control entre el Core Network y el equipo de usuario.
- Soporte de funciones de control para aviso de estaciones móviles (paging), gestión de las conexiones de señalización y gestión del servicio de portador radio (Radio Access Bearer, RAB).

Para una mejor comprensión de cómo está formada una red UTRAN, en el siguiente gráfico se ilustra la arquitectura de la misma y los interfaces en juego.

4.3.2 Nodo B.

Es una entidad lógica que aglutina el sistema radiante que interactúa con el terminal móvil (UE o user equipment). Corresponde a la BTS en sistemas de segunda generación, y puede gestionar una o más celdas. Opera en modo FDD, en modo TDD o en modo dual FDD/TDD. Se conecta al RNC a través del interfaz I_{ub} .

4.4 CORE.

Para la parte CORE el esquema de los elementos está representado así: (en líneas es preciso distinguir entre conmutación de paquetes orientada a circuitos para el tráfico de voz CORE-CS: circuit switching y conmutación de paquetes orientado a paquetes para tráfico de datos CORE-PS: packet switching).

4.4.1 Home Location Register (HLR).

El HLR es la base de datos que almacena y controla los datos de los registros de usuarios en la red móvil.

4.4.2 Visitor Location Register (VLR).

El VLR almacena temporalmente los registros de los usuarios que permanezcan en su área de servicio. Suele estar asociado a una MSC.

4.4.3 Authentication Centre (AuC).

El AuC es el elemento que almacena la información necesaria para la autenticación de un usuario. A partir de esta información la red autentifica al usuario y utiliza el cifrado. Este nodo se comunica con el HLR.

4.4.4 Equipment Identity Register (EIR).

El EIR es el elemento de red que almacena los datos de autenticación sobre el hardware del teléfono móvil. Cada equipo tiene un número identificativo llamado IMEI.

4.4.5 Mobile Service Switching Centre, 3ª Generación (3G-MSC).

La MSC es el nodo que establece, enruta, y supervisa llamadas desde y hacia un terminal móvil. Tiene un área de cobertura determinada por los elementos radio que dependen de él. Inicialmente se encarga del control de la llamada y de la conmutación de la misma (versión 4). A partir de la versión 5, puede dedicarse exclusivamente al control de la llamada (MSC-Server).

4.4.6 MEDia gateway (MGW).

A partir de la versión 5, puede utilizarse un equipo dedicado a la conectividad hacia la parte radio (UTRAN), hacia otras redes móviles (PLMN), hacia redes fijas (PSTN), hacia redes de datos (PDN), etc. Se encarga de disponer los recursos físicos necesarios para enrutar las llamadas hacia el destino apropiado (canceladores de eco, locuciones, tonos de llamada, compresores, etc).

4.4.7 Service GPRS Support Node (SGSN).

Sus funciones básicas son:

- “Routing” y transferencia de paquetes desde/hacia los MS registrados en el área de servicio del SGSN.
- Cifrado y autenticación.
- Gestión de las sesiones.
- Gestión de la movilidad de las MS
- Conexión hacia HLR, MSC/VLR, BSC, SMS-GMSC, GGSN.
- Generación de datos de tarificación.

4.5 Protocolos y canales físicos de la red UTRAN.

4.5.1 ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS UTRAN.

La definición de los protocolos radio que se llevan a cabo en los diversos nodos de la red del sistema UMTS, consta de varios niveles y dentro de los niveles más complejos, existe una ulterior separación en subniveles que corresponde a una división muy precisa relativa al funcionamiento.

La siguiente nos da una visión panorámica de la arquitectura de los protocolos de radio de la red UTRAN. Podemos distinguir entre tres niveles: Capa Física o Nivel 1, *Data Link* o Nivel 2 y Capa de Red o Nivel 3. La figura muestra también la división de los protocolos del nivel de acceso (*Access Stratum*) en dos planos:

- Plano de Control.
- Plano de Usuario.

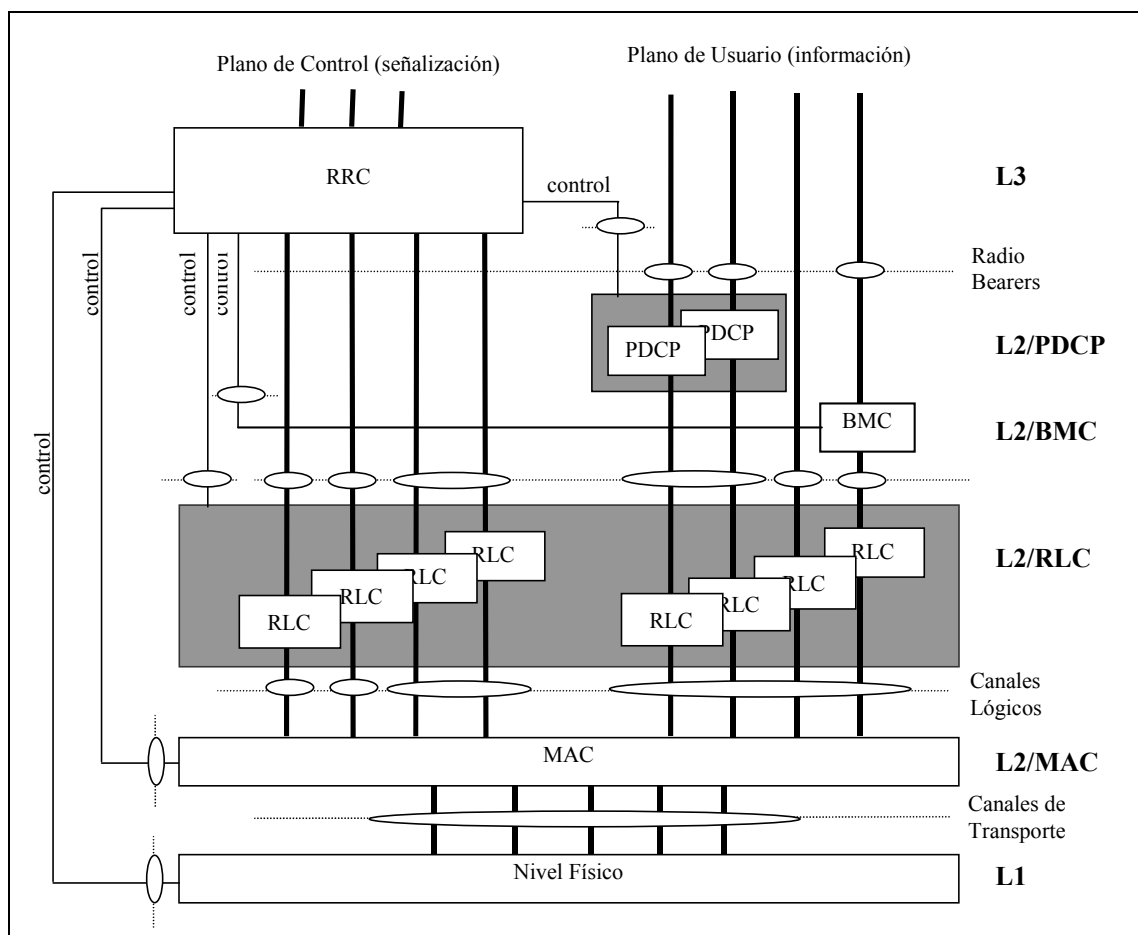


Figura 4.18. Arquitectura de los protocolos radio de UTRAN.

Los niveles 1 y 2, se ocupan también de la transmisión y por lo tanto, ofrecen una base de transporte a la señalización o a la información del usuario. Estos dos últimos niveles, físico y *data link*, son los que realmente definen el acceso en la red UTRAN.

4.5.1.1 Capa Física o Nivel 1.

El nivel físico define las modalidades con las cuales se accede al recurso radio, es decir la estructura de las tramas y sus canales físicos. Es por tanto a este nivel que se implementan los canales que permiten el transporte de la información en el interfaz aire.

4.5.1.2 Data Link o Nivel 2.

El nivel 2 (*Data Link*) está subdividido en dos subniveles:

- **El subnivel MAC (Medium Access Control).** El MAC es el nivel que, en una red de telecomunicaciones, gestiona los accesos simultáneos de varios usuarios (accesos múltiples) en un medio común compartido. En el caso de UTRAN, el recurso compartido se compone de los recursos radio, especialmente importantes al estar limitados. De ahí deriva el papel fundamental asumido por el nivel MAC en la red UTRAN, ofrecer un interfaz de acceso radio optimizado para la transmisión de datos de paquete mediante la multiplexación estadística de varios usuarios en un conjunto de canales comunes.
- **El RLC (Radio Link Control).** Garantiza una transmisión fiable de la información dentro de UTRAN, y ofrece un servicio de retransmisión para los paquetes que el nivel 1 no ha conseguido entregar correctamente en su destino. El RLC también lleva a cabo una función de cifrado (en los casos en que no ha sido llevada a cabo por el MAC) para proteger la información del usuario de interceptaciones no deseadas.

4.5.2.3 Capa de Red o Nivel 3.

El nivel 3 es, principalmente, el responsable de la gestión de la señalización dentro UTRAN y por esta razón se sitúa por completo dentro del plano de control.

4.5.3 CANALES LÓGICOS.

Los canales lógicos son aquellos de los que se sirve el nivel MAC para proporcionar servicios de transferencia de datos a los niveles superiores. Cada canal lógico está definido por el **tipo de información** que transfiere y se encuentran mapeados sobre canales de transporte.

Los canales lógicos se encuentran clasificados en dos grupos en función del plano al que corresponden:

- Canales de control.
- Canales de tráfico.

4.5.3.1 Canales de control.

Son empleados para la transferencia de información en el plano de control.

- **BCCH o canal de control broadcast.** El canal de Broadcast (BCCH) es un canal lógico empleado en el enlace descendente para transferir o difundir información relativa a la red.
- **PCCH o canal de control de paging.** El canal de aviso o paging (PCCH) es un canal lógico empleado en el enlace descendente para el aviso y búsqueda de terminales no localizados o cuando el UE está en modo “sleep-mode” (cell connected state).
- **CCCH o canal de control común.** El canal de control común (CCCH) es un canal lógico bidireccional empleado para transferir información cuando el UE no tiene una identidad MAC única en la celda actual, es decir, se emplea para la señalización con móviles sin conexión RRC. Este canal es también empleado cuando se intenta acceder al sistema al encender el UE o cuando se accede a una nueva celda después de una reelección de celda.
- **DCCH o canal de control dedicado.** El canal de control dedicado (DCCH) es un canal lógico bidireccional empleado para transferir información cuando el UE tiene una identidad MAC única en la celda actual, es decir, este canal es empleado para la transferencia de información y servicios punto a punto (un móvil específico) o cuando un canal dedicado de transporte (DCH) está siendo utilizado.
- **SHCCH o canal de control compartido.** El canal de control compartido (SHCCH) es un canal lógico bidireccional empleado para transmitir información de control para canales ascendente y descendentes compartidos entre la red y los UEs. Este canal es solamente empleado para el modo de acceso TDD.

4.5.3.1 Canales de tráfico.

Son empleados para la transferencia de información sólo en el plano de usuario.

- **CTCH o canal de tráfico común.** El canal de tráfico común (CTCH) es un canal lógico bidireccional empleado para la transferencia de información y servicios punto múltipunto (de Nodo B a UEs), como por ejemplo el envío de SMS por parte de la celda.
- **DTCH o canal de tráfico dedicado.** El canal de tráfico dedicado (DTCH) es un canal lógico bidireccional empleado para la transferencia de información y servicios a un móvil específico, es decir, para el empleo de tráfico de datos. Este canal sólo puede ser utilizado si la subcapa MAC tiene una única identidad en la celda actual o si un canal dedicado de transporte (DCH) está siendo utilizado.

<i>CANAL</i>	<i>SENTIDO</i>	<i>TIPO</i>	<i>FINALIDAD</i>	<i>MODO</i>
<i>BCCH</i>	<i>Descendente</i>	<i>Control</i>	<i>Difunde información de la red y de la celda.</i>	<i>FDD y TDD</i>
<i>PCCH</i>	<i>Descendente</i>	<i>Control</i>	<i>Aviso y notificación a terminales no localizados.</i>	<i>FDD y TDD</i>
<i>CCCH</i>	<i>Bidireccional</i>	<i>Control</i>	<i>Señalización con móviles sin conexión RRC.</i>	<i>FDD y TDD</i>
<i>DCCH</i>	<i>Bidireccional</i>	<i>Control</i>	<i>Información y servicios punto a punto (un móvil específico, identidad MAC) o cuando un DCH es utilizado.</i>	<i>FDD y TDD</i>
<i>SHCCH</i>	<i>Bidireccional</i>	<i>Control</i>	<i>Información de control para canales compartidos entre la red y los UEs.</i>	<i>TDD</i>
<i>CTCH</i>	<i>Bidireccional</i>	<i>Tráfico</i>	<i>Información y servicios punto múltipunto (de Nodo B a UEs)</i>	<i>FDD y TDD</i>
<i>DTCH</i>	<i>Bidireccional</i>	<i>Tráfico</i>	<i>Información y servicios punto a punto (un móvil específico, identidad MAC) o cuando un (DCH) es utilizado.</i>	<i>FDD y TDD</i>

Tabla 4.19. Canales lógicos en UMTS.

4.6 Concepto de QoS y arquitectura.

4.6.1 SERVICIOS DEL PORTADOR UMTS.

UMTS permite una negociación usuario/aplicación para establecer la característica de portador, *bearer*, más adecuada para el tipo de comunicación que quiere llevarse a cabo. Estas características de portador pueden cambiar a lo largo de la comunicación mediante una renegociación durante una conexión activa. En el momento del establecimiento, la aplicación hace una petición de servicio de portador dependiendo de sus necesidades, la red comprueba los recursos disponibles y la suscripción del usuario y le responde. El usuario acepta o rechaza los recursos asignados. Las propiedades del portador afectan directamente al precio del servicio.

La clase de portador, parámetros definidos y valores de dichos parámetros están directamente relacionados con la aplicación, así como con la red que va a servir de soporte para la comunicación. El conjunto de parámetros deberá ser seleccionado en los procedimientos de negociación y renegociación de una manera simple y sin ambigüedad.

Las características de la calidad de servicio se pueden definir basándonos en los siguientes enfoques:

- **QoS basada en tecnología.** Se incluyen valores relativos a retardos, anchura de banda y fiabilidad. Los elementos más característicos son la velocidad de transmisión permitida y el retardo en la obtención de la información.
- **QoS basada en la percepción del usuario.** Incluye la prioridad que el usuario dé a la información transmitida, calidad percibida en imágenes y sonido, coste del servicio y seguridad de la comunicación.
- **QoS basada en la gestión estática de recursos.** Inicialmente se realiza una tipificación de la QoS que el operador ofrece por defecto, seguidamente tiene lugar un control de admisión que dará acceso a los recursos de la red, una vez aceptado el servicio se realiza la reserva de recursos. Finalmente se establece una negociación entre el servicio demandado y el que se puede ofrecer.
- **QoS basada en la gestión dinámica de recursos.** Se incluye la monitorización, seguimiento de parámetros de acceso al sistema, renegociación y sincronización entre los distintos servicios que fluyen simultáneamente en la comunicación (voz y vídeo).

Por otro lado indicaremos que las funciones que implementan los algoritmos de QoS actúan a distintos niveles dentro de la estructura por capas (Radio Network Layer y Transport Network Layer), y dentro de cada capa se agrupan (agrupación lógica) en distintos planos: Plano de Control y Plano de Usuario. Esta estructura queda recogida en la figura siguiente.

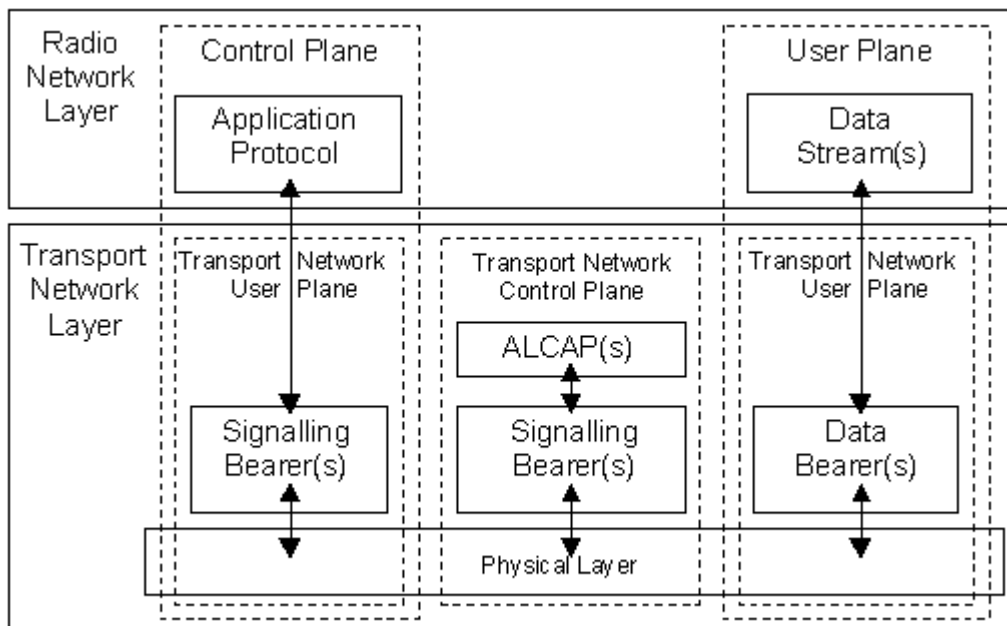


Figura 4.20. Modelo general de protocolos en UMTS.

Por servicio de red se entiende el servicio extremo a extremo, esto quiere decir de un TE a otro TE. Este servicio puede tener una cierta calidad (QoS). Es el usuario el que decide si el servicio recibido desde la red es suficiente o no.

- **Plano de control.** Este plano incluye toda la señalización de control específica de UMTS, incluye los protocolos de aplicación RANAP, RNSAP y NBAP y el portador de señalización para el transporte de los mensajes de los protocolos de aplicación.
- **El protocolo de aplicación** es utilizado, entre otras cosas, para el establecimiento de los portadores de servicio del UE (RAB).
- **Plano de usuario.** Toda la información enviada y recibida por el usuario, tales como voz codificada, paquetes de datos,... son transportados por el plano de usuario.
- **Plano control de red de transporte.** Es usada para transportar toda la señalización asociada a la capa de transporte. Incluye el protocolo ALCAP que es necesario para el setup de los portadores de servicio del plano de usuario. Es un plano que actúa entre el plano de control y el plano de usuario. La introducción de este plano hace posible que el nivel de capa de transporte sea transparente para el protocolo de aplicación en el plano de control de la red radio.

4.6.2 REQUERIMIENTOS DE QoS.

Estos requerimientos establecen el criterio que se sigue a la hora de definir la QoS por parte del estándar UMTS.

4.6.2.1 Requerimientos generales.

- Los mecanismos de control de QoS no afectan únicamente al interfaz entre el usuario y la red, sino que actúan en todas las capas (niveles), en todo el sistema.
- Los atributos que determinan el QoS no deben ser ambiguos.
- Estos mecanismos de QoS tienen que permitir un uso eficiente de la capacidad radio.
- Deben ser lo suficientemente flexibles para permitir una evolución de la red de acceso y Core.
- La combinación de diferentes atributos tiene que tener un significado sin ambigüedad.

4.6.2.2 Requerimientos técnicos.

- Los mecanismos de UMTS de QoS deben proveer un mapeo entre los requerimientos de la aplicación y los servicios UMTS. Las aplicaciones deben ser capaces de indicar valores de QoS para sus transmisiones de datos.
- UMTS debería proveer un conjunto finito de definiciones de QoS.
- El esquema de QoS no debe aumentar en exceso la complejidad de la señalización empleada.
- QoS debe permitir una utilización eficiente de los recursos.
- QoS debe comportarse de manera dinámica, debe ser capaz de modificar atributos de QoS durante una conexión activa.
- El número de atributos debe ser relativamente pequeño.
- Los requerimientos QoS del usuario deben mantenerse en un cambio de SGSN dentro del PLMN.

4.6.3 ARQUITECTURA QoS.

El portador de servicio incluye todos los aspectos que posibilitan la provisión de un QoS contratado. Incluye control de señalización, plano de transporte del usuario y funcionalidad de gestión de QoS. Cada servicio del portador sobre una capa específica ofrece un conjunto de servicios, usando los servicios que proveen las capas inferiores.

Es responsabilidad del sistema UMTS lo que en la figura siguiente se especifica como servicio portador UMTS (UMTS Bearer Service). A su vez se descompone en los siguientes servicios portadores: Acceso Radio (Radio Access Bearer Service) y Núcleo de Red (Core Network Bearer Service). El primero constituye la parte más importante, y afecta tanto a la red de acceso móvil como a la de transporte dentro del sistema UMTS. El servicio portador del Core consiste básicamente en tareas de control y negociación con la red externa.

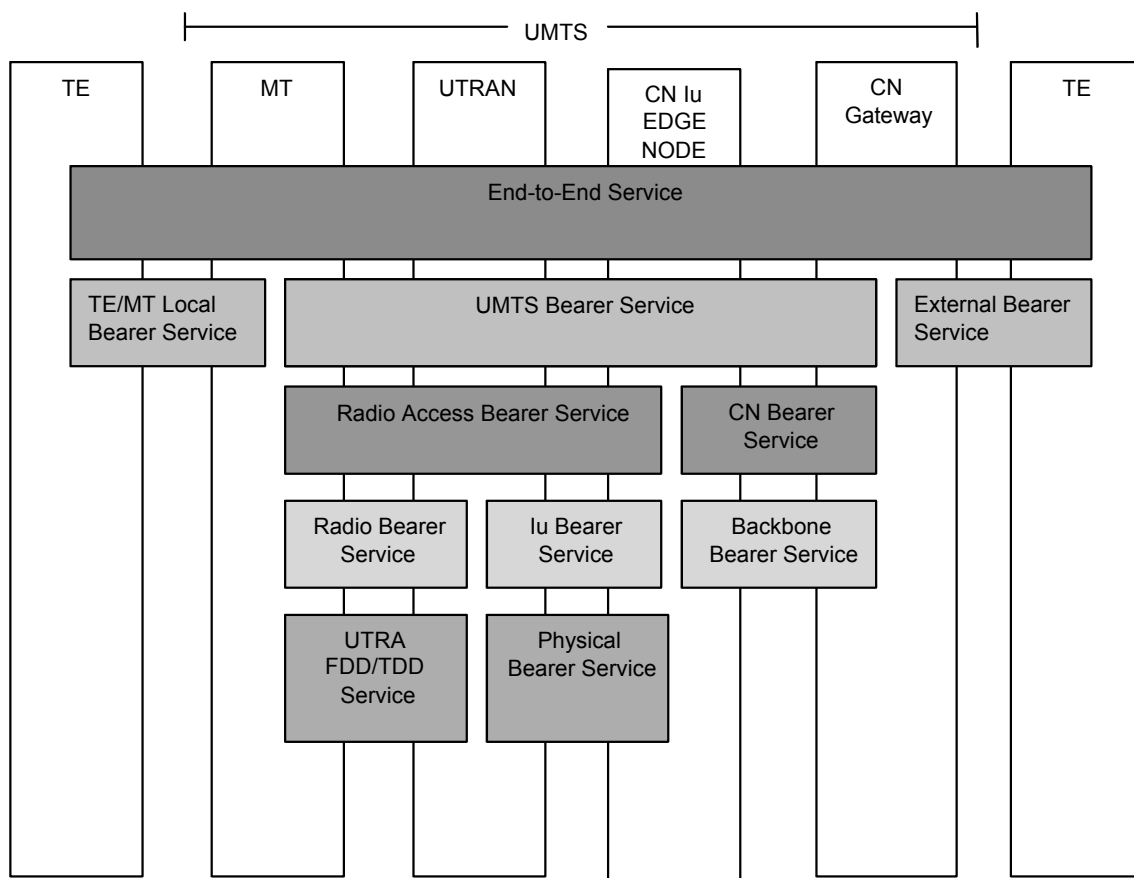


Figura 4.21. Arquitectura UMTS QoS.

4.6.3.1 Servicios End-to-End y servicios del portador UMTS.

Un TE (Terminal Equipment) se conecta a una red UMTS mediante el uso de un MT (Mobile Termination) y el servicio requerido dependerá de las prestaciones que pueda soportar el MT. Los servicios End-to-End a nivel de aplicación usan los servicios de portador de las capas inferiores de la red. De cualquier forma, la especificación de la arquitectura UMTS deja abierta la posibilidad para el desarrollo de los servicios en el TE que el fabricante estime oportuno, utilizando los servicios que el operador UMTS ofrezca en su red.

4.6.3.2 Servicios Radio Access Bearer y servicios Core Network Bearer.

Los servicios al portador UMTS, según el punto de vista que se tome para su análisis, pueden denominarse, Radio Access Bearer Service (RABS), servicios ofrecidos en el acceso radio, y el Core Network Bearer Service (CNBS), servicios gestionados en la parte de Core de la red. Ambos servicios están optimizados para tener en cuenta aspectos fundamentales en una red móvil como son la movilidad del MT y el perfil de suscripción del abonado y los dos juntos constituyen el servicio global que la red ofrece al usuario.

El RABS provee el transporte confidencial de la señalización y la información de datos entre el MT y el CN con un QoS adecuado. Este servicio se mantiene para todos los UE móviles.

Los servicios CNBS de la red UMTS conectan la red UMTS con otras redes externas. El objeto de este servicio es mantener o negociar con otras redes la calidad de servicio contratada por el usuario.

4.6.3.3 El Radio Bearer Service y el Iu Bearer Service.

El Radio Bearer Service cubre todos los aspectos de la interfaz de transporte radio. Este servicio al portador usa UTRA FDD/TDD. Con el fin de garantizar una protección de errores la red UTRAN y el MT deben tener la capacidad de segmentar/reensamblar los paquetes de datos dividiendo la información en paquetes más pequeños y transportando cada uno de ellos en un subflujo distinto. El Radio Bearer Service se encarga de gestionar este mecanismo de corrección de errores.

Los Iu-Bearer Service provee el transporte entre UTRAN y la parte CN de la red. Los servicios al portador en el Iu para tráfico de paquetes deberían soportar la variedad de QoS soportados en UTRAN.

4.6.3.4 Backbone Network Service.

El CNBS usa un Backbone Network genérico y es elegido por el operador de acuerdo al tipo de servicio y QoS que quiere ofrecer en su red.

4.6.4 FUNCIONES DE GESTIÓN DE QoS EN LA RED.

En este punto, describiremos las funcionalidades necesarias para establecer, modificar y mantener un servicio al portador UMTS (UMTS Bearer Service). La relación entre estas funcionalidades y su implementación en un determinado nodo, dependerá del diseño del suministrador. Las funciones de gestión de QoS de todas las entidades UMTS deben asegurar la provisión del servicio negociado en el punto de acceso. El servicio end-to-end se provee mediante un mapeo de los parámetros de QoS UMTS a los parámetros de un servicio externo.

4.6.4.1 Funciones en el plano de control.

- **Gestor de servicio.** Coordina las funciones de establecimiento, modificación y mantenimiento del servicio en el plano de control. Igualmente provee todas las funciones de gestión de QoS al plano de usuario. También puede interrogar a otras funciones de control para asignar un determinado servicio.
- **Función de translación.** Convierte las funciones de control de servicio UMTS (atributos QoS) a las funciones de control de servicio de redes externas. También realiza la translación de atributos de servicio entre capas.
- **Control de Admisión/Capacidad.** Mantiene información sobre todos los recursos disponibles de una red y sobre todos los recursos asignados a un servicio. La función comprueba la capacidad de la red para proveer el servicio requerido, si dicho servicio es implementado y no está bloqueado por razón de servicio. También realiza una reserva de recursos.
- **Control de subscripción.** Comprueba si el usuario está habilitado para usar un determinado servicio con los atributos QoS especificados.

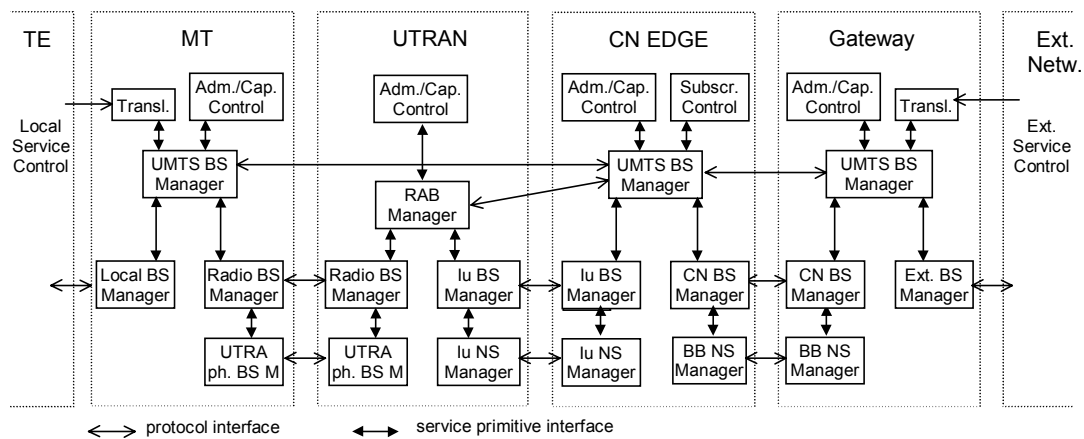


Figura 4.22. Funciones de gestión de QoS para servicios al portador de UMTS en el plano de control.

En el diagrama de bloques de la figura anterior se muestra donde se ejecutan los distintos procesos que determinan cada una de las funciones indicadas anteriormente.

4.6.4.2 Funciones en el plano de usuario

Estas funciones mantienen la señalización y la información de datos dentro de ciertos límites de calidad, definidos a partir de atributos específicos de QoS. Actúa directamente sobre los datos de información de usuario enviados por el MT. Deben permitirse servicios al portador con diferentes QoS para un mismo usuario.

- **Función de mapeo.** Añade una marca a cada paquete de datos donde indica la QoS empleado para ese servicio.
- **Función de clasificación.** Permite la gestión de diferentes servicios con distintas QoS para un mismo usuario. La QoS para cada servicio se obtiene a partir de la información marcada en cada paquete.
- **Gestor de recursos.** Permite compartir los recursos disponibles entre todos los servicios activos en el MT.
- **Condicionador de tráfico.** Comprueba la conformidad entre la QoS negociada para un servicio y los datos de tráfico. Si no existe esta conformidad con los atributos esperados del servicio, en caso de congestión, se marcarán como no preferentes.

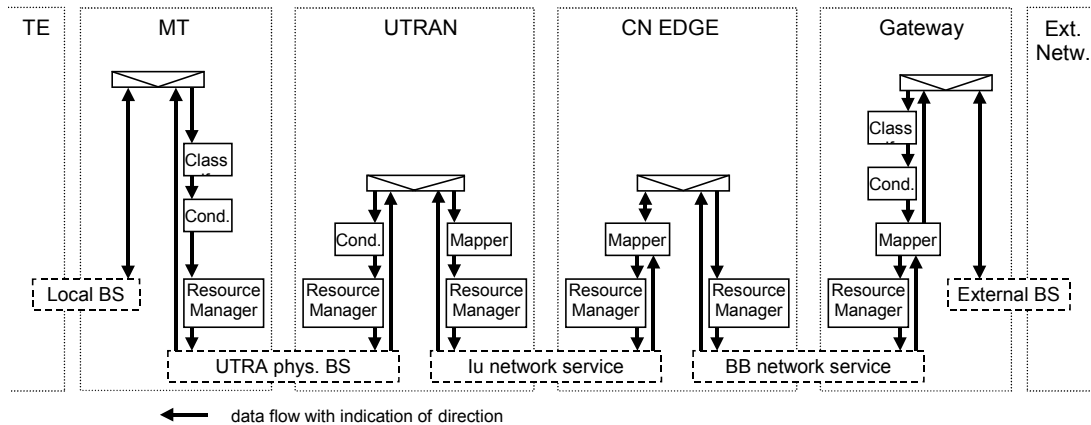


Figura 4.23. Funciones de gestión de QoS para servicios al portador de UMTS en el plano de usuario.

En el diagrama de bloques se muestra donde se ejecutan los distintos procesos que determinan cada una de las funciones indicadas anteriormente.

4.6.5 CLASES DE UMTS QoS.

Los mecanismos de QoS previstos en un sistema celular deben ser robustos y capaces de proveer una resolución de QoS razonable. En general, las aplicaciones y servicios pueden ser divididos en diferentes grupos, dependiendo de como son considerados. Hay cuatro clases de QoS:

- Clase conversacional.
- Clase streaming.
- Clase interactiva.
- Clase background.

El principal factor que distingue entre estas clases de servicio es la sensibilidad al retardo que tiene cada una de ellas. La clase conversacional es muy sensible al retardo, mientras que la clase background apenas se ve afectada por los retardos.

Las **clases conversacional y streaming** están especialmente pensadas para ser usadas en flujos de tráfico en tiempo real. Los servicios conversacionales en tiempo real, como la teleconferencia, son las aplicaciones más sensibles a los retardos.

Las **clases interactiva y background** están fundamentalmente pensadas para ser usadas por aplicaciones tradicionales de Internet como www, email, telnet, FTP, etc. En estas clases, el bit error rate es menos crítico, comparado a las clases anteriores. La principal diferencia entre las clases interactiva y background es que la primera es usada principalmente en aplicaciones interactivas como email, web browsing, mientras que la segunda se orienta fundamentalmente hacia aplicaciones que hacen uso continuado de downloads.

Las clases interactiva (o de tráfico) tienen una prioridad mayor que la clase background, por tanto las aplicaciones background usan recursos de transmisión únicamente cuando las aplicaciones interactivas no los necesitan. De manera genérica podemos indicar:

<i>Clase de tráfico</i>	<i>Clase conversacional</i>	<i>Clase streaming</i>	<i>Clase interactiva</i>	<i>Clase background</i>
<i>Características fundamentales.</i>	Preserva la relación temporal entre entidades del stream Modelo conversacional.	Preserva la relación temporal entre entidades del stream.	Modelo petición-respuesta Se preserva el contenido del paquete.	El destino no está esperando los datos Se preserva el contenido del paquete.
<i>Ejemplos de aplicación.</i>	Voz	Vídeo		Descarga de emails en background.

Tabla 4.24. Clases UMTS QoS.

4.6.5.1 Clase conversacional.

Esta clase incluye esquemas conversacionales en tiempo real, donde el tiempo de transferencia debe ser bajo, y a la vez, la relación temporal entre las entidades de información debe ser preservado. Entre las nuevas aplicaciones que requerirán este esquema están, por ejemplo, voz sobre IP y herramientas de teleconferencia. Las características que definen esta clase vienen determinadas estrictamente por la percepción humana. Las características clave en esta clase son:

- Relación temporal preservada entre las entidades de información del flujo de datos.
- Modelo conversacional (bajo retardo).

4.6.5.2 Clase streaming.

Esta clase aplica cuando el usuario está escuchando o viendo un vídeo en tiempo real. El destino del flujo de información es siempre una persona. Es **unidireccional**. También es importante preservar la relación temporal entre entidades de información del flujo de datos, si bien las aplicaciones en el extremo del MT que gestionan los datos recibidos, implementan métodos de alineamiento que permiten valores de retardo mayores que en la clase conversacional.

Las característica clave en esta clase es:

- Se preserva la relación temporal entre las entidades de información del flujo de datos.

4.6.5.3 Clase Interactiva.

En esta clase la conexión es on-line y el usuario puede ser o una persona o una máquina. Se realiza una interacción con un equipo remoto mediante una aplicación de tipo web browsing, recuperación de datos de bases de datos o acceso a un servidor. La gestión del flujo de datos en esta clase permite un polling en las peticiones.

Las características clave en esta clase son:

- Modelo petición-respuesta.
- Se preserva el contenido de los paquetes.

4.6.5.4 Clase Background.

El tipo de tráfico background se caracteriza porque el destino no espera recibir datos en un momento concreto, por tanto este esquema de comunicación es más o menos insensible a los retardos en los tiempos de difusión de los datos. Un ejemplo de esta clase de QoS es la difusión de e-mails, SMS, descarga de base de datos o recepción de registros de medidas.

Las características clave en esta clase son:

- El destino no espera los datos en un momento concreto.
- Se preserva el contenido de los paquetes.

4.6.6 ATRIBUTOS OOS.

Los atributos definidos por el estándar para el RAB hasta el momento están todavía en discusión. Especialmente los atributos relacionados con el bit rate. Por tanto, no hay que considerar todavía cerrado este punto y son posibles cambios sobre los atributos definidos.

Es posible definir atributos de QoS diferenciados para uplink y downlink sobre una misma conexión bidireccional. Esto es un servicio portador asimétrico.

Un conjunto de atributos de QoS (QoS profile) especifican el servicio, pero hay que tener en cuenta, que son las capacidades del UE las que limitan el servicio portador UMTS ofrecido. El UE puede requerir un perfil de QoS en el momento del acceso o una modificación sobre un servicio ya establecido. En el lado de la red, el perfil de QoS en la subscripción UMTS del usuario, especifica el límite superior permitido a dicho abonado. Es posible que la red tenga definido un valor de subscripción UMTS por defecto, e igualmente es posible que la red, debido a limitaciones en los recursos disponibles, pueda hacer una modificación del perfil de QoS de una conexión ya establecida.

4.7 Procesos básicos.

4.7.1 HANDOVER.

El mecanismo de *handover* es una funcionalidad básica en redes de comunicaciones móviles, e incide directamente en la calidad del servicio percibida por el usuario, así como en el dimensionamiento de la red y la cobertura del sistema. Básicamente es el mecanismo que permite que un usuario que tiene establecida una comunicación pueda cambiar de canal radio, bien dentro de la misma celda, bien a una celda distinta con el objetivo de mejorar la calidad de la comunicación y ofrecer continuidad espacial al servicio ofrecido. Los motivos por los que se puede activar la ejecución de un traspaso son varios:

- Contrarrestar el deterioro progresivo de la calidad de una conexión, bien por el aumento de la distancia con la estación que presta el servicio, o bien por situaciones de propagación desfavorables respecto a las vecinas.
- Reducir la potencia transmitida y, por consiguiente, el nivel de interferencia en el sistema, lo cual se traduce directamente en un aumento de capacidad.
- Delimitar el área de cobertura de una célula, de esta forma aseguramos una cierta capacidad en términos de tráfico por unidad de área.
- Redistribuir el tráfico entre células para evitar situaciones de congestión y aumentar el grado de servicio.
- Acceder a determinados servicios que pueden ofrecerse bajo diferentes redes de acceso radio (UMTS, GSM).
- Intervención del subsistema de operación y mantenimiento.

Los tipos de traspaso en UMTS se pueden clasificar en función del modo de ejecución del traspaso de voz y datos, en:

- Hard Handover (traspaso sin continuidad).
- Soft Handover (traspaso con continuidad).

4.7.1.1 Hard Handover (traspaso sin continuidad).

La conmutación al nuevo canal se hace después de haber liberado los recursos asignados al canal antiguo, de forma que no existe solapamiento temporal entre ambas conexiones. Hay una breve interrupción o falta de continuidad en la comunicación. Es importante señalar que este tipo de handover se produce únicamente entre canales que trabajan a distinta frecuencia.

Dentro de este tipo de traspaso, podemos tener otros tres tipos en función del modo de operación del sistema. Así pues, podemos distinguir entre:

- **Trasposos Intramodo.** Son trasposos realizados entre dos portadoras FDD o bien entre dos portadoras TDD.
- **Trasposos Intermodo.** Son trasposos realizados entre los modos de operación FDD y TDD.
- **Trasposos Intersistemas.** Es cuando se contempla la posibilidad de realizar trasposos entre sistemas diferentes, por ejemplo, entre UTRAN y GSM.

4.7.1.2 Soft Handover (traspaso con continuidad).

El terminal móvil puede establecer conexiones simultáneas a través de varias estaciones, a diferencia de lo que ocurre en el traspaso HARD, donde los terminales móviles activos se encuentran conectados al sistema celular únicamente a través de una estación base. No se interrumpe la comunicación, manteniéndose la continuidad.

La recepción de múltiples transmisiones simultáneas requiere el uso de técnicas de combinación de señales, a fin de obtener un único flujo de información. En el enlace descendente se recurre a una técnica MRC (Maximal Ratio Combining) de máxima ganancia para combinar señales provenientes de las diferentes estaciones base. Dicha combinación se realiza aprovechando la estructura del receptor RAKE del terminal móvil. Sin embargo, en caso del enlace ascendente no hay una combinación como tal, sino que el RNC, a través de un algoritmo de selección expresado en función de un parámetro de calidad insertado por las estaciones base involucradas, elige la estación base más apropiada. A esto se le denomina la **macrodiversidad**.

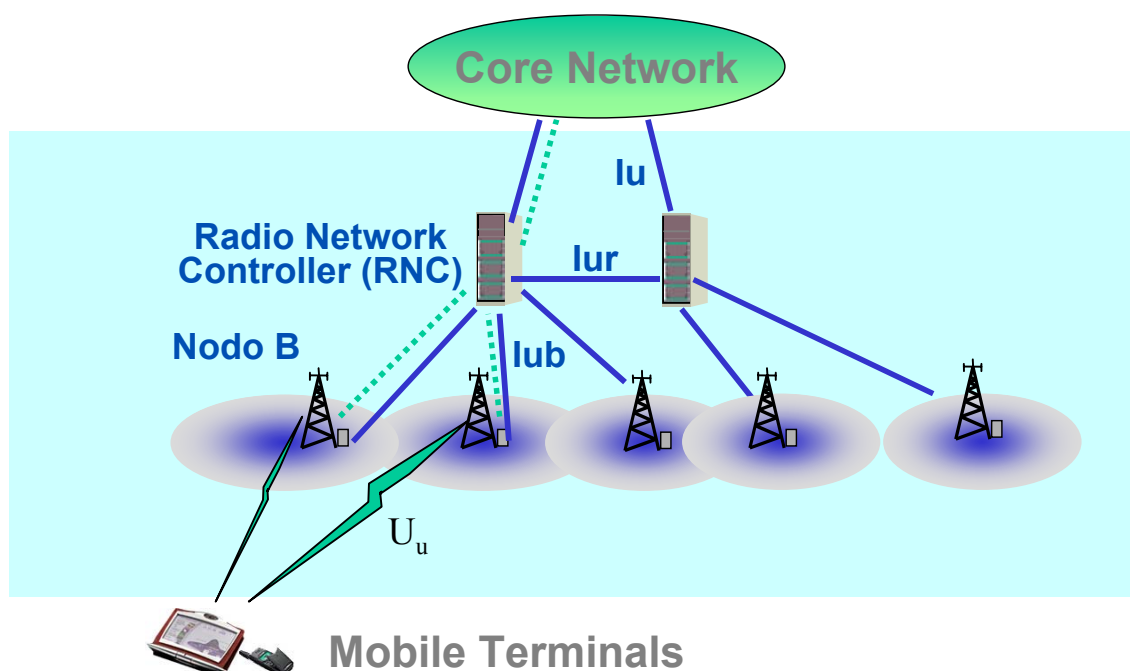


Figura 4.25. Macrodiversidad.

El inconveniente de la macrodiversidad es el que se debe de destinar recursos de transmisión en varias células para una misma señal, incrementando por tanto el consumo de recursos. También supone una mayor cantidad de transmisiones radio en el aire, con el impacto que ello puede suponer en la capacidad del sistema. Aunque por otro lado, en el enlace ascendente, permite que los terminales móviles radien menos potencia que si tuviesen que retener la conexión con su célula de origen antes de cambiar a otra durante la situación de traspaso con continuidad (el móvil ajusta la potencia conforme a la mejor señal recibida).

Es importante destacar la gran diferencia existente entre ambos enlaces durante la ejecución del traspaso SOFT. Así, como se puede observar en la figura, mientras que en el enlace ascendente la potencia transmitida por el móvil es recibida por las dos estaciones base sin necesidad de sacrificar recursos radio (potencia), en el enlace descendente se asignan recursos adicionales en todas las estaciones base involucradas.

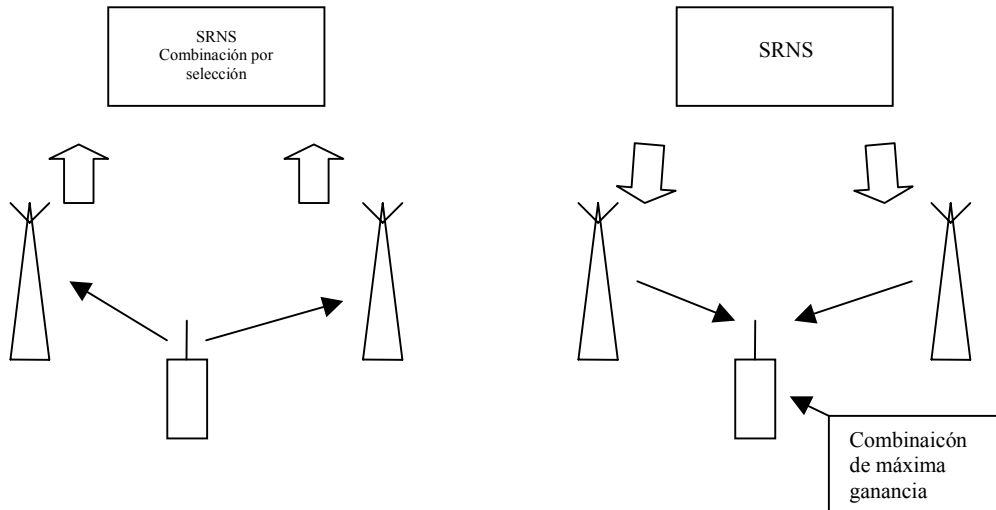


Figura 4.26. Traspaso SOFT.

Las ventajas que nos ofrece el traspaso SOFT son:

- **Reducción del efecto conocido como party effect** (inestabilidad del control de potencia en CDMA). El party effect provoca que, en caso de no encontrarse un terminal móvil conectado a la mejor estación base en términos de propagación, se puedan producir niveles de interferencia superiores a los esperados debido al aumento de potencia que realiza el móvil para combatir las interferencias, lo cual se traduce también en un aumento de potencia en los terminales colindantes al experimentar éstos más interferencia, de forma que vuelve a ser necesario incrementar la potencia en el terminal inicial.
- **Reducción del efecto ping-pong** (conmutación frecuente e innecesaria del radiocanal) propio de los traspasos HARD, el cual se combate habitualmente con la utilización de un margen de histéresis de x dB. Dicho margen implica que no se decidirá el cambio de radiocanal hasta que las condiciones de calidad hacia la estación base destino superen en x dB las correspondientes a la estación base actual.
- **Continuidad del servicio en la capa física del interfaz radio** de forma que no se produce ninguna interrupción en la comunicación, a diferencia de los sistemas FDMA/TDMA, donde se requiere un tiempo mínimo para reconfigurar el nuevo canal resultante del traspaso.

Las desventajas que nos ofrece el traspaso SOFT es:

- Se consume un mayor número de recursos tanto en el interfaz radio como en el interfaz Iub.

Un caso especial ha destacar son los **SOFTER HANDOVER** que son traspasos de tipo SOFT entre sectores de la misma estación.

La diferencia entre los trasposos SOFT y SOFTER radica en el mecanismo de combinación utilizado en el enlace ascendente. En caso de trasposos SOFTER, las señales recibidas desde diferentes sectores de la misma estación pueden combinarse en la estación base siguiendo una técnica MRC, de forma similar a como se realiza en el enlace descendente del traspaso SOFT.

En el modo FDD es posible la realización de los trasposos SOFT y SOFTER cuando las células involucradas funcionan en la misma frecuencia, es decir, que al igual que en el traspaso HARD, aquí también podríamos tener un tipo de **traspaso intramodo** (2 portadoras FDD) en función de la configuración. En caso de tratarse de células FDD operando a frecuencias diferentes, el traspaso realizado es del tipo HARD.

El mecanismo de traspaso permite reducir el margen de potencia necesario para compensar el efecto de los desvanecimientos lentos propios del entorno de propagación radio, siendo dicha reducción más notable en caso de trasposos SOFT. Además, el traspaso SOFT proporciona una ganancia adicional frente a los desvanecimientos rápidos, reduciendo el valor E_b/N_0 necesario para asegurar el criterio de calidad utilizado. La consiguiente mejor utilización de la potencia supone una reducción del nivel de interferencia, que puede ser aprovechada para aumentar el número de conexiones o bien para mejorar la calidad de las existentes.

La macrodiversidad (recepción o transmisión de la misma información por múltiples estaciones) y los mecanismos de traspaso SOFT no son exclusivos de los sistemas CDMA, aunque su implementación resulta menos compleja que en TDMA/FDMA. En estos últimos, la posibilidad de mantener varios enlaces simultáneamente debe tener en cuenta aspectos como: realización de transmisiones y/o recepciones simultáneas a diferentes frecuencias, posibles problemas de sincronismo entre las estructuras de trama de las estaciones base involucradas y, probablemente, reducción de la eficiencia espectral debido a una mayor utilización de los recursos. En los sistemas CDMA, la posibilidad de reutilización de las mismas frecuencias en células adyacentes facilita la adopción de los trasposos SOFT y la utilización de macrodiversidad mediante mecanismos de selección y/o combinación.

4.7.1.3 Etapas de un proceso de traspaso.

En la realización de un proceso de traspaso se pueden distinguir tres etapas:

- Realización de medidas.
- Decisión.
- Ejecución.

4.7.1.4 Fase de realización de medidas.

En el terminal móvil y en las estaciones base deben realizarse las medidas necesarias para poder decidir sobre la necesidad de realizar un traspaso. Además de la especificación del tipo de medidas necesarias, es importante tener en cuenta cómo y cuándo pueden llevarse a cabo las mediciones y también cómo se transmiten dichas medidas al elemento encargado de realizar el traspaso.

4.7.1.5 Fase de decisión: algoritmos de traspaso.

En este apartado se van a tratar aspectos generales relacionados con las estrategias de decisión y con los escenarios de aplicación de los algoritmos de traspaso, ya que los algoritmos de traspaso no se han incluido en las especificaciones del 3GPP, sino que han quedado abiertos a los fabricantes.

Como se ha mencionado anteriormente, los motivos que pueden llevar a la ejecución de un traspaso son varios, abarcando desde criterios propios de la calidad del enlace radio hasta la intervención del operador en actividades de mantenimiento.

Centrándose únicamente en los parámetros propios de una transmisión radio que pueden ser utilizados como criterios de decisión, podemos distinguir entre estrategias de decisión basadas en:

- **El cálculo del nivel de potencia recibido (RSSI).** Se utiliza el valor de la potencia recibida de los canales piloto de las estaciones base monitorizadas o del canal dedicado del terminal en cuestión para valorar la necesidad de efectuar un traspaso y decidir la mejor celda candidata. El criterio de decisión puede estar basado en umbrales absolutos de potencia o en umbrales relativos entre los canales piloto de las estaciones base monitorizadas.
- **Estimadores de calidad como pueden ser la relación señal/interferencia (SIR) y/o el cálculo de probabilidades de error (BER, BLER).** Estas estrategias de decisión intentan mantener las prestaciones de calidad del enlace a la hora de realizar la asignación de las conexiones entre terminales y estaciones base.
- **La definición de una distancia máxima** a partir de la cual debe realizarse un traspaso de la conexión hacia una celda más cercana.

Un algoritmo de traspaso puede incluir una o varias de las estrategias anteriores, estableciendo una prioridad entre ellas. En la implementación de las diferentes estrategias de traspaso suele recurrirse a mecanismos de comparación de los parámetros de interés medidos, complementándose estas comparaciones con toda una serie de parámetros adicionales, como pueden ser márgenes de histéresis, contadores temporales para evitar decisiones innecesarias, criterios para penalizar o favorecer el traspaso a una cierta celda, etc.

Mencionar que también existen otros planteamientos más complejos para abordar la realización de algoritmos de traspaso, como pueden ser aquellos basados en lógica difusa, redes neuronales y programación dinámica. El problema del traspaso también se ha abordado mediante técnicas de reconocimiento de patrones. La idea fundamental consiste en considerar que, aún teniendo en cuenta la aleatoriedad del canal radio, es posible disponer de información más o menos fiable que permita prever la ocurrencia de traspasos en determinadas ubicaciones de la zona de cobertura.

Como resumen, se puede decir que **el diseño de un algoritmo de traspaso pretende conseguir básicamente dos objetivos: mantener la calidad de servicio del sistema y reducir el número de traspasos innecesarios** de modo que la optimización de ambos objetivos suele presentarse como un compromiso en el diseño de la estrategia de decisión.

Otro aspecto importante a destacar en la etapa de iniciación del traspaso es la ubicación del algoritmo de decisión dentro del sistema móvil. Se puede distinguir entre:

- **NCHO** (Network Controlled Handover). Cuando los procesos encargados de llevar a cabo la decisión, incluyendo todos los mecanismos de monitorización de potencia y calidad de los enlaces activos, están localizados por completo en la red. La información de ocupación de los recursos de las diferentes estaciones base está centralizada en el nodo donde se va a llevar a cabo la gestión del traspaso.
- **MCHO** (Mobile Controlled Handover). Cuando la estación móvil es la responsable de llevar a cabo todo el control del procedimiento (tomar medidas, procesarlas, implementar el algoritmo de decisión, elegir la estación base nueva, etc.). No obstante, a efectos de que la red pueda mantener cierto control sobre las tasas de trasposos, las decisiones tomadas en el móvil están supeditadas a una serie de parámetros de control que las estaciones base pueden difundir. La característica principal de este tipo es la rapidez con que puede llevarse a cabo la iniciación del proceso de traspaso y su posterior ejecución.
- **MAHO o MEHO** (Mobile Assisted Handover). Es una variante del traspaso controlado por la red, en la que el terminal realiza medidas de calidad de su propio canal y de los pilotos de las estaciones vecinas y los transmite a la red para que sean consideradas en el proceso de decisión. En este tipo, se mantiene el control del proceso por parte de la red, pero se consigue una mayor descentralización y se reduce el retardo en el tiempo del traspaso. El HO es evaluado por el móvil (el UE evalúa la necesidad de HO siempre basándose en las medidas del entorno radio y en las definidas en la red). Cuando se conocen los criterios de hand off, la información necesaria es enviada desde el móvil a la red. La red entonces decide la necesidad del HO en base a la evaluación de resultados y otras condiciones, como por ejemplo, entorno radio uplink y/o posibilidad de recursos radio. La red podría entonces ejecutar el HO.

Como resumen acerca de dónde se ubica el algoritmo de decisión dentro del sistema móvil, puede concluirse que conforme el proceso se va descentralizando, el tiempo necesario para la ejecución se reduce (similar a GPRS). Sin embargo, también disminuye la cantidad de información disponible para optimizar el criterio de elección de la nueva estación base.

4.7.1.6 Fase de ejecución.

Una vez se han completado las fases de medida y decisión se debe de pasar a la fase del traspaso de la comunicación. No obstante, antes de ver la fase de ejecución se va a explicar el concepto de Active Set.

Definimos el Active Set como el conjunto de Nodos B a los que el móvil está simultáneamente conectado. El sistema asigna un canal DPCH dedicado a ciertas celdas de manera que las celdas en las que el UE ve dicho canal constituyen su Active Set.

El propósito del procedimiento del *Active_Set Update* es el de actualizar el conjunto de conexiones entre el UE y UTRAN. En este estado el UE puede ver los canales lógicos DCCH y DTCH (capa MAC) y realiza las siguientes acciones:

- Lee información de sistema en la radiodifusión del FACH (canal de transporte sólo en downlink).
- Realiza el proceso de medidas acorde a la información de control de medidas.

Este procedimiento se utiliza sólo en FDD y durante su ejecución el UE deberá seguir utilizando las conexiones (radio links) antiguas mientras se configuran las nuevas. En las siguientes figuras se puede observar el procedimiento que se sigue en el *Active Set Update*.

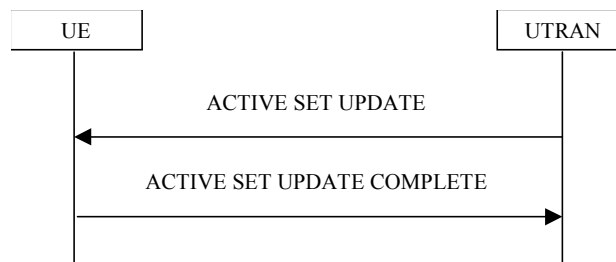


Figura 4.27. *Active Set Update, satisfactorio.*

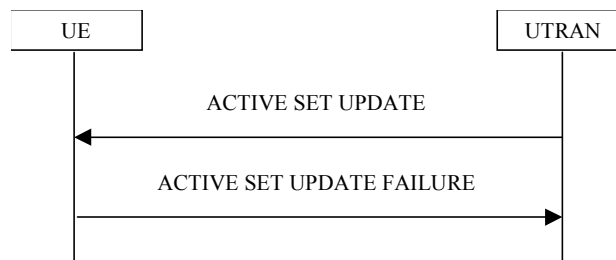


Figura 4.28. *Active Set Update, fallido.*

El procedimiento se inicia cuando UTRAN ordena al UE, realizar las siguientes modificaciones en el *Active Set*:

- Añadir un radio link
- Quitar un radio link
- Combinar las acciones anteriores en un determinado instante

En el primer y tercer caso, UTRAN debería preparar nuevos radio links antes de mandarlos al UE.

Volviendo al modo de ejecución del traspaso, éste puede ser del tipo HARD, SOFT y SOFTER, tal como se ha visto anteriormente. Por ejemplo, para la ejecución de un traspaso SOFT se deben efectuar los siguientes pasos:

- Adición de un canal radio (FDD soft-add).
- Liberación de un canal radio (FDD soft-drop).
- Combinación de la adición y de la liberación.

Dichos pasos se ordenan desde el protocolo RRC (Radio Resource Control) dentro del RNC. Recordemos que el RNC es el responsable de las decisiones de HO que requieran señalización hacia el UE. Tras la decisión de añadir una celda, el RRC configura el nuevo canal en la capa física del nodo B, de forma que se procede a la activación de la transmisión/recepción de inmediato. Seguidamente el RRC envía un mensaje RRC Active Set Update al terminal. El procedimiento termina tras la recepción en el RRC del RNC del mensaje de confirmación Active Set Update Complete que envía el móvil.

Cuando se añade una célula al Active Set, el RNC debe proporcionar al nodo B correspondiente, como mínimo, lo siguiente:

- Información sobre las conexiones activas en el terminal.
- Un identificador del terminal móvil y el código de aleatorización utilizado en el enlace ascendente.
- Información relativa al desfase temporal medido en el móvil entre los canales de control de las estaciones base involucradas. Con esta información, el nodo B puede ajustar la transmisión del nuevo canal para que en el terminal móvil se reciban adecuadamente las transmisiones realizadas por las estaciones del Active Set, a fin de poder efectuar su combinación en el receptor RAKE.

4.7.1.7 Comparación de las ganancias de traspaso.

La elección del tipo de traspaso en un sistema CDMA repercute en los niveles de potencia transmitida y, por consiguiente, en el valor de potencia interferente presente en el sistema, lo cual es muy importante, ya que la capacidad de un sistema CDMA es inversamente proporcional al nivel de interferencia. El motivo es el diferente grado de protección frente a los desvanecimientos propios del canal radio que ofrece un traspaso SOFT respecto a uno HARD. Dicha protección se traduce en una mejor utilización de la potencia en caso de traspasos SOFT y resulta manifiesta en términos de ganancia de capacidad y de cobertura. Dicha ganancia se puede ver desde dos perspectivas diferentes:

- **Ganancia frente a los desvanecimientos lentos**, cuyo concepto se basa en reflejar las condiciones irregulares de propagación propias del entorno radio. Dichas condiciones deben tenerse en cuenta en el diseño del algoritmo de traspaso en términos de selección de la estación base idónea
- **Ganancia frente a los desvanecimientos rápidos**. La utilización de técnicas de macrodiversidad en los traspasos SOFT constituye una medida adicional de protección contra las fluctuaciones rápidas del canal radio.

4.7.1.8 Intra-3G_MSC Handover desde UMTS a GSM.

Son los handovers desde un BSS a un RNS controlados por la misma 3G_MSC. El HO desde UTRAN a GSM se debe ofrecer con garantías en la nueva implementación de UTRA.

El HO desde UTRA/FDD a GSM puede ser implementado sin usar dos receptores distintos, con el receptor RAKE será suficiente. Aunque la longitud de trama es diferente en GSM, el canal de tráfico GSM y los canales UTRA FDD utilizan una estructura multitrama similar.

Un UE puede realizar medidas usando periodos idle en la transmisión downlink, siendo creados esos periodos idle mediante el modo comprimido downlink. El modo comprimido está bajo el control de UTRAN, y UTRAN debería comunicar al UE en que trama se ubican estos periodos.

Un UE puede realizar cualquiera de las medidas utilizando los slots libres o periodos continuos libres que le son asignados en el downlink y que se obtienen reduciendo el *spreading factor* y comprimiendo así la información de los TSs en el tiempo, de forma similar al modo comprimido de FDD.

Para intercambiar información inter-operation inter-system de manera adecuada, es necesario permitir a UTRAN notificar la existencia de frecuencias GSM y viceversa. Además hay que mantener el modo de operación para el HO, teniendo en cuenta la menor velocidad de datos en GSM con respecto a la máxima velocidad de datos para UMTS que es de 2 Mbits/s.

El procedimiento para realizar un intra-3G_MSC handover desde UMTS a GSM se muestra en la siguiente figura. Se asume que la selección del MS/UE candidato en el proceso ha tenido lugar dentro del RNS.

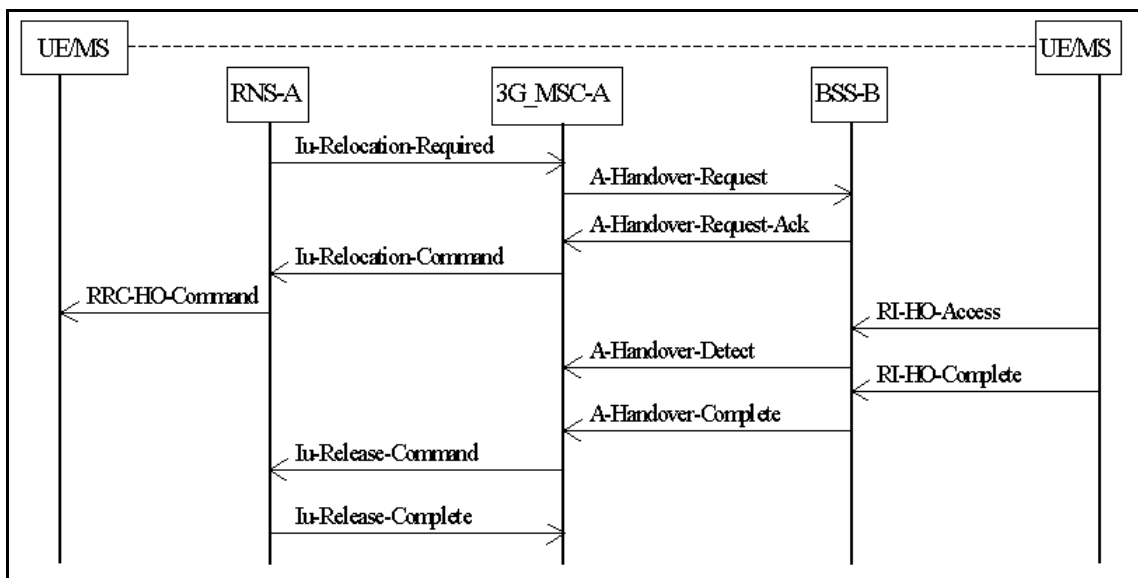


Figura 4.29. Procedimiento de HO Intra-3G_MSC dede UMTS a GSM .

4.7.1.9 Intra-3G_MSC Handover desde GSM a UMTS

Son los handovers desde un RNS a un BSS controlados por la misma 3G_MSC. El procedimiento para este HO se muestra en la siguiente figura. Se da por hecho que el UE/MS ha sido seleccionado dentro de la BSC.

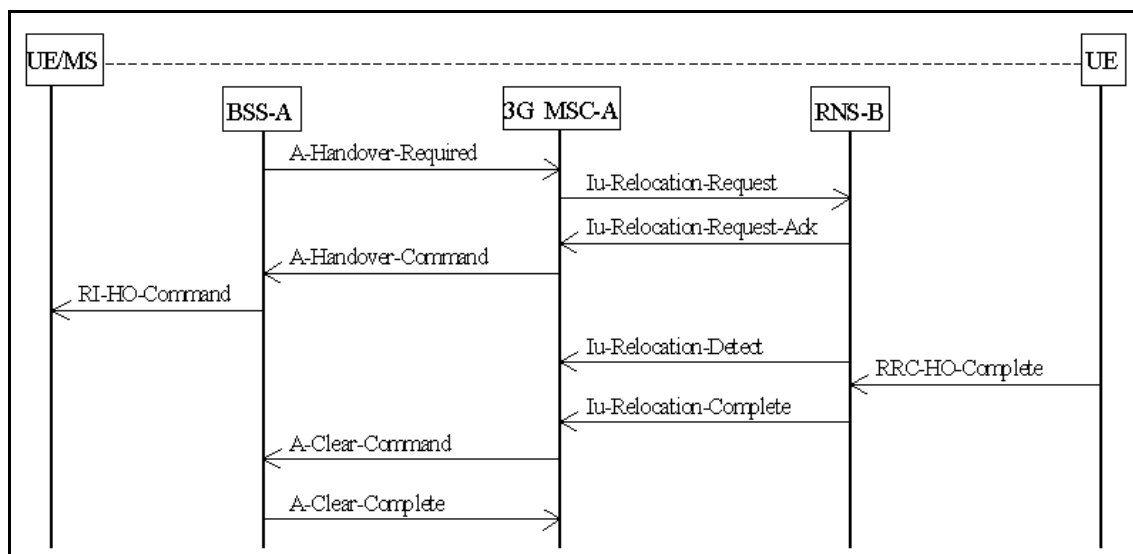


Figura 4.30. Procedimiento de HO Intra-3G_MSC de GSM a UMTS.

Si la 3G_MSC-A tiene capacidad para reportar la localización, iniciará siempre el procedimiento de “*Location Reporting Control*” hacia el RNS destino, ya que la MSC-A no recibe ese reporte. En el caso de llamadas de voz en grupo, el HO no se lleva a cabo, ya que, de momento, las llamadas de voz en grupo no son soportadas por UMTS.

El procedimiento sigue los siguientes pasos: Cuando el BSS (BSS-A), que soporta el UE, determina que el UE requiere ser traspasado a UMTS, se enviará un mensaje *A-HANDOVER-REQUIRED* a la 3G_MSC (3G_MSC-A). El mensaje *A-HANDOVER-REQUIRED* contendrá una celda a la que el UE puede ser transferido. Cuando la 3G_MSC-A reciba el mensaje *A-HANDOVER-REQUIRED* comenzará el proceso de traspaso del UE a un nuevo RNS (RNS-B). La 3G_MSC-A generará un mensaje *Iu-RELOCATION-REQUEST* hacia el RNS (RNS-B) seleccionado. Cuando el RNS-B recibe el *Iu-RELOCATION-REQUEST* se tomará la decisión de permitir al UE acceder al recurso radio del RNS-B.

Una vez que ha sido completada por el RNS-B la asignación del nuevo recurso, se devolverá el *Iu-RELOCATION-REQUEST-ACK* a la 3G_MSC-A. Cuando este mensaje es recibido por la 3G_MSC-A, comenzará el proceso de ubicar el móvil en el nuevo recurso radio. Un *A-HANDOVER-COMMAND* será enviado por la 3G_MSC-A al BSS-A. Una vez se ha recibido el mensaje *A-HANDOVER-COMMAND*, la BSS-A enviará por el interfaz radio el mensaje *RI-HANDOVER-COMMAND*. El UE accederá entonces al nuevo recurso radio.

Una vez el UE ha sido detectado, el RNS-B enviará un *Iu-RELOCATION-DETECT* a la 3G_MSC-A. Cuando el UE esté comunicándose satisfactoriamente con el RNS-B mandará un mensaje *RRC-HANDOVER-COMplete* al RNS-B. El RNS-B enviará entonces un mensaje *Iu-RELOCATION-COMplete* a la 3G_MSC-A.

Después de que la 3G_MSC-A ha recibido el mensaje *Iu-RELOCATION-COMplete* desde el RNS-B, comenzará a liberar los recursos localizados en el BSS-A. En la figura se puede observar que la secuencia usada para ello es el *A-CLEAR-COMMAND*.

Si ocurre un fallo durante el intento de handover, aparecerá un *A-HANDOVER-FAILURE* de vuelta desde el BSS-A o un *Iu-RELOCATION FAILURE* desde el RNS-B y la 3G_MSC-A terminará el handover al RNS-B. Bajo estas condiciones la 3G_MSC-A podría llevar a cabo una de las dos acciones siguientes:

- Esperar al próximo mensaje *A-HANDOVER-REQUIRED*.
- Si no se ha enviado un *A-HANDOVER-COMMAND*, enviar un *A-HANDOVER-REQUIRED-REJECT* a la BSS-A.

La opción elegida depende de si el fallo tiene lugar antes o después de haber sido enviado el mensaje *A-HANDOVER-COMMAND*.

En todos los casos en que exista conexión con el UE, ésta no será liberada.

Durante el periodo en el que el UE no esté en comunicación con la red, la 3G_MSC-A encolará los mensajes requeridos. Todos los mensajes serán entregados al UE una vez se reanude la comunicación. En el caso de un Intra-3G_MSC HO desde GSM a UMTS en la 3G_MSC-B, los mensajes serán encolados por esta última.

4.7.1.10 Proceso de reubicación de SRNS dentro de la misma 3g_MSC.

Las siguientes dos figuras muestran los procesos a seguir en este procedimiento, que se utiliza para cambiar de RNS, pudiendo o no involucrar cambios en los recursos radio asignados al UE. Se asume, como en los procedimientos anteriores, que se ha realizado la selección del UE en el RNS.

Cuando el RNS-A origen toma la decisión de realizar el HO, enviará un mensaje *IU-RELOCATION-REQUIRED* a la 3G_MSC (3G_MSC-A). El mensaje *IU-RELOCATION-REQUIRED* contendrá el identificador del RNS al que será destinado el móvil. Cuando la 3G_MSC-A recibe el mensaje *IU-RELOCATION-REQUIRED* comienza el procedimiento de relocalización. La 3G_MSC-A generará un mensaje *IU-RELOCATION-REQUEST* para el RNS-B seleccionado y que será el destino. Cuando el RNS-B recibe el mensaje *IU-RELOCATION-REQUEST* se tomará la decisión de establecer una nueva portadora radio en el interfaz Iu para el UE.

Una vez se ha completado la reasignación por parte del RNS-B, será devuelto un *IU-RELOCATION-REQUEST-ACKNOWLEDGE* a la 3G_MSC-A. Cuando este mensaje es recibido por la 3G_MSC-A, ésta indicará que se ha completado la fase de preparación para la reasignación del UE en otro RNS (RNS-B). Un mensaje *IU-RELOCATION-COMMAND* es enviado desde la 3G_MSC-A al RNS-A para que éste actúe de una de las dos siguientes formas:

- Si el procedimiento es una reubicación de SRNS sin cambio de recursos radio, el interfaz Iur entre el RNS-A y RNS-B se puede usar para el procedimiento. Por ello, el RNS-A enviará un mensaje IUR-SRNS-RELOCATION-COMMIT al RNS-B para iniciar la relocalización (siguiente figura).
- Si el procedimiento es una relocalización de SRNS con cambio de recursos radio, lo que significaría que el interfaz Iur entre el RNS-A y el RNS-B no se utilizará en el procedimiento, el RNS-A comenzará el procedimiento de handover en el interfaz aire enviando el RRC-HANDOVER-COMMAND al UE. El UE accederá entonces a los nuevos recursos radio (segunda figura).

Cuando se ha recibido el inicio de ejecución de HO, el RNS-B asumirá los atributos del RNS servidor y enviará un mensaje *IU-RELOCATION-DETECT* a la 3G_MSC-A. Cuando el UE esté en comunicación con el RNS-B, entonces el RNS-B enviará un *mensaje IU-RELOCATION-COMLETE* a la 3G_MSC-A.

Después de que la 3G_MSC-A haya recibido el mensaje *IU-RELOCATION-COMLETE* desde el RNS-B, comenzará a liberar los recursos asociados al RNS-A, al cual estaba conectado el UE en el inicio. En las dos figuras anteriores se muestra con la secuencia *IU-RELEASE-COMMAND*.

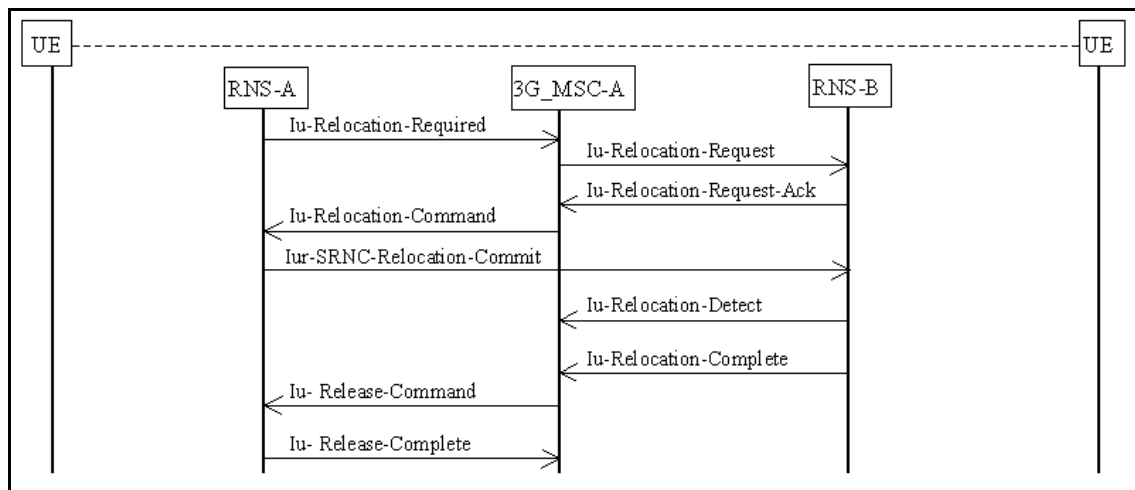


Figura 4.31. Procedimiento de un intra-3G_MSC SRNS.

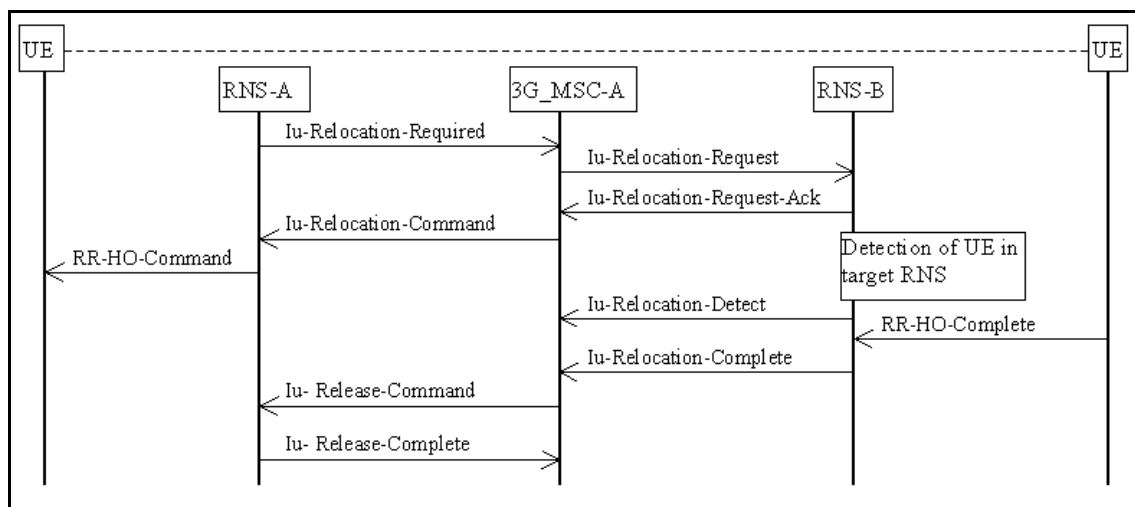


Figura 4.32. Procedimiento de un intra-3G_MSC SRNS combinado con un HO con cambio de recursos radio.

4.7.2 CONTROL DINÁMICO DE POTENCIA.

El control de potencia es esencial para el correcto funcionamiento de un sistema WCDMA. Al compartir los usuarios el mismo ancho de banda, es necesario controlar con precisión la potencia de cada uno de ellos, para que no interfiera innecesariamente con los demás. Particularmente significativo es, en uplink, el problema conocido como efecto cerca-lejos (*near-far effect*).

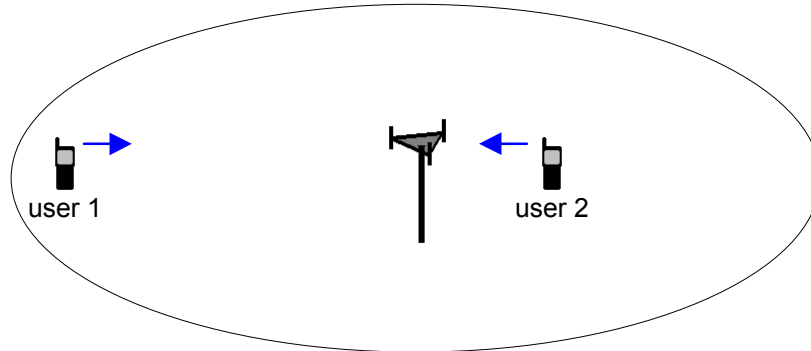


Figura 4.33. Control de Potencia en UMTS.

En el ejemplo de la figura, los dos usuarios transmiten con la misma potencia, de forma que el usuario 1 es recibido por la estación base con una potencia menor que la potencia con la que es recibido el usuario 2, debido a las mayores pérdidas de propagación (mayor distancia de la estación base) de 1 con respecto a 2.

Por esta razón es necesario implementar un algoritmo de control de potencia, para superar el problema cerca-lejos y maximizar la capacidad. En la siguiente figura se muestra cómo los niveles recibidos en el nodo B se mantienen dentro de unos márgenes cuando se implementa el algoritmo de control de potencia.

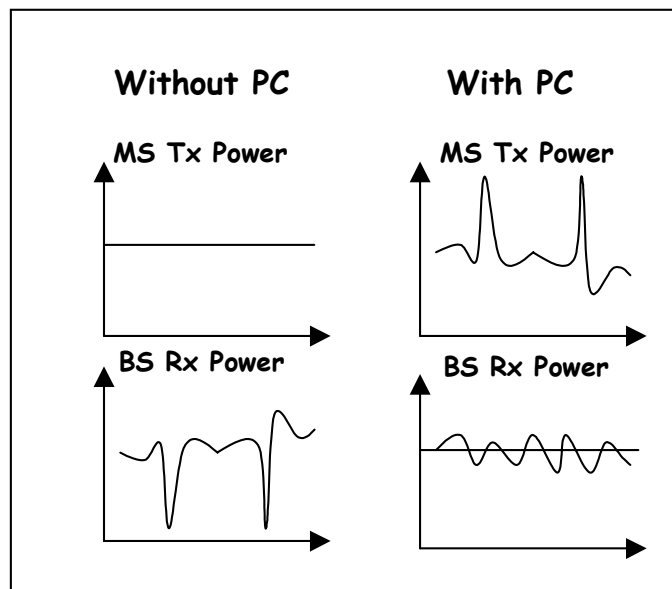


Figura 4.34. Comparación de sistemas con/sin control de potencia.

El algoritmo de control de potencia consiste, idealmente, en hacer que la potencia de transmisión de cada usuario sea tal que la estación base reciba las señales de todos los usuarios con la misma potencia, asumiendo que todos los usuarios transmiten el mismo “bit rate”.

Básicamente existen dos técnicas de implementación del algoritmo de control de potencia (esquema de bucle abierto y el de bucle cerrado), si bien en el apartado siguiente veremos que realmente existe un tercer esquema (esquema de bucle externo) que está directamente relacionado con el esquema de bucle cerrado. El algoritmo más sencillo consiste en utilizar un esquema de bucle abierto (*open loop*) que deja al móvil el control de la potencia a transmitir. Esencialmente el móvil estima las pérdidas de propagación en *downlink* a partir de la potencia nominal transmitida por la estación base y la potencia recibida, y ajusta la potencia a transmitir en *uplink* de acuerdo con dichas predicciones. Así mismo, existe un esquema más complejo y eficiente de tipo bucle cerrado (*closed loop*) que involucra tanto la estación base como a la estación móvil. Este algoritmo se basa en ajustar la potencia de transmisión para que el *Frame Error Rate* (FER) percibido por la estación base se mantenga próximo al valor requerido.

El objetivo del control de potencia en UL es controlar la potencia del UE con el fin de aumentar el número de conexiones con un valor de SIR suficiente. La utilización del control de potencia en UL por todos los usuarios, reduce la cantidad de energía radiada, lo que significa que hay una menor interferencia en la red. Mediante este control de potencia, se aumenta la SIR de aquellas conexiones que se reciben con un nivel de potencia bajo y se disminuye para las conexiones recibidas con un alto nivel.

En *downlink* idealmente no es necesario ningún tipo de control de potencia, ya que, la estación base transmite todas las señales coherentemente en la misma banda, de manera que el móvil las recibe con la misma potencia, sin efectos de tipo cercano-lejano. En la práctica se implementa algún tipo de control de potencia también en *downlink*, sin requisitos muy estrictos, para minimizar la potencia total transmitida.

En el componente FDD hay previsto tres procedimientos de control de potencia:

- **El control de potencia de bucle abierto** (Open-Loop Power Control). El control de bucle abierto se utiliza en uplink principalmente durante la fase de establecimiento de llamada.
- **El control de potencia de bucle cerrado** (Closed-Loop Power Control también denominado Inner-Loop Power Control o Fast Power Control). Como el procedimiento de control de potencia de bucle abierto no es suficiente para garantizar la precisión óptima, es necesario introducir una solución más sofisticada: el control de potencia de bucle cerrado. Este control de potencia se basa en el envío periódico de órdenes, ajustando (aumentando o disminuyendo) la potencia del enlace controlado. Este procedimiento mide la relación señal - interferencia (SIR) en el enlace controlado y la compara con un valor umbral (*SIR target*).
- **El control de potencia de bucle externo** (Outer Power Control). El control de potencia de bucle externo tiene como objetivo realizar el cálculo del umbral de referencia (*SIR target*) que se utilizará en el procedimiento de control de potencia de bucle cerrado.

La siguiente figura muestra las tres clases de control de potencia.

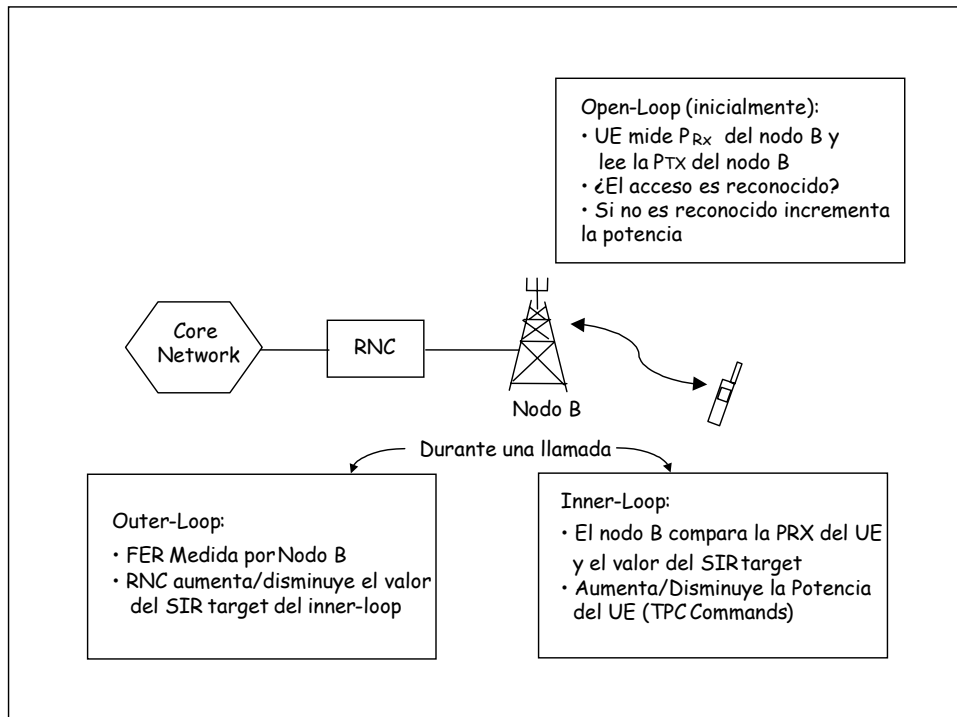


Figura 4.35. Implementación del control de potencia.

4.7.2.1 Control de potencia de bucle abierto (Open-loop power control).

El control de potencia de bucle abierto se utiliza en WCDMA, principalmente, para proporcionar un control de potencia inicial en el enlace UL al comienzo de una conexión. El control de potencia en UL, localizado en el UE, controla principalmente la potencia transmitida del canal PRACH cada vez que el UE quiere acceder a la red. La potencia con la que se transmite el canal PRACH se calcula sobre la base de la potencia difundida en el canal BCCH radiado por la estación base (canal CPICH). De esta manera se estima la atenuación del enlace DL. En una primera aproximación se estima que esta atenuación es igual a la del enlace UL.

Este procedimiento de control de potencia es, pues, un proceso aproximado, ya que la distancia en frecuencia entre las portadoras utilizadas para los dos enlaces, es tal que se tiene poca correlación entre los fenómenos de propagación que se experimentan en DL y UL. Por esta razón, sólo se puede pensar en unos valores de atenuación aproximados para ambos enlaces una vez transcurrido un periodo de tiempo y teniendo en cuenta la diferencia debida a la distancia en la frecuencia. Cuando el UE accede a la red antes de transmitir a máxima potencia, como es el caso de GSM, realiza los siguientes pasos:

- Mide la potencia recibida de la estación base.
- Recoge la información relativa a la Potencia de transmisión de la estación base y los niveles de interferencia.
- Estima la mínima potencia necesaria para acceder a la celda.
- Si el intento no es satisfactorio, es decir, no se tiene respuesta por parte de la estación base, se incrementará la potencia según el parámetro "Power Ramp Step" de 1 a 8 dB y se volverá a intentar acceder con esta nueva potencia.

El control de potencia en DL localizado en la RNC controla la potencia transmitida por el canal de transporte FACH cuando se envía un mensaje al UE.

4.7.2.2 Control de potencia de bucle cerrado (Closed-loop power control).

El control de potencia de bucle cerrado, también denominado control de potencia rápido (*Fast Power Control*), se basa en el envío periódico de órdenes o comandos TPC (*Transmission Power Control*) de aumento-disminución de la potencia a transmitir en el enlace controlado.

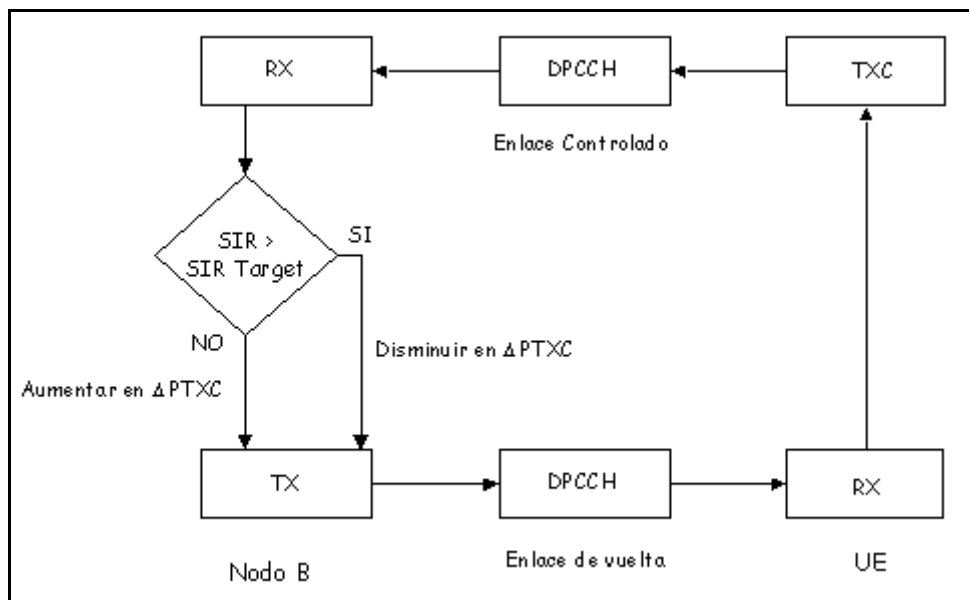


Figura 4.36. Esquema del principio del procedimiento de control de potencia de bucle cerrado.

La frecuencia con la cual se transmiten las órdenes es igual al *Time-Slot*, es decir, se transmite una orden por cada *Time-Slot*. El procedimiento se basa en la medición de la relación señal/interferencia (*SIR*) del enlace controlado y la comparación de esta relación con un valor de referencia, *SIR target*, que tiene el nodo B. En función del resultado de la comparación, el nodo B envía una orden de aumento-disminución de cierto valor preestablecido (1-2 dB) en un canal de control adecuado (DPCCH) del enlace en sentido contrario.

Este control de potencia se realiza en ambos enlaces y una vez establecida la conexión: DL y UL. En DL es implementado por el UE y tiene como finalidad controlar la potencia de transmisión del DPCCH/DPDCH para obtener una calidad determinada sin consumir una potencia excesiva. En el enlace UL se implementa en el nodo B y se controla la potencia transmitida de los DPCCH/DPDCH con el fin de mantener una relación señal/interferencia de estos canales conforme a un umbral (*SIR target*).

La velocidad del móvil influye en las prestaciones del control de potencia de bucle cerrado. El tiempo que hay, entre la generación de la orden de control de potencia y su ejecución, puede quedar contenido en uno o dos TS.

A baja velocidad del móvil, las variaciones de las condiciones de propagación son lentas y pueden compensarse con gran precisión mediante órdenes frecuentes de control. Sin embargo, cuando aumenta la velocidad del móvil, las variaciones de las condiciones de propagación son cada vez más rápidas. Por ello, los retardos debidos al control de potencia causan siempre una pérdida de eficacia en el seguimiento de las variaciones del canal de propagación. Para velocidades elevadas (superiores a 100 Km/h), las órdenes de control recibidas empiezan a tener una menor correlación con la situación actual del canal. Si se produce un aumento de la velocidad, las órdenes no tienen ninguna correlación con la situación actual del canal y, por tanto, el procedimiento conlleva una degradación de las prestaciones. En teoría, si se ha llegado a este punto, es mejor cancelar el control de potencia. Cabe destacar que existen otros mecanismos como los códigos de corrección de errores e *interleaving* que permiten garantizar la calidad de servicio solicitada.

El hecho de que el control de potencia no sea ideal, también incide en la cobertura celular. En UMTS, por lo general, todas las celdas comparten la misma portadora. En la práctica, debido a las imperfecciones del control de potencia, resulta problemático poner celdas de dimensiones muy distintas, en el que el nivel medio de potencia transmitido es muy distinto, próximas entre sí. Se hace así necesario asignar distintas frecuencias portadoras a los distintos niveles típicos de cobertura celular: picocelular, microcelular y macrocelular.

- **Control de potencia de bucle cerrado en enlace ascendente.** Como se ha dicho anteriormente, en el enlace ascendente (UL), una vez la conexión está establecida, la potencia del UE es controlada a través del nodo B mediante el envío de mensajes de control de potencia (TPC). El valor de potencia se ajusta 1500 veces por segundo para cada UE, por tanto, opera más rápido que cualquier cambio significativo que pudiera darse en las pérdidas del trayecto.
- **Control de potencia de bucle cerrado en enlace descendente.** En el enlace descendente también se utiliza un control de potencia de bucle cerrado con el mismo esquema que en enlace ascendente, salvo que ahora es el UE quien envía los comandos (TPC) y es la red quien debe subir o bajar la potencia. De cualquier modo, será la red UTRAN quien decidirá en última instancia sobre los ajustes de potencia, obviando los comandos enviados desde el móvil (ej. congestión).

4.7.2.3 Control de potencia bucle externo (Outer-loop power control).

El control de potencia de bucle externo es necesario para mantener la calidad de la comunicación al nivel requerido mediante el cálculo del umbral de la relación señal/interferencia (*SIR target*). Este cálculo se realiza a una frecuencia inferior (10-100 Hz) a la necesaria para el control de potencia de bucle cerrado. El umbral se actualiza en función de un control continuo de la calidad de conexión por parte del nodo B.

Este control de potencia se necesita en ambos enlaces, DL y UL, por tanto, el control de potencia de bucle cerrado se implementa en ambos enlaces.

La siguiente figura muestra cómo el control de potencia de bucle externo en UL, implementado en la RNC, ajusta la relación E_b/N_0 para cada una de las conexiones.

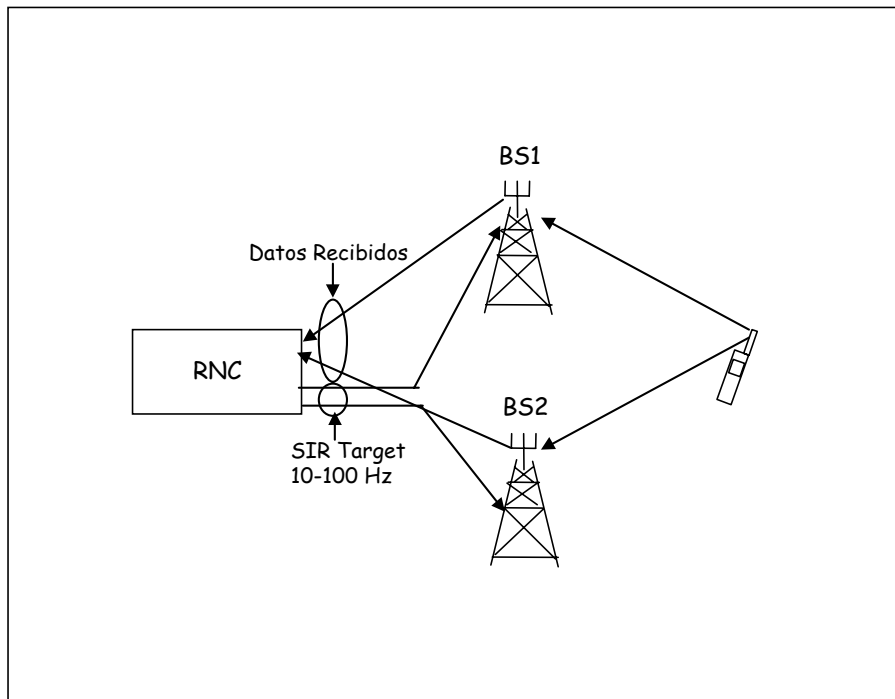


Figura 4.37. Control de Potencia de bucle externo en UL.

El algoritmo que sigue el control de potencia de bucle externo se basa en mantener una cierta calidad, en términos de BER o BLER. Para ello, configura adecuadamente el umbral *SIR target*, utilizado en el control de potencia de bucle cerrado, de acuerdo al valor de calidad requerido por el operador y la conexión. En la siguiente figura se muestra el algoritmo que sigue el control de potencia de bucle externo. Según este algoritmo si la calidad recibida es mejor que la calidad requerida decremента el valor del *SIR target*. En caso contrario se disminuye.

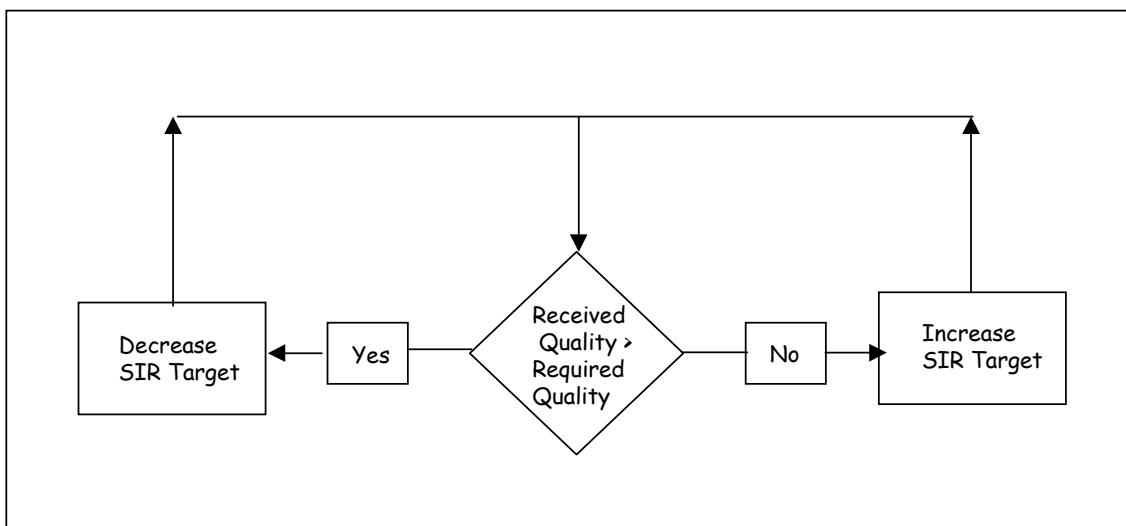


Figura 4.38. Algoritmo del control de potencia de bucle externo.

En UL, el control de potencia de bucle externo recibe medidas concernientes a BLER y BER. En respuesta a estas medidas se genera un nuevo valor de *SIR target* que es transmitido al nodo B.

4.7.3 SELECCIÓN DE RED.

Al encender el terminal o retornar al área de cobertura de la PLMN donde ya estuvo registrado, éste verificará si es posible acampar sobre la última red donde estuvo acampado. Para ello, buscará una celda conveniente donde acampar, y registrará su presencia en la red.

El terminal (UE) posee una lista de PLMNs permitidas e identificadas por orden de prioridad, que pueden ser seleccionadas tanto de forma automática como manual. A través de System Information en el BCH, el terminal recibirá la identidad de las múltiples PLMNs existentes en el momento en que es encendido.

Si la red no estuviese permitida u ocurriese un fallo en el registro, o si no hay ninguna PLMN almacenada en la USIM, el UE selecciona e intenta registrarse en alguna otra red donde le esté permitido.

El terminal escaneará todos los canales RF en la banda UTRA para encontrar PLMNs adecuadas, así, buscará la celda más fuerte y leerá su System Information para comprobar a qué PLMN pertenece. Si el terminal puede leer la identidad de la PLMN, ésta será reportada al NON-ACCESS STRATUM como una PLMN de alta calidad, si se cumple el siguiente criterio:

- Para una celda FDD, el valor de CPICH RSCP primario medido será mayor o igual a -95 dBm.

La búsqueda de PLMNs sobre el resto de portadoras puede ser parada por requerimiento del NON-ACCESS STRATUM, si se ha encontrado una permitida. El teléfono podrá optimizar la búsqueda utilizando información almacenada sobre frecuencias de portadoras y opcionalmente, sobre parámetros de celda.

El terminal deberá registrarse en la red sólo en el caso de que soporte ciertos servicios que lo requieran, en caso contrario, no será necesario. Se considera que un móvil se registró satisfactoriamente si:

- Ha encontrado una celda adecuada para acampar.
- Un LR (local register) request enviado por el terminal, ha sido aceptado en el área de registro de la celda sobre la que esta acampado.

4.7.3.1 Selección de PLMN.

Como anteriormente se indicó, registrarse en la red y el location registration son sólo necesarios si el móvil soporta algún servicio que hace necesario su registro, en cualquier otro caso, la selección de red se realiza sin registrarse.

El UE escogerá la combinación PLMN/access technology por orden de prioridad, o sea, según la posición en que estén almacenadas en los registros anteriores.

4.7.3.2 Encendido del terminal o recobro de cobertura.

Al encender el terminal, selecciona la PLMN (donde ha realizado un location registration satisfactorio) usando todas las tecnologías de acceso que soporta e intenta realizar una actualización de posición dentro de la red. El terminal comenzará buscando los tipos de tecnología de acceso grabados en el “RPLMN last used access Technology” de la USIM. Si este campo no está permitido o disponible el UE comenzará por GSM.

Al recobrar la cobertura, un terminal selecciona la PLMN última registrada, si está disponible, usando todas las tecnologías de acceso, y si es necesario, realiza una actualización de posición en la red. Existen dos modos de selección de red:

- **Selección de red automática.** El terminal selecciona e intenta registrarse en una PLMN.
- **Selección de red manual.** El terminal indica si hay alguna PLMN disponible de todos los tipos de tecnología de acceso que soporta. En esta lista que el móvil es capaz de mostrar en pantalla, se presentan también las redes prohibidas y otras que ofrecen servicios no soportados por el UE. Las órdenes de prioridad de búsqueda coinciden exactamente con las que se utilizan para la selección de red automática.

4.7.4 ROAMING.

Se identifica como roaming o itinerancia, cuando un UE perteneciente a una PLMN es capaz de obtener un servicio de otra PLMN. Si los servicios son obtenidos por una PLMN del mismo país, será roaming nacional, y si por el contrario, pertenece a otro país, estaremos ante un roaming internacional.

Si el UE en modo automático se registra en una VPLMN (red visitada) de su propio país, deberá periódicamente intentar retornar a su HPLMN (red propia). El intervalo de tiempo que deberá respetar entre dos intentos consecutivos, está almacenado en la USIM y sólo puede ser modificado por el operador de red. El valor de dicho contador estará comprendido entre 6 minutos y 8 horas, en pasos de 6 minutos. En el caso de que no exista ningún valor almacenado en la USIM, el UE empleará por defecto 30 minutos.

4.7.4.1 Restricción de PLMN “permanente”.

Si un UE recibe el mensaje “PLMN not allowed” con el indicador de restricción de PLMN permanente como respuesta a un intento de registrarse en una VPLMN, éste deberá incluirla en la lista de redes prohibidas. En este punto, el UE no intentará registrarse otra vez si se encuentra en selección automática. En modo manual el UE podrá mostrar al usuario una lista de redes que no podrán seleccionarse, pues pertenecen a la lista de PLMN prohibidas. Esta lista será borrada cuando el UE se apaga. Una red perteneciente a la lista de prohibidas será borrada, si el UE es capaz de registrarse con intento de selección manual.

4.7.4.2 Restricción de PLMN “parcial”.

Cuando un intento de registro se rechaza por parte de la red, con el indicador de restricción de PLMN “parcial”, el UE graba las áreas de localización no permitidas en la lista de LAIs prohibidos y entra en servicio limitado. El UE permanece en éste estado hasta que se mueve a una celda de un área de localización donde el servicio esté permitido. Si todas las áreas de localización se prohíben para roaming, el UE intentará registrarse sobre otra nueva PLMN, atendiendo al modo de selección de red en el que se encuentre, manual o automático.

4.7.5 TIPOS DE SERVICIO EN MODO IDLE.

Para que un UE pueda recibir servicios permitidos de una celda, debe de seleccionar la red y acampar sobre dicha celda. Una vez hecho esto, se definen tres tipos de servicios para un UE en modo Idle:

- **Servicio normal**, para uso público sobre una celda adecuada.
- **Servicio limitado**, que permite realizar al UE llamadas de emergencia solamente. Serán dos los tipos de celdas que permiten obtener “servicio limitado” a un UE: celda aceptable y celda bloqueada.
- **Servicios relativos al operador**, que permite al operador comprobar y ajustar celdas recién desplegadas sin afectar al tráfico normal. Se reserva la celda para uso exclusivo del operador, cuyo indicador se difunde en el system information.

4.7.6 SELECCIÓN Y RESELECCIÓN DE CELDA.

En el punto anterior, se describe como el UE intenta encontrar una PLMN donde esté permitido su acceso, teniendo en cuenta las prioridades que se establecen (por parte del usuario o del operador) en los campos de datos para tal efecto, de la tarjeta USIM y la calidad de señal recibida. A continuación se detallan los pasos que deberá seguir el UE para detectar, elegir y seleccionar la celda donde acampar.

Los procesos de selección y reelección de celda permitirán a los UEs buscar una celda adecuada donde acampar de la PLMN elegida. Cuando se encuentra una celda adecuada, el UE intentará registrarse en ella. Si lo consigue satisfactoriamente, pasará al estado “normalmente acampado” donde el terminal:

- Monitoriza la información de paging.
- Monitoriza System information.
- Realiza toma de medidas radio.

4.7.6.1 Búsqueda de celda.

Este procedimiento tiene como objeto que el terminal puede ser capaz de leer el BCH e identificar la celda. De esta manera, durante la búsqueda de celda, el UE buscará una celda para determinar el código de scrambling de downlink y el canal común de sincronización de trama de dicha celda. Pasos que se realizan:

- **Sincronización de Slot.** El UE utiliza el código de sincronización primario del canal de sincronización (SCH) para adquirir la sincronización de slot con la celda. Este código de sincronización primario es común a todas las celdas.
- **Sincronización de trama e identificación de código-grupo.** En este paso, el UE utiliza el código de sincronización secundario del SCH, para encontrar la sincronización de trama e identificar el código-grupo que posee la celda encontrada.
- **Identificación del código de Scrambling.** En este último paso, el UE determinará el código de scrambling de la celda. El código primario de scrambling se identifica a través de una correlación símbolo a símbolo sobre el canal CPICH de todos los códigos pertenecientes al grupo de códigos que se identificó en el paso anterior (código-grupo). Una vez que el código de scrambling primario ha sido identificado, es posible detectar el CCPCH primario y el sistema. A partir de este punto, el BCH de la celda puede ser leído.

4.7.6.2 Procedimiento de selección de celda.

Este proceso se lleva a cabo después de que el UE ha decidido que PLMN seleccionará de las presentes en el interfaz aire. El fin es encontrar una celda adecuada donde acampar y para ello se deben completar los siguientes pasos:

- El UE utilizará uno de los siguientes métodos de búsqueda:
 - **Selección inicial de celda.** El UE no tiene información sobre canales de RF y escaneará todos los canales de RF en la banda UTRA, para encontrar una celda adecuada de la PLMN escogida. En cada portadora buscará la señal de la celda más fuerte y leerá su system information con el fin de saber a que PLMN pertenece.
 - **Selección de celda con información almacenada.** Este procedimiento requiere información almacenada de la PLMN elegida sobre las frecuencias portadoras y opcionalmente sobre algunos parámetros de celda, como puede ser el código de scrambling.
- Paso a estado acampado normalmente, donde el UE debe realizar las siguientes tareas:
 - Selecciona y monitoriza el PICH y PCH de la celda.
 - Monitoriza los system information necesarios.
 - Ejecuta el proceso de evaluación de reelección de celda (que más adelante se explica)

Si el UE es incapaz de encontrar una celda adecuada, intentará acampar en la celda aceptable que reciba con más fuerza para obtener servicio limitado y poder realizar llamadas de emergencia.

4.7.6.3 Proceso de evaluación de reelección de celda.

El tipo de medidas a realizar por el UE, que permitirán evaluar la necesidad de reeleccionar a una celda más adecuada, dependerá de la configuración de la red, y más en concreto, de si se están utilizando celdas jerarquizadas (HCS) o no.

4.7.6.4 Criterio de reselección de celda.

Una vez realizadas las medidas y obtenidos los resultados de éstas, se evalúa la celda servidora frente a las vecinas, para ver si existe una candidata más adecuada. Los siguientes criterios de reselección de celda se emplean tanto para celdas intra-frecuencia, celdas inter-frecuencia y celdas inter-RAT.

- **Si hay jerarquías en la red.** Se usa el criterio (H) de nivel de calidad umbral en una estructura de celdas jerarquizadas, para determinar el ranking de celdas. Si a través del system information se difunde que no existen jerarquías en la red, el criterio de nivel de calidad umbral (H) no se emplea.
- **Si no hay jerarquías en la red.** Se define el criterio (R) para establecer el ranking de celdas.

4.7.7 PROCESOS DE REGISTRO DE LOCALIZACIÓN.

Al encender un UE comienza el proceso de registro de localización (location registration) sobre la PLMN seleccionada, para obtener los servicios permitidos desde la red. Si la Location o Routing Area Identity (LAI/RAI), leída sobre el system information, es diferente a la almacenada en la USIM cuando se apagó el UE, éste deberá de realizar un location o routing registration updating. Además de la situación anterior, el terminal realizará un registration area updating cuando estando en modo idle, pasa a una celda que pertenezca a otro Location o Routing Area, o accede a una nueva PLMN permitida. El proceso de actualización de Location Area o Routing Area concierne exclusivamente al CORE NETWORK, resultando totalmente transparente a UTRAN.

Siguiendo desde el punto de vista CORE hasta que no se especifique que volvemos a UTRAN, vamos a definir tres tipos de registration updating: normal, periodic registration y IMSI attach/detach.

4.7.7.1 Location y routing area structure.

Definimos como:

- **Location Area (LA).** Área en el que el CORE NETWORK envía un paging para servicios de conmutación de circuitos.
- **Routing Area (RA).** Área en el que el CORE NETWORK envía un paging para servicios de conmutación de paquetes.

Un área global RNC contiene un LA y un RA. Pudiendo pertenecer un LA a más de un área global RNC. Un LA debe estar configurado en un área RNC porque el LAI es parte del RAI. El RA será requerido si la RNC se conecta a un CORE NETWORK de conmutación de paquetes.

- Un Location Area se identifica por el LAI, y está formado por PLMN Identity y Location Area Code (lac).
- Un routing Area se identifica por el RAI y está formado por el LAI y el Routing Area y Routing Area Code (rac).

Estos parámetros serán enviados a través del system information.

4.7.7.2 Localización normal / routing updating.

Estando en modo Idle, un UE solicitará un Location registration (LA para CS y RA para PS) indicando actualización normal, en los siguientes casos:

- El terminal cambia de celda y no ha actualizado su estado.
- El terminal detecta que ha entrado en una nueva *registration area*, o sea, cuando el identificador de área recibido es distinto al que tiene guardado.
- Después de realizar una reelección manual de red y encontrar una celda adecuada de esta PLMN.
- Si el system information de la celda le indica que debe realizar un IMSI attach, aún habiendo sido desactivado en la misma *location area*.

4.7.7.3 Registro periódico de localización

A través de la actualización periódica, el terminal notifica su disponibilidad a la red, y se evitan intentos de paging innecesarios para un UE que ha perdido cobertura y no es capaz de informar al sistema que se encuentra inactivo.

El proceso de actualización periódica de localización se controla con un contador (uno para location area y otro para routing area) residente en el UE, que debe de implementar las siguientes características:

- Al encender el terminal o cuando el system information indica que debe realizarse el registro de localización periódica, y el contador no está corriendo, el contador debe ser cargado con un valor aleatorio entre 0 y el enviado por la red como valor de expiración, y comenzar.
- El valor de expiración del contador estará entre un rango de 1 deci-hora y 255 deci-horas con pasos de 1 deci-hora.
- Cuando finalice el valor del contador, deberá reiniciarse y el UE iniciará el proceso de registro de localización periódico.
- Se detendrá el contador durante el modo conectado, comenzándose una vez se vuelve al estado idle.

4.7.7.4 IMSI Attach/detach.

El system information contendrá un indicador que mostrará si la operación de IMSI attach/detach es obligatoria dentro de la celda. El UE deberá operar de acuerdo con el valor del indicador recibido.

Un terminal GPRS realizará GPRS attach/detach independientemente del valor del indicador anterior, y en cuanto al IMSI attach/detach, el UE seguirá el punto anterior, si el modo de operación de red indica que son independientes ambas acciones (por ejemplo: NMO II).

Si dentro de una celda se realizan procesos de IMSI attach/detach, un terminal enviará el mensaje de IMSI detach a la red cuando se apague. El mensaje de IMSI detach no será acknowledged (contestado o respondido) por la red.

Al retornar un terminal a estado activo, realizará un Location Registration indicando IMSI attach, como prueba de que se encuentra en la misma registration area todavía. Si el área de registro ha cambiado, deberá de realizar un Location Registration indicando actualización de localización normal.

4.7.7.5 Procedimientos de mantenimiento de localización.

La PLMN deberá de proveer información al terminal para que sea capaz de:

- Detectar cuando ha entrado en una nueva celda o una nueva routing area.
- Conocer cuando debe realizar actualizaciones de routing area periódicas.

Un terminal detecta que ha entrado en una nueva celda comparando su identidad con la almacenada. Comparando el RAI almacenado con el RAI recibido de la red, el terminal detecta que debe realizar una actualización de RA. En modo RRC-conectado (PMM-conectado o CS MM-conectado) el terminal es informado del RAI y de la identidad de celda por la RNC servidora, a través del mensaje “MM information” de la capa RRC. En estado RRC-IDLE, el terminal se informa de la RAI y de la identidad de celda a través de la información de capa RRC difundida en system information.

En una red con modo de operación II, si un terminal debe realizar actualización de LA y de RA, deberá empezar por la actualización de LA. El UE debería comenzar la actualización de RA antes de que se complete la actualización de LA.

4.7.7.6 Procedimiento de actualización de Routing Area.

Una actualización de routing area tiene lugar cuando un terminal attach detecta que ha entrado en una nueva RA o cuando ha expirado el contador de actualización de routing area periódico o cuando se libera una conexión RRC con la causa “ Directed Signalling connection re-establishment”.

Cuando se realiza una actualización de routing area dentro del mismo SGSN (intra-SGSN), no se necesita informar a los GGSNs o al HLR por parte del SGSN a cerca de la nueva localización, pues este ya tiene toda la información de la celda antigua y a la que se cambia.

El gráfico siguiente muestra todos los tipos de actualización de RA que pueden darse en UMTS, que son: Inter-SGSN o intra-SGSN, combinado RA/LA o solo RA, iniciado por un UE en modo conectado o modo idle.

A continuación se enumera la leyenda de mensajes, dependiendo del estado del terminal y en qué condiciones se realiza el traspaso:

- 1) Envío del mensaje routing area update.
- 2) Mensajes enviados si el RA update es inter-SGSN y el terminal está en estado PMM-IDLE, es decir, Idle para servicio PS.
- 2.a) Si el terminal está en estado PMM-CONNECTED, conectado para PS.
- 3) Si se emplean funciones de seguridad.
- 4) 6) 7) 8) 9) Si el routing area update es inter-SGSN.
- 5) Mensajes enviados si el RA update es inter-SGSN y el terminal está en estado PMM- IDLE.
- 7.a) Si el terminal está en estado PMM-CONNECTED.
- 11) 12) Si la actualización es combinada LA/RA.
- 13) Validación por parte del nuevo SGSN del RA update.
- 14) Confirmación por parte del terminal.
- 15) Actualización de posición en el VLR.

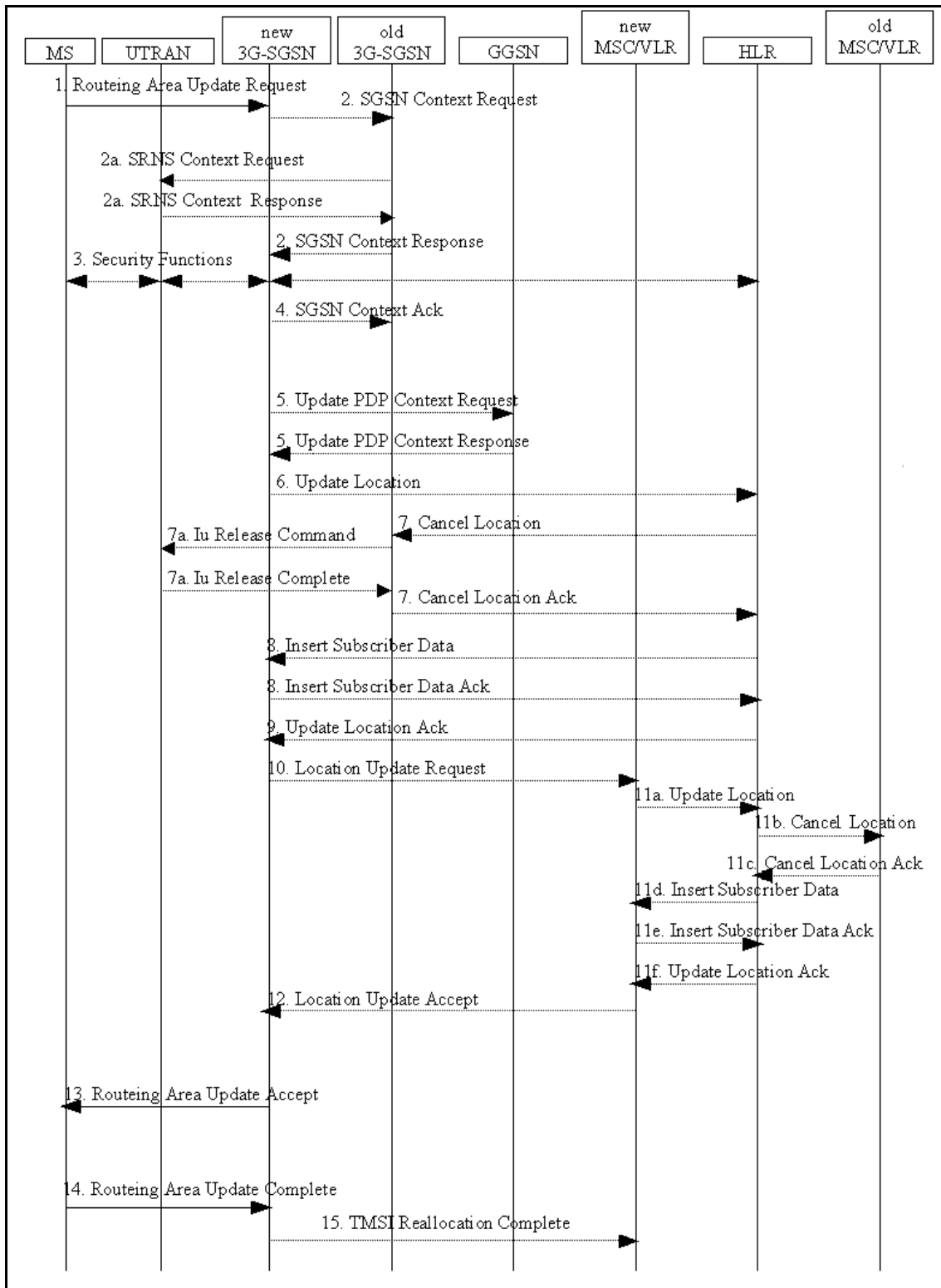


Figura 4.39. Procesos de actualización de RA que pueden darse en UMTS.

4.7.8 PAGING O AVISO.

El “*paging*” es la función que habilita el Core Network en la búsqueda del terminal móvil. También se puede utilizar el *paging* para avisar a todos los móviles dentro de una área de *paging* dada, de algún cambio en la información de sistema. Se contemplan los siguientes casos:

- Paging originado desde el CN y móvil en modo idle.
- Paging originado desde el CN y móvil en modo conectado.
- Paging originado desde UTRAN para forzar una transición de estado en el móvil.
- Paging originado desde UTRAN para forzar el móvil en la actualización de la información de sistema.

4.7.8.1 Paging TYPE 1.

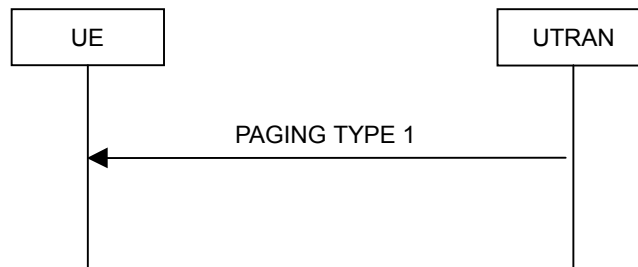


Figura 4.40. Paging tipo 1.

Este proceso es utilizado para transmitir información de búsqueda (*paging*) a los UEs seleccionados que se encuentren en modo idle, a través del canal PCCH (Paging Control Chanel). Las capas superiores de la red pueden solicitar un proceso de *paging* para, por ejemplo, comenzar una conexión de señalización. UTRAN puede iniciar un *paging* para los UEs para activar un proceso de actualización de celda. Además UTRAN podrá iniciar un *paging* dirigido a UEs que se encuentren en idle mode, para comunicarles una actualización de la información del sistema.

- UTRAN puede iniciar un proceso de *paging* a través del envío de un mensaje de PAGING TYPE 1 en una ocasión apropiada sobre el canal PCCH.
- UTRAN podrá repetir en varios intervalos la transmisión del mensaje PAGING TYPE 1 para incrementar la probabilidad de que el mensaje alcance al UE.
- UTRAN puede realizar un proceso de *paging* sobre varios UEs utilizando un único PAGING TYPE 1, incluyendo el IE “Paging record” dentro del mensaje para cada uno de los UEs.

El mensaje de PAGING TYPE 1, puede originarse en:

- **Core network.** Este tipo de paging se utiliza para alertar al UE de una petición de las capas superiores para un servicio de PS o CS. UTRAN deberá indicar dentro del IE “Paging cause”, la causa por la que las capas superiores han ordenado el paging. Si la causa del paging no es conocida, el IE “Paging cause” indicará “Terminating-cause unknown”.
- **UTRA.** Se utiliza para indicar que el system information ha sido actualizado. En esta ocasión, se incluirá el valor de la bandera del master information block dentro del IE “BCCH modification information” en el mensaje de PAGING TYPE 1. En este tipo de paging se podrá omitir el IE “paging record”.

4.7.8.2 Paging TYPE 2.

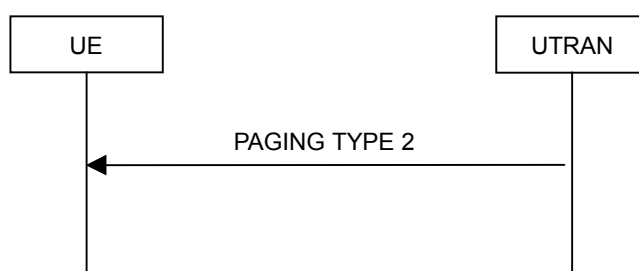


Figura 4.41. UE dedicated paging.

Este proceso es utilizado para transmitir información de paging a un UE en modo conectado. El mensaje de PAGING TYPE 2 será enviado en el canal DCCH usando AM RLC (modo acknowledge). Además, UTRAN podrá iniciar el procedimiento de paging a un UE en modo dedicado cuando se esté llevando a cabo otro procedimiento RRC, el cual no debe verse afectado.

Para este tipo de paging se deberá incluir el IE “Paging cause”, señalando la causa por la que las capas superiores han provocado el paging. Si no se tiene información de la causa, se rellenará el IE “Paging cause” con “Terminating – cause unknown”.

4.8 Control de admisión de llamada (CAC).

La función de control de admisión se encarga de controlar la carga de una determinada celda, permitiendo que se establezca una nueva llamada o que sea exitoso un nuevo intento de *handover* sólo en caso de que la carga de la celda esté por debajo de un umbral predefinido. De esta forma se reduce notablemente la probabilidad de caídas de las llamadas, y se minimiza el riesgo de inestabilidad de una celda.

El control de admisión aplica al sistema a nivel de celda tanto en uplink como en downlink, y las decisiones de admisión se toman en base a la carga del interfaz aire (a través de medidas de la potencia de salida en downlink) y a estadísticos sobre las llamadas admitidas en la celda.

El objetivo principal de esta funcionalidad, es por tanto, mantener la cobertura y la calidad de servicios, y al mismo tiempo maximizar el uso de los recursos con respecto a los límites de carga especificados. Esto se obtiene a través una admisión o un rechazo selectivo de las peticiones de recursos.

4.8.1 MEDIDA DE LA CARGA EN EL INTERFACE RADIO.

Son posibles distintos esquemas de control de admisión, entre ellos destacaremos los que se basan en el nivel de potencia de interferencia y los que siguen una estrategia basada en el throughput. Estas medidas se harán especialmente sobre el enlace uplink, al ser más sensible a los valores de interferencia. Queda abierto a cada fabricante la implementación del algoritmo de medida.

Antes de entrar en detalle en este apartado conviene explicar brevemente el concepto de Factor de Carga.

Partimos de la relación genérica E_b/N_0 , energía de bit por usuario dividido por la densidad espectral de ruido.

$$(E_b / N_0)_j = \frac{W}{v_j R_j} \frac{P_j}{I_{total} - P_{j\ total}}$$

Donde W es el chip rate, P_j es la potencia recibida del usuario j , v_j es el factor de actividad del usuario j (relacionado con el tipo de aplicación que esté usando), R_j es el bit rate del usuario j , e I_{total} es la potencia total de banda ancha, incluyendo ruido térmico, recibido en la estación base.

Despejando P_j obtenemos el factor de carga L_j de la conexión j .

$$P_j = \frac{1}{1 + \frac{1}{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot v_j}} I_{total} = L_j \cdot I_{total}$$

Además, debemos tener en cuenta la interferencia producida por otras estaciones base, para ello calculamos la relación i entre la interferencia generada en nuestra propia celda y la interferencia medida en nuestra estación base, pero generada por la transmisión de otras estaciones, además añadimos la interferencia generada por el resto de usuarios en nuestra celda.

$$i = \frac{\text{Interferencia} \cdot \text{de} \cdot \text{otras} \cdot \text{celdas}}{\text{Interferencia} \cdot \text{de} \cdot \text{nuestra} \cdot \text{propia} \cdot \text{celda}}$$

El factor de carga uplink total puede ser escrito como:

$$\eta_{UL} = (1+i) \cdot \sum_{j=1}^N L_j = (1+i) \cdot \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot v_j}}$$

De manera general, diremos que el factor de carga indica el ruido añadido por el sistema UMTS, debido a la interferencia generada, sobre el ruido térmico, y, por tanto, recoge todos los factores que generan interferencia en el sistema.

Los parámetros usados en el cálculo de este factor de carga uplink están recogidos en la siguiente tabla.

	<i>Definiciones</i>	<i>Valores recomendados</i>
N	Número de usuarios por celda.	
v_j	Factor de actividad del usuario j a nivel de capa física.	0.67 para voz (con DTX) y 1.0 para datos.
E_b/N_0	Energía de bit dividido por densidad espectral de ruido que es requerido para un QoS predefinido. El ruido incluye el ruido térmico y la interferencia.	Depende del servicio, del bit rate, del fading multicamino, diversidad de recepción, velocidad del móvil, etc.
W	WCDMA chip rate.	3.84 Mcps.
R_j	Bit rate del usuario j.	Depende del servicio.
i	Relación de interferencia de otras celdas referido a nuestra propia celda visto por la estación base receptora.	En macroceldas con antenas omnidireccionales: 55%.

Tabla 4.42. Definiciones y valores recomendados para el cálculo de la carga.

4.9 Control de carga (control de congestión).

Normalmente, la funcionalidad de control de admisión intenta prevenir las situaciones de sobrecarga en una celda, mientras que la funcionalidad de control de la congestión justo se implementa para afrontar los problemas de sobrecarga en el downlink. Las dos funcionalidades están estrictamente relacionadas, y de hecho, en las situaciones de sobrecarga, la función de control de la congestión ordena primero a la función de control de admisión bloquear las nuevas peticiones de conexiones y restringir el acceso en la celda sobrecargada. Sucesivamente el control de congestión intervendrá reduciendo el bit rate de las conexiones existentes, o ,como ulterior opción, terminando con las mismas. Su principal objetivo, es por tanto, mantener la estabilidad del sistema, solucionando los problemas de sobrecarga a nivel de celdas.

Las posibles acciones que puede desencadenar esta funcionalidad son:

- Control rápido de carga downlink. No acepta comando power-up recibidos desde el UE.
- Control rápido de carga uplink. Reducir el E_b/N_0 objetivo usado por el control rápido de potencia uplink.
- Reducir el throughput del tráfico de paquetes de datos.
- Handover a otras portadoras WCDMA.
- Handover a GSM.
- Decrementar el bit rate del usuario.
- Caídas controladas de llamadas.

Las primeras dos acciones tienen un impacto rápido de priorización sobre los distintos servicios y tienen lugar en la misma estación base. En este caso, se permite una mayor tasa de error (FER) en las conexiones menos sensibles a los retardos, beneficiando a aquellos servicios que no toleran retransmisiones. La calidad de los servicios de voz debe mantenerse en cualquier caso.

Las otras acciones de control de potencia son más lentas y afectan fundamentalmente a la velocidad del tráfico.

La acción de control última es provocar una caída de una conexión, esta acción sólo es llevada a cabo si la carga del sistema permanece muy alta y las otras acciones no han permitido alcanzar una E_b/N_0 objetivo.

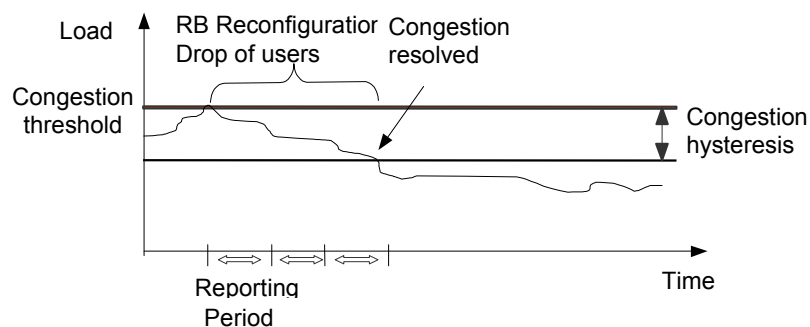


Figura 4.43. Concepto básico de control de congestión.

Capítulo 5. WLAN.

Capítulo 5. WLAN.	203
5.1 Introducción	204
5.2 El estándar WLAN: IEEE 802.11 y 802.11b	206
5.2.1 TOPOLOGÍA.....	209
5.2.2 RANGO Y VELOCIDAD.....	210
5.2.3 NIVEL FÍSICO 802.11.....	210
5.2.4 NIVEL DE ENLACE DE DATOS.....	214

5.1 Introducción.

Una red de área local inalámbrica (Wireless Local Area Network, WLAN) es un sistema de transmisión de datos diseñado para proporcionar acceso vía radio a redes locales de ordenadores. Las redes WLAN son redes optimizadas para el acceso local de banda ancha a Internet y servicios multimedia, por lo que están orientadas a terminales de tipo Ethernet como PCs portátiles o PDAs. Utilizan un espectro no regulado (a 2,4 y 5 GHz) y la estandarización está fragmentada en diversas normas, lo que dificulta la interoperabilidad y el roaming entre sistemas. En este sentido, podemos hablar básicamente de dos estándares:

- **Familia 802.11 del IEEE.** El primer estándar para redes de área local inalámbricas en el ámbito del IEEE fue el 802.11, que opera en la banda no regulada de 2,4 GHz y permite un régimen binario máximo de 2 Mbits/s. Posteriormente (1999), se definió una nueva versión bajo el nombre 802.11b operando en la misma banda, que permite velocidades de hasta 11 Mbits/s. Es el estándar dominante en el mercado actualmente, y sobre el que basan todos los suministradores sus soluciones comerciales a día de hoy. El IEEE ha definido posteriormente nuevas versiones de este estándar que mejoran sus prestaciones en términos de seguridad, velocidad binaria, calidad de servicio, etc: 802.11g, 802.11e, 802.11i, 802.11a (opera en la banda de 5 GHz). Existe unanimidad en el sector a la hora de apostar por esta familia de estándares como plataforma de evolución futura de las redes WLAN.
- **Hiper-LAN2.** Es un estándar del ETSI que opera en la banda no regulada de 5 GHz, capaz de ofrecer velocidades binarias de hasta 54 Mbits/s con soporte de calidad de servicio. Todos los fabricantes se muestran escépticos ante la viabilidad de este estándar y no tienen previstos la disponibilidad de productos comerciales basados en él en los próximos años.

La única parte que diferencia a una WLAN de una LAN Ethernet convencional es el acceso que, en este caso, se produce vía aire. Por tanto, los únicos dos elementos que caracterizarán a este tipo de redes es un terminal móvil (que puede ser un ordenador equipado con una tarjeta PCMCIA con un interfaz radio) y un punto de acceso (Access Point) que es el equivalente a la BTS en una red GSM y hace de puente entre la red de acceso radio y las redes LAN de cable.

Habitualmente, los access point se enlazan, vía línea ethernet, a un controlador de acceso (funcionalmente equivaldría a la BSC en GSM) que enrutará las conexiones hacia la parte core (sistema de autenticación, base de datos de clientes, HLR, sistema de tarificación, etc.). En la figura siguiente se muestra un ejemplo de una posible implementación de una red WLAN.

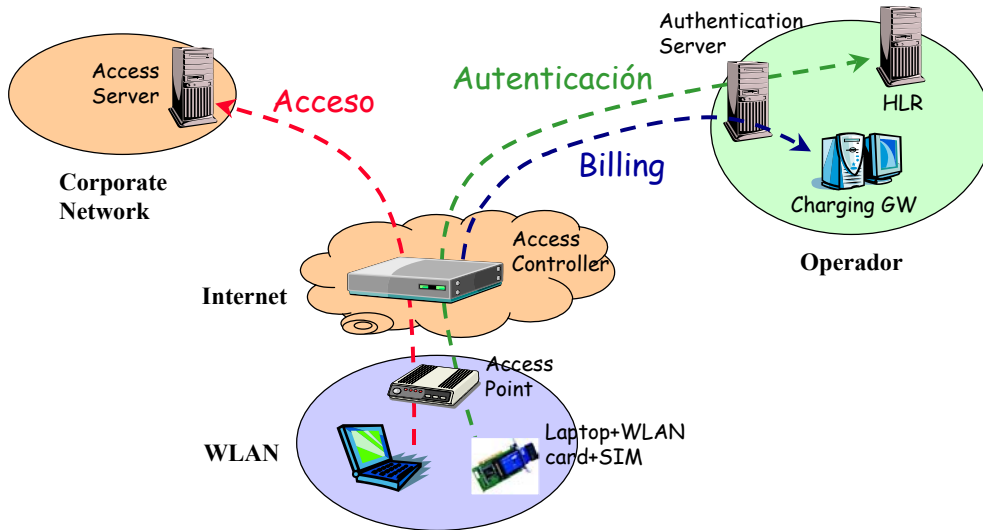


Figura 5.1 Tipología de una red Red WLAN.

La siguiente figura da una idea global del posicionamiento de las tecnologías WLAN frente al resto de tecnologías de comunicaciones móviles o inalámbricas.

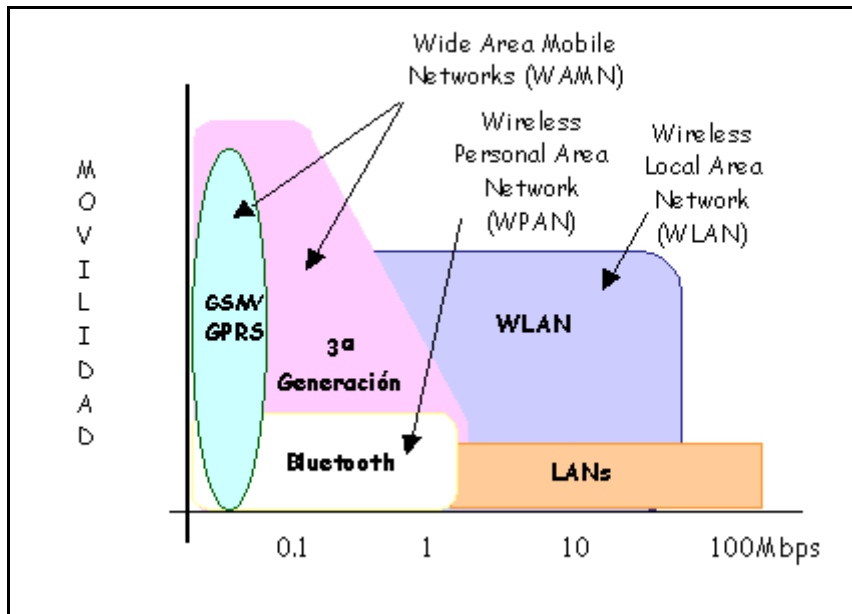


Figura 5.2. Tecnologías móviles o inalámbricas.

5.2 El estándar WLAN: IEEE 802.11 y 802.11b.

En junio de 1997 concluyó el estándar inicial para WLAN, el IEEE 802.11. En él se definen los niveles físico y el de control de acceso al medio (MAC) sobre la banda de 2,4 GHz, con velocidades entre 1 y 2 Mbps. Contempla dos sistemas de modulación por espectro ensanchado:

- Frequency hopping (802.11 FHSS).
- Secuencia directa (802.11 DSSS).

La principal limitación de la 802.11 radica precisamente en la baja velocidad permitida, insuficiente para llevar a cabo la mayor parte de las aplicaciones habituales en cualquier red corporativa. Por este motivo, en 1999, el IEEE amplió el estándar mediante la publicación de las especificaciones IEEE 802.11b y la IEEE 802.11a, definiendo velocidades de hasta 11 Mbps y 54 Mbps respectivamente.

- **IEEE 802.11b.** Supone una ampliación de la modulación de secuencia directa recogido en el estándar original, que permite conseguir velocidades de hasta 11 Mbps sobre la misma banda de 2,4 GHz. Se le denomina también como High Rate Direct Sequence Spread Spectrum (HR-DSSS) y es la recomendación que han seguido la gran mayoría de las implementaciones WLAN comerciales.
- **IEEE 802.11.** En este caso cambia tanto la modulación (OFDM) como la banda de funcionamiento (5 GHz), pero se consiguen velocidades de hasta 54 Mbps. Hasta la fecha no hay ningún producto comercial compatible con este estándar.

En septiembre del año 2000 se creó un nuevo proyecto, el **802.11g** que pretende ser una ampliación del 802.11b con objeto de doblar la velocidad (22 Mbps). Trabaja sobre la misma banda de 2,4 GHz e implementará todas las funcionalidades básicas de los niveles MAC y nivel físico especificadas en el 802.11b. Por tanto, este estándar y sus productos tendrán compatibilidad hacia atrás.

Aparte de los cuerpos de estandarización, algunas de las empresas que lideran la tecnología WLAN se han unido para formar la Wire-less Ethernet Compatibility Alliance (WECA). Su misión es certificar la interoperatividad y la compatibilidad entre los productos WLAN de los distintos suministradores. El estándar IEEE 802.11b es el único que tiene presencia en el mercado bajo una certificación de la WECA.

Este capítulo se centrará principalmente en la especificación 802.11b, que es la que han seguido la mayoría de las implementaciones comerciales disponibles en el mercado. Dicha especificación afecta únicamente al nivel físico que aumenta radicalmente la velocidad binaria, el resto de las funcionalidades, arquitectura y servicios básicos de la 802.11b están definidos en el 802.11 original.

Dado que las soluciones comerciales disponibles a día de hoy se basan en el estándar **802.11b** del IEEE, conviene subrayar sus características más relevantes.

<i>CARACTERÍSTICAS 802.11b</i>	
<i>Banda de frecuencias</i>	2400 – 2483,5 MHz (USA y Europa), dividida en 13 canales solapados de 22 MHz, con una separación entre las frecuencias centrales de 5 MHz. Este solape implica que sólo es posible emplear 3 canales totalmente limpios.
<i>Técnica de modulación</i>	DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum
<i>Potencia máxima de emisión</i>	100 mW (Europa)
<i>Velocidad binarias soportadas (Nivel físico)</i>	11, 5.5, 2 y 1 Mbits/s
<i>Throughput real máximo (nivel 3)</i>	5-6 Mbits/s
<i>Conectividad</i>	No orientado a conexión
<i>Soporte de red fija</i>	Ethernet
<i>Seguridad</i>	Mediante protocolo WEP, que proporciona servicios de autenticación y cifrado mediante claves de 40 ó 128 bits

Figura 5.3. Características más relevantes del estándar 802.11b del IEEE.

Respecto a estas características conviene destacar que:

- En España, el espectro asignado a día de hoy al servicio WLAN se limita a la banda 2445 – 2475 MHz, lo que en la práctica implica la disponibilidad de un solo canal no solapado. Sin embargo, en el Proyecto de Orden Ministerial para el nuevo CNAF¹ se prevé la extensión de esta banda equiparándola a la disponible en el resto de Europa (2400 – 2483,5 MHz).
- El nivel de seguridad que ofrece 802.11b a través del mecanismo WEP es vulnerable, si bien la evolución del estándar prevé mejoras en autenticación y cifrado recogidas en las especificaciones 802.1x.

Como todos los estándares 802 del IEEE, el 802.11 se centra en los niveles inferiores de la torre OSI, es decir el físico y el de enlace. Por tanto, el 802.11 se ocupa de definir el nivel físico y el de control de acceso al medio (MAC) para WLAN. Como muestra la siguiente figura.

La especificación 802.11 define los dos componentes de acceso de los equipos WLAN, la Wireless Station o terminal móvil que puede ser un PC equipado con una wireless network interface card (NIC), es decir, equipado con una tarjeta tipo PCMCIA con una antena para transmitir y recibir a través del interface radio. Las funciones de puente entre la red móvil y la fija serán realizadas por los access point, que facilitará el acceso de varios usuarios a la red fija.

¹ Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias

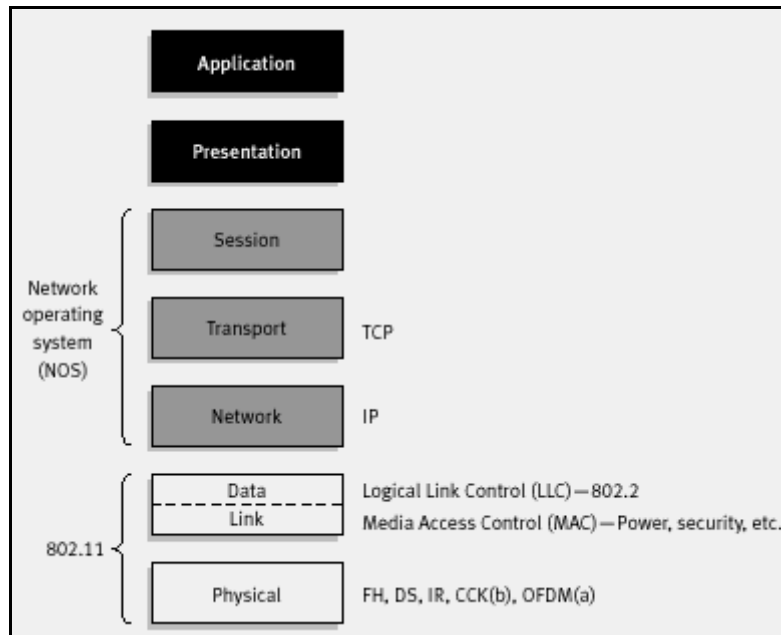


Figura 5.4. Torre de Protocolos.

5.2.1 TOPOLOGÍA.

El estándar IEEE 802.11 define dos topologías o arquitecturas de red, el modo infraestructura y el modo *Ad-Hoc*:

- **Modo infraestructura.** Consiste en al menos un access point conectado a la red fija y un conjunto de terminales móviles. Al conjunto formado por estos dos elementos se le denomina **Basic Service Set (BSS)**. Cuando se unen dos o más sistemas BSS formando una única red, da lugar al **Extended Service Set (ESS)**. Esta es la estructura más común en casi todas las WLAN corporativas, ya que implementa el acceso a la LAN de cable que es necesaria para acceder a servidores, impresoras, etc.

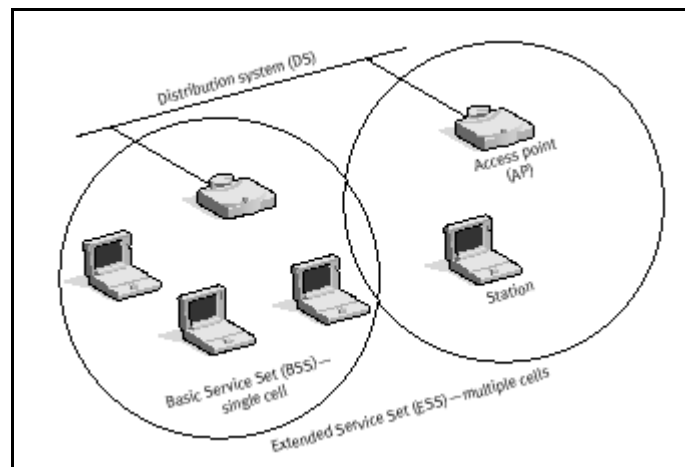


Figura 5.5. Modo infraestructura.

- **Modo Ad-Hoc.** En esta topología se establece una comunicación directa entre un conjunto de terminales móviles sin necesidad de emplear Access Point ni acceder a la red de cable.

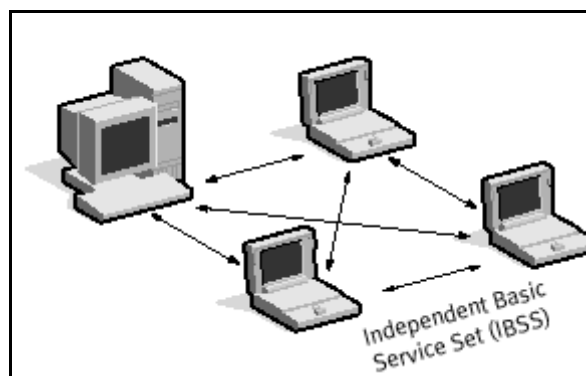


Figura 5.6. Modo Ad-Hoc.

5.2.2 RANGO Y VELOCIDAD.

La velocidad depende de varios factores: número de usuarios, rango de la celda, interferencia, interferencia por multicamino, tipo de hardware y del estándar elegido. Otro factor a tener en cuenta, es la eficiencia de la red de cable a la que se conecta, los retardos de ésta afectarán directamente al comportamiento de la parte radio.

El alcance de cada una de las celdas variará mucho dependiendo de varios factores: de las características del entorno (paredes, mobiliario, etc.), de la máxima potencia que pueda emitir el *Access point* (la máxima es 100mW pero hay suministradores cuyos equipos no alcanzan ese valor) o incluso del diseño que se desee realizar.

En cualquier caso, el rango de cobertura de una LAN inalámbrica típica va de 30 a 100m. Puede extenderse y tener posibilidad de alto grado de libertad y movilidad utilizando puntos de acceso (microcélulas) que permiten "navegar" por la LAN, similar al sistema usado en telefonía celular.

5.2.3 NIVEL FÍSICO 802.11.

Define tres niveles físicos, uno a través de infrarrojos y dos técnicas radio de espectro ensanchado, ambas sobre la banda no regulada de 2,4 GHz. Estos últimos definen velocidades de 1 y 2 Mbps vía radio, empleando Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) o Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). Estos dos sistemas son incompatibles entre sí.

5.2.3.1 Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).

En la técnica de espectro expandido por salto de frecuencia o FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), la señal se mueve de una frecuencia a otra, es decir, la expansión de la señal se produce transmitiendo una ráfaga en una frecuencia, saltando luego a otra frecuencia para transmitir otra ráfaga, y así sucesivamente.

La banda de 2,4 GHz se divide en 75 subcanales de 1 MHz de ancho de banda cada uno. Mediante esta técnica, el transmisor y el receptor emplean la misma secuencia de salto y los datos se transmiten sobre la secuencia de subcanales, saltando de uno a otro siguiendo un patrón predefinido y diseñado, de tal forma, que se produzca el menor número posible de coincidencia de subcanales.

La principal ventaja de esta técnica es la sencillez del diseño radio. Y el inconveniente que presenta es la imposibilidad de superar los 2 Mbps debido a que los organismos reguladores de la FCC no admite subcanales con un ancho de banda superior a 1 MHz.

5.2.3.2 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).

Divide la banda de 2.4 GHz (2,4- 2,4835 GHz) en 14 subcanales de 22 MHz de ancho de banda, con una separación entre las frecuencias centrales de 5 MHz. (tabla siguiente). Por otra parte, es necesario considerar que las administraciones reguladoras regionales y nacionales pueden restringir los requisitos sobre las frecuencias a utilizar.

CHNL_ID	Frequency (MHz)	Regulatory domains					
		X'10' FCC	X'20' IC	X'30' ETSI	X'31' Spain	X'32' France	X'40' MKK
1	2412	X	X	X	—	—	—
2	2417	X	X	X	—	—	—
3	2422	X	X	X	—	—	—
4	2427	X	X	X	—	—	—
5	2432	X	X	X	—	—	—
6	2437	X	X	X	—	—	—
7	2442	X	X	X	—	—	—
8	2447	X	X	X	—	—	—
9	2452	X	X	X	—	—	—
10	2457	X	X	X	X	X	—
11	2462	X	X	X	X	X	—
12	2467	—	—	X	—	X	—
13	2472	—	—	X	—	X	—
14	2484	—	—	—	—	—	X

Tabla 5.7. Frecuencias especificadas por el IEEE 802.11b.

Estos canales están solapados de tal forma que tan solo será posible emplear 3 subcanales totalmente limpios.

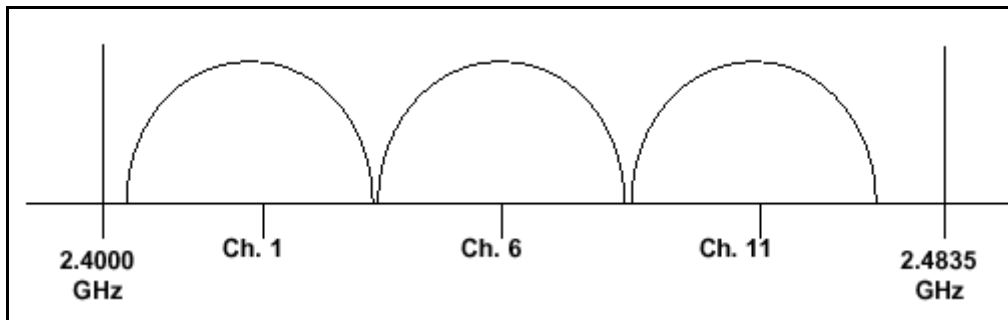


Figura 5.8. Tres canales sin solape.

La técnica de espectro expandido por secuencia directa (DSSS), se basa en desplazar la fase de una portadora mediante una secuencia de bits muy rápida, diseñada de forma que aparezcan aproximadamente el mismo número de ceros que de unos. Esta secuencia, un código Barker también llamado código de dispersión o PseudoNoise, se introduce sustituyendo a cada bit de datos. Puede ser de dos tipos, según sustituya al cero o al uno lógico.

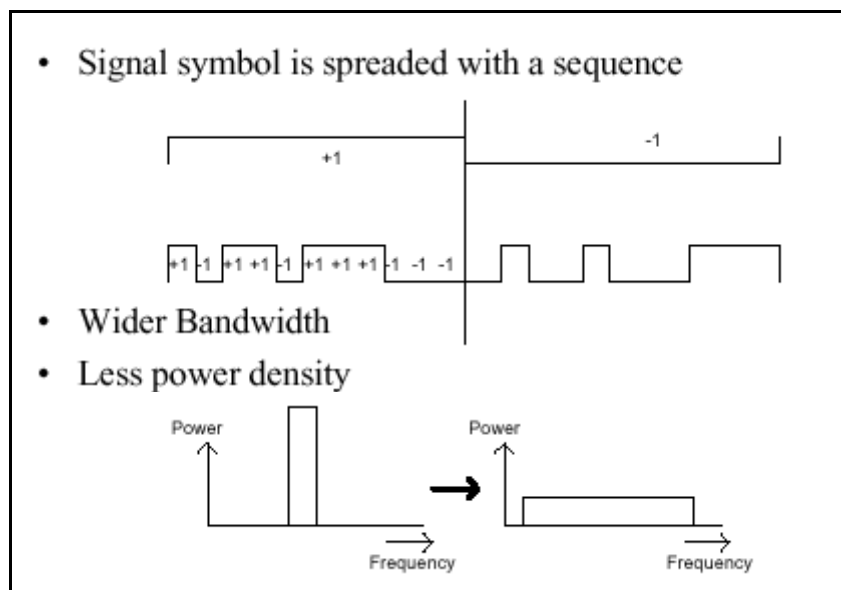


Figura 5.9. DSSS.

Tan solo aquellos receptores a los que el emisor envíe dicho código podrán recomponer la señal original, filtrando señales indeseables, previa sincronización. Aquellos que no posean el código creerán que se trata de ruido. Por otro lado, el hecho de sustituir cada bit de datos por una secuencia de 11 bits, facilita al receptor la tarea de reconstrucción de la señal original, incluso si parte de la secuencia se ve afectada por interferencias.

A cada bit de código en PN se le denomina chip. Una mayor cantidad de chips indica una mayor resistencia a la interferencia. El IEEE 802.11 establece una secuencia de 11 chips, siendo 100 el óptimo.

5.2.3.3 Ampliación del nivel físico. 802.11b.

La contribución clave que añade la especificación 802.11b al estándar WLAN es la estandarización de un nivel físico capaz de proporcionar dos nuevas velocidades: 5,5 y 11 Mbps.

Para alcanzar estas velocidades binarias, no es posible emplear la técnica de Frequency Hopping (802.11 FHSS) recogida en el estándar original de WLAN, dado el limitado ancho de banda de los subcanales. Por tanto, la única técnica que se define en la 802.11b es la DSSS que será compatible con la 802.11 DSSS de 1 y 2 Mbps pero no con los sistemas 802.11 FHSS.

El estándar 802.11 DSSS especifica la codificación de cada bit mediante la técnica de chipping con secuencias de longitud 11 conocida como secuencia Barker (en definitiva codifica cada bit de datos mediante una palabra código de 11 bits). A continuación cada chip se modula con la técnica BPSK (1bit/símbolo) dando lugar a una forma de onda llamada símbolo. Estos símbolos se transmiten a una velocidad de 1 Mbps.

El 802.11 también define velocidades de 2 Mbps, esto se consigue empleando una modulación QPSK de 2 bits/símbolo, con lo que se dobla la tasa binaria final.

La 802.11b añade dos velocidades más, para ello emplea una técnica de codificación y una modulación más eficientes:

- **Codificación.** En vez de emplear secuencias de Barker con palabras código de 11 bits, emplea la técnica de Complementary Code Keying (CCK) que consiste en un conjunto de 64 palabras código de 8 bits cada una, es decir, cada palabra de 8 bits representa un bit de datos de usuario. Estas palabras código se caracterizan por unas propiedades matemáticas que permiten diferenciar unas palabras de otra, incluso en presencia de unos determinados niveles de ruido y de interferencia.
- **Modulación.** Las dos velocidades propias del 802.11b emplean la modulación QPSK pero en dos versiones diferentes, la 4 QPSK (4 bits/símbolo) para la velocidad de 5,5 Mbps y la 8 QPSK (8 bits/símbolo) que permite doblar la velocidad para alcanzar los 11Mbps especificados. Esta última modulación es, sin duda, la más eficiente, pero también la que menos protección presenta frente a las imperfecciones del canal.

La tabla siguiente presenta un resumen de las técnicas de codificación y de modulación empleadas en cada una de las velocidades especificadas en el estándar 802.11b. En ella se aprecia que la mayor velocidad se obtiene, principalmente, empleando una modulación más eficiente (8 QPSK). Estos datos ponen de manifiesto que el incremento de velocidad se consigue a expensas de reducir la robustez del sistema ante los problemas del interfaz aire.

Data Rate	Code Length	Modulation	Symbol Rate	Bits/Symbol
1 Mbps	11 (Barker Sequence)	BPSK	1 MSps	1
2 Mbps	11 (Barker Sequence)	QPSK	1 MSps	2
5.5 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	4
11 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	8

Tabla 5.10. Velocidades especificadas en el 802.11b.

Para contrarrestar la menor protección ante las inestabilidades del interfaz aire, la 802.11b define un algoritmo de cambio automático de velocidad para adaptarse a las condiciones del entorno. Cuando las condiciones son ideales, la conexión se establecerá a la máxima velocidad, sin embargo, si la calidad del medio se deteriora, la velocidad bajará en un primer momento a 5,5 Mbps pudiendo pasar a 2 ó incluso a 1 Mbps si fuese necesario. Por supuesto, el algoritmo también contempla la situación inversa de aumento de velocidad, si mejoran las condiciones del canal.

5.2.3.4 Potencia de salida.

La potencia de salida, tanto del terminal móvil, como del *access point* debe ser igual o inferior a 100 mW (20 dBm). Como con la frecuencia, esta restricción varía dependiendo de los organismos reguladores locales.

<i>Zona</i>	<i>Potencia max permitida</i>
<i>Estados Unidos</i>	<i>1 W</i>
<i>Europa</i>	<i>100 mW</i>
<i>Japón</i>	<i>10 mW</i>

Tabla 5.11. Potencias máximas permitidas para WLAN.

5.2.4 NIVEL DE ENLACE DE DATOS.

El nivel de enlace de datos del 802.11 se divide en dos subniveles, el LLC o Logical Link Control y el MAC o Medium Access Control. El primero será obviado por ser exactamente igual al empleado en cualquier LAN Ethernet convencional y por tanto no es un protocolo específico de las redes LAN inalámbricas. El nivel MAC sí que es propio de las WLAN y se encuentra definido en el 802.11.

5.2.4.1 Nivel MAC - Control de acceso.

El sentido del subnivel MAC es permitir el acceso de varios usuarios a un único medio compartido, evitando colisiones que obliguen a sucesivas retransmisiones. Esto se consigue al obligar a que el extremo emisor escuche el canal antes de intentar acceder a él. Este principio se emplea tanto en LAN inalámbricas como en las LAN ethernet, sin embargo, el protocolo empleado es ligeramente diferente. A continuación se explica la diferencia entre ambos y el motivo.

Las LAN ethernet aplican el protocolo CSMA-CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Este protocolo obliga a transmitir mientras se está escuchando el medio para evitar la colisión, sin embargo, las redes radio carecen de esta habilidad, no pueden escuchar si están transmitiendo, por eso, emplean una variante del protocolo anterior conocido como **CSMA-CA** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), también conocido como **Distributed Coordination Function (DCF)**.

Este algoritmo no detecta la colisión, sino que trata de evitarla, mediante el envío de paquetes de confirmación (ACK) por la estación receptora para indicar que los paquetes han sido recibidos correctamente. El funcionamiento es el siguiente: cuando la estación transmisora quiere enviar datos, primero escucha el canal, si está libre, espera un periodo de tiempo aleatorio y si continúa libre, manda los datos y queda a la espera de recibir un mensaje de confirmación por parte del receptor. Si el ACK no llega se asume que se ha producido una colisión y retransmite los datos de nuevo.

Este protocolo resulta muy efectivo para minimizar las retransmisiones, sin embargo añade una sobrecarga adicional debida a los paquetes de confirmación que impide que las redes WLAN puedan llegar a igualar la eficiencia de las redes Ethernet.

Otro de los problemas que plantea el nivel MAC de las WLAN es el efecto de “nodos ocultos” que se produce cuando dos usuarios se encuentran en los extremos opuestos del Access point. En estos casos, ambos usuarios pueden escuchar, si hay actividad en el access point, sin embargo, son incapaces de escucharse el uno al otro (por la distancia, los posibles obstáculos, etc.). El 802.11 también define un protocolo opcional para subsanar este problema: **“Request to send/Clear to send”**. Básicamente consiste, en que el extremo que quiere transmitir solicita el permiso para transmitir y espera la respuesta afirmativa del Access Point. Evidentemente, este algoritmo evita el problema, aunque añade otro nivel más de sobrecarga. No se suele emplear más que para paquetes muy largos, ya que, además de ser más susceptibles de corromperse, la retransmisión es más costosa.

Por último, el subnivel MAC del 802.11 añade dos algoritmos más que incrementan la robustez del sistema: **el CRC Check Sum y la fragmentación de paquetes**. El primero añade otro nivel más de detección de errores en los paquetes recibidos y el segundo permite dividir los paquetes grandes en pequeñas unidades que evitan el tener que retransmitir una gran cantidad de datos en caso que no se haya recibido correctamente. Esto último resulta particularmente útil en entornos congestionados o interferidos, donde los paquetes grandes son más susceptibles de sufrir errores. Reduce la necesidad de retransmisiones. Por otra parte, el envío de paquetes grandes es más eficiente, ya que cuando el paquete es más pequeño, la proporción del tiempo usado al acceder al canal, es mayor, aunque la carga pueda ser pequeña para algunas funciones, la transferencia y descarga de archivos son mejor administrados cuando la longitud del paquete es de tamaño considerable, para minimizar el tiempo de transferencia.

5.2.4.2 Nivel MAC - Transmisión de datos en tiempo real.

Las comunicaciones de voz y de vídeo son un ejemplo de transferencia de datos en tiempo real. Este tipo de aplicaciones son extremadamente estrictas, en lo que a retardos se refiere, por tanto, para prestar servicios de dichas características es necesario poder garantizar un retardo máximo. Esta garantía no es posible prestarla con el método de acceso explicado en el apartado anterior, en el que el acceso al medio carece de prioridades y el control de acceso está distribuido entre todos los terminales.

Este tipo de servicios están contemplados en el estándar 802.11 a través de la **“Point Coordination Function” (PCF)**. Se trata de un protocolo de acceso al medio alternativo al CSMA-CA. No necesita escuchar el medio, ya que utiliza un punto de coordinación que opera sobre el AP coordinando y decidiendo cual es el dispositivo que puede transmitir en cada momento y la forma en la que debe hacerlo.

En el PCF todos los terminales se ponen en una cola y tienen que esperar su turno para transmitir. De esta forma es posible garantizar un retardo máximo.

5.2.4.3 Nivel MAC - Asociación y reasociación de celdas (selección, reselección).

La otra responsabilidad del sub-nivel MAC es la forma en que un usuario realiza la selección (o asociación) del *access point* servidor. Cuando un cliente entra en el área de cobertura de uno o más AP, el terminal debe escoger en el que desea acampar. Esta decisión se realizará basándose en el nivel de señal recibido y la tasa de paquetes erróneos observada. Si el *access point* acepta al nuevo usuario, el terminal sintonizará el canal del AP. Periódicamente el terminal volverá a escanear los canales por si hay algún AP que le pueda prestar mejor servicio. En caso de encontrarlo, realizará una reasociación hacia otro AP.

Una vez realizada la asociación, los terminales móviles acampados en un BSS deben permanecer sincronizadas con el AP, para asegurarse que operan con los mismos parámetros, como patrón de *hopping*, activar las funciones de ahorro de potencia, etc. Para estos propósitos, el *access point* transmite periódicamente las tramas *beacon* (se puede equiparar al BCCH en las redes GSM). Las tramas *beacon* contienen información del nivel físico que se está usando.

Antes de realizar el proceso de asociación, el terminal tiene que decidir en qué *access point* quiere acampar. Para ello, cuando un usuario enciende su terminal WLAN, necesita determinar si está presente alguna otra estación (terminal o AP). Tiene dos formas de realizar la búsqueda:

- **Búsqueda pasiva.** El terminal escucha cada canal durante un periodo de tiempo determinado para recibir las tramas beacon hasta encontrar una con el SSID (Service Set Identifier) que quiere escuchar. Una vez que ha detectado la trama beacon, la estación puede negociar una conexión con el proceso de autenticación y asociación.
- **Búsqueda activa.** El terminal envía una trama de prueba (trama “probe”) que contiene el SSID de la red a la que quiere conectarse. Quedará a la espera de una respuesta que identifique la presencia de la red deseada.

La reasociación se puede producir, bien por nivel de señal, o bien por carga de tráfico. Esta última función es conocida como “*load balancing*” y tiene por objetivo distribuir la carga total de la WLAN de la forma más eficiente posible sobre la infraestructura disponible.

5.2.4.4 Nivel MAC - Movilidad Y Roaming.

El estándar define cómo un terminal móvil debe asociarse a un punto de acceso, pero no define la coordinación del movimiento de los usuarios entre distintos puntos de acceso, ni dentro de una misma red (re-asociación o reselección, nivel dos de la torre de protocolos), ni el roaming, es decir, la gestión de la movilidad entre puntos de acceso pertenecientes a distintas redes.

El primer aspecto se gestiona por protocolos inter-AP específicos de los suministradores, por tanto es un protocolo propietario y su eficiencia dependerá de la implementación que cada uno defina. Si el protocolo no es eficiente, hay bastantes probabilidades de que se produzcan pérdidas de paquetes en el traspaso de una AP a otro. Es probable que el IEEE junto con la WECA desarrollen un estándar que recoja este aspecto.

En cuanto al roaming, se debe definir en el nivel tres de la torre OSI (nivel de red). El protocolo más extendido es el Mobile IP. Este protocolo todavía no ha sido finalizado, mientras tanto los distintos suministradores pueden emplear protocolos propietarios que empleen técnicas similares para asegurarse que el tráfico IP siga a los usuarios entre redes separadas por routers.

Una alternativa al problema del roaming es el **Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)**.

DHCP se basa en el conocido modelo cliente-servidor. Utiliza un protocolo de comunicaciones muy sencillo (basado en UDP sobre IP). Los clientes de una red que utilicen este protocolo, usan direcciones IP que les "alquila" un servidor (no tiene que ser local). Cada vez que un cliente se inicia, pide una dirección IP o una renovación de la que tiene alquilada actualmente. El cliente recibe, junto con la dirección, algunos parámetros adicionales: pasarela (*gateway*) por defecto, servidor WINS, servidor DNS, etc. Lo que DHCP consigue, es que la asignación y liberación de las direcciones IP en una red sea dinámica y automática; se evita las duplicidades y se optimiza el consumo de direcciones. La intervención del administrador de redes, aun en grandes configuraciones es mínima.

5.2.4.5 Nivel MAC - Arquitectura celular.

Como en toda red celular, es posible cubrir áreas extensas mediante la instalación, en puntos estratégicos, de Access Points, de forma que se cree una estructura de celdas con un ligero solape. No obstante, la mayor dificultad que presenta una WLAN basada en el estándar 802.11b es la escasez de canales disponibles. Hay que tener cuidado en que las zonas de solape no pertenezcan nunca ni al mismo canal ni a los adyacentes. En caso contrario, se estarían interfiriendo unos a otros, y esto provocaría una disminución del ancho de banda disponible, lo que se traduciría en una reducción de la velocidad final ofrecida a los usuarios. Según el estándar, tan solo se pueden emplear tres canales que no presente solapes, que podrán reutilizarse pero, como se ha indicado anteriormente, evitando el solape entre ellos.

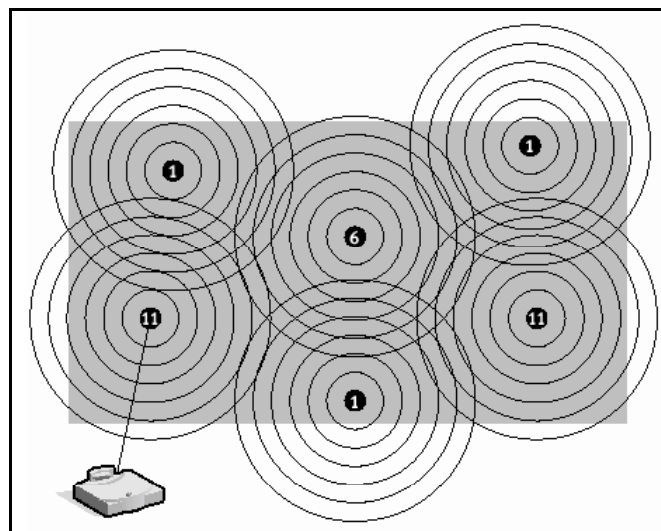


Figura 5.12. Estructura celular empleando tres canales.

En el caso de España el caso es más crítico, puesto que la banda asignada a estos servicios está parcialmente ocupada por aplicaciones militares. Dispondremos tan solo de 2 canales, que además son adyacentes, por tanto tan solo se dispone de un canal útil. Según la información aportada por varios suministradores de tecnología WLAN, el Gobierno va a liberar el resto de la banda. No obstante, es fundamental aclarar este punto, antes de plantearse la estrategia de despliegue.

5.2.4.6 Nivel MAC - Control de potencia.

Con objeto de optimizar el tiempo de duración de las baterías de los terminales, el nivel MAC define una funcionalidad para la gestión de potencia. El terminal móvil puede emplear dos modos de operación:

- **Continuous Aware Mode.** Es el modo de operación normal en el que el terminal está siempre “escuchando”.
- **Power save polling Mode.** En este modo de operación, el terminal permanece “dormido”, sin escuchar el medio y por tanto sin posibilidad de transmitir ni de recibir datos. Mientras tanto, el punto de acceso va encolando los datos destinados a un determinado usuario. Periódicamente el terminal se despierta a tiempo para escuchar una señal procedente del punto de acceso, señal beacon, que entre otras cosas lleva información sobre los usuarios que tienen tráfico esperando. De esta forma, basándose en la información de esta señal, el terminal decidirá si permanece despierto porque le llegan datos, o vuelve a dormir porque no tiene tráfico entrante.

5.2.4.7 Nivel MAC – Seguridad.

El subnivel MAC 802.11 proporciona dos principios de seguridad: autenticación para el control de acceso y la encriptación para garantizar la privacidad de los datos.

- El 1º consiste en proporcionar y verificar la identidad de una estación o cliente. Los dispositivos IEEE 802.11 operan en un sistema abierto, donde cualquier cliente inalámbrico puede asociarse a un punto de acceso sin ningún tipo de comprobación por parte de éste. **La autenticación** se hace posible por el uso de la opción WEP (Wired Equivalent Privacy), que configura una clave en el punto de acceso y sus estaciones o clientes wireless. Solo aquellos dispositivos con una clave válida pueden estar asociados a un determinado punto de acceso.
- En cuanto a la **privacidad**, los datos son enviados por defecto sin ninguna encriptación, pero con la opción WEP los datos son encriptados antes de ser enviados inalámbricamente, usando un algoritmo de encriptación de 40 bits conocido como RC4, desarrollado por RSA Data Security Inc. La misma clave usada para la autenticación es usada para encriptar o desencriptar los datos, de este modo sólo los clientes inalámbricos con la clave exacta pueden desencriptar correctamente los datos.

Por encima del nivel 2, las WLAN de alta velocidad soportan los mismos estándares de seguridad que los implementados en las restantes LAN 802, como login para el acceso o niveles de encriptación IPSEC o de encriptación a nivel de aplicación. Con estos niveles superiores se persigue conseguir redes seguras extremo a extremo.

Capítulo 6. Bluetooth.

Capítulo 6. Bluetooth.....	221
6.1 Introducción.....	222
6.2 Características.....	223
6.3 Interfaz Radio.....	225
6.3.1 BANDA DE FRECUENCIAS.....	225
6.3.2 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN.....	226
6.3.3 CARACTERÍSTICAS DE MODULACIÓN.....	227
6.3.4 EMISIÓN DE ESPÚREOS.....	227
6.3.5 CARACTERÍSTICAS DE RECEPCIÓN.....	228
6.4 Canal físico.....	229
6.5 Arquitectura del dispositivo.....	230
6.6 Enlace lógico.....	231
6.6.1 TIPOS DE ENLACE.....	231
6.7 Formato general de los paquetes.....	231
6.8 Tratamiento de la información.....	232
6.9 Control de la conexión.....	232
6.10 Seguridad.....	233
6.11 Compatibilidad con aplicaciones.....	234
6.12 Posibles aplicaciones de bluetooth.....	235
6.12.1 WLAN (WIRELESS LOCAL AREA NETWORK).....	235
6.13 Comparación con otras tecnologías.....	237
6.13.1 CTS.....	237
6.13.2 DECT.....	237
6.13.3 WPAN (IEEE 802.15).....	237
6.13.4 HOMERF.....	238
6.13.5 WIRELESS LAN (802.11).....	238
6.13.6 HIPERLAN.....	239
6.13.7 MMAC 5 GHZ MOBILE ACCESS.....	239
6.14 Conclusiones.....	240

6.1 Introducción.

Bluetooth es el nombre de una especificación promovida por cinco empresas (Ericsson, Nokia, IBM, Intel y Toshiba, actualmente se han añadido 3Com, Motorola, Microsoft y Agere) para un **enlace radio de corto alcance, orientado a sustituir los cables de conexión entre dispositivos**. Se implementaría de la misma manera que un puerto de infrarrojos, pudiendo adaptarse a ordenadores portátiles, teléfonos móviles, impresoras, automóviles, etc. Se ha diseñado para cubrir distancias de 10 a 100 metros y utiliza una banda de frecuencias en torno a 2.4Ghz que no precisa licencia para su utilización. Por motivos de regulación, sólo estaba disponible un tercio de la banda prevista en España, lo cual reduciría la calidad y capacidad del sistema, pero actualmente la regulación en España sobre la banda, tanto en Bluetooth, como en Wireless Lan, se ha equiparado a la banda utilizada en Europa.

Debido a las características de los enlaces radio **permite interconectar hasta ocho equipos sin necesidad de infraestructura de red** (llamado *ad-hoc networking*). **Otra posibilidad es instalar equipos de interconexión con la red telefónica conmutada**, denominados *Gateway* (GW), que permitirán a los dispositivos con un puerto Bluetooth funcionar como teléfonos inalámbricos. Puede hacerse lo mismo **para conectarse a Wireless LAN**, llamándose a los puntos de interconexión *LAN Access Point* (LAP).

La capacidad máxima por GW es de **3 conversaciones telefónicas simultáneas**, y por LAP puede llegar a transferir **721 Kbps en un sentido y 57,6 Kbps en el contrario**, funcionando en el modo más asimétrico, **ó 432,6 Kbps bidireccionales**. Hay previstos la existencia de dispositivos que conjuguen las funciones de GW y LAP, que distribuiría su capacidad entre los servicios de voz y datos.

La primera aplicación que se va a desarrollar en esta tecnología será la conexión inalámbrica entre el teléfono móvil y el ordenador portátil, lo cual redundará en un aumento de la demanda de transmisión de datos por GPRS.

Esta tecnología también puede utilizarse en el mercado residencial de transmisión inalámbrica de voz y datos a media velocidad, ya que la capacidad por dispositivo GW/LAP es baja respecto al objetivo de los estándares de *Wireless LAN*, en proceso de definición HIPERLAN y MMAC. Comparándolo con los estándares de telefonía inalámbrica CTS y DECT, Bluetooth ofrece ciertas ventajas de flexibilidad. Su competencia más directa son el estándar IEEE 802.15, enfocado a aplicaciones muy similares en el mismo segmento de mercado, y la especificación HomeRF procedente de un consorcio de compañías que incluye a Intel y Motorola.

El mayor peligro para un operador de telefonía móvil son los **futuros teléfonos duales GSM/Bluetooth**, que con toda seguridad llegarán al mercado cerca del 2003. Con estos terminales podrá transmitirse voz y datos por la red GSM o por puntos de interconexión GW/LAP que transporten la información a través de redes propiedad de otros operadores.

Las ventajas de esta opción para el usuario serían una tarificación diferente en el área de cobertura del equipo GW/LAP (doméstico), mayor velocidad de transferencia de datos que a través de GPRS, y la comodidad de utilizar el mismo terminal en hogar/empresa y fuera de ella, lo cual incrementaría el uso de telefonía móvil.

6.2 Características.

Como ya hemos comentado, el estándar Bluetooth ha sido promovido inicialmente por cinco empresas:



A las que más tarde se unieron las siguientes:



De las cuales Ericsson es la que más está apoyando la idea. El desarrollo futuro de la especificación reside en un comité compuesto por más de 1000 empresas llamado *Special Interest Group* (SIG), al que pertenece toda compañía que firme una serie de acuerdos, comprometiéndose a cumplir la especificación. El primer lanzamiento comercial de un dispositivo Bluetooth fue a finales de 2000, tan solo 18 meses después de la publicación del estándar, y su despegue comercial se prevé para cerca del 2003. Debido a la entidad y número de las empresas que se han comprometidas con esta tecnología, parece que alcanzará bastante difusión.

La idea de Bluetooth es la de **sustituir cualquier cable de conexión entre dispositivos por un enlace radio** de corto alcance, por ejemplo: entre el ordenador y el teléfono móvil, entre el ordenador y la red de área local (LAN), entre el teléfono y el punto de conexión con la red PTSN, etc. De esta manera, todos los dispositivos mencionados contarán con un puerto de entrada/salida vía radio, a través del cual se comunicarán con otros equipos. Las especificaciones Bluetooth [1] contemplan, tanto las características radio de este transmisor/receptor radio, como su comunicación con instancias de software superiores para permitir su utilización por los programas y aplicaciones de los dispositivos en los que se incluya un puerto Bluetooth.

Debido a la naturaleza de los enlaces radio, esta tecnología **permite la interconexión simultánea de más de dos dispositivos**, de manera que comparten recursos e información, por ejemplo seis ordenadores y dos impresoras. El número máximo de dispositivos interconectados simultáneamente son 8, aunque se pueden mantener más recibiendo información de difusión.

Un grupo de dispositivos Bluetooth intercambiando información entre ellos recibe el nombre de *piconet*, obsérvese la figura siguiente.

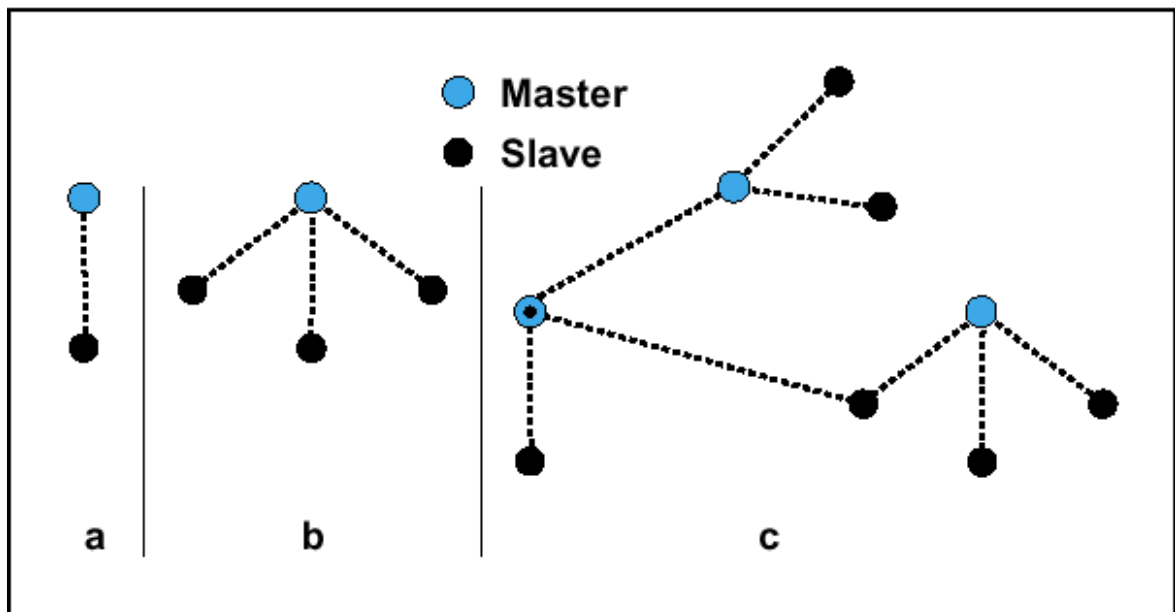


Figura 6.1. Diferentes tipos de interconexión: a/Piconet, b/Piconet: Multi Slave, c/Scatternet.

Uno de los dispositivos actúa como *master* de la *piconet*, recibiendo el resto el nombre de *slaves*. La unidad *master* aporta el sincronismo y la gestión del enlace y puede intercambiar su papel con el de cualquier *slave* durante el transcurso de una sesión. Existe la posibilidad de que un dispositivo sea *slave* de más de una *piconet* a la vez, en este caso el grupo de *piconet* que comparten dispositivos recibe el nombre de *scatternet*.

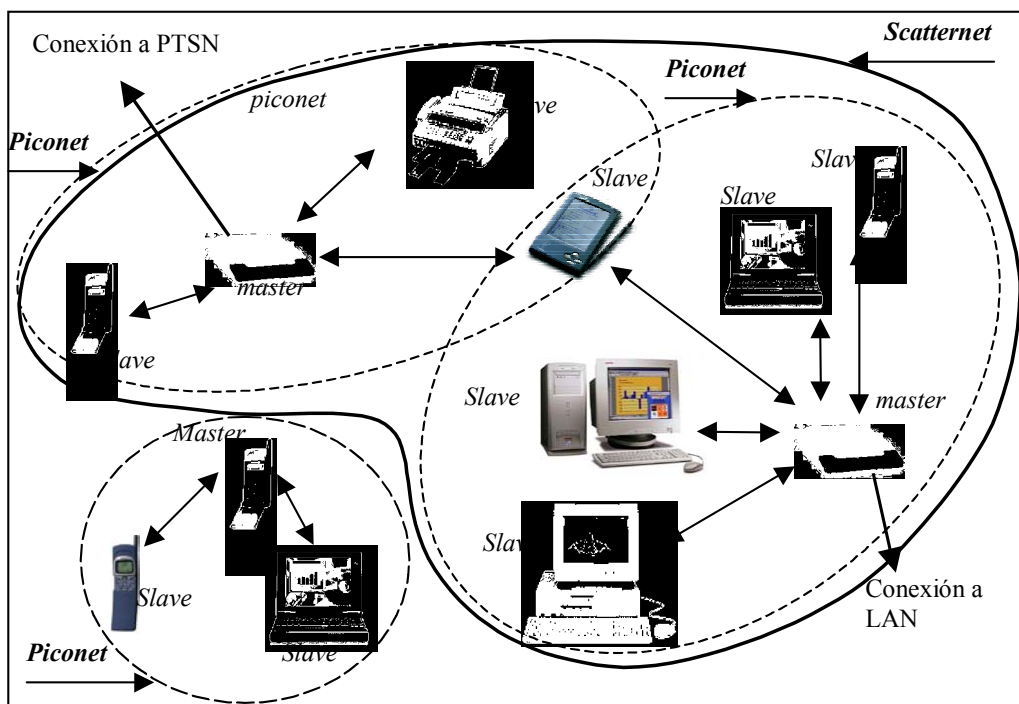


Figura 6. 2. Diferentes tipos de interconexión.

Está especificada tanto la transmisión de voz como de datos. En una *piconet* se pueden mantener **hasta tres (3) comunicaciones de voz simultáneas** entre una *slave* y la *master*, o entre varias *slave* y *master* con una calidad similar a la de un canal de 64 Kbits/s de una línea PCM. La máxima transferencia de datos entre dos dispositivos puede ser de **723,2 Kbps en un sentido y 57,6 Kbps en el contrario o de 433,9 Kbps en ambas direcciones**.

El estándar incluye mecanismos de seguridad y cifrado, mediante la introducción en los dos dispositivos que se conectan para crear un enlace de un código alfanumérico denominado *Passkey*. También se especifica la restricción de acceso a los equipos a través del enlace Bluetooth, pero se permite la detección e identificación de los equipos dentro del alcance de cualquier otro, mediante la petición del código identificativo único del dispositivo Bluetooth, denominado *BD_ADDR*, que define tanto el tipo de dispositivo como las funcionalidades que soporta.

Al especificar el interfaz entre el puerto de comunicaciones Bluetooth y las instancias superiores de software, se incluye una serie de requerimientos específicos para la emulación del puerto serie universal (USB), un puerto RS232 y un IrOBEX, lo cual aporta compatibilidad hacia atrás: con las aplicaciones que utilizaban estos enlaces, con otros equipos (por ejemplo, un editor de textos que imprimía a través de uno de los puertos citados lo podrá hacer a través del enlace Bluetooth). También se define un conjunto de comandos para permitir a las aplicaciones controlar el enlace Bluetooth y utilizar todas las posibilidades que ofrece.

Para ampliar el rango de dispositivos que pueden contar con un puerto Bluetooth, la especificación describe el modo de funcionamiento que permite crear una red inalámbrica de ordenadores (descrito como *Wireless LAN*), las características de una conexión telefónica inalámbrica denominado TCS y como ha de realizarse el transporte de la información de Internet mediante el protocolo WAP.

6.3 Interfaz Radio.

6.3.1 BANDA DE FRECUENCIAS.

El sistema Bluetooth opera en la **banda de 2,4 GHz del ISM** (Industrial Scientific Medicine). Dicha banda de frecuencias no precisa licencia y su rango de utilización en la mayoría de los países comienza en 2400 MHz y termina en 2483,5 MHz excepto en algunos como Francia, Japón que está limitado por su propia regulación de las telecomunicaciones.

Debido a estas limitaciones, se han provisto algoritmos especiales para el Frequency Hopping. Por este motivo, se debe considerar que los productos implementados para la banda de frecuencias reducidas no funcionarán con productos implementados con el ancho de banda al completo.

La banda está dividida en 79 canales de 1Mhz, excepto en Francia y Japón, donde por limitaciones de la regulación local sólo se dispone de 23 canales. En concreto:

Área	Banda	Banda de guarda inferior y superior	Canales RF
USA y Europa	2,4000 – 2,4835 Ghz	2 Mhz y 3,5 Mhz	0...78
Japón	2.4710 – 2,497 GHz	2 Mhz y 2 Mhz	0...22
Francia	2,4465 – 2,4835 GHz	7,5 Mhz y 7,5 Mhz	0...22
España	2,4000 – 2,4835 Ghz	2 Mhz y 3,5 Mhz	0...78

Tabla 6.3. Bandas de frecuencias reguladas en el mundo.

La citada banda de frecuencias aparece en el Cuadro Nacional de Asignación de Frecuencias [2] como de uso común para aplicaciones generales en recintos cerrados, pero se comparte con Wireless LAN, aplicaciones industriales, científicas y médicas, teniendo que aceptarse su interferencia, lo cual restringe su uso. **No obstante, se han realizado simulaciones de interferencias mutuas entre Bluetooth y Wireles LAN, y por los resultados obtenidos, se considera que dichas tecnologías no se interferirán mutuamente porque utilizan modelos de modulación distintos en cada tecnología.** Asimismo están autorizados enlaces móviles de televisión como servicio secundario de una banda un poco más amplia que la estrictamente asignada a Bluetooth y se permiten enlaces de vídeo de corto alcance en las frecuencias 2,421 Ghz, 2,449 Ghz y 2,477 Ghz.

6.3.2 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN.

Se ha previsto un **alcance** de 10 metros, aunque podría llegar a 100 metros, dependiendo de la clase de potencia del terminal. Existen tres clases de potencia, numeradas de uno a tres, que se corresponden con las potencias de transmisión de 20, 4 y 0 dBm. El control de potencia es obligatorio en dispositivos de clase uno y opcional en las otras dos. Esta especificación cumple la regulación española que limita la máxima potencia isotópica radiada equivalente (PIRE) en estas frecuencias a 100 mW (20 dBm).

A continuación se muestra la tabla con la clasificación de las tres clases de potencia:

Clase	Potencia de Salida Máxima	Potencia de Salida Nominal	Potencia de Salida Mínima	Control de Potencia
1	100 mW (20 dBm)	N/A	1 mW (0 dBm)	<i>P_{min} < 4dBm a P_{max}</i> <i>Opcional: P_{min} a P_{max}</i>
2	2,5 mW (4 dBm)	1 mW (0 dBm)	0,25 mW (-6 dBm)	<i>Opcional: P_{min} a P_{max}</i>
3	1 mW (0 dBm)	N/A	N/A	<i>Opcional: P_{min} a P_{max}</i>

Tabla 6.4. clasificación de las tres clases de potencia.

Estos requerimientos establecidos están dados para unos niveles de potencia en el conector de la antena del equipo. Si el equipo no tiene conector (antena integrada) se asume una ganancia de la antena de 0 dBi.

Los pasos en el control de potencia podrán ser pasos con un tamaño máximo de 8 dB y un tamaño mínimo de 2 dB.

6.3.3 CARACTERÍSTICAS DE MODULACIÓN.

La modulación es GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*) y la velocidad de símbolo es de 1Mbps. La capacidad real del enlace es menor, debido a los bits empleados en la cabecera y de control del enlace físico.

La siguiente figura representa la modulación de transmisión real.

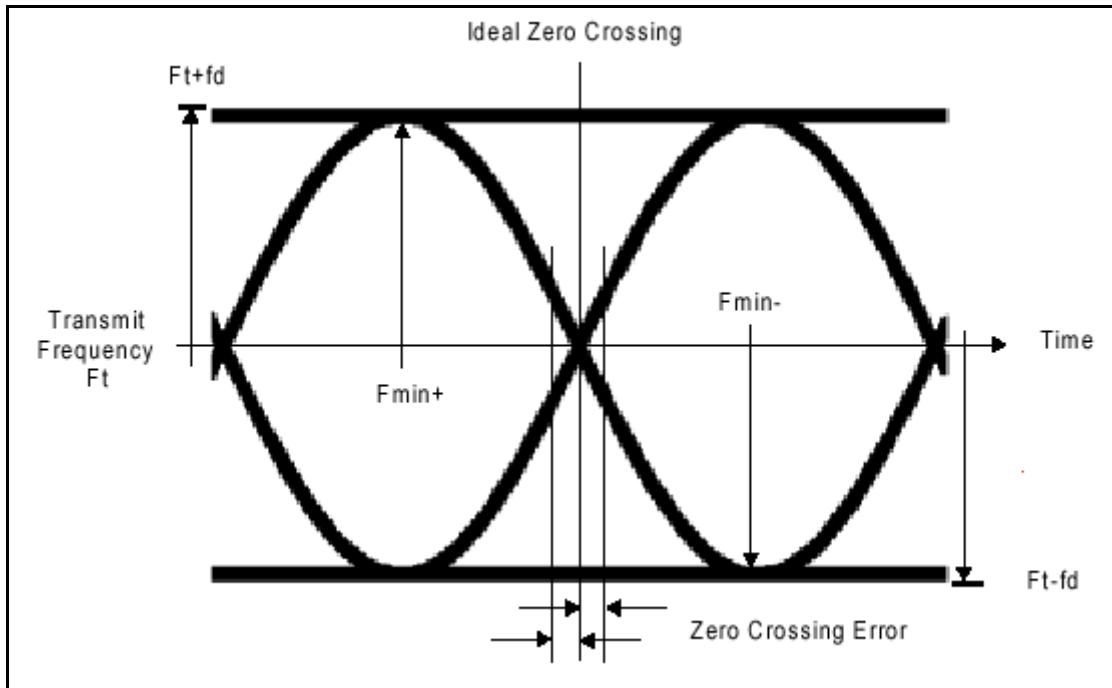


Figura 6.5. Modulación.

6.3.4 EMISIÓN DE ESPÚREOS.

Para la emisión de espúreos, dentro de la banda y fuera de la misma se ha aplicado la normativa de la ETSI 300 328.

6.2.4.1 Emisiones de espúreos dentro de la banda.

Dentro de la banda el transmisor debe pasar por la máscara espectral dada en la siguiente tabla:

Offset de Frecuencia	Potencia del Transmisor
+/- 500 KHz	- 20 dBc
$ M-N = 2$	- 20 dBm
$ M-N \geq 3$	- 40 dBm

Tabla 6.6. Emisiones de espúreos dentro de la banda.

Donde M es el canal en donde está transmitiendo el transmisor y N es el canal en donde se mide la potencia del canal adyacente.

6.2.4.2 Emisiones de espúreos fuera de banda.

La potencia a medir deberá ser medida en un ancho de banda de 100 KHz.

<i>Banda de Frecuencia</i>	<i>En modo operativo</i>	<i>En modo Idle</i>
<i>30 MHz – 1 GHz</i>	<i>- 36 dBm</i>	<i>- 57 dBm</i>
<i>1 GHz – 12,75 GHz</i>	<i>- 30 dBm</i>	<i>- 47 dBm</i>
<i>1,8 GHz – 1,9 GHz</i>	<i>- 47 dBm</i>	<i>- 47 dBm</i>
<i>5,15 GHz – 5,3 GHz</i>	<i>- 47 dBm</i>	<i>- 47 dBm</i>

Tabla 6.7. Emisiones de espúreos fuera de banda.

6.3.5 CARACTERÍSTICAS DE RECEPCIÓN.

La referencia del nivel de sensibilidad está definido para -70 dBm como el nivel de entrada para el cual la BER es de 0,1%, en las condiciones de transmisión descritas en puntos anteriores.

Por otro lado, el máximo nivel de entrada utilizable por el receptor será de -20 dBm, para una BER menor o igual a 0,1%.

A continuación se muestra una tabla con los requerimientos contra interferencias:

- Para la interferencia co-canal y adyacente son medidas con 10 dBs sobre la referencia del nivel de sensibilidad.
- Para el resto están medidas con 3 dBs sobre la referencia del nivel de sensibilidad.

<i>Requerimientos</i>	<i>Relación C/I</i>
<i>Co - Canal</i>	<i>10 dB</i>
<i>Interferencia Adyacente a 1 MHz.</i>	<i>0 dB</i>
<i>Interferencia Adyacente a 2 MHz.</i>	<i>- 30 dB</i>
<i>Interferencia Adyacente > 3 MHz.</i>	<i>- 40 dB</i>
<i>Interferencia a la Frecuencia Imagen</i>	<i>- 9 dB</i>
<i>Interferencia Adyacente a la banda de la Frecuencia Imagen.</i>	<i>- 20 dB</i>

Tabla 6.8. Requerimientos contra interferencias.

6.2.5.1 Bloqueo fuera de banda.

La siguiente tabla muestra los niveles de interferencia de una señal de onda continua 3 dB por encima de la referencia del nivel de sensibilidad.

Frecuencia señal interferente	Nivel de potencia de la señal interferente
30 MHz – 2000 MHz	- 10 dBm
2000 MHz – 2399 MHz	- 27 dBm
2498 MHz – 3000 MHz	- 27 dBm
3000 MHz – 12,75 GHz	- 10 dB

Tabla 6.9. Niveles de interferencia de una señal de onda continua
3 dB por encima de la referencia del nivel de sensibilidad.

6.4 Canal físico.

El canal es dúplex por división en el tiempo (**TDD**) y está dividido en ranuras de tiempo (timeslots) de una duración de **625 μ s**. Sobre el canal, la información es conmutada a través de paquetes. Cada paquete es transmitido en un salto de frecuencia diferente. Un paquete normalmente ocupa un único timeslot, pero puede ocupar hasta 5.

Como ya comentamos en la introducción, el protocolo Bluetooth combina una conmutación de paquetes y de circuitos. Los timeslots pueden ser reservados para paquetes síncronos, pero Bluetooth puede soportar una canal de datos asíncrono, hasta 3 simultáneos canales de voz síncronos, o un canal que simultáneamente soporta datos asíncronos y voz síncrona. **Cada canal de voz soporta una canal síncrono (voz) a 64 kb/s en cada dirección. El canal asíncrono puede soportar una tasa máxima asimétrica de 723,2 Kbits/s y hasta 57,6 kbits/s en la otra dirección, o 433,9 kbits/s en modo simétrico.**

El canal está definido por una secuencia de hopping pseudoaleatoria que abarca la totalidad de los 23 ó 79 canales de radiofrecuencia, a una velocidad de 1600 saltos por segundo, por lo que los *timeslots* tienen una duración de **625 μ s**. Dicho de otra manera, en una comunicación entre dispositivos Bluetooth *todos* utilizan la totalidad del espectro para transmitir y recibir siguiendo la misma secuencia de *hopping* de 23 ó 79 canales de 1MHz, distribuyéndose el tiempo de transmisión ordenadamente como se ve en la figura siguiente:

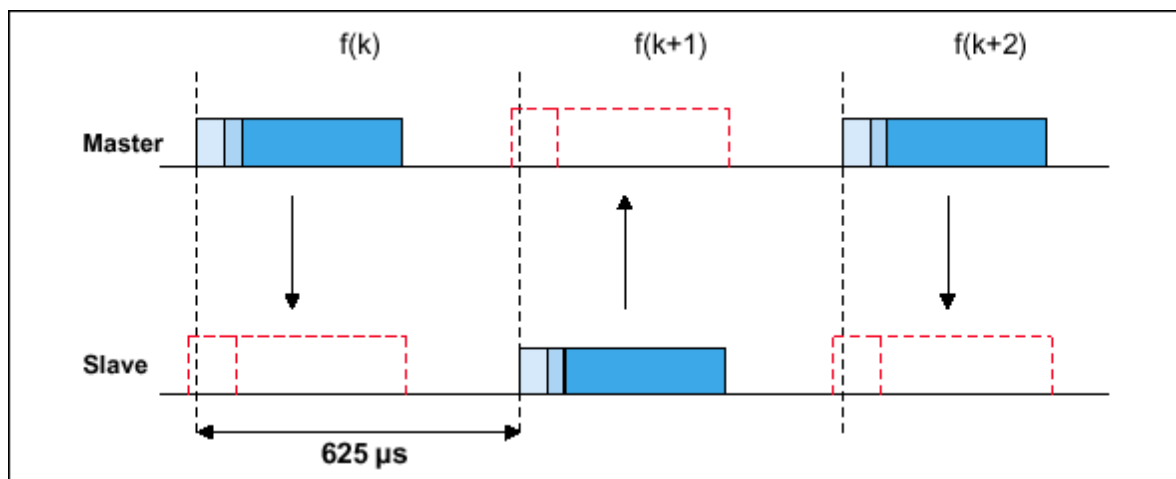


Figura 6.10. Canal Físico.

El dispositivo *master* de cada *piconet* fija la secuencia de *hopping* a utilizar y su sincronismo basándose en su reloj, y las *slave* se sincronizan a ella introduciendo un factor de retardo en su propia transmisión. Los *timeslots* se numerarán en función del reloj del dispositivo *master*. Los rangos de numeración abarcan de 0 a 2^{27} y son cíclicos, cuya longitud de ciclo es de 2^{27} .

El reparto del tiempo de transmisión se hace por *timeslots*, pudiendo transmitir cada dispositivo durante un *timeslot* o durante un *multislot* de tres o cinco *timeslots* consecutivos. La frecuencia no cambia durante la transmisión de un *timeslot* o *multislot*, recuperándose la secuencia de *hopping* tras la transmisión de un *multislot*. El *master* siempre comenzará a transmitir en los *timeslots* numerados como pares y las *slave* en los impares. La gestión de qué *slave* tiene permiso para transmitir corresponde al dispositivo que actúe como *master* en cada momento.

6.5 Arquitectura del dispositivo.

Los dispositivos Bluetooth constan de tres entidades fundamentales:

- La unidad de radio
- El controlador de banda base (*Baseband Controller*)
- La unidad de gestión del enlace y reconocimiento de los dispositivos I/O y sus funciones software (*Host*).

A continuación se representa gráficamente las tres entidades mencionadas anteriormente:

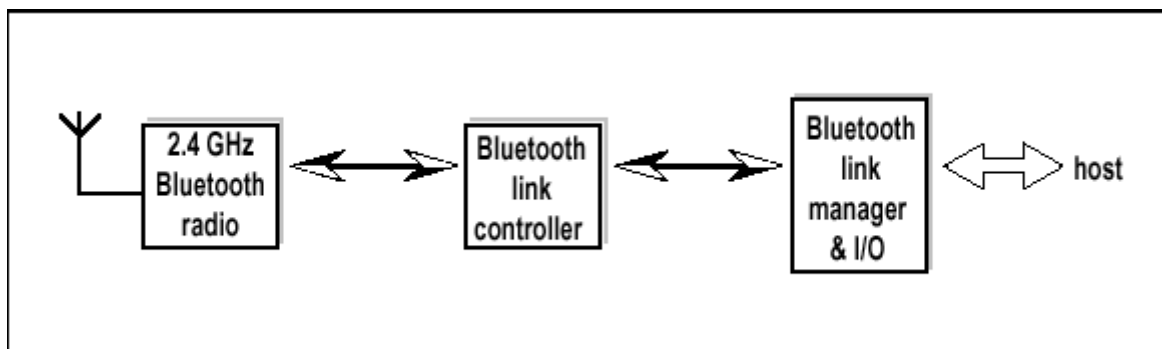


Figura 6.11. Arquitectura del dispositivo.

La unidad de radio adapta la información al medio físico con los parámetros que le proporciona el controlador de banda base, cumpliendo con las especificaciones de transmisión y recepción.

El controlador de banda base es una entidad algo más compleja en el que está identificado el control del enlace (*Link Controller*). El control del enlace se ocupa del control físico de la comunicación radio, atendiendo al sincronismo de la secuencia de *hopping*, control de potencia, etc. La gestión del enlace (*Link Manager*) se ocupa del reconocimiento de otros dispositivos y de la comunicación con ellos mediante el *Link Manager Protocol* (LMP), así como de la configuración del enlace en cada momento.

El servidor de funciones software (*Host*) es el encargado de proveer interoperabilidad entre las aplicaciones y el enlace radio, así como de dotar al dispositivo de un conjunto de comandos que permita a instancias superiores del *software* hacer uso del enlace radio.

6.6 Enlace lógico.

6.6.1 TIPOS DE ENLACE.

Se definen dos tipos de enlace en la especificación Bluetooth:

- **SCO** (*Synchronous Connection Oriented*). Típicamente se utilizará para enlaces de voz. Es un enlace simétrico punto a punto entre el *master* y un *slave*, orientado a conmutación de circuitos sin retransmisión ni confirmación de recepción de los datos. Se utiliza una codificación CVSD (*Continuous Variable Slope Delta modulation*) que permite reconstruir la voz hasta con un 4% de BER. Este tipo de enlace sólo puede establecerlo el *master*, y se reservan *timeslots* a intervalos regulares para asegurar la comunicación. En una *piconet* se pueden cursar hasta tres enlaces simultáneos entre un *slave* y el *master* o entre hasta tres *slave* y el *master*. También es posible en una *scatternet* que un *slave* mantenga dos enlaces SCO con diferentes *master*.
- **ACL** (*Asynchronous Connection-Less*). Más orientado a transmisión de datos, cuenta con un protocolo de confirmación de recepción de los datos y de retransmisión de la información. Es un enlace entre el *master* y cualquier grupo de *slave*, pero sólo se soporta uno entre cada *slave* y *master* por el que se transfiere toda la información requerida. La comunicación puede ser asimétrica, mediante el envío de *multislots* sólo en una dirección y está controlada por el *master* en todo momento, ya que en su transmisión indica qué *slave* puede transmitir a continuación. Cuando no se concreta ningún *slave* se considera que es un mensaje de difusión.

6.7 Formato general de los paquetes.

La voz o los datos se envían a través del canal en **paquetes** que, por lo general, ocupan la totalidad de un *timeslot* o *multislot*. La estructura de los paquetes es siempre la misma, 72 bits de *Channel Acces Code* (CAC), 54 bits de *header* o cabecera del paquete y de 0 a 2754 bits de *payload* o información útil, tal y como se ve en la siguiente figura.

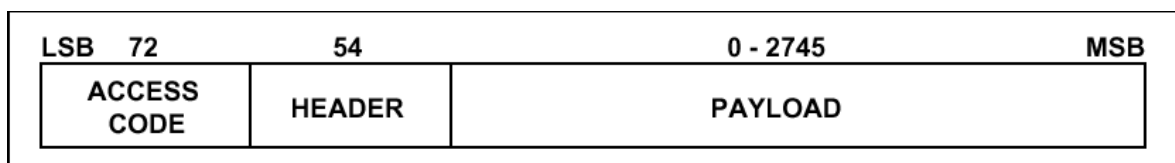


Figura 6.12. Estructura de un paquete.

6.8 Tratamiento de la información.

Existen tres métodos de corrección de errores que evitan la retransmisión excesiva de paquetes FEC 1/3 (*Forward Error Code 1/3*), FEC 2/3 y ARQ (*Automatic Repeat Request*), siendo el primero el que aporta más redundancia y protección y el último el que menos. Estos métodos no se aplican de igual manera a la totalidad de los paquetes y su gestión permite mejorar el rendimiento de la *piconet*. Cuatro de los bits del *header* definen los distintos tipos de paquetes, de manera que hay tipos exclusivos para conexiones SCO o ACL.

- **Los paquetes exclusivos ACL** son los denominados DM1, DM3 y DM5 (Data Medium-rate 1,3,5) van protegidos contra errores con un método FEC 2/3 y ocupan respectivamente uno, tres o cinco timeslots. En realidad el paquete DM1 también se utiliza en determinados procesos de los enlaces SCO. Muy similares son los paquetes DH1, DH3, DH5 (Data High-rate) que al no tener protección contra errores FEC alcanzan mayores velocidades de transmisión de información útil. Existe un mecanismo de control de flujo en cada sentido de la comunicación para conmutar entre ellos.
- **Los paquetes exclusivos SCO** son los denominados HV1, HV2 y HV3 ocupan siempre un solo timeslot, y se utilizan para mantener una comunicación de voz a 64 Kbits/s. Se diferencian en los distintos métodos de corrección contra errores que emplean, en concreto FEC 1/3, FEC 2/3 y ninguno respectivamente. Esto hace que se reserven más timeslots para una conversación mediante paquetes HV1 que para una con paquetes HV3. El máximo es de tres enlaces SCO simultáneos en una piconet con paquetes HV3 sin protección contra errores. Otro de los tipos de paquetes exclusivos de los enlaces SCO es el denominado DV (Data and Voice) que permite mantener una conversación y transmitir datos en el mismo enlace aplicándose el mecanismo de retransmisión únicamente a los datos.

6.9 Control de la conexión.

Los dispositivos Bluetooth encendidos, pero sin ninguna conexión establecida, se encuentran en estado *Standby*. En este estado, el dispositivo atiende la recepción durante 32 *timeslots* consecutivos, simples o múltiples, cada 1,28 segundos, hasta que recibe o transmite un mensaje solicitando comenzar la conexión con algún otro dispositivo.

El mecanismo de conexión difiere si la unidad que actúa como *slave* mantiene o no el código denominado *Active Member Address* o MAC, que consta de tres bits y define la dirección de un dispositivo en una conexión Bluetooth. En caso de mantener la dirección de una conexión anterior, se realizará un proceso de *page* que rehabilitará la conexión de manera casi instantánea (retraso típico = 0,6 segundos), mientras que si no se dispusiese de ella, se hará previamente in proceso de *inquiry* que tardará un tiempo típico de 2 segundos para luego realizar el *page*.

Una vez en estado *Connected*, se establece una conexión SCO o ACL con el *master* hasta que se decide pasar a alguno de los tres estados de bajo consumo que contempla la especificación.

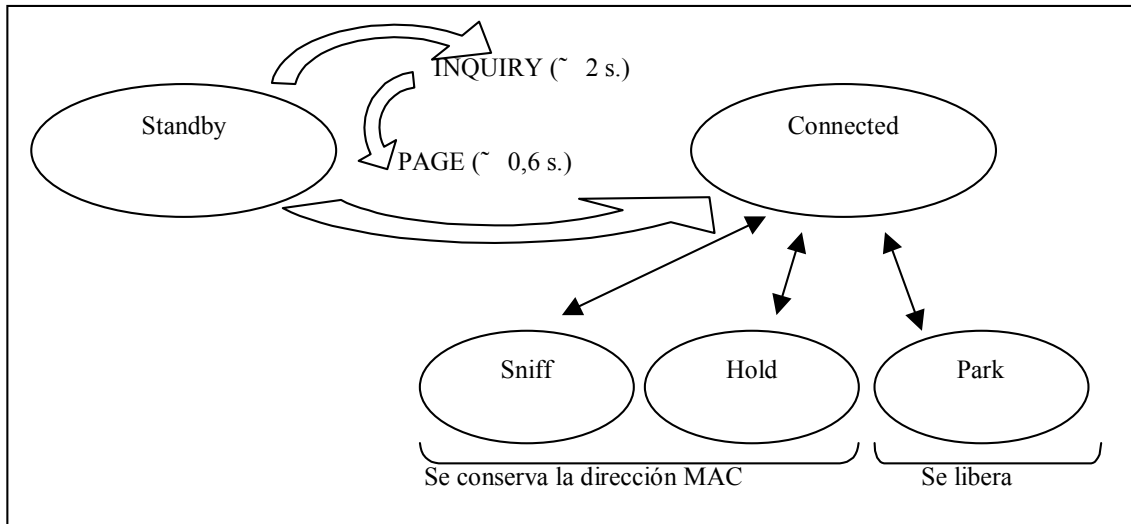


Figura 6.13. Mecanismo de conexión.

- **Sniff.** En este estado el slave atiende los mensajes de la *piconet* durante breves periodos espaciados que pueden definirse mediante la aplicación que utiliza el enlace Bluetooth. La dirección MAC se mantiene y puede recuperarse el intercambio de información con un proceso de *page* solamente.
- **Hold.** Tanto el *master* como el *slave* pueden solicitar que el *slave* pase a este estado. Se mantiene la dirección MAC. Es un estado de ahorro de energía en el que entran los integrantes de una *piconet* cuando no hay que transmitir ningún dato.
- **Park.** En este estado el dispositivo aún se encuentra sincronizado a la *piconet*, pero no participa activamente en la conexión, por lo que no mantiene su dirección MAC. En este estado aún se atiende a los mensajes de difusión.

6.10 Seguridad.

La especificación no obliga al encriptado de la información del *payload*, aunque describe el método en que debe hacerse, en el caso de que el dispositivo Bluetooth disponga de esta funcionalidad.

Al iniciar el enlace, arranca un proceso de sincronización llamado *pairing*, en el que se genera una clave inicial (k_{init}) con la que se realiza el proceso de autenticación mutuo, primero en un sentido y luego en el otro. La especificación recoge que puede rechazarse el establecer una comunicación, bien sea como *slave* o como *master*, si el otro extremo del enlace falla en completar el proceso de autenticación, restringiendo de manera efectiva el acceso a los dispositivos a través del puerto Bluetooth.

Durante la autenticación se genera una clave de enlace (k_{link}) con la que se encripta la información, permitiendo la confidencialidad de la conexión. Existe una clave para cada conexión entre dispositivos en la *piconet* y una común para los mensajes de difusión a todos los dispositivos (k_{master}).

Las claves pueden ser temporales, de manera que sólo se utilicen en una sesión, o semipermanentes, habilitando la posibilidad de que los dispositivos que van a tener numerosas conexiones a lo largo de un periodo de tiempo, no necesiten nada más que reconocerse entre sí para comenzar la transmisión sin necesidad de esta inicialización.

El mecanismo de *pairing*, origen de todas las claves, precisa un código conocido como *Passkey* o *PIN* que se introduce por el usuario en ambos dispositivos del enlace. En los casos en que el dispositivo Bluetooth no disponga de la posibilidad de introducir una *Passkey*, tendrá una grabada de manera hardware que se enviará por el enlace radio al otro dispositivo para permitir el *pairing*. Esto hace disminuir sensiblemente la seguridad del sistema, pero puede compensarse estableciendo claves semipermanentes entre dispositivos, de manera que el mecanismo de *pairing* no se realice habitualmente.

La especificación no se compromete a garantizar la seguridad de la comunicación, encomendando esta tarea a las aplicaciones que utilicen el enlace Bluetooth, aunque en los casos en que se introduce el *Passkey* en ambos dispositivos, sí puede considerarse que existe un alto grado de confidencialidad.

6.11 Compatibilidad con aplicaciones.

La especificación intenta ofrecer un alto grado de interoperabilidad con las aplicaciones existentes. Para ello se describen las condiciones a cumplir por los puertos Bluetooth de manera que realicen:

- Emulación de puerto serie USB (Universal Serial Bus).
- Emulación del puerto serie RS-232.
- Emulación del terminal de infrarrojos IrOBEX.

Esto permite la compatibilidad hacia atrás del puerto con aplicaciones ya existentes, como por ejemplo la conexión entre un procesador de textos y una impresora.

Para permitir obtener el máximo partido de la conexión simultánea vía radio entre un grupo de dispositivos variados, se ha definido un conjunto de comandos que sirven de interfaz entre el *Host* de Bluetooth y las instancias superiores de *software* de cualquier dispositivo que utilice un puerto Bluetooth (ordenador, teléfono móvil, etc).

Este conjunto de comandos determina en gran medida las aplicaciones que puede llegar a tener esta tecnología. La especificación advierte que en un futuro se ampliará el conjunto descrito en la versión 1.0, pero por el momento, sólo cubre el control de la conexión en todos sus aspectos: gestión del estado de los dispositivos, cambio de claves, etc. Existe un conjunto de comandos enfocado exclusivamente a comunicaciones de voz. La posibilidad más llamativa es la existencia de un comando que permite solicitar una determinada Calidad de Servicio (QoS) para cada conexión, aunque puede no ser atendida si uno de los dos dispositivos del enlace no cuenta con las funcionalidades necesarias.

6.12 Posibles aplicaciones de bluetooth.

Dentro de la especificación 1.1 de Bluetooth, se recogen algunas aplicaciones que deben soportar dichos dispositivos, de manera que se facilita el desarrollo e implementación de las mismas. Se denominan perfiles de uso (*profiles*), y dan una idea muy clara del mercado que intenta captar. Los perfiles de uso descritos en la versión 1.0 de la especificación son:

- Perfil de acceso genérico.
- Perfil de la aplicación detección de servicios (SDP).
- Perfil de teléfono inalámbrico.
- Perfil de intercomunicador.
- Perfil de puerto serie.
- Perfil de auriculares.
- Perfil de interconexión con módem Dial-up.
- Perfil de fax.
- Perfil de acceso a LAN.
- Perfil de intercambio de objetos genéricos.
- Perfil de transferencia de ficheros.
- Perfil de sincronización.

De todos estos perfiles sólo vamos a describir brevemente el de WLAN por ser actualmente de gran interés.

6.12.1 WLAN (WIRELESS LOCAL AREA NETWORK).

Se puede realizar una pequeña red de ordenadores interconectados entre sí por sus respectivos puertos Bluetooth, también conocido como *ad-hoc networking*, o bien una red tipo **Wireless LAN**, ya que se describen dos funciones principales, la de punto de acceso a la LAN (*LAN Access Point* o LAP), que es el dispositivo que transforma la información del formato Bluetooth a IP, y el terminal de datos (*Data Terminal* o DT), que es el elemento que forma parte de la LAN a través del enlace radio.

La especificación define los protocolos Baseband, LMP y L2CAP a los que hace referencia el diagrama, que son las capas 1 y 2 OSI relativas a Bluetooth. También se define el protocolo RFCOMM que, como citábamos en el apartado anterior, es la adaptación a Bluetooth de la norma GSM TS 07.10 y SDP es el protocolo de detección de servicios. Las novedades respecto a otras aplicaciones son:

- PPP, que es el **protocolo Point-to-Point** especificado para la transmisión de información en Bluetooth.
- **El protocolo sobre él, PPP-Networking**, que se refiere al procedimiento de tomar los paquetes IP desde/hacia la capa PPP y transferirlos a la LAN.
- Y finalmente, ME, que es la **entidad de gestión** (Management Entity) que coordina el proceso durante la inicialización y la configuración y gestiona el enlace.

A continuación se muestra la torre de protocolos.

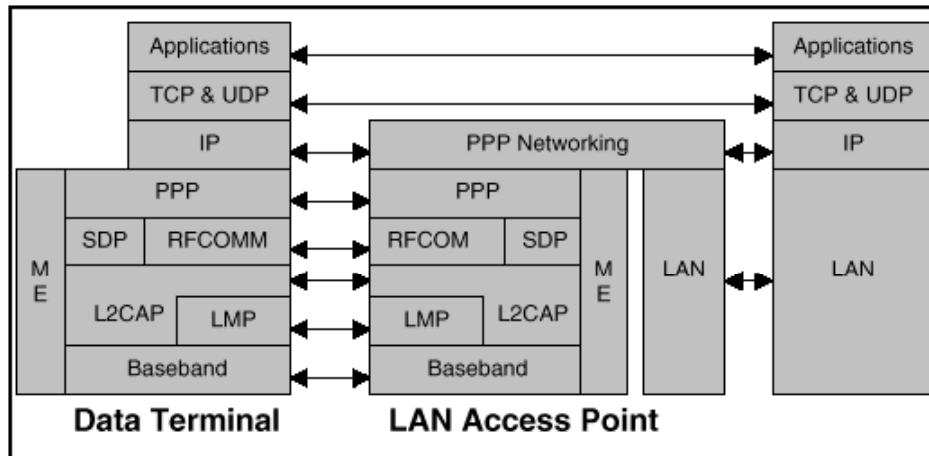


Figura 6.14. Torre de protocolos WIRELESS LAN.

Para garantizar la seguridad en este escenario, un dispositivo Bluetooth funcionando como DT o LAP rehusará cualquier orden de deshabilitar la encriptación, lo cual fuerza a que haya que introducir un *Passkey* para iniciar el procedimiento de *pairing* y establecer el enlace radio.

Otro de los objetivos de la especificación es permitir asignar un ancho de banda mínimo a cada usuario, para lo cual se describe la posibilidad de establecer un número máximo de usuarios para cada LAP, pudiendo ser sólo uno. Las posibilidades de esta aplicación incluyen la interconexión entre ordenadores, actuando uno de ellos como LAP y el otro como DT. Para ello se describe hasta la interacción con Microsoft Windows y el servidor PPP que este sistema operativo integra. A continuación se muestra una figura compuesta por un LAP y múltiples DTs.

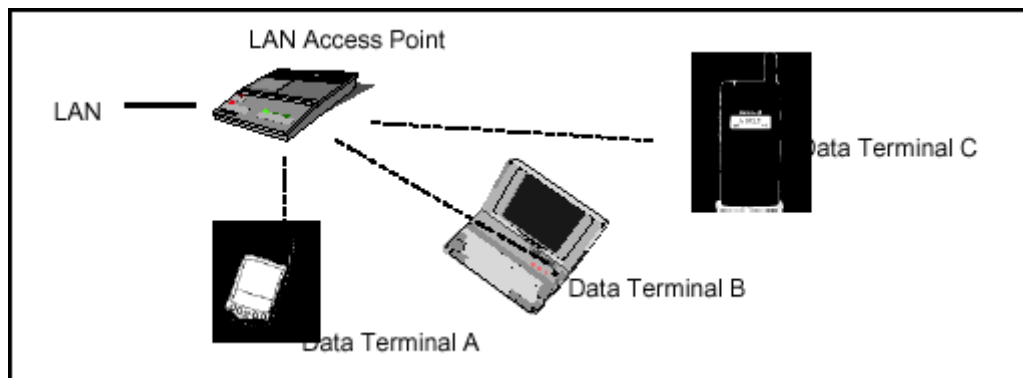


Figura 6.15. Interconexión WIRELESS LAN.

6.13 Comparación con otras tecnologías.

6.13.1 CTS.

El servicio CTS permite utilizar el teléfono GSM como terminal inalámbrico, siendo necesaria la instalación de un elemento conectado a la red fija que haga las veces de estación base. El mayor problema de este servicio es que se plantea sobre la misma banda que GSM, reutilizando las mismas frecuencias.

Se puede ofrecer el mismo servicio con terminales GSM en los que se incluya un puerto Bluetooth, con la ventaja sustancial de no realizar emisiones interferentes en las frecuencias de la banda GSM, aunque seguirá siendo necesaria la instalación de un terminal de conexión con la red PTSN.

Ericsson se retiró del proyecto CTS a favor de Bluetooth, por lo que es muy probable que sus planes sean que el servicio CTS esté disponible para terminales GSM a través del puerto Bluetooth.

6.13.2 DECT.

Este sistema es un proyecto autónomo de ETSI, desde 1996 enfocado a telefonía inalámbrica con vistas a poder ser adaptada a otras aplicaciones, como el bucle local de abonado inalámbrico o una centralita inalámbrica. El concepto de sistema es bastante similar a CTS, necesitando terminales y puntos de interconexión con la red PTSN.

En el campo de la telefonía inalámbrica, DECT ofrece mejores prestaciones que Bluetooth, ya que fue específicamente concebido para realizar esta función y es un sistema completamente desarrollado y comercialmente desplegado. De todos modos, la posibilidad de transmitir datos a mayor velocidad en Bluetooth que en DECT, que alcanza hasta 128 Kbps/s, pueden hacerlo más atractivo para futuras instalaciones de sistemas inalámbricos domésticos y de pequeñas empresas.

6.13.3 WPAN (IEEE 802.15).

El concepto de WPAN (*Wireless Personal Access Network*) surge de la posible necesidad de interconectar los dispositivos existentes en un radio de 10 metros alrededor de cada individuo sin necesidad de cables. Este entorno se denomina POS (*Personal Operative Space*) y en él pueden encontrarse desde el consabido teléfono móvil y ordenador portátil, hasta un arma de fuego que sólo puede ser disparada dentro del POS de su propietario.

El grupo de trabajo dentro de IEEE que pretende completar esta especificación se formó en marzo de 1999 y su objetivo es establecer un marco más sencillo que las especificaciones, también de IEEE, 802.11 de 1997 [7] y de 1999 [8] que describen una tecnología capaz de implementar una red de área local (LAN) con una mínima infraestructura consistente en puntos de interconexión con la red de datos que funcionan como pasarelas MAC (*Medium Access Control*) entre el protocolo radio y Ethernet.

Esta simplificación de los requerimientos redundará en un abaratamiento de los costes de producción, sin perder la compatibilidad entre dispositivos de ambos estándares. La similitud de propósitos es tanta que el SIG da por sentado, en su publicación oficial SIGnal del 2 de septiembre, que Bluetooth será la tecnología utilizada en las futuras WPAN, adueñándose de este concepto y de el de POS, al informar de los caminos paralelos que han seguido ambos trabajos, incidiendo en el adelanto de Bluetooth respecto al 802.15.

Este estándar, cuando se publique, será una competencia directa con Bluetooth, aunque ya se está intentando buscar medios para permitir su coexistencia. Debido al retraso en ser editado, puede tener menos expectativas de mercado, aunque al proceder de una organización especializada en publicar especificaciones y a la compatibilidad con el estándar 802.11 [8] puede hacer frente a Bluetooth.

6.13.4 HOMERF.

Este estándar, al igual que Bluetooth, está promovido por un consorcio de empresas al que pertenecen IBM, Intel, Apple y Motorola entre otras. Sus objetivos son establecer una especificación abierta para comunicaciones radio digitales en una banda que no precise licencia, lo que habilitará la interconexión entre un amplio rango de dispositivos dentro y alrededor del hogar.

Esta especificación define el SWAP-CA (*Shared Wireless Access Protocol – Cordless Access*), y también está pensada para operar en la banda de 2,4 Ghz con *frequency hopping* de 50 hops/s. Toma ideas tanto de la especificación 802.11 [8] como del estándar DECT, permitiendo una tasa de transferencia de 1 ó 2 Mbit/s y comunicaciones de voz con alta calidad, de manera que serán posibles servicios de reconocimiento de voz. Al igual que Bluetooth existe la posibilidad de *ad-hoc networking* y de redes gestionadas por puntos de acceso a PTSN o LAN.

Es muy similar al estándar descrito en estas páginas y también procede de una iniciativa de un grupo de empresas. Resulta curioso que algunas estén presentes en ambos consorcios, aunque a la vista del número de empresas involucradas en cada estándar, 1000 en Bluetooth frente a 90 en HomeRF, parece que el interés de la industria se decanta por la primera.

6.13.5 WIRELESS LAN (802.11).

Wireless LAN está promovido por el IEEE y hay dos versiones del mismo, uno publicado en 1997 [7] (802.11) y otro publicado en 1999 [8] (802.11b) que describen una tecnología capaz de implementar una red de área local (LAN) con una mínima infraestructura, consistente en puntos de interconexión con la red de datos que funcionan como pasarelas MAC (*Medium Access Control*) entre el protocolo radio 802.11 y Ethernet.

En la actualidad, existen productos comerciales basados en la segunda versión que trabajan en una banda de frecuencias coincidente a la de Bluetooth, situada en torno a los 2,4 Ghz, y ofrecen tasas de transferencia de 11Mbps/s. Sin embargo, en esta primera versión, se hace una provisión de banda en la zona de infrarrojos (por encima de 300 Ghz) para un futuro avance del sistema.

La segunda versión del estándar define una nueva banda de frecuencias de utilización en torno a 5 Ghz (802.11a) y es más ambiciosa, tanto en velocidades máximas de transmisión, como en aplicaciones, contemplándose la posibilidad de redes metropolitanas de transmisión de datos.

Esta tecnología está comenzando a asentarse en el mercado, lo cual le da cierta ventaja, pero Bluetooth ofrece mayor flexibilidad, debido a que puede interconectar hasta ocho ordenadores sin necesidad de infraestructura. Si alguna empresa emprende el desarrollo de un dispositivo que haga de pasarela entre el enlace radio Bluetooth y Ethernet, caso probable, la primera versión del 802.11 podría quedar relegada por una posible popularidad de Bluetooth.

Se han realizado simulaciones de interferencias mutuas entre Bluetooth y Wireless LAN, y por los resultados obtenidos se considera que dichas tecnologías no se interferirán mutuamente, porque utilizan modelos de modulación distintos.

6.13.6 HIPERLAN.

Dentro del proyecto ETSI de redes de acceso de banda ancha (BRAN), existe una especificación de 1998 denominada Hiperlan/1 [9] enfocada a la conexión inalámbrica de dispositivos que propone tasas de transferencia de datos de hasta 19 Mbits/s. Actualmente se está trabajando en finalizar una segunda versión denominada Hiperlan/2 [10], cuyo objetivo es alcanzar los 25 Mbits/s y es parejo al estándar 802.11-1999 [8] que comentábamos en el apartado anterior. La banda de frecuencias reservada para este servicio se encuentra alrededor de los 5 Ghz y se intenta que sea mayor de 150 Mhz.

Debido a que esta tecnología se centra en redes de datos y precisa de infraestructura de red, la velocidad de transmisión es mucho más alta, por lo que puede considerarse enfocada a un mercado distinto al de Bluetooth, cuya máxima tasa de transferencia es de 721 Kbps/s. Así, Bluetooth se sitúa en el mercado de las redes de datos como una opción económica de interconectar pocos ordenadores entre sí sin necesidad de infraestructura, lo cual parece destinado al mercado doméstico y de empresas pequeñas frente a Hiperlan.

6.13.7 MMAC 5 GHZ MOBILE ACCESS.

Frente a los estándares europeo (ETSI) y norteamericano (IEEE) el mercado japonés plantea su propia especificación de redes de acceso de banda ancha desde el **MMAC-PC** (*Multimedia Mobile Access Communication Systems Promotion Council*), subdividiendo los sistemas entre privados y públicos. De las cuatro especificaciones sobre las que está trabajando, sólo dos se refieren a redes inalámbricas de dispositivos, aunque ninguna ha sido publicada:

- **5 Ghz Mobile Access**, que alcanzaría tasas de transferencia de 20 a 25 Mbps y está enfocado tanto a interiores como exteriores, permitiéndose el handover.
- **Ultra High Speed Wireless LAN**, que alcanzaría tasas de 156 Mbps, que sólo se plantea en interiores en la banda de 60 Ghz.

Mientras que las otras dos especificaciones de MMAC sobre redes de banda ancha se dirigen a aplicaciones de difusión de datos a alta velocidad con un enfoque pensado en el mercado de masas. Son diferentes respecto a los otros estándares en que tienen en cuenta aplicaciones lúdicas, como por ejemplo la distribución de información de tráfico a dispositivos instalados en vehículos (navegación por las rutas menos congestionadas), guía de automóviles dentro de los garajes, difusión de imagen a terminales de espectadores en un circuito de carreras o guías electrónicas interactivas y multimedia para exposiciones museísticas y parques temáticos.

Al igual que HIPERLAN, los estándares japoneses parecen orientados a mercados que demanden datos a más alta velocidad de lo que puede ofrecer Bluetooth, y por tanto, las consideraciones hechas en el apartado anterior tiene perfecta validez aquí.

6.14 Conclusiones.

Debido a que en España el espectro de esta tecnología **es de libre uso en interiores**, por lo que cualquier empresa puede utilizarla, se espera una gran difusión de esta tecnología.

Una de las principales aplicaciones de Bluetooth es potenciar la oficina móvil, por lo que la demanda de transmisión de datos a través de la red GSM/GPRS aumentará, puesto que será más sencillo usarlo.

Pero las especificaciones hacen que también **Bluetooth esté orientado a telefonía y transmisión de datos sin hilos en entornos residenciales en un espectro de libre uso**. Es altamente **ineficiente** utilizarlo para proporcionar redes de telefonía o *Wireless LAN* en PYMES o corporaciones, debido a que, al aumentar la densidad de usuarios, es necesario establecer una red de unidades de interconexión con la red de voz/datos, ya que la máxima capacidad para cada punto de interconexión con la red telefónica es de tres llamadas simultáneas ó 721 kbits/s. En una situación de alta densidad de usuarios, las *piconet* estarían muy próximas y probablemente en línea de visión, con lo que el número de colisiones de *timeslots* sería mayor, degradándose la calidad y la capacidad ofrecida.

Una desventaja de este tipo de redes locales de voz y datos es que la movilidad está restringida al área de cobertura de una *piconet*, ya que **el handover entre puntos de acceso a la red telefónica/datos no está contemplado**. Esta desventaja sería subsanable con una aplicación que gestionase todos los puntos de acceso a la red como una unidad, y permitiese al terminal Bluetooth establecer una nueva conexión con otro punto de interconexión antes de perder definitivamente el enlace con la anterior por mala calidad. Tampoco está descrito un sistema con funciones de centralita (llamada en espera, transferencia de llamada, etc.), pero la especificación Bluetooth permitiría realizarlo incluso sobre un ordenador personal.

Existen otras tecnologías competidoras de Bluetooth, tanto en el mercado de datos como en el de voz. En el mercado de telefonía inalámbrica existen numerosos estándares más apropiados, como CTS y DECT, y en el mercado de redes de área local inalámbricas la especificación WIRELESS LAN (802.11-1997) lleva bastante ventaja sobre Bluetooth, aunque esto no garantiza que Bluetooth no la reemplace en algunos países. El hecho de haberse planteado con un propósito tan general como “sustituir los cables por un enlace radio” hace que Bluetooth sea más flexible que estas otras tecnologías, y puede que su versatilidad haga más económica, y por tanto más generalizada, su utilización. La competencia más directa en cuanto al concepto de WPAN son los estándares 802.15 y HomeRF, cuyo lanzamiento está retrasado entre seis meses y un año respecto a Bluetooth.

Otras tecnologías de acceso por enlace radio de banda ancha que soportan mayores tasas de transferencia, como WIRELESS LAN (802.11a y 802.11b -1999), HIPERLAN y MMAC, probablemente alcancen mayor desarrollo que Bluetooth en el mercado de PYMES y corporaciones, pero será necesario realizar un análisis comparativo entre ellas para evaluar su evolución y en qué mercados pueden incidir más cada una.

Anexo 1. Resumen comparativo de los sistemas GSM, GPRS, UMTS.

<i>Anexo 1. Resumen comparativo de los sistemas GSM, GPRS, UMTS.</i>	243
A1.1 RED GSM: <u>G</u>LOBAL <u>S</u>YSTEM FOR <u>M</u>OBILE COMMUNICATIONS.....	244
A1.1.1 ELEMENTOS DE RED.	244
A1.1.2 INTERFACES DE LA RED MÓVIL	245
A1.1.3 ARQUITECTURA BÁSICA.....	245
A1.2 RED GPRS: <u>G</u>ENERAL <u>P</u>ACKET <u>R</u>ADIO <u>S</u>ERVICE.	247
A1.2.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA GPRS.	247
A1.2.2 ELEMENTOS DE RED.	247
A1.2.3 INTERFACES DE LA RED GPRS.....	249
A1.3 RED UMTS: <u>U</u>NIVERSAL <u>M</u>OBILE <u>T</u>ELECOMMUNICATIONS <u>S</u>YSTEM.....	250
A1.3.1 ELEMENTOS DE RED.	251
A1.3.2 UTRAN.	251
A1.3.3 CORE.	251

A1.1 RED GSM: GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS.

La arquitectura de una red GSM viene indicada en la especificación de la ETSI GSM 03.02 en sus distintas versiones.

A1.1.1 ELEMENTOS DE RED.

Los elementos más importantes que componen la red GSM son los siguientes. Además de estos existen otros nodos de servicios aplicables a la red, y que su existencia va a depender de los Servicios Suplementarios ofrecidos al usuario.

A1.1.1.1 Home Location Register (HLR)

El HLR es la base de datos que almacena y controla los datos de los registros de usuarios en la red móvil.

A1.1.1.2 Visitor Location Register (VLR)

El VLR almacena temporalmente los registros de los usuarios que permanezcan en su área de servicio. Suele estar asociado a una MSC.

A1.1.1.3 Authentication Centre (AuC)

El AuC es el elemento que almacena la información necesaria para la autenticación de un usuario. A partir de esta información la red autentifica al usuario y utiliza el cifrado. Este nodo se comunica con el HLR.

A1.1.1.4 Equipment Identity Register (EIR)

El EIR es el elemento de red que almacena los datos de autenticación sobre el hardware del teléfono móvil. Cada equipo tiene un número identificativo llamado IMEI.

A1.1.1.5 Mobile Services Switching Centre (MSC)

La MSC es el nodo que establece, enruta, y supervisa llamadas desde y hacia un terminal móvil. Tiene un área de cobertura determinada por los elementos radio que dependen de él.

A1.1.1.6 Gateway MSC

El GMSC es una MSC que tiene por principal función el enrutamiento de las llamadas y la interconexión entre redes.

A1.1.1.7 Base Station System (BSS)

Es el sistema que soporta el interfaz radio, y está formado principalmente por la BTS, que es el equipo que ofrece proporciona la señal de radio al teléfono móvil, y la BSC, que tiene el control sobre el funcionamiento de las BTSs.

A1.1.1.8 Mobile Station

Es el equipo que utiliza el usuario de la red móvil. Está compuesto por el equipo hardware y una tarjeta SIM que determina la identificación del usuario.

1.1.1.9 SC o SMS

Es el centro de servicio que permite el envío de mensajes cortos a un móvil de la red. Almacena el mensaje corto y lo envía al usuario destino.

1.1.2 INTERFACES DE LA RED MÓVIL

- Todos los interfaces entre los nodos de una red móvil está basados en el Protocolo de Señalización Número 7 (SSN7). Tipos de interfaz:
- Interfaz A.- Entre la MSC y el BSS. Utiliza el protocolo BSSAP
- Interfaz Abis.- Interfaz entre la BSC y la BTS
- Interfaz B.- Interfaz entre la MSC y su VLR asociado.
- Interfaz C.- Interfaz entre el HLR y la MSC.
- Interfaz D.- Interfaz entre el HLR y el VLR.
- Interfaz E.- Interfaz entre MSCs.
- Interfaz F.- Interfaz entre el MSC y el EIR.
- Interfaz G.- Interfaz entre VLRs.
- Interfaz H.- Interfaz entre el HLR y el AuC.
- Interfaz Um.- Interfaz entre el MS y BTS.
- Interfaz entre MSC y PSTN. Utiliza protocolo ISUP de señalización.

1.1.3 ARQUITECTURA BÁSICA.

Existen dos subredes para definir la arquitectura básica de una red GSM.

1.1.3.1 Red de Voz.

Está formada por los circuitos que transportan la voz entre los nodos de red. Los nodos encargados de regir esta red serán las MSCs, que controlan el enrutamiento de las llamadas. En ella se contempla la redundancia de enrutamientos y el dimensionado apropiado de cada ruta. En esta red existen rutas de internas, entre nodos pertenecientes a la red móvil, y rutas de interconexión con nodos pertenecientes a redes externas.

1.1.3.2 Red de señalización.

Es la red que transporta todos los interfaces de señalización definidos en el apartado anterior. También en esta red se contempla el dimensionado de las rutas de señalización y la redundancia de encaminamiento. La red se puede basar en una estructura de nodos de transferencia de señalización (STPs) que concentran las rutas de señalización para conseguir una operación más eficiente y un mayor aprovechamiento de recursos. En la siguiente figura se muestran los elementos característicos de una red móvil GSM (Public Land Mobile Network).

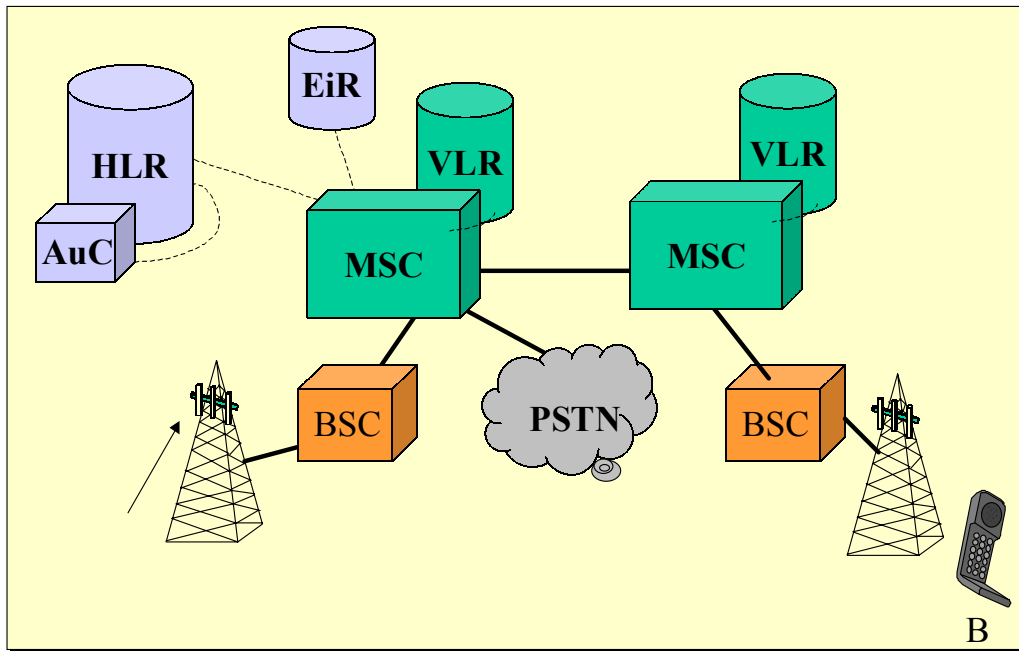


Figura A1.1. Red GSM.

A1.2 RED GPRS: GENERAL PACKET RADIO SERVICE.

La arquitectura de una red GPRS viene indicada en la especificación de la ETSI GSM 03.60 en sus distintas versiones.

A1.2.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA GPRS.

GPRS (General Packet Radio Service) es básicamente la transmisión de paquetes en el interfaz aire. En GSM, la transmisión de datos necesita de una doble conversión D/A y A/D, para que los datos pasen a través de la red de telefonía tradicional (PSTN). Con GPRS, se logra una transmisión de los paquetes de datos end-to-end, es decir desde el terminal (MS) hasta el mundo de internet (por ejemplo).

La diferencia fundamental entre la transmisión de datos en GSM y GPRS es la conmutación. Mientras en GSM se realiza conmutación de circuitos, en GPRS se utiliza una conmutación de paquetes. En la conmutación de circuitos, una vez establecido el camino entre los dos puntos desde donde se va a realizar el intercambio de información, éste se mantiene hasta que termina la conexión, es decir, el flujo de información sigue siempre el mismo camino. En GPRS, sin embargo, no se realiza un establecimiento del circuito por donde se transmiten los paquetes. Cada paquete puede ir por caminos diferentes. Esta diferencia entre conmutación de paquetes y de circuitos también está presente en el interfaz radio. Así pues, el canal radio es compartido por diferentes MS GPRS, siendo asignados bajo demanda y pudiendo ser asignados hasta 8 time slots a la vez. Los paquetes son ordenados a su llegada con el flag TFI. Con ello se consigue velocidades de hasta 115 Kbps, cuando la transferencia de información en GSM se realiza a 9,6 Kbps.

Otra característica importante de la tecnología GPRS es que es integrable en la arquitectura GSM y ambas son compatibles en el interfaz radio.

A1.2.2 ELEMENTOS DE RED.

Los elementos diferenciadores en la red GPRS con respecto a GSM son los siguientes.

A1.2.2.1 Packet Control Unit (PCU).

Es un upgrade hardware en las BSCs de GSM para del tráfico de paquetes. También puede instalarse aparte de la BSC, pero siempre entre la BSC y el SGSN.

A1.2.2.2 Service GPRS Support Node (SGSN)

Sus funciones básicas son:

- “Routing” y transferencia de paquetes desde/hacia los MS registrados en el Area de Servicio del SGSN.
- Ciphering y Autenticación.
- Gestión de las sesiones.
- Gestión de la movilidad de las MS
- Conexión hacia HLR, MSC/VLR, BSC, SMS-GMSC, GGSN.
- Generación de datos de tarificación.

A1.2.2.3 Gateway GPRS Support Node (GGSN)

Sus funciones básicas son:

- Proporciona el interfaz hacia redes IP externas: ISP's , Redes Corporativas,...
- Routing y transferencia de paquetes
- Gestión del establecimiento de la comunicación con otras redes:
- Firewall
- Border Gateway
- Asignación de direcciones IP a las MS.
- Conexión a los SGSN.
- Generación de datos de Tarificación.

A1.2.3 INTERFACES DE LA RED GPRS.

- Interfaz Um.- Interfaz entre la MS y el BSS.
- Interfaz Gb.- Interfaz entre el BSS y el SGSN, sobre Frame Relay. Este interfaz , en Amena, está soportado por conexiones semipermanentes en las MSCs.
- Interfaz Gn.- Interfaz entre los nodos GSNs (SGSNs y GGSNs). El protocolo utilizado es el GTP, que permite la movilidad de la MS.
- Interfaz Gp.- Interfaz entre SGSNs y GGSNs de distintas PLMNs. Es idéntico al interfaz Gn, pero añadiendo seguridad (Firewalls, protocolo BGP de routing).
- Interfaz Gi.- Interfaz entre el GGSN y las redes IP externas.
- Interfaz Gr.- Interfaz entre el SGSN y el HLR. Sobre MAP.
- Interfaz Gs.- Interfaz entre el SGSN y la MSC/VLR. Sobre BSSAP+, SCCP.
- Interfaz Gc.- Interfaz entre el GGSN y el HLR. Sobre MAP.
- Interfaz Gf.- Interfaz entre el SGSN y el EIR. Sobre MAP.
- Interfaz Gd.- Interfaz entre el SGSN y el SMS-MSC. Sobre MAP.

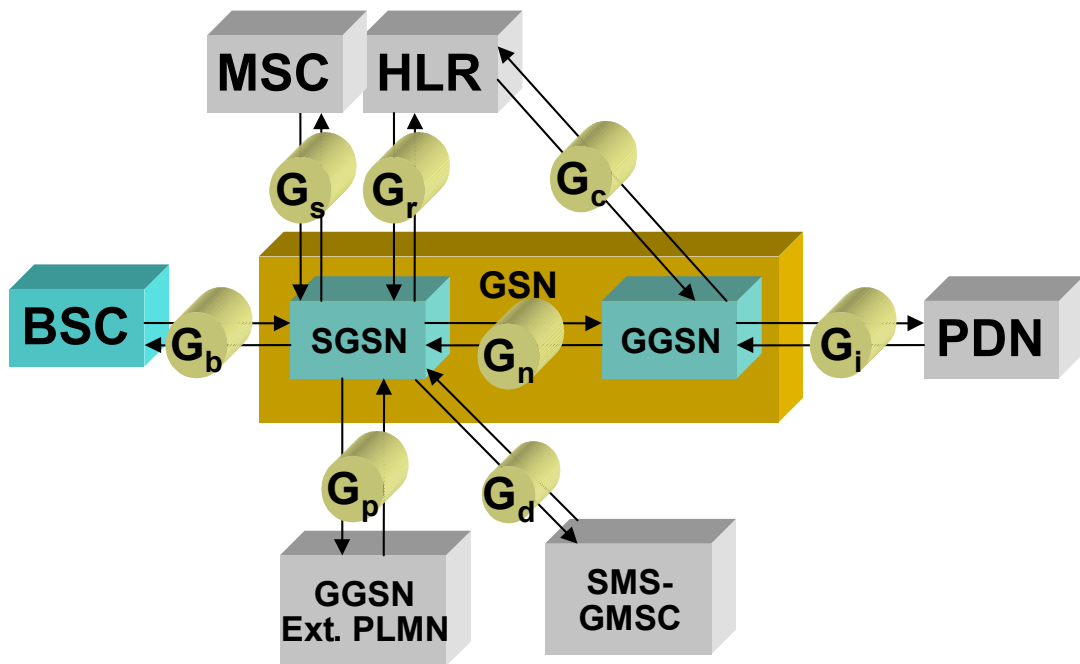


Figura A1.2.Elementos característicos de una red móvil GPRS.

A1.3 RED UMTS: UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM

UMTS es el término utilizado en Europa para las redes móviles de tercera generación como evolución de las actuales redes de segunda generación GSM (2G) y GPRS (2.5G).

UMTS prevee mantener la total compatibilidad con los sistemas, aplicaciones y servicios de los sistemas celulares 2G como GSM, PDC, DECT e IRIDIUM (vía satélite). En paralelo pretende consolidar el acercamiento entre la industria de las telecomunicaciones (TELECOS) y la industria de internet y aplicaciones (IT) así como de la industria de radiodifusión y “video on demand”.

UMTS soportará velocidades de entre 8 kbps t 2.048 Mbps independientemente del tipo de acceso y localización.

El hecho diferencial que incorpora UMTS es que se trata de una tecnología completamente orientada a paquetes (ATM inicialmente que evolucionará a IP).

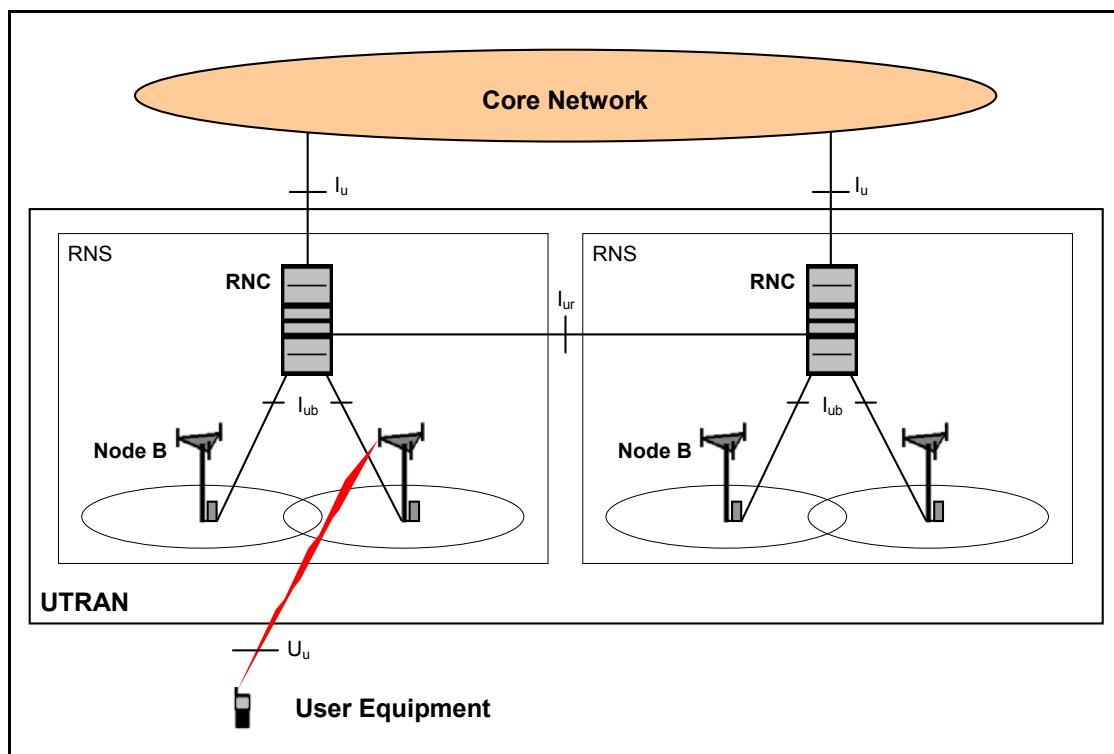


Figura A1.3. Red UMTS.

A1.3.1 ELEMENTOS DE RED.

Dado que los estándares para el sistema UMTS no están del todo cerrados es preciso distinguir entre UMTS Release 1, 2 y 3 (versión cerrada denominada antiguamente UMTS'99) y UMTS R4 y 5 (denominada antiguamente UMTS'00 se encuentra cerrada su Release 4 pero no la R5) .

Respecto a la arquitectura de red es preciso distinguir entre la parte Radio (UTRAN) y la parte de Conmutación de paquetes (CORE).

A1.3.2 UTRAN.

Para la parte UTRAN el esquema de los elementos de radio está representado así:

Según el esquema anterior la parte UTRAN está formada por subsistemas RNS (Radio Network Subsystem) que se conectan al Core a través del interfaz Iu.

A su vez el RNS está compuesto por:

A1.3.2.1 RNC: Radio Network Controller.

- Gestiona las decisiones sobre el handover
- Se encarga de las funciones de spllitting/combining para soportar macro diversidad entre diferentes nodos B.
- Control de admisión y congestión

A1.3.2.2 Nodo B:

- Es una entidad lógica que aglutina el sistema radiante que interactúa con el terminal móvil (UE: user equipment).

A1.3.3 CORE.

Para la parte CORE el esquema de los elementos está representado así (en líneas es preciso distinguir entre conmutación de paquetes orientada a circuitos para el tráfico de voz CORE-CS: circuit switching y conmutación de paquetes orientado a paquetes para tráfico de datos CORE-PS: packet switching).

A1.3.3.1 Home Location Register (HLR)

El HLR es la base de datos que almacena y controla los datos de los registros de usuarios en la red móvil.

A1.3.3.2 Visitor Location Register (VLR)

El VLR almacena temporalmente los registros de los usuarios que permanezcan en su área de servicio. Suele estar asociado a una MSC.

A1.3.3.3 Authentication Centre (AuC)

El AuC es el elemento que almacena la información necesaria para la autenticación de un usuario. A partir de esta información la red autentifica al usuario y utiliza el cifrado. Este nodo se comunica con el HLR.

A1.3.3.4 Equipment Identity Register (EIR)

El EIR es el elemento de red que almacena los datos de autenticación sobre el hardware del teléfono móvil. Cada equipo tiene un número identificativo llamado IMEI.

A1.3.3.5 Mobile Service Switching Centre, 3ª Generación (3G-MSC)

La MSC es el nodo que establece, enruta, y supervisa llamadas desde y hacia un terminal móvil. Tiene un área de cobertura determinada por los elementos radio que dependen de él. Inicialmente se encarga del control de la llamada y de la conmutación de la misma (R3). A partir de R4 puede dedicarse exclusivamente al control de la llamada (MSC-Server).

A1.3.3.6 MEDia gateway (MGW)

A partir de R4 puede utilizarse un equipo dedicado a la conectividad hacia la parte radio (UTRAN), hacia otras redes móviles (PLMN), hacia redes fijas (PSTN), hacia redes de datos (PDN), etc.

Se encarga de disponer los recursos físicos necesarios para enrutar las llamadas hacia el destino apropiado (canceladores de eco, locuciones, tonos de llamada, compresores, etc).

A1.3.3.7 Service GPRS Support Node (SGSN)

Sus funciones básicas son:

- “Routing” y transferencia de paquetes desde/hacia los MS registrados en el Area de Servicio del SGSN.
- Ciphering y Autenticación.
- Gestión de las sesiones.
- Gestión de la movilidad de las MS
- Conexión hacia HLR, MSC/VLR, BSC, SMS-GMSC, GGSN.
- Generación de datos de tarificación.

A1.3.3.8 Gateway GPRS Support Node (GGSN)

Sus funciones básicas son:

- Proporciona el interfaz hacia redes IP externas: ISP's, Redes Corporativas,...
- Routing y transferencia de paquetes
- Gestión del establecimiento de la comunicación con otras redes:
- Firewall y Border Gateway
- Asignación de direcciones IP a las MS.
- Conexión a los SGSN.

En la siguiente figura se muestran los elementos característicos de una red móvil UMTS en sus versiones R4 y R5.

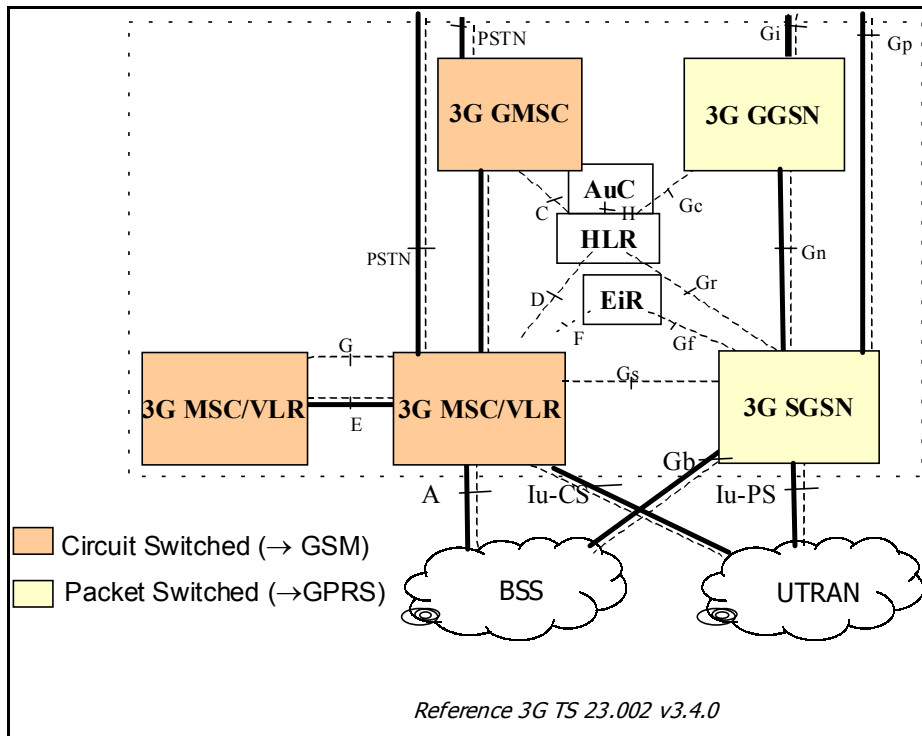


Figura A1.4. Core Network R4.

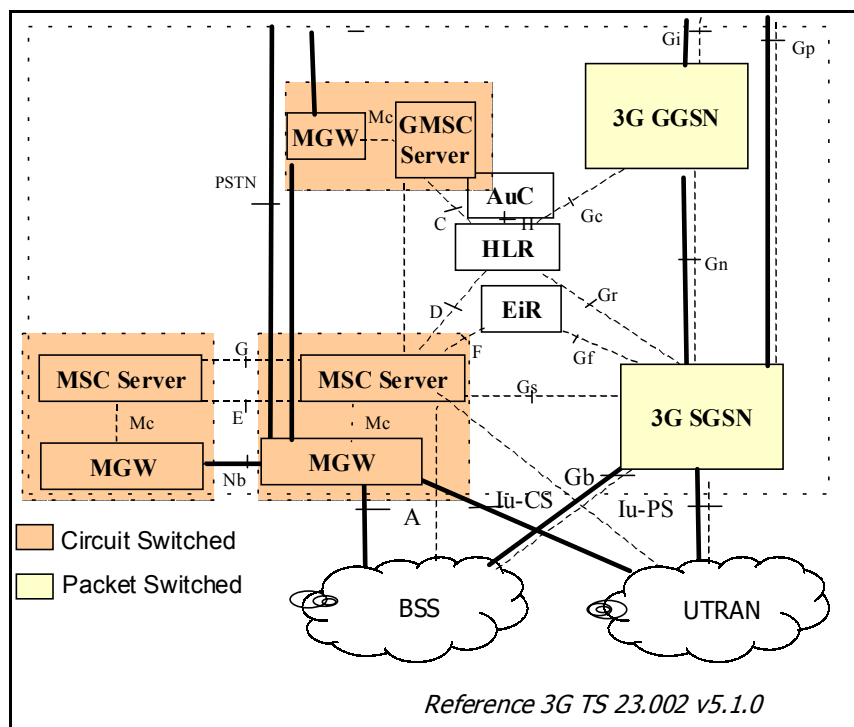


Figura A1.5. Core Network R5.

Lista de figuras.

Capítulo 1. WAP.

- Figura.1.1. Funcionamiento del WAP
- Figura 1.2. Ejemplo de una red WAP
- Figura 1.3. Arquitectura del protocolo WAP.
- Tabla 1.4. MIME Types.
- Tabla 1.5. WAP vs WEB.
- Figura 1.6. Móviles WAP.

Capítulo 2. GPRS. La generación 2,5.

- Figura 2.1. Evolución GSM-UMTS.
- Figura 2.3. Estructura de red GSM y GPRS.
- Figura 2.4. Interfaces entre entidades de red GPRS.
- Figura 2.5. Torre de protocolos GPRS.
- Figura 2.6. Modelo de protocolos de la interfaz radio.
- Figura 2.7. Formato de tramas LLC y RLC/MAC.
- Figura 2.8. Torre de protocolos: plano de señalización.
- Figura 2.9. Protocolos entre SGSN y HLR, VLR y EIR..
- Figura 2.10. Estados del móvil desde el punto de vista dla MS y del SGSN.
- Tabla 2.11. Clases de multislot.
- Tabla 2.12. Información de seguridad que se guarda en la SIM en GSM.
- Tabla 2.13. Información de seguridad que se guarda en la SIM en GPRS.
- Figura 2.14. Terminales GPRS.
- Figura 2.15. Esquema del acceso múltiple TDMA determinístico.
- Figura 2.16. Esquema del acceso múltiple TDMA estadístico.
- Figura 2.17. Asignación canales GPRS.
- Figura 2.18. Canales lógicos de GPRS.
- Figura 2.19. Estructura de una trama con canales PDCH.
- Tabla 2.20. Modos de operación de red.
- Figura 2.21. Tasa binaria por esquema de codificación.
- Tabla 2.22. Tipos de codificación en GPRS.
- Figura 2.23. Estructura de trama del esquema CS-1.
- Figura 2.24. Estructura de trama del esquema CS-2.
- Figura 2.25. Relación cobertura-esquema de codificación.
- Figura 2.26. Comparativa entre los esquemas de modulación.
- Tabla 2.27. C/I requerido para un BLER del 10%.
- Figura 2.28. Modo de funcionamiento de un DNS en el entorno GPRS.
- Tabla 2.29. Opciones de implementación de Gb.
- Figura 2.30. GPRS Roaming Network.
- Figura 2.31. Opciones de implementación del backbone.

- Tabla 2.32. Comparativa de alternativas para el transporte de IP.
Tabla 2.33. Recomendaciones del IR.40 sobre el direccionamiento IP para los usuarios.
Figura 2.34. Procedimiento de actualización de Routing Area.
Figura 2.35. GPRS Attach.
Figura 2.36. GPRS/IMSI Attach combinado.
Figura 2.37. GPRS Detach..
Figura 2.38. Detalles del mensaje de Detach Request iniciado por la red.
Figura 2.39. Paging MS en estado Standby.
Figura 2.40. Paging MS en estado Ready.
Figura 2.41. Acceso en una sola fase con canal de control CCCH.
Figura 2.42. Acceso en dos fases con canal de control PCCCH.
Figura 2.43. Packet Paging con canales de control GPRS.
Figura 2.44. Liberación de TBF en el downlink.
Figura 2.45. Liberación de TBF en el uplink.
Figura 2.46. Procedimiento de activación de un contexto PDP entre el terminal, SGSN y GGSN.
Figura 2.47. Roaming en GPRS.
Figura 2.48. Escenario A: conexión a través del GGSN de la VPLMN.
Figura 2.49. Escenario B: conexión a través del GGSN de la HPLMN.
Figura 2.50. Mensajes originados por el móvil a través de GPRS.
Figura 2.51. Envío de mensajes cortos MT a través de GPRS.
Figura 2.52. Secuencia de mensajes para el envío de mensajes cortos.
Figura 2.53. Envío de los CDR a los sistemas de negocio para ser tarificados.
Figura 2.54. Cálculo de SRES/RAND por parte de la red.
Figura 2.55. Cálculo de SRES por parte dla MS.
Figura 2.56. Entorno básico de cifrado GPRS.
Figura 2.57. Calidad de Servicio extremo-a-extremo (E2E QoS).
Tabla 2.58. Perfiles de calidad de servicio.
Tabla 2.59. Distintos niveles de Reliability Class.
Tabla 2.60. Distintos niveles de Peak Throughput Class.

Capítulo 3. Principios básicos del CDMA.

- Figura 3.1. Distintos tipos de acceso múltiple.
Figura 3.2. Esquema de bloques simplificado para un transmisor con modulación de código de tipo BSK (Binary Phase Shift Keying) y señales generadas.
Figura 3.3. Ejemplo de varios usuarios transmitiendo simultáneamente señales de espectro ensanchado.
Figura 3.4. Una señal con una interferente.
Figura 3.5. Reuso de frecuencias en FDMA y TDMA.
Figura 3.3. Receptor RAKE.
Figura 3.7. Efecto cercano-lejano.
Figura 3.8. Efecto multicamino.
Figura 3.9. Diferencias fundamentales entre FDD y TDD
Figura 3.10. Sistema limitado por interferencia con 7 usuarios sin ruido térmico.
Figura 3.11. Sistema limitado por interferencia con 7 usuarios sin ruido térmico con interferencia intra-celda.
Tabla 3.12. Parámetros para un servicio de conmutación de voz.

Figura 3.13. Gráfica de factor de carga ejemplo para un servicio de conmutación de voz.
Tabla 3.14. Comparativa de parámetros típicos del balance de potencia en diversos sistemas.

Capítulo 4. UMTS. La 3ª generación.

Figura 4.1 Comparativa entre distintas generaciones de móviles en Europa.
Figura 4.2. Evolución del mercado de telecomunicaciones.
Figura 4.3. Espectro para UMTS.
Figura 4.4. Técnicas de acceso para las comunicaciones móviles.
Figura 4.5. Principio de CDMA.
Figura 4.6. Esquema general de CDMA..
Figura 4.7. Esquema de FDD-CDMA.
Figura 4.8. Esquema de TDD-CDMA..
Figura 4.9. Principios básicos de la detección conjunta.
Figura 4.10. Movilidad y cobertura.
Figura 4.11. Arquitectura de red.
Figura 4.12. Evolución de los usuarios de móviles e internet.
Tabla 4.13. Servicios de 3ª generación.
Tabla 4.14 Terminales multibanda.
Figura 4.15. Arquitectura de red del sistema UMTS
Figura 4.16. Core network R4.
Figura 4.17. Core network R5.
Figura 4.18. Arquitectura de los protocolos radio de UTRAN.
Tabla 4.19. Canales lógicos en UMTS.
Figura 4.20. Modelo general de protocolos en UMTS.
Figura 4.21. Arquitectura UMTS QoS.
Figura 4.22. Funciones de gestión de QoS para servicios al portador de UMTS en el plano de control.
Figura 4.23.. Funciones de gestión de QoS para servicios al portador de UMTS en el plano de usuario.
Tabla 4.24. Clases UMTS QoS.
Figura 4.25. Macrodiversidad.
Figura 4.26. Traspaso SOFT.
Figura 4.27. Active Set Update, satisfactorio.
Figura 4.28. Active Set Update, fallido
Figura 4.29. Procedimiento de HO Intra-3G_MSC dede UMTS a GSM .
Figura 4.30. Procedimiento de HO Intra-3G_MSC de GSM a UMTS.
Figura 4.31. Procedimiento de un intra-3G_MSC SRNS.
Figura 4.32. Procedimiento de un intra-3G_MSC SRNS combinado con un HO con cambio de recursos radio.
Figura 4.33. Control de Potencia en UMTS.
Figura 4.34. Comparación de sistemas con/sin control de potencia.
Figura 4.35. Implementación del control de potencia.
Figura 4.36. Esquema del principio del procedimiento de control de potencia de bucle cerrado.
Figura 4.37. Control de Potencia de bucle externo en UL.
Figura 4.38. Algoritmo del control de potencia de bucle externo.

- Figura 4.39. Procesos de actualización de RA que pueden darse en UMTS.
Figura 4.40. Paging tipo 1.
Figura 4.41. UE dedicated paging.
Tabla 4.42. Definiciones y valores recomendados para el cálculo de la carga.
Figura 4.43. Concepto básico de control de congestión.

Capítulo 5. WLAN.

- Figura 5.1 Tipología de una red Red WLAN.
Figura 5.2. Tecnologías móviles o inalámbricas.
Figura 5.3. Características más relevantes del estándar 802.11b del IEEE.
Figura 5.4. Torre de Protocolos.
Figura 5.5. Modo infraestructura.
Figura 5.6. Modo Ad-Hoc.
Tabla 5.7. Frecuencias especificadas por el IEEE 802.11b.
Figura 5.8. Tres canales sin solape.
Figura 5.9. DSSS.
Tabla 5.10. Velocidades especificadas en el 802.11b.
Tabla 5.11. Potencias máximas permitidas para WLAN.
.Figura 5.12. Estructura celular empleando tres canales.

Capítulo 6. Bluetooth.

- Figura 6.1. Diferentes tipos de interconexión: a/Piconet, b/Piconet: Multi Slave, c/Scatternet.
Figura 6. 2. Diferentes tipos de interconexión.
Tabla 6.3. Bandas de frecuencias reguladas en el mundo.
Tabla 6.4. Clasificación de las tres clases de potencia.
Figura 6.5. Modulación.
Tabla 6.6. Emisiones de espúreos dentro de la banda.
Tabla 6.7. Emisiones de espúreos fuera de banda.
Tabla 6.8. Requerimientos contra interferencias.
Tabla 6.9. niveles de interferencia de una señal de onda continua 3 dB por encima de la referencia del nivel de sensibilidad.
Figura 6.10. Canal Físico.
Figura 6.11. Arquitectura del dispositivo.
Figura 6.12. Estructura de un paquete.
Figura 6.13. Mecanismo de conexión.
Figura 6.14. Torre de protocolos WIRELESS LAN.
Figura 6.15. Interconexión WIRELESS LAN.

Anexo 1. Comparativa GSM-GPRS-UMTS.

Figura A1.1. Red GSM.

Figura A1.2. En la siguiente figura se muestran los elementos característicos de una red móvil GPRS.

Figura A1.3. Red UMTS.

Figura A1.4. Core Network Network R4.

Figura A1.5. Core Network Network R5.

Glosario.

A

A Interface	Interfaz entre MSC y BSS.
AB	Access Burst.
A-bis	Interfaz entre BSC y BTS.
AC	Access Controller.
ACC	Access Control Class.
ACCH	Auxiliary Control Chnnel.
ACL	Asynchronous Connection-Less.
ADN	Abbreviated Dialling Number.
AGCH	Access Grant Channel, canal de acceso garantizado.
AICH	Acquisition Indicator Channel.
AM	Acknowledged Mode.
AM	Amplitude Modulation.
AMPS	Advanced Mobile Phone System (USA).
AN	Access Network.
AP	Access Point.
APN	Access Point Name.
ARFCN	Absolute RadioFrequency Channel Number.
ARQ	Automatic Repeat Request.
ARTS	American Radio Telephone Service.
AS	Access Stratum.
AS	Authentication Server.
ASN	Access Serving Node.
ATM	Asynchronous Transfer Mode.
AUC	Authentication Centre.

B

BCC	Base Station Colour Code, código de color de BTS.
BCCH	Broadcast Control Channel.
BCF	Basic Control Functions.
BCH	Broadcast Channels, canales de difusión.
BD_ADDR	Bluetooth Device Address.
BER	Bit Error Rate, tasa de error de bit.
BG	Border Gateway.
BGw	Binary Phase Shift Keying.
BH	Busy Hour. Hora cargada.
BLER	Block Error Rate.
BN	Bit Number.
BNCH	Broadcast Network Channel.

Bps	Bits por segundo.
BS	Bearer Service.
BS	Base Station.
BSC	Base Station Controller, Controlador de estaciones base.
BSIC	Base Station Identity Code.
BSS	Base Station System, Subsistema de estaciones base.
BSSAP	Base Station System Application Part, Parte aplicación BSS.
BSSAP+	Base Station System Application Part +.
BSSGP	Base Station System GPRS Protocol.
BSSMAP	BSS Management Messages.
BSSOMAP	Base Station System Operation and Maintenance Application Part, Parte aplicación de operación y mantenimiento de BSS.
BTS	Base Transceiver Station, Estación Base.
BVCI	BSSGP Virtual Connection Identifier.

C

C/I	Carrier to Interference Ratio.
CAC	Channel Access Code.
CAPS	Customer Administration and Provisioning System.
CBCH	Cell Broadcast Channel, canal de difusión de celda.
CBS	Cell Broadcast Service.
CC	Call Control. Control de llamada.
CC	Country Code, código del país.
CCBS	Customer Care and Billing System.
CCCH	Common Control Channels, canales de control común.
CCIR	Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones.
CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y telegrafos.
CCK	Complementary Code Keying.
CCPCH	Common Control Physical Channel.
CCH	Control Channel.
CD	Collision Detection.
CDMA	Code Division Multiple Access.
CDR	Call Detail Record.
CEM	Campo electromagnético.
CEPT	Conférence des Administrations Européennes des Postes et Télécommunications.
CFN	Connection Frame Number.
CGI	Cell Global Identification.
CI	Cell Identity.
CM	Connection Management.
CM	Call Management, Gestión de las comunicaciones o llamadas.
CM	Subcapa de gestión de la conexión.
CMSUE	Consejo de Ministros de la Unión Europea.
CN	Core Network.
CNAF	Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.
CNMP	Common Object Broker Request Architecture.
CODEC	Coder-Decoder.

CPC	Chipcard Personalization Center.
CPCH	Common Packet Channel.
CPICH	Common Pilot Channel.
CPU	Central Processing Unit.
CRC	Cyclic Redundancy Check.
CS	Cell Station.
CS	Circuit Switched.
CSMA-CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance.
CSMA-CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.
CSPDN	Circuit Switched Public Data Network, Red de Datos Pública de Conmutación de Circuitos.
CTCH	Common Traffic Channel.
CTS	Cordless Telephony System.

D

D-AMPS	Digital AMPS (USA).
DB	Dummy Burst.
DC	Dedicated Control (SAP).
DCCH	Dedicated Control Channels, canales dedicados.
DCF	Distributed Coordination Function.
DCS-1800	Digital Cellular System At 1800 MHz.
DCH	Dedicated Channel.
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications.
DF	Dedicated File.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol.
DK40	Disk 40 Mbyte.
DL	Downlink, enlace descendente.
DL2B	Digital Link on the Backplane version 2.
DL3	Digital Link version 3.
DNS	Domain Name System.
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel.
DPCH	Dedicated Physical Channel.
DPDCH	Downlink Physical Data Channel.
DRAC	Dynamic Resource allocation Control.
DRNC	Drift Radio Network Controller.
DRX	Discontinuous Reception, Recepción discontinua.
DSCH	Downlink Shared Channel.
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DTAP	Direct Transfer Application Part. Parte aplicación de transferencia directa.
DTCH	Dedicated Traffic Channel.
DTMF	Dual Tone Multiple Frequency.
DTX	Discontinuous Transmission, Transmisión discontinua.
DX	Digital Exchange.
DXX	Digital Cross Connector, Transconector Digital.

E

E	Erlang.
Eb/Io	Energy per bit / Noise floor.
Ec	Energía promedio por PN chip.
EF	Elementary File.
EIR	Equipment Identity Register, registro de identificación equipos.
EMB2	Extension Module Bus Backplane version 2.
EMS	Enhanced Message Service.
EPWR	Expansion Power Supply.
E-TACS	Extended TACS.
E-TDMA	Extended TDMA (USA).
ETR	ETSI Technical Report.
ETS	ETSI Technical Standards.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute, Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación.

F

FACCH	Fast Associated Control Channel, canal de control asociado rápido.
FACH	Forward Access Channel.
FB	Frequency Correction Burst.
FCC	Federal Communications Commission (USA).
FCCH	Frequency Correction Channel, canal de corrección de frecuencia.
FCS	Frame Check Sequence.
FDD	Frequency Division Duplex, Dúplex por División en Frecuencia.
FDMA	Frequency Division Multiple Access.
FDN	Fixed Dialling Numbers.
FEC	Forward Error Code.
FER	Frame Error Rate.
FER	Fast Frequency Shift Keying.
FH	Frequency Hopping, Salto en Frecuencia.
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum.
FI	Frecuencia Intermedia.
FLMTPS	Future Land Mobile Telecommunications Systems.
FSK	Frequency Shift Keying.
FTP	File Transfer Protocol.

G

3GPP	Third Generation Partnership Project.
Gb	Interface between an SGSN and a BSS.
GC	General Control (SAP).
Gc	Interface between a GGSN and an HLR.

Gd	Interface between a SMS-GMSC and an SGSN, and between a SMS-IWMSC and an SGSN.
GDM	Generic Device Magazine.
Gf	Interface between an SGSN and an EIR.
GGSN	Gateway GPRS Support Node.
Gi	Reference point between GPRS and an external packet data network.
GMM/SM	GPRS Mobility Management and Session Management.
GMSC	Gateway Mobile Switching Center.
GMSK	Gaussian minimum shift keying.
Gn	Interface between two GSNs within the same PLMN.
GoS	Grade of Service, grado de servicio.
Gp	Interface between two GSNs in different PLMNs.
GPRS	General Packet Radio Service.
GPS	Global Positioning System.
Gr	Interface between an SGSN and an HLR.
Gs	Interface between an SGSN and an MSC/VLR.
GSM	Groupe Spécial Mobile.
GSM	Global System for Mobile communication.
GSM-TS	GSM Technical Specifications.
GSN	GPRS Support Node.
GTP	GPRS Tunnelling Protocol.
GW	Gateway.

H

HCS	Hierarchical Cell Structure.
HLR	Home Location Register.
HO	Handover, traspaso.
HOCA	Handover Control Application, Aplicación control de traspasos.
HON	HandOver Number.
HPLMN	Home Public Land Mobile Network.
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data.
HTTP	HyperText Transfer Protocol.
HW	Hardware.
Hz	Hertzio.

I

ICC	Integrated Circuits Card.
ICMP	Internet Control Message Protocol.
IDU	Indoor Unit.
IE	Information Element.
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers.
IM	Intermodulación.
IMEI	International Mobile Station Equipment Identity.

IMSI	International Mobile Subscriber Identity, Número de identificación del usuario.
IMT-2000	International Mobile Telecom 2000.
IMTS	Improved Mobile Telephone System.
IN	Intelligent network, Nodos de red inteligente.
INAP	Intelligent Network Application Part.
Io	Densidad de potencia total recibida.
IOP	Interoperability Group.
Ior	Densidad espectral de potencia total transmitida en downlink en el conector de antena del Nodo B.
IP	Internet Protocol.
IPSec	Internet Protocol Security.
IPv4	Internet Protocol version 4.
IPv6	Internet Protocol version 6.
IPX	Internet Packet eXchange.
IrDA	Infrared data Association.
IrOBEX	Infrared Object Exchange Protocol.
ISDN	Integrated Services Digital Network, Red Digital de Servicios Integrados.
ISM	Industrial Scientific Medicine.
ISO	International Standards Organization.
ISP	Internet Service Provider.
ISSUP	ISDN User Part, Parte usuario de ISDN (RDSI).
ITP	Initial Transmit Power.
IWF	Interworking Function.
IWU	Interworking Unit.
IXLT	Interface to LMT/OMC.

J

J2ME	Java 2 micro edition.
------	-----------------------

K

kbps	Kilo-bits per second.
Kc	Ciphering key.
Ki	Individual subscriber authentication.

L

L1	Layer 1 (physical layer).
L2	Layer 2 (data link layer).
L2M	Gestión de la capa 2.
L2TP	Layer-2 Tunnelling Protocol.
L3	Layer 3 (network layer).
LA	Location Area, Área de Localización.

LAC	Link Access Control.
LAC	Location Area Code, código de área de localización.
LAI	Location Area Identity, Location Area Identification.
LAN	Local Area Network, Red de Área local.
LAP	LAN Access Point.
LAPD	Link Access Procedure on D-Channel Layer 2.
LCS	LoCation Services.
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol.
LMP	Link Manager Protocol.
LMSI	Local Mobile Station Identity.
LN	Location Number.
LND	Last Number Dialed.
LOCI	Location Information.
LOS	Line of Sight.
LSP	Local Significant Part, parte local relevante.
LLC	Logical Link Control.

M

MAC	Medium Access Control (refeririéndose al estándar 802.11).
MAC	Active Member Address (refeririéndose al estándar Bluetooth).
MAC	Medium Access Control.
MAC Layer	Medium Access Control Layer.
MAh	Mil Amperios hora.
MAHO	Mobile Assisted Handover, handover asistido por móvil.
MAIO	Mobile Allocation Index Offset.
MAP	Mobile Application Part, Parte aplicación móvil.
Master	Dispositivo que aporta el sincronismo y gestiona el enlace dentro de una piconet.
MCC	Mobile Country Code, código móvil del país.
MCHO	Mobile Controlled Handover.
ME2M	Memory Board 2 Mbyte.
MEMT	Memory of the TDPC.
MER	Message error rate.
MF	Master File.
MIB	Master Information Block.
MM	Mobility Management, Gestión de movilidad.
MMAC-PC	Multimedia Mobile Access Communication Systems Promotion Council.
MMI	Man/Machine Interface.
MMS	Multimedia Message Service.
MNC	Mobile Network Code, código móvil de red.
MNRF	Mobile station Not Reachable Flag
MNRG	Mobile station Not Reachable for GPRS flag.
MNRR	Mobile station Not Reachable Reason.
MoU GSM	Memorandum of Understanding GSM.
MPCC	Main Processor Control Circuit.
MRC	Maximal Ratio Combining.

MS	Mobile System, Mobile Station, Estación Móvil.
MSC	Mobile Switching Center .
MSIN	Mobile Station Identity Number, número identificativo de estación móvil.
MSISDN	Mobile Station ISDN Number.
MSM	Mobile Station Management, gestión de estaciones móviles.
MSRN	Mobile Subscriber Roaming Number, Número de encaminamiento por la PSTN.
MTP	Parte de Transferencia de mensaje.
MTP2	Message Transfer Part layer 2.
MTP3	Message Transfer Part layer 3.

N

NAI	Network Access Identifier.
NAMTS	Nipon Advanced Mobile Telephone System.
NAS	Non-Access Stratum.
NAT	Network Address Translation.
NB	Normal Burst.
NCC	Network Colour Code, código de color de red.
NCHO	Network Controlled Handover.
NDC	National Destination Code, código nacional de destino.
NEMU	Network Element Management Unit.
NGAF	Non-GPRS Alert Flag.
NIC	Network Interface Card.
NLOS	Non Line of Sight.
NMC	Network Management Center.
NMO	Network Mode Operation.
NMT	Nordic Mobile Telephony System.
NS	Network Service.
NSAPI	Network layer Service Access Point Identifier.
NSS	Network Switching System, Subsistema de red y conmutación.
O&M	Operation and Maintenance.

Ñ

O

OACSU	Off Air Call Set Up.
ODU	Outdoor Unit.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
OMC	Operation and Maintenance Center.
OMP	Operation and Maintenance Processor.
OMT	Operation and Maintenance Terminal.
OOS	Out of Service.

OSI	Open System Interconnection.
OSP	Octet Stream Protocol.
OSS	Operation and Support System, Subsistema de operación y mantenimiento.

P

PABX	Private Automatic Branch Exchange.
PBP	Paging Block Periodicity.
PC	Personal Computer.
PCA	Power Control Algorithm.
PCCPCH	Primary Common Control Physical Channel.
PCCH	Paging Control Channel.
PCF	Point Coordination Function.
PCS 1900	Personal Communications Systems 1900.
PCU	Packet Control Unit.
PCH	Paging Channel, canal de búsqueda.
PDCH	Packet Data Channel.
PDN	Packet Data Network.
PDP	Packet Data Protocol, e.g., IP or X.25.
PDSCH	Physical Downlink Shared Channel.
PDU	Protocol Data Unit.
PHY	Physical layer.
PI	Page Indicator.
PICH	Page Indicator Channel.
PIN	Personal Identity Number.
PIRE	Potencia isotrópica equivalente.
PLMN	Public Land Mobile Network.
PLMN-GSM	Public Land Mobile Network-GSM.
PLLH	Phase Locked Loop High Performance.
PMM	Packet Mobility Management.
PPCC	Peripheral Processor for CCSS7.
PPF	Paging Proceed Flag.
PPLD	Peripheral Processor for LAPD.
PPP	Point-to-Point Protocol.
PRACH	Physical Random Access Channel.
PS	Packet Switched.
PSPDN	Packet Switched Public Data Network, Red Pública de Datos de Conmutación de paquetes.
PSTN	Public Switched Telephone Network, Red Telefónica Pública Conmutada.
PSU	Power Supply Unit.
P-TMSI	Packet-Temporary Mobile Subscriber Identity.
PTT	Push to Talk.
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel.
PVC	Permanent Virtual Circuit.
PWRD	Power Distributor.

Q

QAM	Quadratura Function Block.
QoS	Quality of Service.
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying.
QTLP	Quad or Dual Trunk Line Peripheral Board.

R

RA	Routing Area.
RAB	Radio access bearer.
RAC	Routing Area Code.
RACH	Random Access Channel, canal de acceso aleatorio.
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service.
RAI	Routing Area Identity.
RAN	Radio Access Network.
RAND	Random Number.
RAT	Radio Access Technologies.
RC4	Ron's Code or Rivest's Cipher.
RDSI	Red digital de servicios integrados.
RF	Radiofrecuencia.
RLC	Radio Link Control.
RNC	Radio Network Controller.
RNS	Radio Network Subsystem.
RPB-S	Regional Processor Bus-Serial.
RPLMN	Registered Public Land Mobile Network.
RPP	Recovery Period Power.
RR	Radio Resources, Subcapa de gestión de los recursos radio.
RRC	Radio Resource Control.
RSCP	Received Signal Code Power.
RSSI	Received Signal Strength Indicator.
RTB	Red Telefónica Básica.
RX	Receiver.

S

S/N	Relación señal a ruido.
SABM	Set Asynchronous Balanced Mode.
SACCH	Slow Associated Control Channel, canal control asociado lento.
SAP	Service Access Point.
SAPI	Service Access Point Identifier.
SAR	Specific Absorption Rate, Tasa de Absorción Específica.
SAS	Statistics and Accounting System.
SB	Synchronization Burst.
SC	Service Centre, Centro servidor.
SCCP	Parte de control de la conexión de señalización.

SCCPCH	Secondary Common Control Physical Channel.
SCO	Synchronous Connection Oriented.
SCS	Service Control System.
SCH	Synchronization Channel, canal de sincronización.
SDC	Speech and Data Channel.
SDCCH	Stand-alone Dedicated Control Channel, canal de control dedicado autónomo.
SDN	Service Dialling Numbers.
SDP	Service Discovery Profile.
SDU	Service Data Unit.
SeMC	Security Management Center.
SFN	System Frame Number.
SGSN	Serving GPRS Support Node.
SI	System Information.
SIB	System Information Broadcast.
SIG	Special Interest Group.
SIM	Subscriber Identity Module, Módulo de identificación abonado.
SIR	Signal to Interference Ratio.
Slave	Dispositivo que pertenece a una piconet y no es master.
SM	Subscriber Management, Gestión de los abonos.
SM	Short Message.
SMG-TC	Special mobile Group – Technical Committee.
SMS	Short Message Service, Servicio de mensajes cortos.
SMSC	Short Message Service Centre, Centro servidor de mensajes.
SMS-GMSC	Short Message Service Gateway MSC.
SMS-IW MSC	Short Message Service Interworking MSC.
SMS-MT	Short Message Service-Mobile Terminating.
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol.
SN	Subscriber Number, número de abonado.
SN16 ó 64	Switching Network at 16 or 64 Kbits/s.
SNDC	SubNetwork Dependent Convergence.
SNDCP	SubNetwork Dependent Convergence Protocol.
SNMP	Simple Network Management Protocol.
SNR	Signal to Noise Ratio, relación señal a ruido.
SoHo	Small offices Home offices.
SoLSA	Support of Localised Service Area.
SQL	Structured Query Language.
SRES	Signed Response, respuesta firmada.
SRNC	Serving Radio Network Controller.
SRNS	Serving Radio Network Subsystem.
SS	Supplementary Services, Servicios Suplementarios.
SSDT	Site Selection Diversity TPC.
SSH	Secure Shell.
SSID	Service Set Identifier.
SSL	Secure Socket Layer.
SWAP-CA	Shared Wireless Access Protocol - Cordless Access.

T

TA	Timing Advance.
TACS	Total Access Communications System.
TCP	Transmission Control Protocol.
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol.
TCS	Telephony Control-protocol specification.
TCH	Traffic Channel, canal de tráfico.
TCH/E	Enhanced full rate TCH.
TCH/F	Full rate TCH.
TCH/H	Half rate TCH.
TDD	Time Division Duplex.
TDMA	Time Division Multiple Access, Acceso Múltiple por División en el Tiempo.
TDPC	Telephony and Distributor Processor Circuit.
TE	Terminal Equipment.
TEI	Terminal Equipment Identifier, identificador de equipo terminal.
TFCI	Transport Format Combination Indicator.
TFCS	Transport Format Combination Set.
TFI	Transport Format Indicator.
TFS	Transport Format Set.
T-FTP	Trivial - File Transfer Protocol.
TI	Transaction Identifier.
TID	Tunnel Identifier.
LLI	Temporary Logical Link Identity.
TMP	Procedimientos de gestión de tráfico.
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity.
TPC	Transmit Power Control.
TPC_cmd	Transmission Power Control Command.
TRAU	Transcoder and Rate Adaptor Unit.
TrCH	Transport Channel.
TRX	Transmitter Receiver (Transceiver).
TS	Time Slot, intervalo temporal, ranura temporal.
TUP	Telephone User Part, Parte de usuario de telefonía.

U

UBEX	Universal Bus Extender Board.
UDP	User Datagram Protocol.
UE	User Equipment.
UER	Unión Europea de radiodifusión.
UIT	Unit International Telecommunications.
UL	Uplink, enlace descendente.
Um	Interface between the mobile station (MS) and the GPRS fixed network part.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System.
UP	Uplink, enlace ascendente.
URA	UTRAN Routing Area.

URL	Uniform Resource Locator.
U-RNTI	UMTS Radio Network Temporary Identity.
USIM	Universal Subscriber Identity Module.
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access.
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network.

V

VBS	Voice Broadcast Service, Servicio de difusión de voz.
VGCS	Voice Group Call Service, Servicios de llamadas de grupo de voz.
VLR	Visitor Location Register.
VMS	Voice Mail System.
VMSC	Visited MSC.
VPLMN	Visited Public Land Mobile Network.
VPN	Virtual Private Network.

W

WAP	Wireless Application Protocol.
WARC	World Administrative Radio Conference.
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance
WEP	Wired Equivalent Privacy.
Wi-Fi	Wireless Fidelity.
WLAN	Wireless Local Area Network.
WPAM	Wireless Personal Area Network.
WS	Workstation.
WUG	Wireless User Group.

X

Y

Z

Bibliografía.

Informes.

Título: INFORME DEL ESTADO DE LA TECNOLOGÍA GPRS.

Código: DERED-TR-0509.

Autor: Tommaso Franco.

Editorial: Redes/Radio/Amena.

Título: L'ACCESSO RADIO GPRS.

Empresa: TIM.

Título: INTRODUCCIÓN A HANDOVERS EN UMTS.

Código: REDES-IT-2308.

Autor: José Pablo Ruiz Jiménez, Gustavo A. Calvo-Parra Giménez

Editorial: Redes/Radio/Amena.

Título: INTRODUCTORIO ACERCA DE LAS TECNOLOGÍAS DE TERCERA GENERACIÓN Y UMTS.

Código: DERED-IT-702.

Autor: Tommaso Franco.

Editorial: Redes/Radio/Amena.

Título: PROTOCOLOS Y CANALES DE RADIO UTRAN.

Código: DERED-IT-2251.

Autor: José Aurelio Sánchez Arribas.

Editorial: Redes/Radio/Amena.

Título: INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE POTENCIA EN UMTS.

Código: DERED-IT-2465.

Autor: Ricardo de Paz

Editorial: Redes/Radio/Amena.

Título: INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE RECURSOS RADIO Y QOS EN UMTS.

Código: REDES-IT-2441.

Autor: Luis Lorenzo.

Editorial: Redes/Radio/Amena.

Título: INTRODUCCIÓN AL MODO IDLE EN EL SISTEMA UMTS.

Código: DERED-IT-2534.

Autor: Miguel A. Martínez y Jesús González

Editorial: Redes/Radio/Amena.

Título: EVALUACIÓN TECNOLÓGICA DE WLAN.
Código: DERED-IT-2951.
Autor: Grupo WLAN de DITEC.
Editorial: DITEC/Amena.

Título: ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS WIRELESS LAN.
Código: DERED-IT-2830.
Autor: Laura Gómez, Gustavo Calvo-Parra, Calogero Avola.
Editorial: Redes/Radio/Amena.

Título: INFORME TÉCNICO SOBRE EL SISTEMA BLUETOOTH.
Código: DERED-IT-3328.
Autor: José Aurelio Sánchez Arribas.
Editorial: Redes/Radio/Amena.

Publicaciones.

Título: COMUNICACIONES MÓVILES.
Autor: N. Cardona, S. Flores, J. Reig, L. Rubio, R. Fraile.
Editorial: Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.

Título: LAS COMUNICACIONES MÓVILES DEL FUTURO. UMTS: EL NUEVO SISTEMA DEL 2001.
Autor: F. Muratore.
Editorial: Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.

Cursos.

Título: GPRS.
Empresa: Dirección técnica/Amena.

Título: CURSO GPRS.
Autor: Gema Torres, José Pablo Ruíz Jiménez, Miguel Ángel Martínez Carrasco, Luis Lorenzo, Florinda Grimaldi.
Empresa: Área de despliegue de red/Radio/Amena.

Título: UMTS: MÓVILES DE 3ª GENERACIÓN.
Autor: Isaac Cerro
Editorial: Redes/OyM/Amena.

Enlaces Web.

Título: WAP.

Enlace: www.wapforum.com

Enlace: www.chilewap.cl

Enlace: www.wmlclub.com

Enlace: www.cocotero.com

Enlace: www.gsmonline.com

Enlace: www.anywhereyougo.com

Enlace: www.phone.com

