

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA



TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**"ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE LA RED UMTS"**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

PRESENTADO POR:

**ING. ANTONIO JOSE ZURA PERAZA**

AGOSTO 2003

**SOYAPANGO – EL SALVADOR - CENTROAMERICA**

# **UNIVERSIDAD DON BOSCO**

## **RECTOR**

**ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA**

## **VICE-RECTOR DE ASUNTOS ACADEMICOS**

**Pbro. VICTOR BERMÚDEZ Sdb**

## **SECRETARIO GENERAL**

**LIC. MARIO RAFAEL OLMOS**

## **DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ING. CARLOS BRAN**

## **ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**ING. OSCAR GIOVANNI DURAN VIZCARRA**

## **JURADO EXAMINADOR**

**ING. JUAN CARLOS CASTRO**

**ING. WENCESLAO RIVAS**

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACION**

**“ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE LA RED UMTS”**

---

ING. JUAN CARLOS CASTRO

JURADO

---

ING. WENCESLAO RIVAS

JURADO

---

ING. OSCAR DURAN VIZCARRA

ASESOR

## DEDICATORIAS

*A Dios Todopoderoso*, por llenarme de confianza y sabiduría necesaria para poder llegar hasta aquí y finalmente culminar con éxito mi carrera universitaria escuchando siempre mis oraciones.

*A Maria Auxiliadora y San Juan Bosco*, por su iluminación y compañía durante toda mi vida y carrera universitaria, motivando, fortaleciendo y guiándome con valor, tenacidad, humildad y alegría hoy y siempre.

*A mis Padres: Antonio y Gloria*, cuna de mi vida, por todo su amor, paciencia, comprensión, consejos de justicia y rectitud, ayudándome así a crear el carácter con el cual seguiré su ejemplo del camino correcto, les dedico este logro y los futuros por suceder si Dios así me lo permite.

*A mi Esposa: Anabel*, por su amor y apoyo incondicional que sustenta y motiva toda acción de seguir luchando, permitiéndome conocer el privilegio invaluable de la paternidad y complementar plenamente mí vida.

*A mi Hija: Andrea*, por ser la inspiración mas reciente de mi vida y el regalo más hermoso que Dios y Maria me han concedido poder disfrutar...

*A mis Hermanos: Francisco y Verónica*, con gratitud y fraterno amor, gracias por creer y darme valor para finalizar el camino elegido.

*A mis Abuelos: Jorge y Lota, Tin y Anita*, por su ejemplo de superación, tenacidad y carácter forjado en mis padres que fue heredado a sus nietos.

*A Todos*, por su amistad y apoyo en estos años de estudio les dedico este logro y comparto con ustedes el siguiente pensamiento: *“Si deseamos alcanzar lo mas alto debemos empezar con lo más bajo usando nuestros talentos, aprovechando el tiempo y siguiendo siempre hacia adelante, trabajando arduamente para poder crear así nuestro propio destino...”*

# INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>INDICE</b>	<b>I</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>IV</b>
<b>CAPITULO I – INTRODUCCIÓN A LA TERCERA GENERACION</b>	
<b>1. Génesis de los sistemas móviles de Tercera Generación</b>	
1.1. Introducción.....	1
1.2. El UMTS como evolución de los sistemas móviles.....	1
1.3. El Proceso Normativo de la Tercera Generación.....	4
1.4. El Proceso Normativo del sistema UMTS.....	7
1.5. Las fases y el plan de evolución para GSM.....	8
1.6. Escenarios de Migración.....	10
1.7. El Negocio UMTS.....	11
<b>CAPITULO II – ARQUITECTURAS DEL SISTEMA</b>	
<b>2. Arquitectura del Sistema UMTS</b>	
2.1. Introducción.....	12
2.2. Análisis y Modelado de Redes.....	13
2.3. La Familia de Sistemas IMT-2000.....	18
2.4. Arquitectura del Sistema UMTS.....	21
2.5. La Red de Acceso.....	29
2.6. La Red de Acceso UTRAN.....	33
2.7. La Red Central.....	45
<b>CAPITULO III – INFRAESTRUCTURA DE LA RED UMTS</b>	
<b>3. Infraestructura de la Red UMTS</b>	
3.1. Introducción.....	49
3.2. Historial de Conmutación de Circuitos.....	50
3.3. Historial de Conmutación de Paquetes.....	56
<b>CAPITULO IV – TÉCNICAS DE ACCESO W-CDMA y TD-CDMA</b>	
<b>4. Acceso Radio del Sistema UMTS</b>	
4.1. Introducción.....	63
4.2. Técnica de Espectro Ensanchado.....	64
4.3. La Técnica de Acceso W-CDMA.....	67
4.4. La Técnica de Acceso TD-CDMA.....	73
4.5. La Interfaz Radio .....	74

## **CAPITULO V – INTERFAZ RADIO DEL COMPONENTE TERRESTRE**

### **5. Acceso Radio**

5.1. Introducción.....	80
5.2. Descripción de la Capa Física.....	80
5.3. Capa Física del Modo FDD (UTRA FDD).....	81
5.4. Capa Física del Modo TDD (UTRA TDD).....	90
5.5. Descripción de Protocolos de la Interfaz Radio.....	96

## **CAPITULO VI – GESTIÓN DE RECURSOS RADIO**

### **6. Gestión de Recursos Radio**

6.1. Introducción.....	103
6.2. Concepto de Calidad en el Servicio.....	104
6.3. Gestión del Recurso Radio.....	105
6.4. Gestión de la Movilidad.....	108
6.5. Gestión de la Localización.....	116
6.6. Gestión de la Seguridad.....	122

## **CAPITULO VII – MODELOS DE PROPAGACIÓN Y MOVILIDAD**

### **7. Modelos de Propagación y Movilidad**

7.1. Introducción.....	127
7.2. Calculo de las Perdidas por Difracción.....	127
7.3. Modelos de Propagación para Macrocelulas.....	131
7.4. Modelos de Cálculo para Entornos Urbanos.....	132
7.5. Predicción de la Perdida Básica en Picocélulas de Interiores.....	133
7.6. Caracterización de Canales Radio en Banda Ancha.....	133
7.7. Modelos de Canal Radio y de Movilidad para UMTS.....	135

## **CAPITULO VIII – PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE REDES UMTS**

### **8. Planificación y Control de Redes UMTS**

8.1. Introducción.....	139
8.2. Parámetros de Calidad.....	139
8.3. Modelado de Entorno.....	140
8.4. Dimensionado Inicial de Recursos.....	141
8.5. Planificación Radio.....	142
8.6. Planificación de Frecuencia.....	144
8.7. Planificación de Red.....	146
8.8. Planificación con Antenas Inteligentes.....	148
8.9. Compatibilidad entre UMTS y otros servicios en la banda 2 Ghz.....	150
8.10. Medidas de Control Soportadas por los Sistemas UMTS.....	151
8.11. Parámetros de Radiofrecuencia medidos para W-CDMA.....	154

## **CAPITULO IX – INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA RADIO DEL SISTEMA UMTS**

<b>9. Ingeniería y Tecnología Radio del Sistema UMTS</b>	
9.1. Introducción.....	160
9.2. Tecnología Radio.....	160
9.3. Ingeniería Radio.....	164
9.4. Configuración de emplazamiento Radio.....	167
9.5. Compatibilidad entre Redes y Sistemas.....	169
9.6. Impacto Medioambiental.....	171
9.7. Niveles de Emisiones.....	172

### **Capítulos de otros autores (Solamente en el CD)**

<b>X. Diseño de Nodos B (Por W. Warzanskyj).....</b>	<b>175</b>
--	------------

<b>XI. Componente Satélite (Por Miguel Calvo Ramón).....</b>	<b>207</b>
--	------------

<b>XII. Simulación (Por Miguel Calvo Ramón).....</b>	<b>273</b>
--	------------

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b><i>i</i></b>
--------------------------	-----------------

<b>ANEXO A - “Simulación”.....</b>	<b><i>ii</i></b>
------------------------------------	------------------

<b>ANEXO B – “Especificaciones Detalladas del Interfaz Radio”.....</b>	<b><i>iv</i></b>
--	------------------

<b>ACRONIMOS.....</b>	<b><i>xxv</i></b>
-----------------------	-------------------

# **I. INTRODUCCION**

Estamos en la era de las innovaciones. Cualquier invento anunciado como revolucionario se queda anticuado en pocos años. Se ha anunciado la revolución tecnológica más importante desde la llegada del ordenador personal: la comunicación sin cables. Las mejoras innegables de la ciencia y la tecnología exigen primero una inversión económica y después una constante renovación de los usuarios para manejar los inventos de la última generación. Ahora bien, la telefonía móvil ha llegado en los últimos años a nuestras vidas para instalarse en ella de forma definitiva, es un hecho incontestable. A finales del año 2000 se habían contabilizado más de 500 millones de móviles activos en el mundo (según la UIT) con niveles de penetración que en algunos países superan hoy el 50% de la población. Se ha creado una red de comunicación demasiado extensa como para subestimar esa capacidad de tráfico de información entre usuarios, la Red de redes - Internet- estaba sujeta a conexiones a través de un cable -telefónico- que limitaba moderadamente su uso, ahora se puede acceder en cualquier momento y desde cualquier lugar. En el futuro que se avecina, el espacio y el tiempo dejarán de ser obstáculos reales para el flujo de información entre personas.

Hasta hace pocos años, el avance fundamental que la telefonía móvil nos ofrecía era la casi absoluta libertad de movimientos a la hora de comunicarnos: la ausencia de cable telefónico. Sin embargo, en este período, el móvil ha dejado de ser una herramienta de comunicación telefónica tradicional ya que nos habituamos, por ejemplo, al fenómeno de los mensajes cortos de texto y sin saberlo, hemos abierto las puertas a la tecnología GSM (Global System for Mobile Communications), luego de ello hemos sentado las bases para sumergirnos en la tecnología GPRS (General Packet Radio Service) y ya sabemos cuál es el siguiente movimiento: la revolucionaria Tercera Generación UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Todo este conglomerado de siglas no es más que una forma de definir la expansión que se prevé de la capacidad de la telefonía móvil para acceder a la información. El móvil dejará de ser simplemente un intercomunicador entre dos personas para ser una puerta al mayor flujo de comunicación que ha existido: todo el mundo en nuestras manos. Los cambios que pueden producirse en la sociedad de la información con el UMTS son enormes, llegando posiblemente hasta modificar nuestro comportamiento social y es por este motivo que debemos prepararnos con gran seriedad y responsabilidad al momento en el que este nuevo estándar sea utilizable, para ese momento se ha recopilado información en esta monografía.

Es importante resaltar que el paso a la llamada “tercera generación” ocurre en un contexto muy distinto al de la introducción GSM ya que no es definido por un grupo reducido de operadores europeos cuyo objetivo principal fue la telefonía de voz. Una nueva era de comunicaciones multimedia, que permite combinar, en la misma llamada, voz, texto y video, esta implicando rápidamente al mundo de los sistemas móviles con perspectivas de crecimiento excepcional. En el ámbito de los sistemas radiomóviles, aunque con capacidades limitadas, algunos nuevos servicios basados en el acceso a

Internet están gradualmente irrumpiendo en el mercado, a nivel radio se está tratando de introducir funciones que permitan una mayor flexibilidad en la asignación de los recursos para obtener una mayor velocidad de transmisión, aquí aparece la solución HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) que permite a los usuarios GSM velocidades de transmisión hasta ocho veces superiores a las actuales, luego existe un cambio en la modalidad y es donde surge la tecnología GPRS que supondrá un importante avance sobre las bases sentadas por el GSM por la velocidad de transmisión de datos y su verdadera novedad es la “comunicación orientada a paquetes”, esta novedad es muy sencilla ya que hasta ahora la conexión a Internet se realizaba a través de una llamada telefónica que no finalizaba hasta que el usuario había concluido su consulta; con los sistemas de comunicación orientados a paquetes que abrirá el GPRS, el cobro de conexión se realiza únicamente mientras el usuario está bajando la página, no cuando la está consultando, por ende la conexión es solamente al inicio. La velocidad de conexión y acceso a los datos es muy superior y lo más importante es que la tarifa será por tiempo de uso real de la conexión, con lo que será un intercambio mucho más barato.

Por último, EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), también llamado GSM384, abrirá el camino hacia las comunicaciones personales multimedia. Utiliza un esquema de modulación y codificación alternativo que alcanzan transferencias de datos de hasta 384 kbit/s, o sea 48 kbit/s por timeslot, (ya adecuada para soportar vídeo con calidad) sobre la portadora estándar de 200 kHz propia de GSM, siendo comparable con las que promete UMTS. Esta posibilidad permite seguir utilizando las actuales redes GSM por mucho tiempo, lo que es un factor muy importante para los operadores que actualmente ofrecen servicios de comunicaciones móviles celulares vía radio y para los fabricantes que están desarrollando terminales duales compatibles GSM y W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Además, las velocidades de transferencia de datos anteriormente comentadas pueden ser incrementadas utilizando la facilidad de compresión de datos.

Y mientras las tecnologías GPRS/EDGE presionan a la GSM pidiendo paso para instalarse entre nosotros, ya se ha ideado el siguiente paso de la cadena evolutiva: la tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) será un sistema de comunicaciones móviles que pueda ofrecer significativos beneficios a los usuarios, incluyendo una alta calidad y servicios inalámbricos multimedia sobre una red convergente con componentes fijos, celulares y por satélite. Suministrará información directamente a los usuarios y les proporcionará acceso a nuevos y novedosos servicios y aplicaciones. Ofrecerá comunicaciones personales multimedia al mercado de masas, con independencia de la localización geográfica y del terminal empleado (movilidad del terminal, personal y de servicios). Básicamente, esta tercera generación de móviles transformará nuestros pequeños inalámbricos en verdaderos equipos multimedia, que podrán trabajar con voz, datos, audio, vídeo, imágenes y acceso a Internet a una velocidad vertiginosa 200 veces superior a los terminales actuales. No cabe duda de que la movilidad generalizada, asociada a una amplia oferta de servicios de voz y datos presenta una serie de beneficios para los usuarios, pero como contrapartida, también presenta algunos problemas ya que

exige una tecnología más avanzada, interconexión entre todas las redes por las que el usuario se mueve y unos sistemas de señalización muy potentes para garantizar la rapidez en el establecimiento de la comunicación, la seguridad de la misma y permitir un importante flujo de datos al utilizarse aplicaciones multimedia que demandan un gran ancho de banda.

Así, surge UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), que se está diseñando, básicamente en Europa, como un miembro de la familia global IMT-2000 de la UIT que contempla la validez para todas las regiones del mundo y sistemas tanto terrestres como por satélite. La estandarización de UMTS está siendo llevada a cabo por el ETSI (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación) en estrecha colaboración con otros organismos como es la TIA (Asociación de Industrias de Telecomunicación) en Estados Unidos y la ARIB (Asociación de las Empresas de Difusión de Radio) en Japón, que también colaboran en la definición de los estándares de IMT-2000.

La introducción de los nuevos servicios permitirá la entrada de la era de los multimedia personal. Así, buzón de voz y correo electrónico se convertirán en correo móvil multimedia; los mensajes cortos, en postales electrónicas con dibujos y video clips integrados y las llamadas de voz se complementarán con imágenes en tiempo real. Asimismo, se verán favorecidas las transacciones de negocio, que mejorarán gracias al equipo con multimedia y videoconferencia, permitirá un rápido desarrollo del comercio electrónico, facilitando las compras a distancia y el info-entretenimiento crecerá vertiginosamente.

Para ello, los terminales se deberán adaptar a los nuevos servicios y, así, habrá complejos terminales que contarán con una serie de características evidentes como grandes displays y una resolución mejorada con capacidades de videoteléfono y navegadores, que coexistirán con otros mucho más sencillos para voz, pequeños y fáciles de usar, que permitirán comunicarse al usuario medio no interesado por estos sofisticados servicios.

Como ya se ha dicho en general para los sistemas de tercera generación, UMTS representa una verdadera innovación respecto a los sistemas actuales. El sistema se ha planificado en un modo altamente flexible, para proveer una amplia gama de aplicaciones en una multiplicidad de escenarios y, mas en general, para extender a los usuarios móviles gran parte de los servicios ofrecidos a los usuarios fijos.

Otro punto de gran interés es la compatibilidad entre UMTS y GSM, ya que visto el gran éxito de este último se prevé una migración gradual hacia UMTS. Es por tanto previsible que inicialmente la cobertura UMTS se llevara a cabo únicamente en zonas de tráfico elevado o con requerimientos especiales de los usuarios: la modalidad de los usuarios en amplias áreas, aunque con servicios reducidos, se asegurara por medio de GSM. Con tal perspectiva, se requiere por lo tanto que los terminales UMTS puedan operar también con terminales GSM (terminales dual mode). Finalmente señalar que, si bien UMTS posee una cobertura global (por tanto, en océanos y desiertos, para los cuales el uso del segmento satélite es indispensable), actualmente la actividad principal de especificación se concentra únicamente en el segmento terrestre del sistema, denominado UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).

Ahora bien, el proceso actual de despliegue e implantación de las redes de Comunicaciones Móviles de tercera Generación plantea la necesidad de formación especializada para los profesionales que van a trabajar con estas tecnologías.

El presente estudio muestra una descripción de la Arquitectura y Servicios del sistema UMTS tanto terrestre como satélite. También se revisan las interfaces radio, los métodos de planificación y la medida de sus prestaciones, así, en el primer capítulo se abarcan los aspectos generales y en los últimos capítulos aspectos técnicos de diseño, fabricación, construcción y explotación de las redes 3G.

El presente estudio monográfico se estructura en diez capítulos coherentes entre sí, donde el primero es de carácter introductorio recogiendo los aspectos evolutivo y normativo que dan como resultado la versión actual UMTS presentando una visión general del sistema.

El segundo y tercero se ocupa de la arquitectura e infraestructura de la red iniciando con la existente GSM para luego mostrar mejoras y avances con la incorporación de modificaciones físicas, redes central modificada y de acceso.

El cuarto capítulo muestra otra de las diferencias con la red de segunda generación, las técnicas de acceso a red como los son W-CDMA y TD-CDMA.

El quinto y sexto capítulo se muestra el acceso radio describiendo la capa física de los modos FDD y TDD junto con sus protocolos de comunicación para luego mostrar la gestión de recursos radio de movilidad, localización, calidad y servicio.

El capítulo siete muestra los modelos de propagación en todos los entornos y sus pérdidas por difracción, además, de la movilidad en los entornos urbanos e interiores.

El capítulo ocho detalla una planificación y control de redes donde se modela el entorno y dimensionan los recursos para una planificación radio considerando frecuencia y red.

El capítulo nueve presenta la ingeniería y tecnología radio del sistema, sus configuraciones y compatibilidad entre redes y sistemas, el impacto medioambiental, niveles de emisión de potencia y finalmente, diseño de nodos B.

Finalmente, se dedica un anexo a la simulación de distintas características de estas redes y se incorpora un CD-ROM que permite a los lectores involucrados profundizar en detalles específicos de estos sistemas.

## **CAPITULO I**

# **INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES MÓVILES DE TERCERA GENERACION**

## **1. GENESIS DE LOS SISTEMAS MOVILES DE TERCERA GENERACION**

### **1.1 Introducción**

En este tema exploraremos una de las posibles soluciones tecnológicas de partida, aquella que puede considerarse como una evolución y que parte de los sistemas de 2G pero con mejores características.

Así, en primer lugar se consideran los factores que han hecho posible el éxito de la segunda generación: las normas, la competencia y los nuevos servicios que han provocado una gran demanda por parte de los usuarios, la cual puede satisfacerse por medio de mejoras a los sistemas, pero a mediano plazo es necesario buscar sistemas más económicos, con mejores servicios y con una mayor eficiencia espectral y es por ello que nace de la necesidad del mercado.

En este capítulo se mostrara como debe ser el nuevo sistema de 3G, con una capacidad y eficiencia espectral mas elevada que la que 2G puede proveer.

### **1.2 El UMTS como evolución de los sistemas móviles 2G**

Los sistemas 2G han experimentado un crecimiento en la demanda y esta influyendo de tal forma que ha sido el origen de la llamada “Nueva Economía” junto con el desarrollo de Internet.

Sin embargo las comunicaciones móviles vía radio existen desde los principios del siglo pasado aunque con expansión limitada debido al recurso radioeléctrico y el precio de los sistemas.

La utilización de frecuencias cada vez mas elevadas, invenciones clave (reutilización de frecuencias, métodos de modulación y codificación, etc.) y sobre todo la posibilidad tecnológica de fabricar sistemas extraordinariamente complejos a precios muy bajos. A parte de la tecnología la existencia de una serie de normas primero europeas y luego internacionales que han permitido el desarrollo de los mercados, organizados a través de la competencia, el crecimiento de la demanda y la mejora en la eficiencia espectral.

#### **1.2.1 Estilo**

Gran parte del éxito del sistema GSM se debe a la elaboración de un conjunto de normas comunes a todos los países, las cuales permitieron compartir gastos de investigación y desarrollo del sistema, posibilitando las economías de escala.

La normativa europea tiene un carácter internacional de ámbito global y esta llevándola a cabo la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, pero el trabajo técnico se realiza a través de los proyectos de consenso como 3GPP (Third Generation Partnership Project) y 3GPP2 (en el estándar más específico de la región 2 América). La norma que se está definiendo en la actualidad bajo la denominación IMT-2000 debe servir no solamente a las necesidades de Europa sino que nace con vocación global.

### 1.2.2 La Competencia

Quizá una de las innovaciones más importantes para la captación de clientes ha sido la tarjeta prepago, la cual se ha popularizado facilitando a los indecisos la entrada a este tipo de comunicaciones, es un cambio de paradigma ya que las comunicaciones no son el objeto de un contrato sino algo que se puede comprar en cualquier lugar.

Además, el terminal móvil, elemento integrante de la oferta y factor decisivo para el cliente se ha convertido en un objeto personal que centraliza la interacción con el exterior.

### 1.2.3 El crecimiento de la demanda de los usuarios

Gracias a los avances tecnológicos, las normas y a la competencia, la demanda de los usuarios de los sistemas de 2G es cada vez más elevada y cabe preguntarse si dichos sistemas pueden ser capaces de soportar esta demanda y si las soluciones tecnológicas son válidas todavía considerando la eficiencia espectral, los servicios, la capacidad y la cobertura.

### 1.2.4 La mejora de la eficiencia espectral

El aumento del tráfico se puede absorber colocando más transceptores o más portadoras en la estación base, sin embargo, llega el momento en que esto no es posible debido a que cada portadora debe utilizar una frecuencia diferente y el espectro total destinado a las comunicaciones móviles y asignado por las administraciones de cada país son limitados.

La forma de mejorar la capacidad es colocar más estaciones de base de forma que puedan reutilizarse las frecuencias a distancias menores. Sin embargo este es un proceso muy caro, por lo que debe lograrse un sistema que tenga un mayor número de usuarios por MHz.

El sistema GSM introdujo las técnicas digitales permitiendo con ello reducir los costes de fabricación, mejorar el número de comunicaciones en un ancho de banda dado y la razón más importante es que permite utilizar relaciones portadora - interferencia mucho más bajas (desde unos 18dB en analógicos hasta 9dB en GSM).

Sin embargo los niveles de utilización del sistema GSM empiezan a ser, sobre todo en los centros de las ciudades, muy elevados y por ello se han aplicado soluciones para mejorar la eficiencia espectral, todas ellas muy efectivas de las cuales podemos citar:

- Utilización del control de potencia en enlace descendente
- Salto de Frecuencias SFH (Slow Frequency Hopping)
- Uso de estructuras jerárquicas de frecuencias

- Utilización el codec AMR (Adaptative Multirate Codec), etc.

Sin embargo con estas soluciones a corto plazo no pueden introducirse nuevos servicios, sino que únicamente administrarse mejor lo existente.

### 1.2.5 EDGE y GPRS

Una forma de lograr mejorar la capacidad de GSM es la conmutación de paquetes GPRS que incluye una nueva capa de acceso al medio MAC (Médium Access Control) y una nueva capa de control de radio RLC (Radio Link Control) con lo que la transmisión de la información se puede realizar a distintas velocidades (9,6; 13,4; 15,6 y 21,4 kbits/s) dependiendo del tipo de codificación. La velocidad es adaptativa, de forma que puede optimizarse dependiendo de las características del canal.

El nuevo estándar EDGE permite a través de una interfaz radio que utiliza la misma canalización de 200 kHz que usa GSM, con técnicas de modulación adaptativas, mejorar la capacidad de GSM, especialmente en zonas de alto tráfico. EDGE utiliza una modulación que varía de acuerdo con las condiciones de propagación y de interferencia a las que este sometido el móvil (la interfaz radio de EDGE utiliza 8PSK con codificación variable y puede revertir a GSM si la relación portadora interferente es baja) de esta forma es posible acomodar usuarios para que tengan unos requisitos relativamente altos de servicios con alta tasa binaria.

### 1.2.6 Una interfaz aire multimedia

Pero el rendimiento espectral no es la única razón para introducir un nuevo estándar ya que los clientes exigen servicios cada vez más avanzados. En el sistema GSM la capacidad de la portadora es de 115,2 kbit/s, utilizando EDGE alcanza 384 kbit/s y ya no permiten que la tasa de información del usuario sea significativamente mayor.

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

### 1.2.7 Conclusiones

En este capítulo se han identificado las claves que están permitiendo el desarrollo de los sistemas de comunicaciones móviles, desde sus orígenes en los sistemas analógicos, pasando por la denominada segunda generación: el GSM, que está estableciendo las bases de la nueva sociedad de la información hasta las tendencias futuras, bajo las perspectivas de la integración.

Se han identificado las causas que han permitido el rápido desarrollo del GSM. Estas causas son:

- Económicas: una mayor competencia
- Técnicas: un estándar mucho más avanzado y modular.

Sin embargo, hay un constante flujo en el desarrollo de nuevos estándares que ponen de manifiesto la existencia de una serie de servicios, para los que existe demanda potencial y que no se cubren fácilmente con GSM. La evolución de banda ancha y, sobre todo, el desarrollo de los servicios multimedia, va a hacer necesario contar con sistemas radioeléctricos integrados capaces de soportar todo ello.

En definitiva, está claro que va a existir una evolución hacia un sistema que:

- Tenga más eficiencia espectral.
- Esté mejor integrado con la red fija.
- Integre los sistemas terrenales con los sistemas basados en satélites.
- Puedan prestar servicios multimedia.
- El terminal y la suscripción deben ser económicos y fáciles de utilizar, de forma que el sistema sea un objeto cotidiano.

Por otra parte, el desarrollo de este nuevo sistema va a ser evolutivo. Los cambios más importantes se producirán mediante el desarrollo de una interfaz radioeléctrica más flexible que la actual del GSM. Por contra, la estructura de señalización seguirá un camino más lento, con la incorporación paulatina de las soluciones de red inteligente.

A medio y largo plazo, el UMTS sustituirá progresivamente a las soluciones actuales. La sustitución se realizará de acuerdo con las necesidades de los mercados y la presencia de nuevas aplicaciones que lo justifiquen.

## **1.3 El Proceso Normativo de la Tercera Generación**

### **1.3.1 Introducción**

El concepto de Tercera Generación hace mención a un nuevo conjunto de tecnologías, pero también a una colección de Normas de dominio público, en este capítulo se ocupa de los aspectos relacionados con su proceso de elaboración y responde a interrogantes como que documentos normativos la definen y donde se pueden encontrar, cuales son las organizaciones involucradas y que nos espera más allá de 3G.

Este capítulo se centrará en la componente terrestre de 3G, comenzando con una exposición del proceso de normalización de los sistemas y el resultado del mismo junto al papel de la UIT.

### **1.3.2 Proceso Normativo de Tercera Generación**

El ámbito mundial y armonizado de 3G descarta la filosofía basada en la presentación al mercado de una iniciativa de empresas privadas de manera que con el tiempo se impusiera como vencedor, en su lugar, se recurrió a la UIT como foro en el que debatiese el contenido y los requisitos de 3G. Todo ello fue plasmado en una serie de recomendaciones que trazaron el marco

general de aquella, posteriormente convoco un proceso de presentación de soluciones tecnológicas para la interfaz radio y que eran aptas para ser incluidas en 3G. Fuera de su contenido quedo la evaluación de las propuestas que se reservo para los miembros y especificar en detalle las diferentes soluciones de 3G.

### 1.3.3 La estandarización

Hay dos organismos que están trabajando en la estandarización del nuevo sistema de comunicaciones personales: La UIT y el ETSI. Los dos tienen concepciones similares, pero objetivos diferentes:

El FPLMTS (IMT-2000), La UIT ha establecido un grupo para definir, en cierto modo, un estándar mundial. El sistema a estandarizar se denominó Future Public Land Mobile Telecommunication System (FPLMTS). Recientemente se ha cambiado a International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000).

El sistema IMT-2000 debe dar servicio de voz, vídeo y datos en cualquier lugar y en cualquier momento. El concepto va bastante más allá de un simple acceso sin hilos o comunicaciones móviles, ya que incluye aspectos como localización o de seguridad de tráfico rodado. Otro aspecto importante es la utilización del bucle radioeléctrico para dar servicio a áreas en desarrollo.

Un aspecto importante es la estandarización de frecuencias. Está sometido a debate continuo, aunque el UMTS tiene ya una asignación de bandas mostrada en la figura 1.1.

El ETSI, como organismo encargado de la normalización de los aspectos relacionados con las telecomunicaciones en Europa, ha establecido numerosos grupos que trabajan en los aspectos de comunicaciones móviles. Asimismo, y a instancias de la Comunidad Europea, se ha establecido un Foro de debate, el UMTS Forum, encargado de canalizar y dirigir las actividades, tanto de normalización como, en cierto modo, de investigación para el desarrollo del UMTS.

### 1.3.4 El proceso normativo en la UIT

La especificación de los sistemas 3G supuso en su momento un fuerte reto por tener el objetivo de un sistema de telecomunicaciones móviles global, que con los sistemas 2G no dejaban de responder a estándares definidos con carácter local acompañada de una falta de coordinación en la asignación de bandas de frecuencias, lo que exigía un cambio de mentalidad dirigido a unificar los esfuerzos y un acuerdo con carácter global para las bandas de frecuencia de los sistemas 3G.

El organismo mejor situado era la UIT produciendo debates sobre las bandas de frecuencias preparatorias de las conferencias mundiales de radiocomunicaciones (WRC), discutido y establecido los requisitos que han de cumplir con las tecnologías radio.

El denominado grupo interino 8/13 establecido por la UIT investiga aspectos como las bandas de frecuencia, niveles de compatibilidad, necesidades en los países en vías de desarrollo y el de la vecindad entre la componente terrenal y la satelital.

Los primeros resultados establecieron objetivos y requisitos del espectro fijando las bandas de 1.885-2.025 Mhz y 2.110-2.200 Mhz para la componente terrestre y las bandas 1.980-2.010 Mhz y 2.170-2.200 Mhz para el componente satélite. En la figura 1.1 se presentan las bandas de frecuencia asignadas para IMT-2000 y su uso previsto en diferentes regiones.

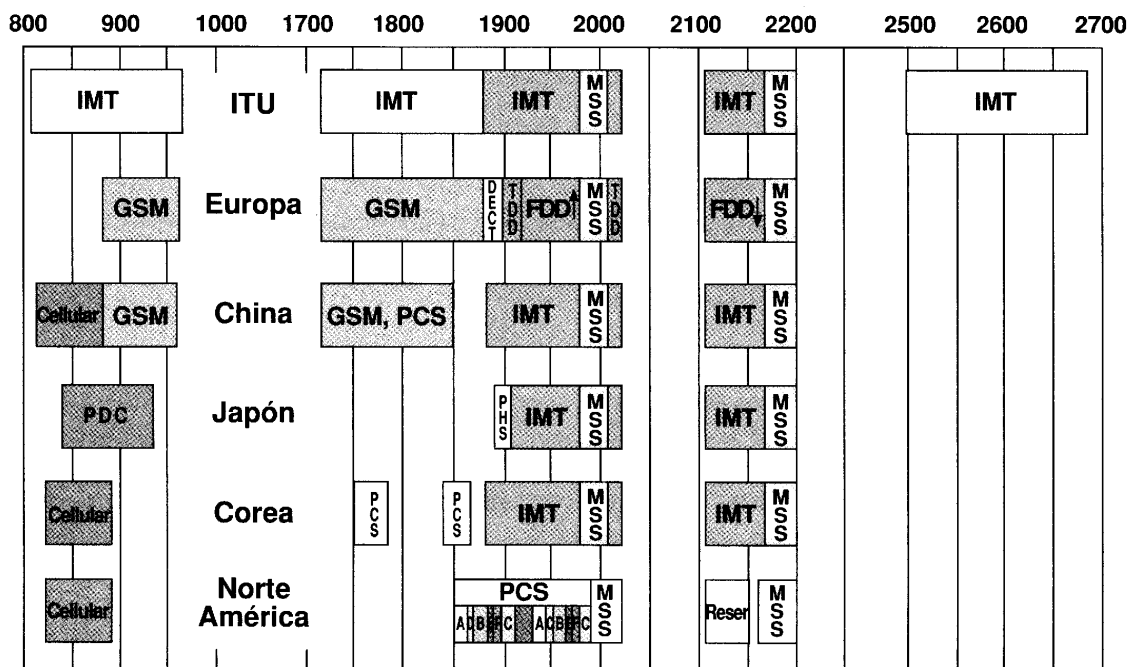


Figura 1.1 Bandas de frecuencia asignadas para IMT-2000

Luego, el Task Group 8/1 elaboro una serie de documentos que paulatinamente dieron forma al concepto de 3G, cambio el nombre para ser IMT-2000 (Banda de Trabajo 2Ghz y año), designó una familia de tecnologías de acceso radio (RTT) denominada Recomendación RKEY y presentó 10 candidaturas para la componente terrestre IMT-2000 tales como DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), UWC (Universal Wireless Communications), WCDMA (Wideband CDMA), TD-SCDMA (Time Division Synchronous CDMA),etc. y 6 para la satelital.

Esta lista fue el punto de partida que inicio el proceso de convergencia entre propuestas que afecto sobre todo a las componentes FDD y WCDMA, una consecuencia importante fue la creación de sendos foros de especificación ligados a dos de las propuestas el 3GPP de la propuesta UTRA y el 3GPP2 de la propuesta CDMA 2000, pero siempre surgieron conflictos por los derechos de propiedad que fueron motivo de tensiones y estuvieron a punto de botar el proyecto y la solución de los mismos fue la que abrió puerta a la ultima y definitiva maniobra de acercamiento entre candidaturas la OHG (Operators Harmonization Group) que sirvió para aproximar al máximo las tecnologías IMT-2000 y de reducir las tecnologías a tres modos:

IMT-DS (UTRA-FDD, componente FDD de los sistemas WCDMA)

IMT-MC (UTRA-FDD, variante de la propuesta CDMA2000 compatible con los sistemas IS-95)

TDD (componente TDD de las propuestas IMT-2000)

Las especificaciones de los tres modos se modificarán para permitir el uso de cualquiera de sus tecnologías radio en combinación con cualquiera de los dos posibles núcleos de red y para ello se introducen en los protocolos afectados los denominados ganchos y extensiones que permiten el soporte de ambos tipos de núcleo de red.

A mediados de 1999 dicha propuesta fue aceptada y como consecuencia el 3GPP2 paso a ceñirse exclusivamente en la componente de banda estrecha de la opción CDMA 2000 ya que el resto pasaba a unificarse con la UTRA y con dicha aceptación se cerró prácticamente el proceso de selección de las tecnologías radio de la componente terrestre IMT-2000.

## 1.4 El proceso normativo del sistema UMTS

El sistema UMTS nació como una propuesta netamente europea, de tecnología de 3G. Como tal fue presentada en plazos y formato conforme lo estableció la UIT, quien recibió la propuesta de la ETSI que al mismo tiempo responsabilizó a la encargada de la capa física del sistema GSM e ingeniería de radio la SGM2 que decidiera sobre la tecnología radio en la que se basaría el sistema UMTS identificando alternativas agrupándose en cinco Grupos de concepto:

1. Alfa, que englobaba a aquellas propuestas basadas en la tecnología DS-CDMA tales como WCDMA de Fujitsu, Wideband DS de NEC y DS-CDMA de Panasonic.
2. Beta, incluyendo las soluciones que utilizaban la técnica OFDMA tales como BDMA de Sony, OFDMA de Telia y OFDMA de Lucent.
3. Gamma, fue establecido para incluir las propuestas basadas en la técnica TDMA que comprendía únicamente el modo 1 Frames FMA sin ensanchamiento.
4. Sigma, destinado a las propuestas basadas en la combinación de las técnicas TDMA y CDMA que comprendía CTDMA y Modo 1 Frames FMA.
5. Ignus, constaba con una sola opción basada en la técnica ODMA promovida por Vodafone y Salbu R & D.

El objetivo inicial era concluir con la unificación de todas las propuestas en una sola que correspondiese a UTRA y aunque en el reporte se detallaron las utilidades de cada uno de los Grupos fue hasta Diciembre de 1997 en Madrid que se puso de manifiesto que la elección se circunscribía a los Grupos Alfa y Sigma, que es lo mismo, a las tecnologías WCDMA y TDMA / CDMA, donde también sucedió un desacuerdo para la obtención de por lo menos un 71% de mayoría en el cual el Grupo Alfa ostentaba de un 58% que era claramente insuficiente.

El tema volvió a plantearse en Paris, Enero de 1998 por medio de una votación formal llegando hasta un 61% a favor del Grupo Alfa lo que no fue suficiente pero si necesario para una negociación entre ambas partes con lo que se denominó “acuerdo de Paris”, donde según sus términos la solución UTRA contiene dos componentes: FDD y TDD. La primera se basa en la solución WCDMA y es de aplicación en las proporciones emparejadas de la banda UMTS. La segunda utiliza la combinación CDMA / TDMA y se ubica en las proporciones no emparejadas

de la banda. En definitiva, una solución de compromiso, que incorpora parte de los elementos de los dos finalistas y que explica el carácter bicéfalo de UTRA.

Una vez tomada la decisión sobre la interfaz radio se creó un nuevo foro para la especificación de sistema el 3GPP y le siguió en poco tiempo el 3GPP2 reflejo de actividades similares en el campo de la propuesta CDMA 2000 cuyo objetivo básico es el de elaborar las especificaciones del sistema, no las normas del mismo de las cuales se encarga la ETSI.

Como sistema vivo y en evolución el 3GPP ha considerado dos versiones, la primera (99) se estableció con la intención de proporcionar una especificación del sistema a tiempo para el desarrollo de redes UMTS en Japón y la segunda (00) está ajustada a las versiones documentales de las especificaciones.

## 1.5 Las fases y el plan de evolución para GSM

La introducción de UMTS tendrá lugar gracias a la ejecución de una serie de fases para con ello reducir el riesgo y coste para los operadores y asegurar la temprana adopción de servicios por parte de los usuarios finales. Las fases hacia el desarrollo de UMTS son las siguientes:

- La extensión de las capacidades GSM para incluir conmutación de circuitos a alta velocidad HSCSD, de paquetes GPRS y operación de datos de alta velocidad EDGE. Sin embargo no todas serán implementadas por los operadores ya existentes.
- Fases de prueba PRE-UMTS, durante la que los prototipos de estaciones base UMTS se probarán tanto en subconjuntos de redes GSM reales como en pruebas aisladas en redes basadas en paquetes.
- Fase de despliegue básico que incluye la primera incorporación de estaciones base para el acceso radio UMTS dentro de redes en funcionamiento, nuevos servicios basados exclusivamente en las capacidades UTRA proporcionando servicios de banda estrecha y banda ancha sobre las mismas interfases UTRA.
- Fase comercial completa que incorporará mejoras en su funcionamiento y capacidad junto con la introducción de nuevos y sofisticados servicios basados en UMTS.

### 1.5.1 Plan de evolución para GSM

Mientras llega UMTS se ha desarrollado el plan de evolución de GSM denominado también la generación 2.5, una nueva funcionalidad multimedia que va más allá de las aplicaciones actuales capaz de soportar 384 kbit/s con movilidad restringida y hasta 115 kbit/s con movilidad total.

Todo empezó con los servicios de mensajes cortos y la transmisión de datos desde acceso móvil basada en circuitos que presentaron latencia excesiva y ancho de banda limitado (9.6 kbit/s para transmisión de datos y 160 bytes para cada transacción por SMS) que a pesar de las dificultades se han mejorado pero a los clientes les gustaría que fuesen más fáciles (limitación del teléfono), más rápidos (limitación en la red) y más personalizados (limitación en los servicios). Para ello el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones ETSI ha desarrollado nuevas tecnologías de datos sobre redes GSM de segunda generación basadas en conmutación de circuitos, HSCSD y en conmutación de paquetes, GPRS. La figura 1.2 resume esta evolución.

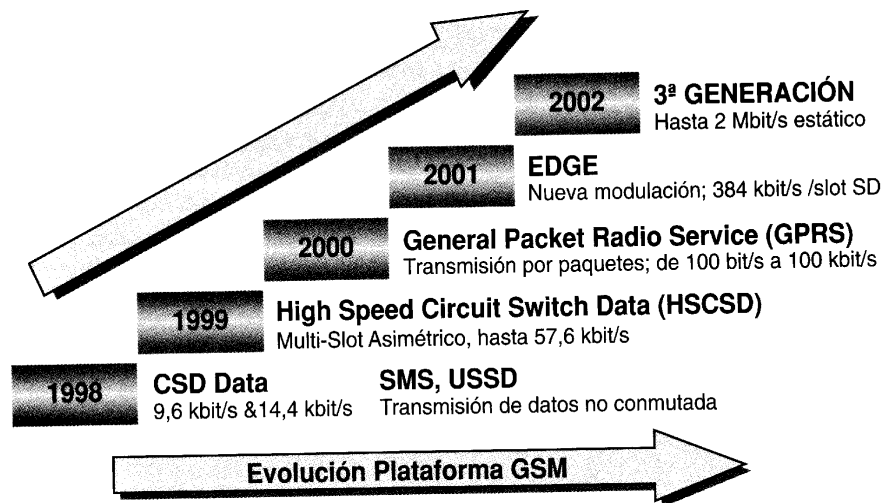


Figura 1.2 Evolución de los sistemas de comunicaciones móviles

### 1.5.2 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)

Es un desarrollo de conmutación de circuitos de alta velocidad que proporciona mayor velocidad en la transmisión de datos desde el móvil utilizando simultáneamente varios intervalos temporales de la portadora y permite conseguir un flujo de datos cercano a los 100 kbit/s. Esta diseñada para que sea soportada por la red GSM y es adecuada para transferencias de información a velocidad constante (transferencias de ficheros y videoconferencia), pero necesita establecimiento de llamada y obliga a la red a mantener el circuito aunque no haya tráfico.

### 1.5.3 GPRS (General Packet Radio Service)

Este conjunto de servicios portadores da soporte al acceso vía radio utilizando el protocolo IP a Internet y a redes de conmutación de paquetes como X.25, con una velocidad de hasta 115 kbit/s usando el mismo subsistema de estaciones base que para los servicios de voz, pero con pasarelas específicas para el encaminamiento de la información GPRS a través de una red de datos.

GPRS es una técnica de conmutación de paquetes que emplea una codificación reducida del canal para alcanzar una velocidad neta de 14.4 kbit/s por ranura de tiempo consiguiendo un caudal máximo de 115 kbit/s, basada en una nueva codificación de los canales radio asignándolos solamente cuando se envían datos en modo paquete, en la compartición de los canales entre mas de un usuario y en la asignación de canales distintos para transmisión y recepción. Por lo tanto es una técnica de conmutación de paquetes adecuada para manejar tráfico a ráfagas que puede suministrar datos directamente al terminal del usuario si este se encuentra apagado o fuera de cobertura y que solamente ocupa ancho de banda cuando se envían datos, lo que permite una utilización más eficiente del espectro al permitir compartir un canal entre distintos usuarios en el proceso conocido como multiplexación estadística.

La revolución implicada por GPRS en los aspectos técnicos son las siguientes:

- El acceso radio permite que hasta siete usuarios puedan compartir eficientemente un único intervalo temporal de la portadora radio que hasta ahora era asignado a un único usuario, que puede utilizar simultáneamente hasta ocho intervalos temporales.

- El subsistema de red GPRS constituye una infraestructura paralela a la de GSM, que conmuta y transmite los datos de una manera eficiente e interacciona con otros elementos clásicos como el MSC (Mobile Switching Centre) y el SMS-C (Short Message Service Centre) con el objetivo de extender las ventajas de eficiencia de GPRS en el servicio convencional SMS de GSM.
- Son necesarios nuevos terminales móviles y su tarificación cambia de duración y destino de llamada se pasa a una por volumen de datos intercambiados, calidad y tipo de servicio.
- Puede comunicarse con redes Internet externas (públicas o privadas) o internas del propio operador. La interconexión con redes de datos externas implica aspectos de seguridad y gestión de direcciones IP.
- Ofrece un gran potencial para la creación de nuevos servicios de valor añadido de una manera rápida y flexible pues pueden basarse en servidores de la red Internet.

#### 1.5.4 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

También llamado GSM384, introduce nuevos métodos en la capa física, incluyendo un nuevo esquema de modulación, 8PSK (Phase Shift Key) y diferentes formas de codificación de datos para la protección contra errores, el resultado es que avanza velocidades de transferencia de datos de hasta 384 kbit/s, es decir 48 kbit/s por intervalo temporal de la portadora de 200 KHz propia de GSM, que ya son adecuadas para el acceso a Internet de alta velocidad e incluso para videoconferencia. Su importancia radica en el hecho pueden converger tanto GSM como TDMA IS-36 un estándar adoptado por numerosos operadores de Norte y Suramérica.

### 1.6 Escenarios de Migración

Por su propia naturaleza HSCSD no es eficiente y aunque requiere solo cambios de software en la infraestructura del operador GPRS necesita cambios estructurales más profundos y fundamentalmente en los sistemas de tarificación que ahora facturan por volumen de tráfico y no por establecimiento y tiempo de conexión.

Para el operador GPRS abre segmentos de mercado como el control y la medición remotos, además el principal beneficio para el operador es la posibilidad de aprovechar de forma sostenida, que de otro modo se emplearía únicamente en cubrir el tráfico en la hora cargada.

GPRS tendrá como una de sus aplicaciones el correo electrónico y a diferencia de SMS es que a todos los usuarios de correo electrónico de Internet son desde el principio una parte sustancial de la población receptora potencial para GPRS, por tanto desarrolla un servicio que ya esta globalmente soportado y usado.

La arquitectura del sistema GSM incluyendo GPRS, será la base para la red central del sistema de tercera generación, de esta forma los operadores minimizaran los costes de su implantación.

La red básica GSM se desarrollara para cubrir todos los requisitos de sistema de tercera generación, o más concretamente se podría ver el nuevo subsistema radio UMTS como una nueva red acceso superpuesta al subsistema de estación base, BSS, de GSM, donde las palabras clave son “reutilización” y “compartición”. Así se promoverá el uso de estaciones base GSM y UMTS en el mismo emplazamiento (con el consiguiente ahorro de costes para el operador) lo mismo podrá decirse respecto a las controladoras UMTS y GSM. Con el centro de conmutación basado en ATM, el interfaz de transmisión entre el BSS y el subsistema de red, NSS se basara previsiblemente en esta tecnología. GPRS servirá para comenzar a implantar aplicaciones, servicios e infraestructura que serán plenamente desarrollados posteriormente con UMTS.

La evolución de la red proporcionara nuevas capacidades que podrán utilizarse para proporcionar nuevos servicios. Sin embargo, es posible seguir una estrategia en la que la migración hacia UMTS vía GPRS se realice sin cambiar la percepción del usuario final sobre los servicios que utiliza, simplemente añadiendo mas contenido al servicio a medida que la capacidad de transmisión de la red aumenta, de tal manera que pueda ser percibido independientemente de la tecnología subyacente implicando el uso de una serie de interfaces comunes en las aplicaciones, API (Application Programming Interface). Estas incluirán API para monitorizar y controlar aspectos de la llamada, presentación de textos / gráficos, interacción con la interfaz de usuario y acceso al contenido.

Por tanto y como conclusión los operadores deben educar de forma paulatina a los usuarios para que sepan aprovechar las nuevas velocidades de transmisión y prestaciones, al mismo tiempo que tendrán que desarrollar toda una estrategia de migración.

## **1.7 El negocio UMTS**

Los sistemas UMTS permitirán la integración de todo tipo de servicios en un sistema único y estarán accesibles desde un único terminal, en este sentido, el móvil del futuro puede constituirse como una excelente plataforma de negocio, es decir, un canal de distribución ideal, personalizable de forma inmediata y a un coste razonable, que permite llegar al publico objetivo de forma directa, en cualquier momento y en cualquier lugar.

El negocio UMTS presenta una alta sensibilidad a las decisiones del regulador, a los niveles de inversión y a la incertidumbre del mercado, y que los aspectos económicos de UMTS no son atractivos a las redes móviles de segunda generación.

Otras conclusiones del negocio UMTS es que será muy sensible al numero de operadores, la compartición de infraestructuras entre operadores facilita una reducción en el coste de base y aumenta el retorno de la inversión, es altamente sensible a cambios en los ingresos de clientes y los periodos de payback sugieren que las licencias sean concebidas por un periodo mayor a 10 años.

UMTS evoluciona desde la estructura de funciones de telecomunicaciones tradicional existente como resultado de los criterios comerciales actuales y forma parte importante de un entorno global de telecomunicaciones futuras que representara un subconjunto de las necesidades de movilidad global en un mercado dinámico y en crecimiento.

## CAPITULO II

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA UMTS

## 2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA UMTS

### 2.1 Introducción

El sistema UMTS es un sistema complejo en una evolución permanente que integra distintas tecnologías y realizaciones de cada una de sus partes. Por su complejidad cualquier presentación del sistema desde un determinado punto de vista será necesariamente incompleta y en este capítulo se describe la arquitectura del sistema desde distintos puntos de vista complementarios.

El sistema UMTS es miembro de la familia de sistemas IMT-2000 (International Mobile Telecommunication) destinados a prestar servicios de telecomunicación a usuarios fijos y móviles mediante un enlace de acceso inalámbrico que integrará una amplia variedad de usuarios, tecnologías radio, coberturas y equipos terminales, prestando servicios multimedia tanto en modo circuito como en modo paquete, por lo que la infraestructura del sistema tendrán que incorporarse ambas tecnologías de red.

El sistema IMT-2000 debe soportar itinerancia global (posibilidad de acceder a los servicios que proporciona una red central desde distintas redes de acceso, utilizando distintas tecnologías) que como consecuencia ha desarrollado una metodología y modelado de redes de acceso y redes centrales basada en la identificación de funciones dependientes de la tecnología radio y funciones independientes de la misma, centrandó la especificación de la red central en funciones independientes de la tecnología radio.

Otro elemento notable en la estandarización de estos sistemas es facilitar la evolución de los actuales hacia los que constituirán definitivamente UMTS, incorporando la prestación de servicios específicos y haciendo uso de las infraestructuras existentes, posibilitando con ello que los operadores acomoden los ritmos de actualización e incorporación de nuevos servicios y tecnologías a la medida de sus posibilidades y conveniencias.

El presente capítulo se desarrolla con una breve exposición del análisis y modelado de redes, la descripción de los planos de control y usuario y la arquitectura de referencia GSM, la red de acceso UTRAN y finalmente la Red Central.

El sistema UMTS es descrito desde una perspectiva de evolución temporal, donde se pueden identificar los tres dominios básicos: *el equipo de usuario, la red de acceso y la red central*, donde estos dos últimos son los diferenciadores de los distintos miembros de la familia de los sistemas IMT-2000.

## 2.2 Análisis y Modelado de Redes

Los modernos sistemas de telecomunicaciones son capaces de proporcionar de forma integral una gran variedad de servicios, reutilizando recursos y adecuando o adaptando los primeros a las demandas de los usuarios y es por ello que a partir del desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN) y las que en esta se han inspirado como lo son la red 2G y 3G es necesario un método riguroso de caracterización de servicios que defina las capacidades de la red.

El método consiste en tres fases o etapas, aplicadas de forma secuencial:

- Primera Fase: Descripción de servicios
- Segunda Fase: Identificación de funcionalidades de red que soporten estos servicios
- Tercera Fase: Proyección de las funcionalidades de red en la arquitectura de red y diseño de protocolos

La primera etapa cubre la descripción global de los servicios desde el punto de vista del usuario, descomponiéndose en la definición y descripción textual del servicio, la descripción estática del servicio mediante atributos y la descripción dinámica del servicio mediante medios gráficos.

La segunda fase proporciona una visión intermedia de lo que sucede en la interfaz del usuario red y en el interior de la red, entre distintos nodos de esta. En esta etapa se hace una descripción global de la organización de las funciones de la red para hacer corresponder los requisitos de servicio y las capacidades de la red.

La tercera etapa describe los nodos de conmutación y servicio, así como los protocolos y el formato que se debe adoptar, para soportar los servicios definidos. Los pasos a dar en esta etapa son la especificación de protocolos y formatos y la descripción de nodos de conmutación y servicio.

### 2.2.1 Modelo OSI

El modelo Open System Interconnection (OSI) responde a una visión jerárquica de los sistemas de comunicación desde un punto de vista funcional, el cual conforme se va ascendiendo en la jerarquía de niveles o capas aumenta la abstracción, la complejidad de las funciones y el tiempo involucrado en el desarrollo de las mismas.

Cada capa o nivel debe desarrollar unas funciones bien definidas, de las que número y naturaleza debe ser un compromiso entre la complejidad de la capa y el número de las mismas. La función o funciones de cada nivel deben establecerse teniendo en consideración los protocolos relacionados con las mismas y los límites de la capa deben buscar que entre niveles exista el mínimo intercambio de información posible.

El nivel físico comprende las funciones relacionadas con la transmisión de los datos a escala elemental, tratando detalles tales como la duración de un bit, los niveles de señal que soportan

los datos, los mecanismos de iniciación y finalización de la conexión, el significado lógico de las señales y otras características del mismo. Las funciones y acciones ligadas al nivel físico suelen ordenarse en tres grupos: mecánica, eléctrica y de procedimiento.

Dependiendo del medio físico por el que se transmiten los datos, estos son más o menos fiables en el receptor donde la principal justificación del nivel de enlace reside en transformar la conexión física, a menudo poco fiable, en una comunicación de suficiente fiabilidad. En las ocasiones en las que el medio físico transmite datos sin solución de continuidad o sin estructura, el nivel de enlace debe agruparlos de forma que cada unidad de datos sea tratada independientemente en este nivel. Basándose en esta estructura de datos el nivel de enlace puede detectar y/o corregir errores, controlar el flujo de datos perdidos o duplicados, lo que hace basándose en mecanismos de reconocimiento de datos recibidos, avisando al origen de la transmisión, haciendo que repita la trama correspondiente o que deje de transmitir hasta nuevo aviso. También cuando se trata de un canal compartido por diferentes usuarios, el nivel de enlace controla el acceso al canal.

Mientras que entre el emisor y el receptor no haya más que una conexión física no es preciso añadir más funciones que las contempladas en los niveles físico y de enlace. Si los sistemas finales que se comunican están conectados a redes diferentes, aparece una nueva funcionalidad derivada del encaminamiento de los mensajes. En las redes con conmutación de circuitos y en las redes con conmutación de paquetes, que soporten circuitos virtuales, antes de comenzar la transferencia de información debe establecerse el camino que esta debe seguir, siendo las funciones del nivel de red las encargadas de hacerlo. También en este nivel se contemplan las funciones capaces de resolver los problemas de congestión que puedan aparecer en los nodos.

La capa de transporte tiene una misión simple de enunciar y a la vez que difícil de alcanzar. Esta capa trata de independizar la infraestructura de red de las aplicaciones que corren sobre ella, de forma que estas últimas se apoyen en unos servicios o funcionalidades no dependientes de los inevitables cambios evolutivos que debe tener la red. Múltiples son las funciones que desarrolla la capa de transporte de las cuales cabe subrayar que establece una conexión punto a punto entre los extremos, virtualmente libre de errores, sea cual fuere la infraestructura de red.

Finalmente las capas de sesión, presentación y aplicación, completan la arquitectura de protocolos para la interconexión de sistemas abiertos.

### 2.2.2 Planos de Control y Usuario

En el modelado del intercambio de información, además del modelo de referencia OSI, se utiliza el modelo de referencia de protocolo RDSI. Ambos modelos tienen semejanzas y diferencias, ambos organizan y agrupan las funciones de comunicaciones por capas.

Una diferencia notable es que el modelo de referencia de protocolo PRM RDSI modela los flujos de información en toda la gama de servicios portadores, teleservicios y servicios suplementarios, incluyendo escenarios que se ajustan mal al modelo OSI, como la telefonía.

El modelo PRM RDSI introduce nuevos conceptos, sustituyendo la descripción de las capas 1, 2 y 3 por estrato (generalmente compuesta por dos capas, una de red y otra de enlace de datos) y una capa adicional de infraestructura, que puede ser la capa física o bien una conexión de red de una capa subyacente. Si es necesario la última capa puede modelarse como otro estrato.

Otra diferencia notable entre los modelos es la división entre plano de control o señalización y el plano de usuario. Un plano está compuesto por un conjunto de protocolos del mismo tipo; en el plano de usuario (plano U) se consideran los protocolos con la tarea de transferencia de información entre las aplicaciones de usuario, mientras que en el plano de control (plano C) la tarea es la de soportar la señalización, es decir, la transferencia de información para el control de las conexiones del plano de usuario. Además de la información de usuario, toda la información que controla el intercambio de datos dentro de una conexión, pero que no altera el estado de esta conexión, pertenece al plano U. Toda información de control que implica modificación de recursos pertenece al plano C.

### 2.2.3 Arquitectura de Referencia

La *PLMN (Public LAN Mobile Network)*, soporta una serie de servicios de comunicación marcados por la movilidad, lo que confiere a la red de características peculiares con funciones propias y exclusivas de este tipo de red. La figura 2.1 muestra la arquitectura de referencia del sistema GSM lo suficientemente genérica como para que pueda servir de base a los sistemas 2G desarrollando una serie de funciones específicas reflejadas en las entidades funcionales de la misma en las que se debe dar el intercambio de datos, pero que también sirve de punto de partida para los sistemas 3G, utilizando las siguientes interfaces:

*MS (Mobile Station)*, la estación móvil consiste en el equipo utilizado por el abonado al PLMN, constituido por el módulo de identidad de abonado, *SIM (Subscriber Identity Module)* y el equipo móvil, *ME (Mobile Equipment)*.

*BSS (Base Station System)*, el sistema de estación base es el conjunto de equipos de estación base que ve el centro de conmutación de móviles, *MSC (Mobile Switching Center)*, a través de una sola interfaz A, responsables de comunicar con las estaciones móviles dentro de una cierta área. El BSS comprende un controlador de estación base, *BSC (Base Station Controller)* y una o más estaciones base transceptoras, *BTS (Base Transceiver Station)*.

*BTS (Base Transceiver Station)*, la estación base receptora es un componente de red capaz de atender una célula, consiste básicamente en un transmisor / receptor radio con los componentes de control asociados.

*BSC (Base Station Controller)*, el controlador de estación base es un componente de red capaz de controlar una o más BTS.

*MSC (Mobile Switching Center)*, el centro de conmutación de móviles es la que desarrolla todas las funciones de conmutación y señalización relativas a los MS localizadas en un área geográfica denominada área MSC. Además desarrolla los procedimientos de registro de la localización

(GSM 03.12) y de “handover” o traspaso (GSM 03.09) al servicio de la movilidad de los abonados.

*GMSC (Gateway MSC)*, el MSC pasarela es capaz de interrogar al registro general de abonados, *HLR (Home Location Register)*, para encaminar una llamada, procedente de otras redes al MSC en el que se encuentra el usuario en ese momento. Estos GMSC hacen interfaz con otras redes, encaminando las llamadas procedentes de estas. La elección de los MSC que pueden actuar como GMSC es decisión del operador.

*HLR (Home Location Register)*, el registro general de abonados es la base de datos encargada de la gestión de los abonados móviles. Una PLMN puede tener uno o varios HLR, dependiendo del volumen de abonados, de la capacidad de los equipos que constituyen el HLR y de la organización de la red. Los datos del usuario y su organización se describen en GSM 03.08.

*VLR (Visitor Location Register)*, toda estación móvil que se encuentre en el área atendida por un MSC esta registrada en el VLR asociado a ese MSC. El registro de visitantes se actualiza siempre que un nuevo móvil entra en el área de servicio de uno o más MSC.

*AuC (Authentication Centre)*, es el centro de autenticación es una identidad funcional asociada al HLR en la que se almacenan los algoritmos y las claves de seguridad asociadas a los abonados móviles (generalmente una por abonado). Con cada clave se generan los datos para la autenticación de los usuarios y las claves para el cifrado de la comunicación entre el terminal móvil y la red. Los procedimientos de autenticación y cifrado se describen en la GSM 03.20

*EIR (Equipment Identity Register)*, el registro de identidad de equipos almacena los números de identificación de los terminales móviles, IMEI (International Mobile Equipment Identity) utilizados en el sistema GSM. Cada estación móvil es marcada y registrada en una de tres listas. Puede darse el caso de que una estación móvil no este registrada en el EIR.

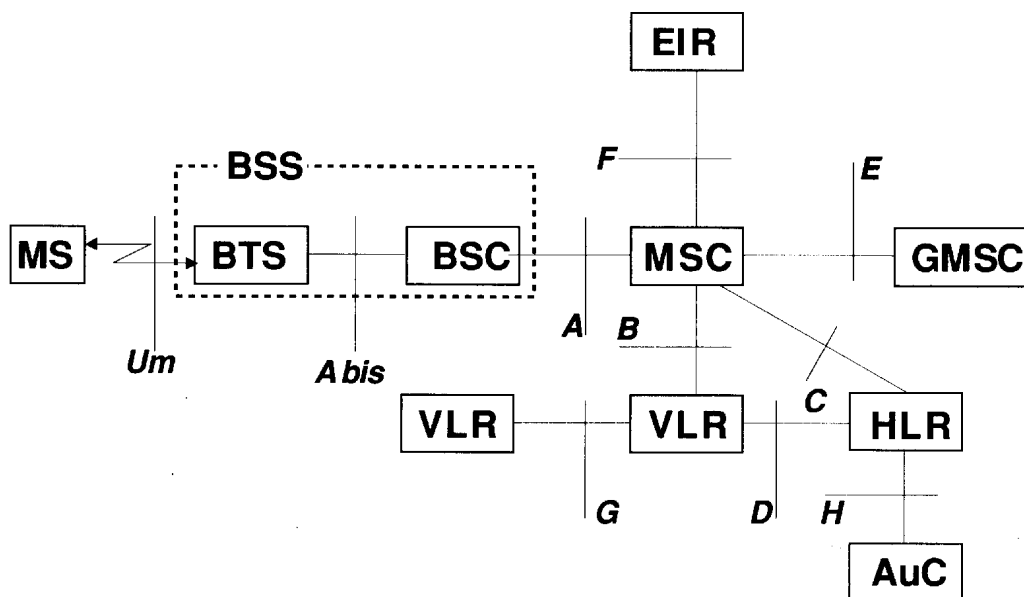


Figura 2.1 Arquitectura de Referencia GSM (Fuente ETSI)

La implementación del servicio móvil con itinerancia internacional implica el intercambio de datos entre equipos involucrados en el servicio. Este flujo de datos atraviesa las interfaces definidas entre cada pareja de entidades funcionales relacionadas tal y como se detalla en la figura 2.1, las cuales se explican a continuación:

*La interfaz Um:* conocida también como interfaz aire o interfaz radio, se define entre la estación móvil y el BSS.

*La interfaz A:* es la interfaz entre el MSC y el BSS, que transporta la información relacionada con la gestión del BSS, la gestión de movilidad, el control de la llamada y los datos del usuario.

*La interfaz A bis:* Definida para conectar uno o más BTS a un solo BSC, es atravesada tanto por datos de usuario como por los de control y señalización.

*La interfaz B:* esta localizada entre la pareja MSC-VLR, siendo interna a la entidad MSC / VLR; no esta estandarizada la señalización sobre la misma.

*La interfaz C:* es la interfaz localizada entre el MSC y el HLR. El GMSC interroga al HLR para obtener la información de encaminamiento de llamadas o mensajes dirigidos al móvil. La señalización sobre la interfaz utiliza MAP (Mobile Application Part).

*La interfaz D:* entre el HLR y el VLR se define esta interfaz para soportar el intercambio de datos relacionados con la gestión del abonado y con la gestión de la localización siguiendo su itinerancia. La principal funcionalidad, capaz de proporcionar servicio cuando un abonado se mueve sin restricciones por el área de cobertura del sistema, se basa en el intercambio de datos entre las bases de datos relacionadas con la localización, HLR y VLR. Este ultimo envía al primero los datos de localización y el HLR le responde con los datos asociados al servicio contratado y que permiten gestionar las comunicaciones del mismo. También sobre esta interfaz la señalización utiliza MAP.

*La interfaz E:* es la interfaz existente entre dos MSC soportando la señalización que se produce entre estos cuando un móvil debe hacer un traspaso inter-MSC durante una comunicación; también soporta la transferencia de mensajes cortos cuando el MSC que atiende al abonado en un momento determinado no coincide con el MSC que actúa como interfaz con el centro de servicio del SMS. La señalización en esta interfaz utiliza MAP.

*La interfaz F:* es atravesada por los datos y señalización que intercambian MSC y EIR con el fin de verificar el estatus del IMEI de una estación móvil. La señalización sobre esta interfaz también utiliza el MAP.

*La interfaz G:* definida entre dos VLR, es atravesada por los datos que estos intercambian cuando un móvil cambia de la zona de servicio de un VLR a la de otro, que puede incluir los parámetros de autenticación y el IMSI. La señalización utiliza MAP.

*La interfaz H:* es la interfaz existente entre un HLR y el AuC, por la que intercambian datos de autenticación y cifrado de los móviles. El protocolo sobre esta interfaz no esta estandarizado.

### 2.3 La Familia de Sistemas IMT-2000

Un sistema IMT-2000 puede describirse como un conjunto de subsistemas funcionales, entidades funcionales y comunicación funcional, capaz de proporcionar servicios y capacidades IMT-2000 específicos.

Al mas alto nivel los subsistemas que componen un sistema IMT-2000 es:

- El Modulo de Identidad de Usuario UIM (User Identity Module),
- El Terminal Móvil MT (Mobile Terminal),
- La Red de Acceso a Radio RAN (Radio Access Network) y
- La Red Central CN (Core Network).

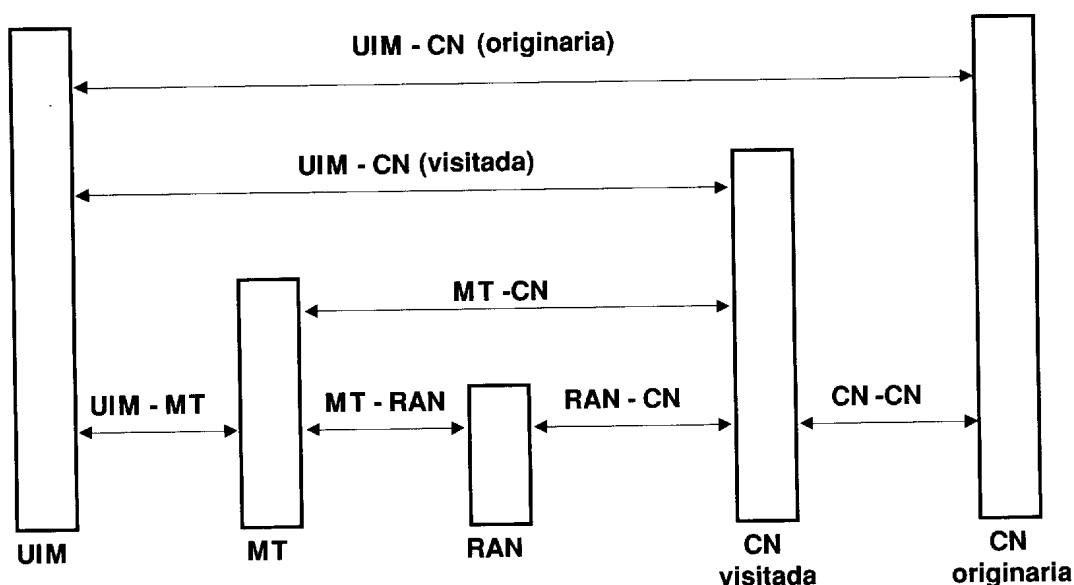


Figura 2.2 Subsistemas componentes de un miembro de la familia IMT-2000 y comunicaciones entre ellos. (Fuente ETSI)

Las funciones que desarrolla la UIM están relacionadas con la seguridad y servicios de usuario donde residirá en una tarjeta inteligente, extraíble y transportable a diferentes terminales, lo que conduce a la especificación de una interfaz entre él módulo y los equipos terminales, los cuales, además de presentar la interfaz con el UIM, proporcionan acceso radioeléctrico a la red y soportan los servicios de usuario, específicamente los aspectos relacionados con la movilidad.

La RAN proporciona comunicación entre el MT y la CN, para lo que desarrolla funciones de encaminamiento y pasarela entre los dos anteriores además de contribuir decisivamente a la movilidad local. La red central proporciona las capacidades para soportar los servicios y la movilidad personal.

El concepto de familia facilita y posibilita la especificación de IMT-2000 en dos niveles. En el nivel más alto, que cae en el ámbito de trabajo de la UIT, se especifica el marco general de desarrollo y evolución de las redes de acceso y las interfaces de red que facilitan la interoperabilidad entre sistemas IMT-2000. El otro nivel se ocupa de las especificaciones de los miembros de la familia. Hasta este momento se han identificado cuatro miembros, diferenciados por la red de acceso y la red central que los componen. El primero se trata del sistema cuya red central es una red UMTS evolucionada de GSM y la red de acceso es la propuesta UTRAN (UMTS Terrestrial Access Network), el segundo tiene como CN una red ANSI-41 (American National Standard Institute – 41) evolucionada y una red CDMA2000 como la red de acceso, el tercero incorpora una CN evolucionada de ANSI-41/GPRS y como RAN la UWC-136 (Universal Wireless Communication) y el cuarto incorpora el estándar DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication).

Los elementos básicos del nivel más alto son las capacidades de red y de servicio y las interfaces entre subsistemas. La funcionalidad de los sistemas IMT-2000 se define mediante conjuntos de capacidades, formando parte de las iniciales las siguientes:

*Capacidades del Portador*, incluyendo términos tales como caudales de acceso, negociación de la QoS, comunicación orientada y no orientada a conexión, servicios de paquetes, comunicaciones punto a punto y punto a multipunto, enlaces de acceso simétricos o no y tráfico con distintas velocidades.

*Capacidades de red de acceso*, soportando el servicio de paquetes, velocidad binaria constante y variable con y sin conexión, control de recursos radio y soporte de aplicaciones de acceso inalámbrico fijo similares a las de RDSI.

*Capacidades de red central*, que comprenden el soporte de velocidades binarias fijas y variables con y sin conexión, soporte de conexión de circuitos y paquetes, interconexiones con RDSI, RDSI-BA (Banda Ancha), red de paquetes, IP y RTCP (Red Telefónica Pública Conmutada), soporte de movilidad de terminal, personal y de servicio, itinerancia global y transporte de red central.

Las siguientes capacidades de red en las que no se especifica que red está involucrada, se refieren a las redes de acceso y central, en la medida en que afecte a cada cual en cada caso. Estas capacidades de red se agrupan por la funcionalidad que cubren o con la que se relacionan.

*Capacidades de red relacionadas con el control de llamada*, relacionadas con el direccionamiento de usuario, el soporte de los conjuntos de capacidades 1 y 2 de la red inteligente, llamadas simultáneas, correo y llamadas multimedia, llamadas de emergencia, posicionamiento geográfico del usuario o terminal.

*Capacidades de red relacionadas con la seguridad*, incluyendo el cifrado y la autenticación, dependientes e independientes del servicio, identificación del terminal, interceptación legal, privacidad de usuario y abonado, negociación de los mecanismos de autenticación.

*Capacidades de red relacionadas con la atribución de recursos*. Entre ellas está la atribución basada en la QoS, controles de sobrecarga, eficaz uso del espectro en servicios multimedia con componentes de requisitos diferentes, optimización del encaminamiento.

*Capacidades de red relacionadas con la numeración y el direccionamiento.* Comprenden el soporte de la portabilidad de numeración y direccionamiento y el plan de identificación, direccionamiento y numeración.

*Capacidades de red relacionadas con la tasación y la contabilidad,* donde se introducen perfiles de usuario de facturación y tasación normalizadas, registro detallado de llamada, nuevos mecanismos de tasación basados en el volumen de información y la QoS, tasación en tiempo real y acceso en tiempo real a la información de facturación entre otras.

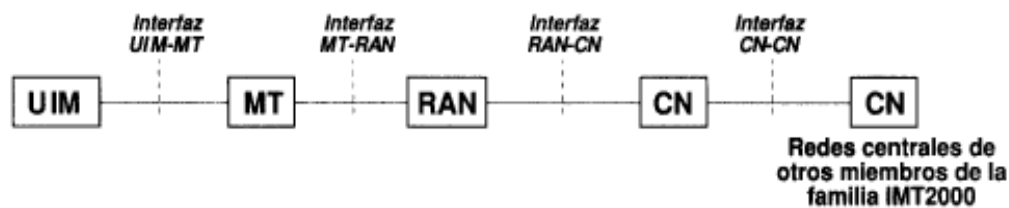
*Capacidades relacionadas con la itinerancia* en el seno de la familia de sistemas IMT-2000, incluyendo términos que complementan la gestión de la movilidad y el control de autenticación.

*Capacidades de red relacionadas con la portabilidad de servicio:* traspaso, puesta en servicio, soporte suplementario, terminales y módulos de interfaz de usuario.

*Capacidades de red relacionadas con el control de transferencia de paquetes.*

Finalmente, en el desarrollo de futuros conjuntos de capacidades se debe tener en cuenta que estos deben estar constituidos por las capacidades de los conjuntos anteriores ampliados con capacidades mejoradas unas y nuevas otras, garantizándose la compatibilidad de los conjuntos hacia atrás y hacia adelante.

En la figura 2.3 se han representado los subsistemas de un sistema IMT-2000 y las interfaces entre los mismos. Se han identificado las siguientes interfaces, sujetas a estudio y normalización.



**Figura 2.3 Interfaces físicas internas a un miembro de la familia IMT-2000 (Fuente ITU)**

*Interfaz UIM – MT,* entre el módulo de identidad de usuario y el terminal móvil. Se trata de una interfaz física que debe reunir los requisitos de seguridad física y existirá cuando el UIM sea un módulo removible. Las comunicaciones funcionales a través de esta interfaz son la comunicación UIM – MT y las comunicaciones UIM – CN, bien sea CN originaria o visitada.

*Interfaz MT – RAN o Interfaz Radio,* entre el terminal móvil y la red de acceso. Debe soportar las comunicaciones funcionales entre MT y RAN y entre MT y CN. Esta última comunicación es transparente al subsistema RAN.

*Interfaz RAN – CN,* entre las redes de acceso y central. Esta interfaz puede soportar conexiones de diferente RAN a distintas CN. Es una de las interfaces relevantes en la evolución 2G a 3G, tanto de las redes de acceso y como de las centrales.

*Interfaz CN – CN o interfaz NNI* (Network to Network Interface). Es una interfaz entre dos redes centrales de sistemas IMT-2000.

Las interfaces anteriores son suficientes para soportar las distintas comunicaciones funcionales previstas para los miembros IMT-2000.

## **2.4 Arquitectura del Sistema UMTS**

UMTS es uno de los miembros de la familia IMT-2000, el que se ha denominado como un sistema cuya red central es una red UMTS evolucionada de GSM y la red de acceso responde a la propuesta UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).

La arquitectura propuesta finalmente, a la que se ha llegado por diferentes caminos, ha tenido que dar cabida a las distintas evoluciones que un operador pueda seguir, contemplando escenarios evolutivos comprendiendo la red de acceso, la red central o ambas, con la confianza de caminar, en cualquier caso hacia UMTS.

Probablemente el éxito de UMTS se fundamentara en posibilitar a los operadores de red y los proveedores de servicio los mecanismos para la creación y provisión de nuevos servicios, ampliamente aceptados por el usuario, que percibirá como algo distinto, con inversiones razonables de rentabilización a corto o mediano plazo, de forma que posibilite reinversiones en un modelo de crecimiento sostenido hacia UMTS. Esta propuesta tiene un carácter modular capaz de evolucionar gradualmente, compatible entre sí en el presente, pasado y futuro.

### **2.4.1 El Concepto GMM**

En el año 1996 se llegó a la conclusión de eliminar las barreras artificiales entre las redes privadas, móviles y fijas de tal forma que los servicios serán provistos con la misma apariencia para el usuario independientemente de la red que atienda.

La arquitectura de los sistemas GMM debe soportar una amplia variedad de servicios con aplicaciones transparentemente accesibles y en diferentes entornos, dependiendo de las condiciones locales, por esto, comprende cuatro dominios que son: a) el terminal, b) la red de acceso, c) la red central de transporte y d) la aplicación de servicios.

### **2.4.2 Configuración de Referencia de una PLMN – UMTS**

En una división funcional básica de una PLMN se identifican tres partes esenciales que tienen una estrecha relación con los dominios las cuales son: Red Central (CN), Red de Acceso (AN) y el Equipo de Usuario (UE) y las dos interfaces que son aportaciones esenciales y genuinas de la especificación UMTS, todas relevantes constituyendo la arquitectura básica de UMTS.

En un análisis estructurado, comenzando por el estudio de las partes más generales, se puede hacer una división funcional básica de una PLMN, la cual es representada en la figura 2.4, en la que se identifican las partes esenciales.

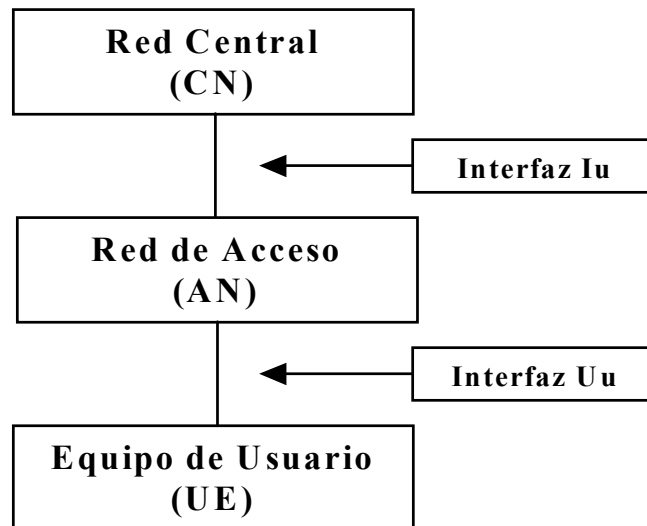


Figura 2.4 Arquitectura básica y simplificada de UMTS

Una representación más detallada de la arquitectura se da en la figura 2.5 donde se representa la configuración básica de referencia y las interfaces que pueden identificarse en una PLMN, donde las líneas continuas que conectan entidades funcionales representan conexiones soportando tráfico de usuario y las líneas discontinuas señalización.

En la Red Central (CN), los nodos GSN (GPRS Support Nodes) son elementos que añaden el servicio GPRS a los ya existentes GSM, para dar soporte específico al servicio de conmutación de paquetes en el acceso de otras redes fijas, redes de paquetes de datos, etc.

*SGSN (Servicing GSN)* es el nodo que establece la conexión lógica al nivel de enlace de datos con las estaciones móviles que están en su área de servicio, siendo responsable de la gestión de la movilidad local de las mismas. Maneja dos tipos de datos, relacionados con los abonados, uno que depende de los datos de la suscripción y otro de la localización.

*GGSN (Gate GSN)*, es el nodo encargado de conectar al móvil, por medio del SGSN, con redes externas a la propia PLMN. Para hacerlo maneja información de dos tipos, suministradas por el HLR y el SGSN. Relacionada con la suscripción maneja información como el IMSI y las direcciones PDP, mientras que en relación con la localización conoce la dirección del SGSN que atiende en ese momento al móvil.

- Los siguientes elementos se localizan en la Red de Acceso (AN):

*RNS (Radio Network Subsystems)*, la red de acceso UMTS consiste en una serie de subsistemas de red radio o RNS interconectados y conectados a la red central. Cada RNS es responsable de la localización y liberación de los recursos radio específicos que permiten establecer la conexión entre los equipos de usuario y la red de acceso dentro del área de cobertura.

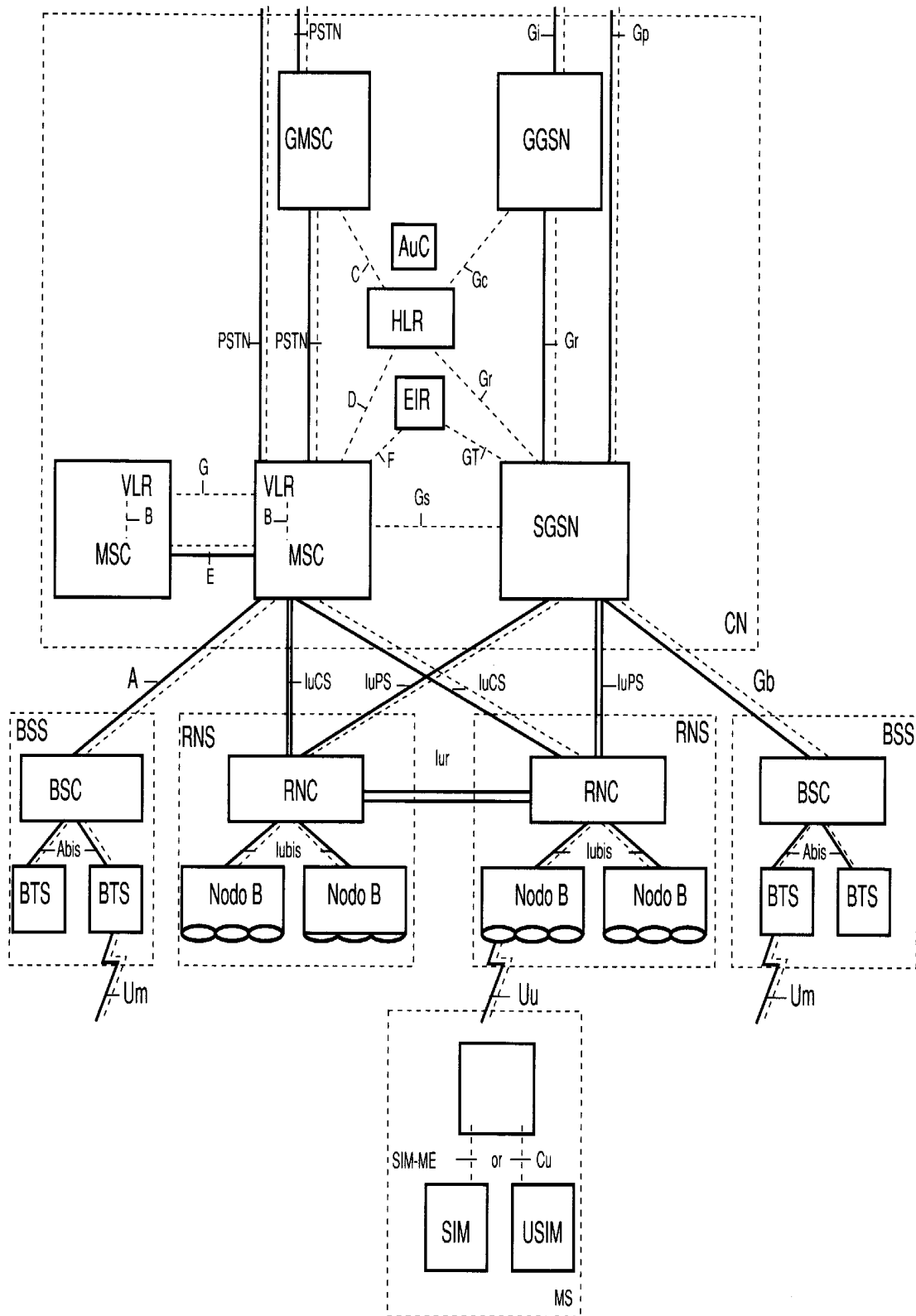


Figura 2.5 Configuración de referencia de una PLMN que incluye elementos GSM y UMTS. (Fuente ETSI)

*RNC (Radio Network Controller)*, los controladores de red radio se encargan de controlar el uso e integridad de los recursos radio. Por ejemplo, son responsables de las decisiones de traspaso que requieren señalización a los terminales de usuario, también comprende la función de separación / combinación para soportar la macro diversidad entre diferentes nodos B.

*Nodo B*: Los nodos B son entidades lógicas responsables de la transmisión / recepción radio a / desde los terminales de usuario en una o más células. Se conectan con los RNC a través de la interfaz Iubis.

*MS (Mobile Station)* se trata del equipo físico de comunicaciones que utiliza el abonado para hacer uso del servicio, compuesto del ME y del SIM o USIM (UMTS Subscribe Identity Module). El ME esta constituido por MT (Mobile Termination) dependiente a las aplicaciones y los servicios y el TE (Terminal Equipment).

- Las siguientes son interfases entre las redes central y de acceso:

*IuPS (Iu Packet Switch)* definida entre MSC y RNC, soporta la transferencia de datos y señalización relacionados con el servicio de conmutación de paquetes.

*IuCS (Iu Circuit Switched)* entre MSC y RNS, es atravesada por la información con la gestión RNS, el manejo de llamadas (conmutación de circuitos) y la gestión de la movilidad.

*Gb*: es la interfaz BSS-SGSG utilizada para transferencia de información relacionada con la transmisión de paquetes de datos y la gestión de movilidad.

- Las siguientes interfaces entre la red de acceso y las estaciones móviles:

*Um*: descrita en la parte relacionada con GSM. Se trata de la interfaz radio para servicio de conmutación de circuito.

*Uu*: es la interfaz radio que soporta el servicio de conmutación de paquetes, físicamente localizada entre el terminal móvil y la propia red de acceso.

*Iu-bis*: soporta los servicios ofrecidos a los usuarios y permite colocar el equipo radio en los nodos B (GSM TS 28.5X) definida entre RNC y los nodos B.

*Iur*: entre RNC distintos.

- Las siguientes interfaces localizadas en la red central.

*Gr*: Se ubica en la pareja HLR-SGSN, intercambiando datos de localización los móviles y de gestión de los abonados. El SGSN informa al HLR de la localización de los móviles en su área de servicio y el HLR envía al SGSN los datos de gestión de los móviles. La señalización utiliza MAP (Mobile Application Part) (GSM 09.02).

*Gs*: entre el MSC / VLR y el nodo SGSN se establece una interfaz opcional. En caso de implementarse soporta transferencia de información de localización con origen en SGSN y peticiones de alertas originadas en el MSC / VLR. La señalización utiliza SCCP (Signaling

Connection Control Part) sin conexión, como parte del SS7 – Sistema de Señalización Numero 7 – (GSM 09.16 y 09.18).

*Gn*: es una interfaz que soporta la señalización de movilidad, definida entre SGSN y GGSN, cuando ambos pertenecen a la misma PLMN.

*Gp*: es una interfaz similar a la *Gn*, definida cuando ambos pertenecen a distintos PLMN. La señalización sobre esta interfaz utiliza UDP/IP – UDP, User Datagram Protocol – (GSM 09.60).

*Gc*: localizada entre GGSN y HLR, es una interfaz opcional utilizada por el GGSN para obtener información acerca de la localización y los servicios del abonado móvil (GSM 09.02).

*Gf*: interfaz entre SGSN y EIR (Equipment Identity Register) para transferencia de datos relacionados con la verificación del estatus del IMEI (International Mobile Equipment Identity) de las estaciones móviles.

Los GGSN se conectan con otras redes (publicas o privadas) a través de *Gi* (GSM 09.61).

Finalmente la red central tiene una serie de interfaces con el resto del mundo dependiente del tipo de red con la que se conecta. Los MSC presentan una interfaz basada en un intercambio normal RDSI.

### 2.4.3 Dominios y Puntos de Referencia

En las especificaciones UMTS se modelan los aspectos físicos utilizando el concepto de dominio y las funciones usando el concepto de estrato.

*El dominio* es un grupo de entidades físicas de alto nivel. Entre los dominios se definen puntos de referencia.

*El estrato* es una agrupación de protocolos relacionados con una característica de los servicios proporcionados por uno o varios dominios.

En la figura 2.6 se representan los dominios básicos de la arquitectura UMTS, que de forma general se desarrollaran evolucionando desde las redes actuales existentes.

Entre cada par de dominios, delimitando y conectando, se localizan los puntos de referencia:

- *Cu*, punto de referencia entre USIM y ME;
- *Iu*, punto de referencia entre los dominios de las redes de acceso y servidora;
- *Uu*, punto de referencia entre el equipo de usuario y la infraestructura;
- *Yu*, punto de referencia entre los dominios de las redes servidora y de tránsito;
- *Zu*, punto de referencia entre los dominios de las redes servidora y originaria.

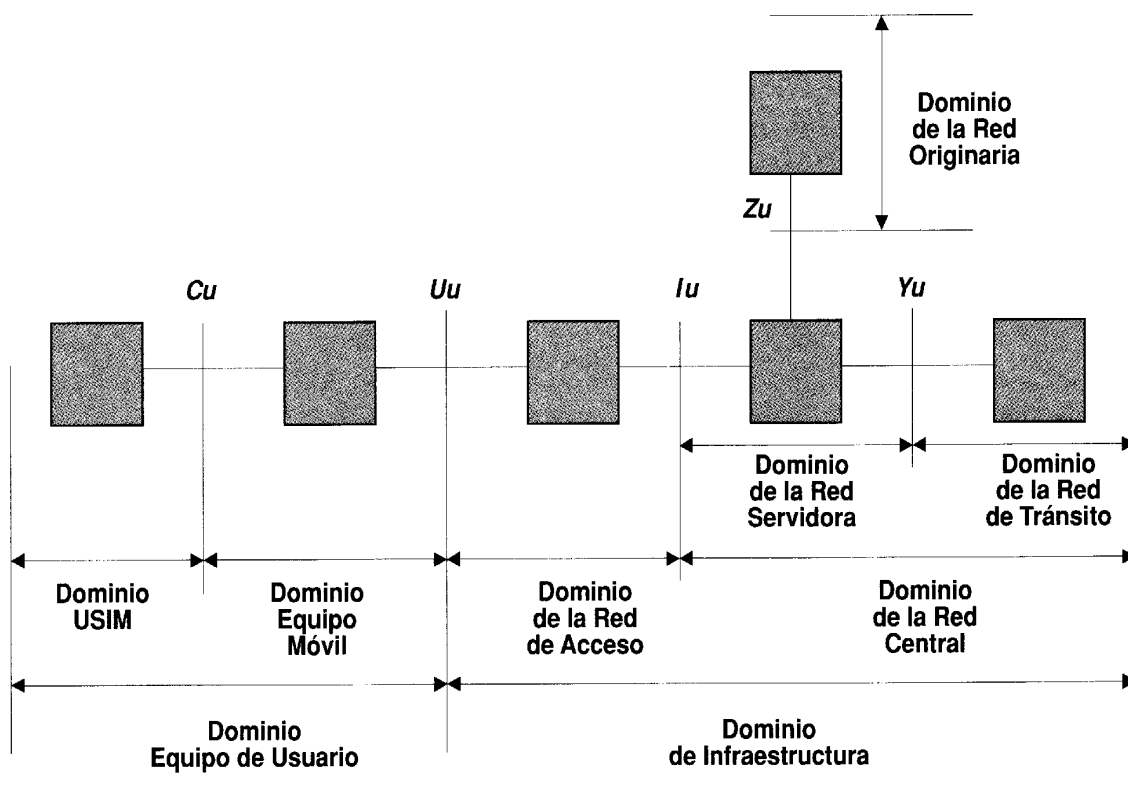


Figura 2.6 Dominios y puntos de referencia en la arquitectura UMTS (Fuente ETSI)

La división arquitectural básica determina dos dominios, el del equipo de usuario y el de la infraestructura. El equipo de usuario proporciona la interfaz entre el usuario y el sistema, permitiendo al primero acceder a los servicios que proporciona el segundo. El equipo de usuario presenta una interfaz radio con los nodos de la infraestructura que le dan acceso a la misma. La infraestructura es compartida por todos los usuarios autorizados. El punto de referencia entre los dos dominios se denomina  $U_u$  y representa la interfaz radio UMTS.

El Dominio Equipo de Usuario se divide nuevamente en otros dominios, el de equipo móvil (ME) y el de USIM (User Services Identity Module Domain), entre los que se establece el punto de referencia  $C_u$ . El ME desarrolla las funciones ligadas a la interfaz radio y las aplicaciones de usuario, lo que da pie a una subdivisión posterior, terminación móvil (MT) y equipo terminal (TE) asociado cada uno a las funciones correspondientes, aunque entre ambos no hay punto de referencia. El USIM contiene datos y procedimientos que le individualizan sin ambigüedad. Implementando generalmente en forma de tarjeta inteligente, se asocia a un usuario concreto, permitiendo su identificación independientemente del ME que utilice, es decir, es el procedimiento por el que se personaliza el ME. Constituye la base de la movilidad personal.

El Dominio de Infraestructura se divide en dos dominios, el dominio de la red de acceso y el dominio de la red central. Esta separación fundamenta su justificación en el desacoplamiento de las funcionalidades ligadas al acceso y aquellas que no lo están, en línea con la concepción modular que rige la especificación UMTS. La división permite adoptar diferentes soluciones para la red central y una misma red de acceso y, también, se posibilita diferentes alternativas de red de acceso para la misma red central. La división en los dominios UE (User Equipment), AN (Access Network) y CN (Core Network) es consistente con la propuesta GMM. El dominio AN comprende las entidades físicas que manejan los recursos de la red de acceso y proporcionan a los usuarios los mecanismos de acceso a la CN. Entre la AN y la CN se establece el punto de referencia Iu. El dominio CN consiste en entidades físicas que proporcionan las características de red y los servicios de telecomunicación, incluyendo funcionalidades tales como información de localización del usuario, control de servicios y características de red, mecanismos de transferencia para señalización y datos de usuario.

El dominio de red central se vuelve a dividir en otros dos dominios: red de servicio (SN), red doméstica u originaria (HM) y red de tránsito (TN). El dominio SN es la parte de CN a la que la red de acceso proporciona conexión al usuario, representando las funciones de las CN locales al punto de acceso del usuario y cambiando con el movimiento del mismo. Es responsabilidad de este dominio el encaminamiento de llamadas y el transporte de datos de usuario desde la fuente al destino. Interactúa con los dominios doméstico (HN) y de tránsito (TN).

El dominio HN contiene las funciones relacionadas con la localización permanente del usuario, independiente del punto de acceso a la red. El dominio HN está relacionado con el USIM mediante la suscripción, conteniendo datos específicos y permanentes del usuario, siendo responsable de la gestión de la información de la suscripción. También puede manejar servicios propios específicos, posiblemente no ofrecidos por la red servidora (SN).

La red de tránsito es parte de la CN situada entre los dominios de la red servidora y la parte remota. Cuando la llamada es interna a la red en cuestión, no se activa función alguna asociada con este dominio.

#### 2.4.4 La Arquitectura Funcional

En la figura 2.7 es presentada la arquitectura funcional UMTS donde la comunicación entre dominios se modela con los estratos o agrupaciones funcionales y de protocolos con alguna característica común, estos son:

- Estrato de Aplicación
- Estrato Doméstico
- Estrato de Servicio
- Estrato de Acceso
- Estrato de Transporte

Los estratos de transporte comprenden los protocolos y funciones relacionadas con el transporte de datos, tanto de usuario como de señalización y control de red, provistos por otros estratos, define también el formato de transmisión física, los mecanismos para la detección de errores, el cifrado de los datos en la interfaz radio y si es necesario, en la infraestructura y otras funciones relacionadas con la adaptación y transcodificación de datos.

El estrato de acceso se extiende desde el dominio del terminal móvil hasta el nodo de la red servidora que hace interfaz con la red de acceso. Este estrato es específico de UMTS y comprende la parte de la infraestructura, el equipo terminal y los protocolos entre ellos, específicos de la técnica de acceso, proporcionando servicios relacionados con la transmisión de datos en la interfaz radio y la gestión de esta.

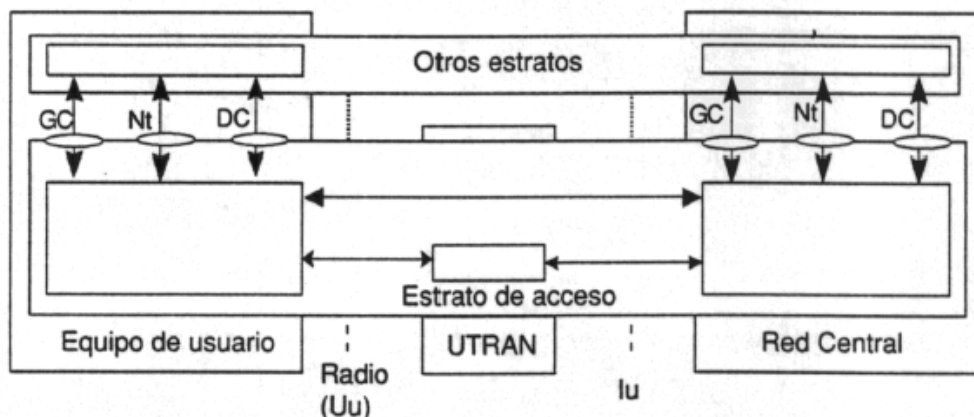


Figura 2.7 Arquitectura general UMTS con representación del estrato de acceso y el resto de los estratos con que se comunica por medio de los puntos de acceso al servicio. (Fuente ETSI)

Terminación Móvil – Red de Acceso – Red Servidora

El estrato servidor comprende los protocolos y funciones para encaminar y transmitir datos, generados tanto por el usuario como por la red, desde el origen al destino, que puede estar dentro de la misma o en diferentes redes. Comprende los siguientes protocolos:

USIM – Terminación Móvil – Red Servidora – Equipo Terminal – Terminación Móvil

El estrato domestico esta relacionado con los protocolos y funciones que se encargan del manejo y almacenamiento de los datos de la suscripción y, posiblemente, de los servicios específicos de la red domestica. También incluye protocolos que permiten a otros dominios diferentes actuar como si fuesen de la red domestica, como por ejemplo: gestión de los datos de suscripción, atención al cliente, incluyendo facturación y cargo de servicios, gestión de la movilidad y autenticación. Los protocolos identificados en este estrato son:

USIM – Red Domestica – USIM – MT – Red Servidora – Red Domestica

El estrato de aplicación representa la aplicación en si misma. Incluye los protocolos extremo a extremo y las funciones que hacen uso de los servicios que proporcionan los estratos domestico, servidor y de transporte, así como la infraestructura para soportar los servicios.

## 2.5 La Red de Acceso

La división funcional entre la red de acceso y la red central se corresponde en grandes líneas con funcionalidades dependientes e independientes de la radio. La red de acceso incorpora las funcionalidades relacionadas con la radio, como puede ser la gestión del recurso radio y los traspasos entre células de los terminales, mientras que la red central desarrolla funciones relacionadas con el usuario, como por ejemplo el control de la llamada y la gestión de la movilidad personal.

La evolución de las redes actuales a redes UMTS es un tema central en todo el proceso de estandarización. La red que presenta mas posibilidades de evolucionar a UMTS, desde los dominios de red de acceso y red central, es la red GSM. En la figura 2.8 se ha representado un posible escenario de evolución que considera los dos dominios mencionados, donde coexisten y se complementan las redes GSM y UMTS, que se interconectan con otras redes de telecomunicación como PSTN, N/B-ISDN, PDN, Internet.

Esta arquitectura puede comenzar a dar servicios UMTS en las zonas que lo demanden, manteniendo durante la transición de GSM a UMTS, la prestación de los servicios GSM existentes en toda el área de servicio, utilizando la red central evolucionada y la red de acceso GSM-BSS. Además es posible la coexistencia de nodos GSM en distintas formas de evolución dentro de una misma red, lo que significa que la renovación de la red central puede hacerse gradualmente. Por tanto la renovación y convergencia de la red GSM hacia una red UMTS puede acomodarse a las posibilidades y estrategias de cada operador.

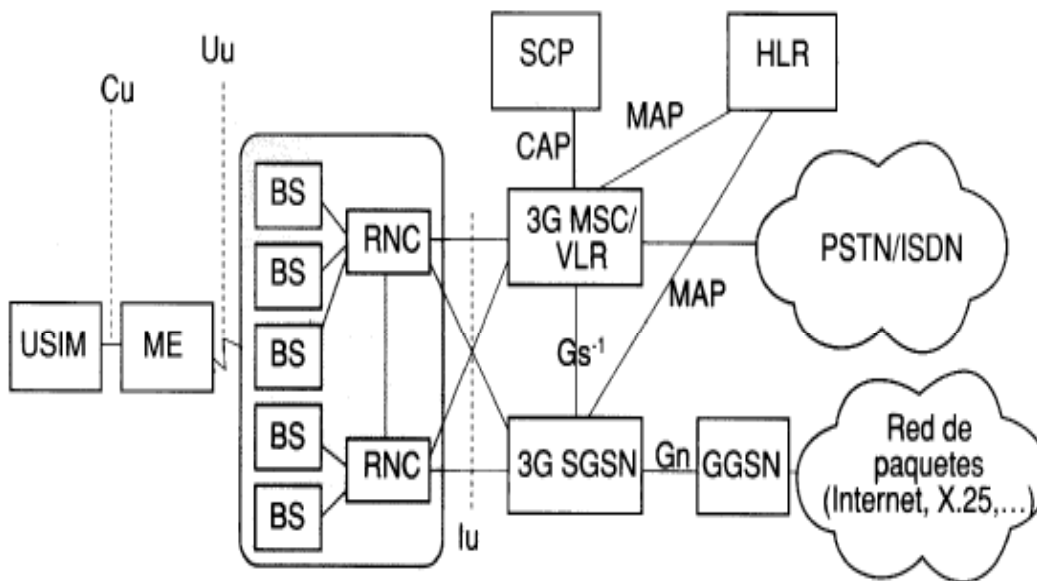


Figura 2.8 Posible escenario de evolución GSM – UMTS (Fuente IEEE)

La arquitectura UMTS puede ser considerada como la síntesis de dos soluciones duales:

*Desde el punto de vista de la red de acceso*, que supone una red de acceso radio genérica GRAN (Generic Radio Access Network) que proporciona acceso a una multiplicidad de redes centrales, CN (Core Network) capacitadas para proporcionar el conjunto completo de servicios y capacidades UMTS.

*Desde la perspectiva de la red central (CN)*, que considera una red central capaz de atender una multiplicidad de redes de acceso, mediante la identificación y separación de las partes y funciones dependientes / independientes de la radio.

### 2.5.1 El concepto GRAN

La idea básica consiste en la separación de las evoluciones de las redes de acceso y central. La propuesta GRAN comprende básicamente el acceso radio y se fundamenta en la consideración de UMTS como un acceso a múltiples CN, de forma que ofrece en la interfaz aérea los servicios soportados por estas. Si la red central cumple con las especificaciones UMTS, entonces los servicios en la interfaz radio serían los servicios UMTS. El principal objetivo de GRAN es proporcionar acceso sin hilos a servicios de banda ancha, para usuarios de distintas CN.

Desde el punto de vista GRAN, UMTS debe consistir en una red de redes centrales (web) con las que GRAN es capaz de presentar interfaz. Cada una de las interfaces que implemente GRAN será específica de la CN particular y podría ser implementada mediante las unidades de interconexión IFW (Interworking Function), tal y como se ilustra en la figura 2.9 mostrada a continuación.

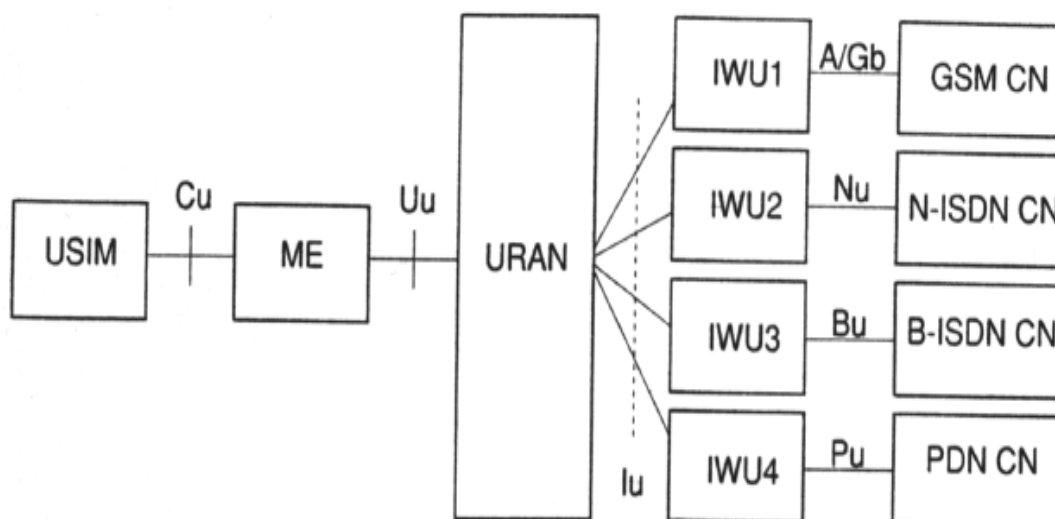


Figura 2.9 Variedad de interfaces entre GRAN y diferentes redes centrales (IEEE)

Las IWF son entidades funcionales que implementan las funciones necesarias para adaptar las funcionalidades de la red de acceso a las interfaces de las diferentes redes centrales.

Las funciones identificadas dentro de la red de acceso se dividen en dos grupos, las funciones de transporte y las de control. Las primeras deben proporcionar capacidades portadoras para soportar servicios multimedia sobre la interfaz radio. Las funciones de control proveerán capacidades para ajustar los parámetros del enlace, niveles de potencia y localización física / lógica de canales, además de implementar funciones de asignación y liberación de recursos.

### 2.5.2 La Solución CN

La solución dual de la propuesta GRAN se conoce como la red genérica UMTS o, en breve, solución CN (Core Network), que persigue el desarrollo de una interfaz genérica entre UMTS-CN y las diferentes redes de acceso radio, de forma que desde estas se tenga acceso a una misma infraestructura de red.

Con frecuencia el UMTS se distingue, al igual que otros sistemas telefónicos móviles, por sus características de radio y se olvida que además del enlace aire, existe una compleja y amplia red que constituye la parte más extensa del transporte de la información, la voz o los datos procedentes de terminales móviles.

La Core Network es el componente de esta red que pone en comunicación las diversas secciones de la Red de Acceso, que a su vez recoge directamente el tráfico procedente de las distintas estaciones de radio. Sencillamente las dos soluciones tratan de la existencia de una única red (de acceso en la propuesta GRAN y central en la solución CN) que conecte con una variedad de redes complementarias.

La solución CN trata del desarrollo de una red que además de ser compatible con las redes de acceso 2G mediante las funciones de adaptación asociadas a cada una de estas redes de acceso, de forma que oculten la interfaz genérica de las mismas, también:

- a) Asegure la compatibilidad de UMTS con la evolución esperada de la red fija troncal (por ejemplo pudiera ser B-ISDN);
- b) Proporcione las características específicas asociadas a los servicios 3G o UMTS (como por ejemplo grandes anchos de banda, caudal variable, funciones de gestión de la movilidad);
- c) Soporte las funciones de control y transporte, inducidas en la red central por las nuevas técnicas de acceso radio (por ejemplo, control y reorganización de los recursos, macro diversidad, funciones de transcodificación).

En la figura 2.10 se presenta un modelo de red central, donde la interfaz genérica debe considerar todas las características de control y transporte relacionadas con las nuevas técnicas de acceso, compatible con las redes anteriores mediante las funciones de adaptación asociadas a cada una de estas redes de acceso, de forma que oculten la interfaz genérica a las mismas.

Para que la interfaz genérica sea común a los sistemas de acceso radio existentes y a una variedad de técnicas de acceso radio innovadoras, es necesario identificar un conjunto de funciones comunes a los segmentos radio que conectan con la interfaz genérica que son dependientes del acceso radio y aquellas que no la son.

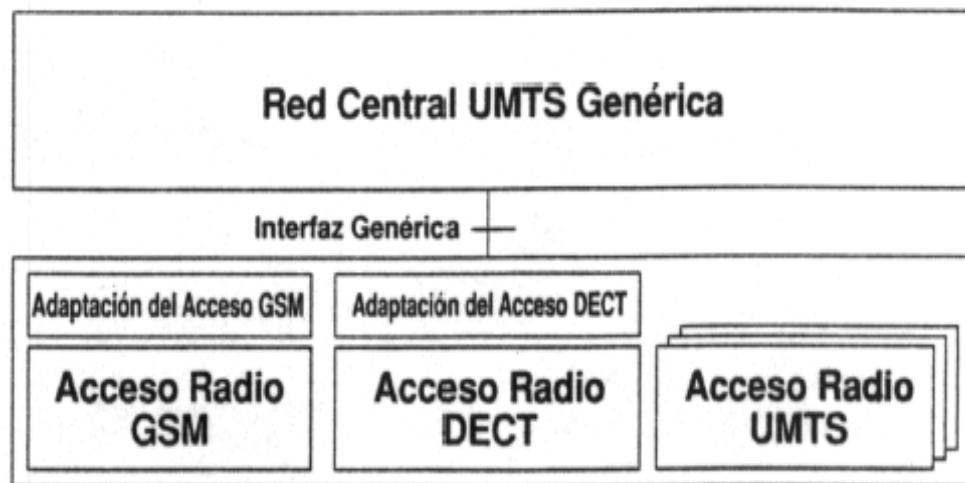


Figura 2.10 Modelo de red con la inclusión de una interfaz genérica. (Fuente IEEE)

### 2.5.3 Propuestas de Convergencia

Mientras que la propuesta GRAN contempla redes de acceso 3G y redes CN 2G y 3G, la solución CN considera una única CN que proporciona todos los servicios UMTS, a la que se tiene acceso a través de redes de acceso actuales (2G) y futuras (3G).

Los dos puntos de vista no son compatibles ya que consideran interfaces diferentes entre sus componentes (AN y CN), resulta necesario definir una interfaz única entre las redes central y de acceso que compatibilice las soluciones adoptadas para cada red, lo que ha conducido a la definición de la interfaz Iu.

Partiendo de las dos soluciones expuestas, las decisiones que condujeron a la propuesta de la interfaz Iu fueron las siguientes: Las entidades IWF de la propuesta GRAN se asocian a las redes CN, esto es, el papel de adaptación se le asigna a las CN, mientras que la solución GRAN asume la incorporación de una tecnología de acceso innovadora, sobre todo en la línea de introducir nuevos métodos de acceso.

La solución propuesta comprende en la parte de la CN una red central UMTS y diferentes redes capaces de soportar los servicios, como puede ser la estructura fija GSM, las redes ISDN, tanto de banda estrecha (N-ISDN) como de banda ancha (B-ISDN), presumiblemente basada esta en la tecnología ATM e Internet.

En la red de acceso se considera la propuesta GRAN, sin las funciones de interconexión, incorporadas a las funciones de adaptación anteriores y otras redes de acceso, como por ejemplo pueden ser GSM y DECT a las que hay que dotar de funciones de adaptación. Esta solución generaliza la especificación de funciones de adaptación, definiendo estas entre dos interfaces estándares, la nueva interfaz Iu y cada interfaz particular (GSM, ISDN, Internet, DECT, etc.) Además la interfaz Iu se hace visible con entidad propia y única, marcando la frontera entre los dominios de la red de acceso y de la red central.

La arquitectura funcional que puede adoptar la red de acceso se presenta en la figura 2.11 en ella puede verse la interfaz Iu y las funciones de adaptación que incorporan las redes de acceso y las centrales, de forma que las primeras puedan hacer interfaz con la red genérica UMTS-CN y las segundas con la red GRAN, también debe considerarse que a partir del momento en el que se identifica y define la interfaz Iu, esta debe ser tenida en consideración en la evolución y procesos de mejora de los estándares GSM y DECT, como elementos 2G de la red de acceso en convergencia hacia UMTS.

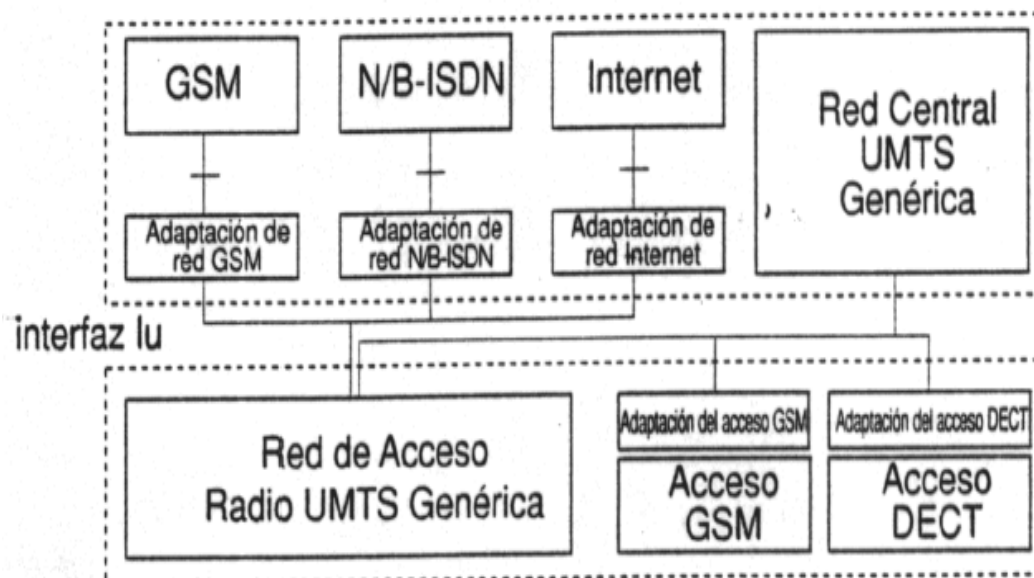


Figura 2.11 Arquitectura de red con una única interfaz Iu. (Fuente IEEE)

## 2.6 La Red de Acceso UTRAN

UMTS Terrestrial Radio Access Network es un termino conceptual que identifica la parte red entre las interfaces Iu y Uu, considerando que sus principios generales que guían la definición de la arquitectura y las interfaces UTRAN son los siguientes:

- Separación lógica de las redes de señalización y transporte de datos.
- Las funciones de UTRAN y CN están completamente separadas de las funciones de transporte.

- La macrodiversidad es completamente gestionada por UTRAN.
- La movilidad en conexiones RRC (conexiones entre el móvil y GRAN) es completamente gestionada por GRAN.
- En la definición de las interfaces GRAN, la división funcional a través de las interfaces debe tener tan pocas opciones como sea posible.
- Las interfaces deben basarse en un modelo lógico de la entidad controlada a través de estas interfaces.

La arquitectura consiste en una serie de subsistemas de radio, RNS (Radio Network Subsystems) responsable de los recursos y de la transmisión / recepción en un conjunto de células interconectadas (interfaz Iur) y conectados a la CN a través de la interfaz Iu. Cada RNS constituye la parte del acceso a la red UMTS, gestionando la localización y liberación de los recursos radio específicos que permiten establecer la conexión de los equipos de usuario a UTRAN, dentro del área de cobertura o conjunto de células que se le asignan.

En la figura 2.12 se ha representado la arquitectura UTRAN. Cada RNS se descompone de un dispositivo de control RNC (Radio Network Controller) y de una o más entidades denominadas Nodos B conectadas al RNC mediante la interfaz Iub. Un Nodo B dirige un conjunto de celdas que pueden ser FDD (Frequency División Duplex), TDD (Time División Duplex) o mixtas.

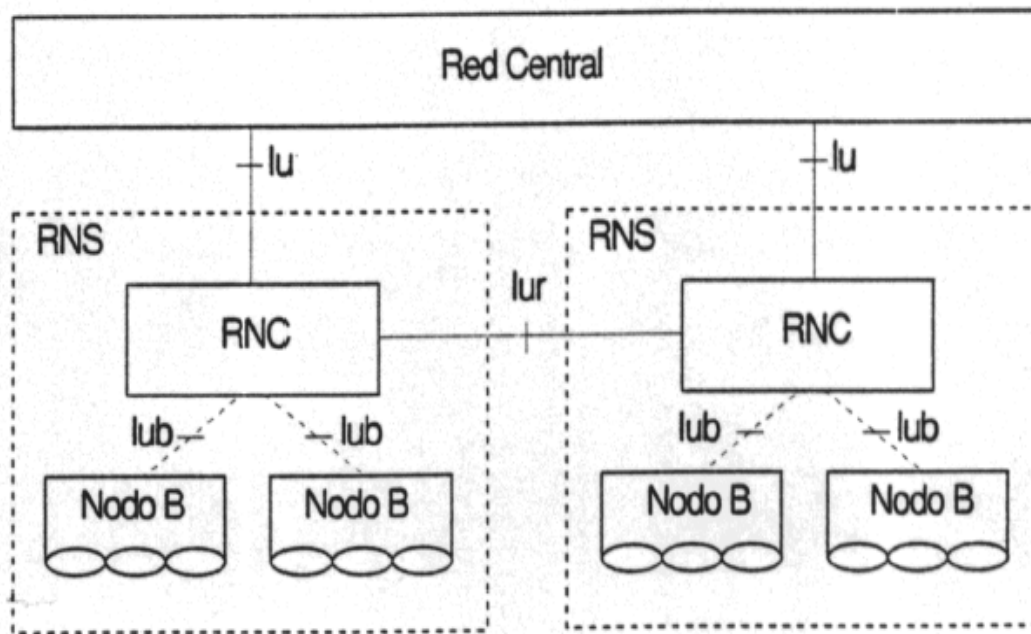


Figura 2.12 Arquitectura UTRAN (Fuente ETSI)

Dentro de la UTRAN se pueden interconectar distintos RNC entre ellos mediante la interfaz Iur señalando que representa el confín entre el mundo de la radio y el resto de la red.

En realidad en el RNC se cierran los protocolos que se han abierto en el terminal para la gestión del enlace en el aire y que atraviesan las interfaces Iub y Iur. Por encima del RNC hay protocolos que permiten la interconexión con la CN y que dependen de esta. Esta arquitectura, además de permitir un dimensionamiento escalable del RNS, ofrece entre otras cosas, una considerable capacidad de gestión de la movilidad dentro de la UTRAN.

En realidad tanto el Nodo B como el RNC son capaces de gestionar el handover y la macrodiversidad. El handover es una función propia de los sistemas de radiotelefonía que permite el mantenimiento de la conexión de radio de un usuario que se desplaza de una a otra celda. Por macrodiversidad se entiende la capacidad de mantener la conexión en curso entre el terminal móvil y la red mediante más de una estación base; dicha función es de especial importancia en los sistemas CDMA.

*Los nodos B* son entidades lógicas responsables de la transmisión / recepción radio, atendiendo a los terminales de usuario o UE (User Equipment) en una o más células. Pueden gestionarse con ellos el handover y la macrodiversidad (en caso de pertenecer al mismo Nodo B) o pueden gestionarse al nivel de RNC mediante la utilización de la interfaz Iub (en caso de celdas pertenecientes a distintos Nodos B pero controlados por el mismo RNC) o de la Iur (en caso de celdas pertenecientes a distintos RNS).

Los controladores de red radio, RNC se encargan de controlar el uso e integridad de los recursos radio. Por ejemplo, son responsables de las decisiones de traspaso que requieren señalización a la UE; También desempeñan la función de separación / combinación que soporta la macrodiversidad entre diferentes nodos B. Dentro de UTRAN, diferentes RNC pueden ser interconectados a través de la interfaz lógica Iur, que al igual que la interfaz Iu, pueden estar físicamente soportadas por una conexión física directa o a través de cualquier red de transporte adecuada.

El handover entre distintos RNS también se puede efectuar mediante la CN (utilizando la interfaz Iu) pero en este caso, no puede haber macrodiversidad porque esta última se realiza mediante protocolos radio limitados al RNS. En efecto, las motivaciones reales de la existencia de la interfaz Iu están relacionadas con la gestión de movilidad dentro de la UTRAN. Cada RNS, en razón de dimensiones territoriales considerables e importancia del número de usuarios atendidos, no puede satisfacer todas las exigencias de movilidad. La Iur permite por una parte, la movilidad continua con transiciones entre RNS imperceptibles por los usuarios (gracias precisamente a la macrodiversidad) y por la otra, aligerar los procedimientos relacionados con la CN limitando la intervención a los casos en que no haya interfaz.

Otra peculiar característica de la UTRAN, es la elección de los protocolos de transporte en las interfaces Iu, Iub e Iur. Los protocolos se basan fundamentalmente en ATM y para adaptar el flujo de las informaciones a sus características se utilizan el ATM tipo 2 (AAL2) para el transporte de los protocolos de radio (Iub e Iur) y de los flujos del usuario hacia el Packet Service (Iu).

Aunque provisional, la especificación establece una clasificación y definición de funciones asociadas a UTRAN que se resumen a continuación:

- *El acceso al sistema* es el medio por el que los usuarios se conectan al sistema UMTS con el fin de usar los servicios y facilidades que proporciona. Las funciones relacionadas con el *control de acceso* son el *control de admisión*, el *control de congestión* y la *difusión de la información del sistema*. La finalidad del control de acceso es admitir o rechazar nuevos usuarios, nuevos portadores de acceso radio o nuevos enlaces radio, intentando evitar situaciones de sobrecarga y basando sus decisiones en medidas y valoraciones de recursos radio e interferencias. Las tareas relacionadas con el control de la congestión son la monitorización, la detección y el manejo de situaciones de sobrecarga. En este caso, el control de gestión debe hacer que el sistema vuelva a un estado estable de una forma tan gradual como sea posible. La difusión de información del sistema proporciona a las estaciones móviles datos necesarios para que puedan acceder a la red.

- *La función de cifrado y descifrado del canal radio* es una función algorítmica mediante la cual se protegen los datos transmitidos por el canal radio frente a terceros no autorizados. El cifrado y descifrado puede basarse en el uso de una clave dependiente de la sesión, derivada de la señalización y/o de la información. Se desarrolla entre el equipo de usuario y la UTRAN.

- *Las funciones ligadas a la movilidad* son el traspaso o handover y la relocalización de SRNS. Para cada estación móvil conectada con UTRAN hay un SRNS que se encarga de la conexión radio entre ambas. El traspaso es la funcionalidad de la gestión de la movilidad en la interfaz radio que, basándose en medidas de señal radio, persigue el objetivo de mantener la calidad del servicio requerida por la red central. Se puede dar dentro del propio sistema o entre sistemas, controlado por el equipo de usuario o por la red. La relocalización de SRNS es la función encargada de la gestión de la movilidad en la interfaz Iu, cambiando la conexión de la CN de un RNS a otro. La relocalización es iniciada por el SRNC, localizada en el RNC y la red central.

- *Las funciones relacionadas con el control y gestión del recurso radio*, son la operación y configuración del recurso radio, el examen del entorno radio, localización y liberación de portadores radio, control de macrodiversidad, localización dinámica del canal, función de protocolos radio, control y establecimiento de potencia de RF, corrección del tiempo en TDD, codificación y decodificación del canal radio, control de la codificación de canal, detección y manejo del acceso inicial.

### 2.6.1 Las interfaces Uu e Iu

Son las fronteras de la red de acceso radio con el resto del sistema, la primera entre el equipo de usuario (UE) y la red de acceso (RAN) y la segunda entre esta y la red central (CN).

En la figura 2.13 se representan los estratos de acceso y otros estratos, ofreciendo los primeros sus servicios a los segundos a través de los puntos de acceso al servicio, representados por óvalos, en el UE y en la CN.

*El estrato de acceso* comprende toda la funcionalidad específica del acceso, proporcionando portadores de acceso radio flexibles, caracterizados por parámetros relacionados con el tipo de información y la calidad de información transportada.

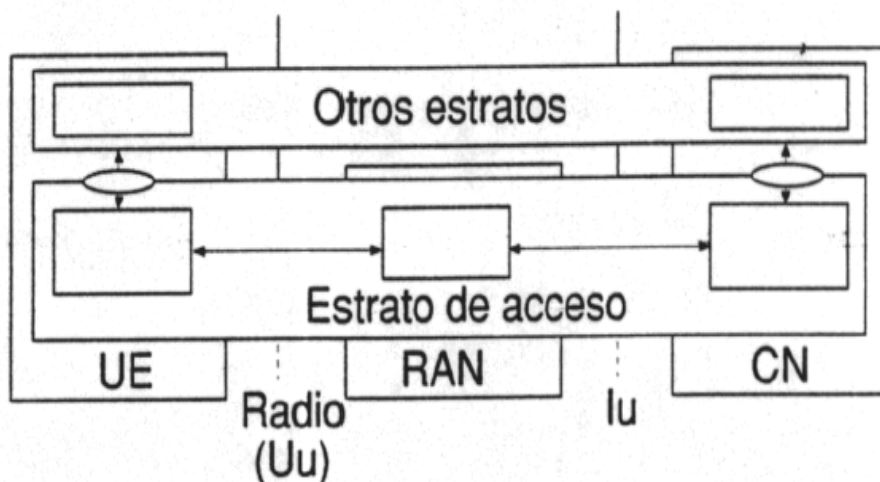


Figura 2.13 Estrato de Acceso (Fuente ETSI)

2.6.1.1 La Interfaz Iu

Su forma y división lógica se representa en la figura 2.14, en la que se han presentado dos dominios dentro de CN, el dominio CS (Circuit Switched) y el dominio PS (Packet Switched), hacia los que hace referencia las partes de la interfaz denominadas Iu-CS e Iu-PS, donde no hay más de dos distintas desde cualquier RNC esto significa que debe haber conexiones de señalización y de datos separadas en los dos dominios, aplicable a los niveles de red radio y de red transporte.

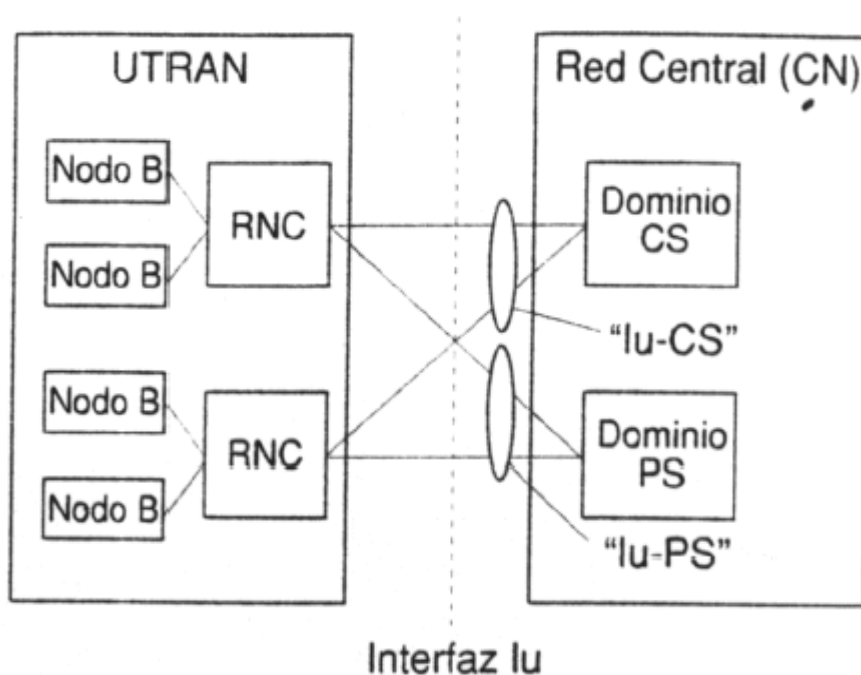


Figura 2.14 Arquitectura de la Interfaz Iu (Fuente ETSI)

Cada punto de acceso CN, representado por un nodo que presente la interfaz Iu, se puede conectar a uno o más puntos de acceso UTRAN, materializados en RNC. Por el contrario, cada punto de acceso UTRAN no se puede conectar a más de un punto de acceso por dominio CN. En otras palabras, cada RNC no podrá conectarse a más de un nodo PS y un nodo CS, mientras que un nodo CN (tanto CS como PS) puede atender a más de un RNC.

La interfaz Iu se ha especificado de forma que pueda soportar todos los servicios UMTS y la interconexión de RNC y puntos de acceso CN dentro de un PLMN, independientemente del fabricante de cada elemento. También debería facilitar el uso de los mismos puntos de acceso UTRAN y CN en todos los PLMN, permitir el interfuncionamiento con la red GSM como CN, preservar la independencia entre los niveles de protocolo y entre los planos de control y usuario. Especialmente relevante es el requisito que permita la evolución independiente de las redes central, de acceso radio y de transporte. En la vía evolutiva prevista en el contexto UMTS, Iu debería facilitar la migración de los servicios del dominio CS al dominio PS.

Los requisitos generales de la interfaz se resumen en:

- Debe soportar todas las capacidades de servicios ofrecidos a los usuarios UMTS
- Diseño que soporte la conexión de equipos de diferentes fabricantes de RAN y de CN
- También debe soportar la evolución separada de RAN y CN
- Comprender los dominios de conmutación de circuitos presentando protocolos diferentes
- También debe soportar procedimientos generales de UTRAN coordinados con al CN
- En relación con la posible red de acceso satélite debe soportar servicio de datos y de voz codificada bajo caudal.

La interfaz soporta procedimientos para establecer, mantener y liberar portadores de acceso radio; procedimientos de handover intra e inter sistema y relocalización de SNRS; un conjunto de procedimientos generales no relacionados con una UE específica; separación de cada UE en el nivel de protocolo de gestión de señalización específica de usuario; transferencia de mensajes de señalización ajenos al estrato de acceso entre UE y CN; servicios de localización transfiriendo las peticiones de la CN a UTRAN y la información de localización de UTRAN a la CN; acceso simultáneo de una UE a múltiples dominios CN y mecanismos de reserva de recursos para el flujo de paquetes de datos.

La interfaz representa la frontera entre las redes CN y UTRAN, entre las que se da la siguiente división funcional:

- La función de gestión de los portadores de acceso radio, tales como el establecimiento, modificación y liberación de estos.
- La correspondencia entre las características de los portadores de acceso radio y los portadores de la interfaz Uu y de transporte de Iu.

- La gestión de la previsión, ordenación y priorización de portadores es una función controlada por la UTRAN.
- Las funciones de gestión del recurso radio comprenden el control de admisión y la gestión de la difusión de información.
- Las funciones de gestión del enlace incluyen la gestión del enlace de señalización, la gestión de conexiones virtuales entre CN y UTRAN.

La arquitectura de protocolos de la interfaz Iu sigue el modelo general representado en la figura 2.15 cuya estructura se basa en el principio de que los niveles y planos son lógicamente independientes entre sí. La división horizontal comprende básicamente dos niveles, el nivel de red radio y el nivel de red de transporte. Todos los aspectos relacionados con la red UTRAN se encuentran en el primer nivel mientras que el Nivel de la Red de Transporte representa la tecnología de transporte seleccionada para soportar UTRAN sin ningún requerimiento específico.

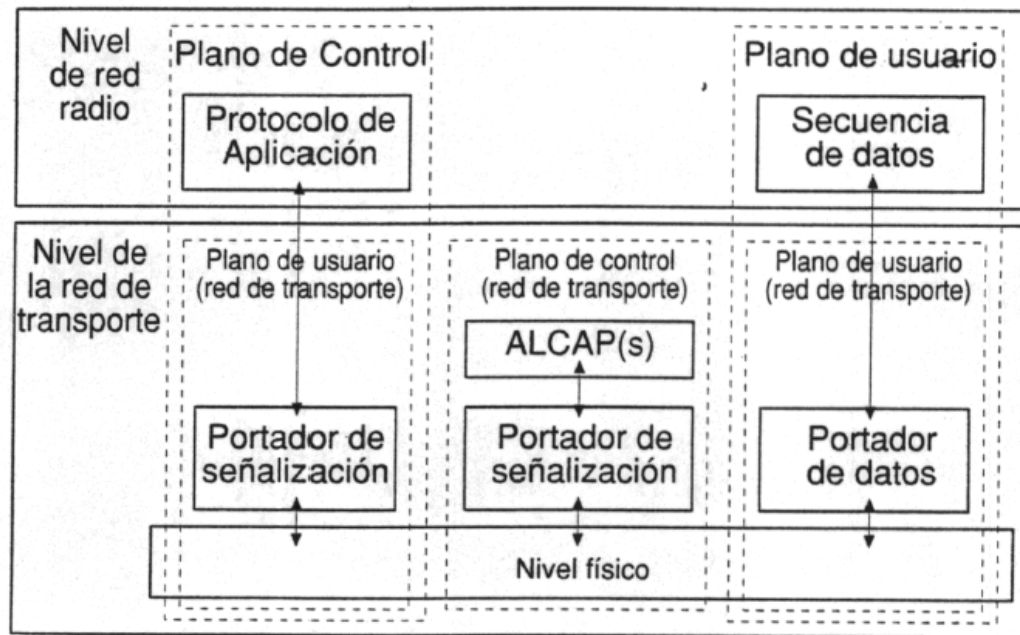


Figura 2.15 Modelo general de protocolos de las interfaces UTRAN (Fuente ETSI)

El plano de control contiene el protocolo de aplicación en el nivel de la red radio y los portadores de señalización en el nivel de transporte para transportar los mensajes del anterior. El protocolo de aplicación se utiliza para el establecimiento de portadores en el nivel de red radio.

El plano de usuario incluye los flujos de datos en el nivel radio y los portadores de datos para los anteriores flujos en el nivel de transporte. Los flujos de datos se caracterizan por protocolos especificados para esta interfaz.

Dentro del nivel de la red de transporte se diferencian también los planos de control y de usuario. El primero es un plano que actúa entre los planos de control y usuario anteriores haciendo posible que el protocolo de aplicación del nivel radio sea completamente independiente de la tecnología seleccionada para el portador de datos en plano de usuario. Este plano no incluye información alguna acerca del nivel radio, estando completamente comprendido en el nivel de transporte e incluyendo los protocolos necesarios para el establecimiento y liberación de los portadores de transporte del plano de usuario.

Los portadores de datos que dan soporte al flujo de datos del plano de usuario y los portadores de señalización del protocolo de aplicación del plano de control, pertenecen al plano de usuario del nivel de la red de transporte. Estos portadores se controlan directamente desde el plano de control de este nivel.

2.6.1.2 La Interfaz Uu

Esta es la otra interfaz que delimita la red de acceso (Interfaz Radio), físicamente localizada entre el terminal móvil y la propia red de acceso, descrita como un conjunto de protocolos y se estructura en tres niveles mostrados en la figura 2.16 llamados: *nivel físico*, *nivel de enlace de datos* y *nivel de red*.

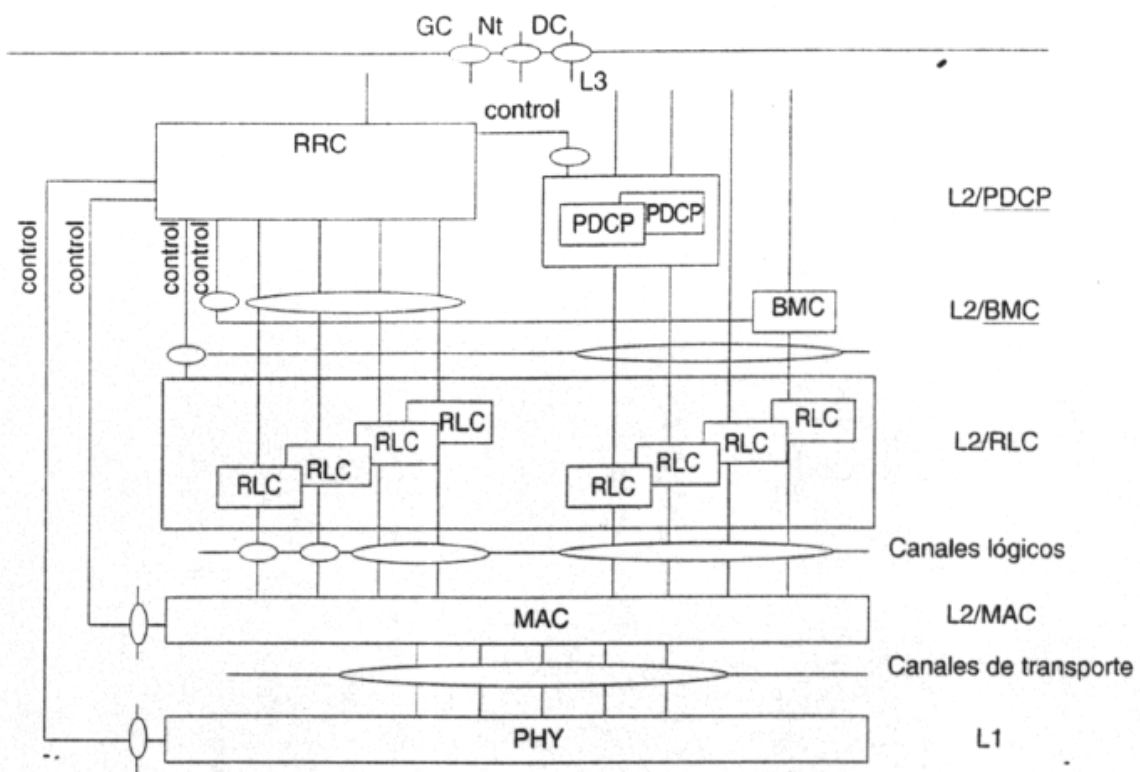


Figura 2.16 Arquitectura de protocolos de la interfaz Uu (Fuente ETSI)

El nivel de enlace de datos se ha subdividido en los siguientes subniveles: *Control de acceso al medio (MAC – Médium Access Control)*, *Control del enlace radio (RLC- Radio Link Control)*, *Protocolo de convergencia de datos en modo paquete (PDCP- Packet Data Convergence Protocol)* y *Control de difusión / multidifusión (BMC- Broadcast / Multicast Control)*. Estos dos últimos niveles pertenecen al plano de usuario, mientras que el nivel RLC pertenece a los planos de control y usuario.

El nivel 3 o nivel de red se ha subdividido en el nivel de control de recurso radio (*RRC Radio Resource Control*), en el plano de control y el denominado “*Duplication Avoidance*”, en ambos planos. En la figura 2.16 se ha representado la arquitectura de protocolos de la interfaz radio en la que cada bloque representa una instancia de protocolo correspondiente, los SAP están representados por óvalos en las interfaces entre niveles. Entre el nivel físico y MAC los SAP proporcionan los canales de transporte, entre MAC y RLC los canales lógicos, y los servicios que proporciona a los niveles superiores, lo hace a través de los SAP de control general (GC), de notificación (Nt) y de control dedicado (DC). Las conexiones que hay entre RRC y MAC, nivel físico, RLC, PDCP y BMC proporcionan servicios de control para controlar la configuración de los niveles inferiores.

- Nivel Físico

Los servicios de transporte de datos de este nivel pueden ser modelados como canales de transporte, consistiendo su descripción en como y con que características se transfieren los datos sobre la interfaz radio.

Los canales de transporte se clasifican en dos grupos: *canales de transporte comunes y dedicados*. En el primer caso el direccionamiento de las estaciones móviles se hace dentro de banda y en segundo por medio del canal físico.

Dentro de los canales comunes están: Canal de acceso aleatorio (RACH y ODMA), Canal de paquetes común (CPCH), Canal en el enlace descendente (FACH y DSCH), Canal en el enlace ascendente (USCH), Canal de sincronización (SCH), Canal de Notificación (PCH).

Dentro de los canales de transporte dedicados están: Canal dedicado (DCH), Canal en sentido ascendente (FAUSCH), Canal dedicado a un equipo terminal (ODCH).

Cada canal de transporte tiene un formato determinado definido como una combinación de codificación, entrelazado, caudal y correspondencia de canales físicos.

- El nivel de enlace

Los servicios que ofrece el subnivel MAC a los niveles superiores son la transferencia de datos, la relocalización de recursos radio y cambio de los parámetros MAC y la remisión o reporte de medidas, tales como tráfico e indicación de calidad.

A petición del subnivel RRC el subnivel MAC relocaliza recursos radio y cambia sus propios parámetros como el cambio de identidad de equipo de usuario, cambio e formato de transporte o cambio del tipo de canal de transporte.

El servicio de transferencia de datos es un servicio de transferencia de SDU (Service Data Unit) sin acuse de recibo entre entidades pares MAC. Este servicio se presta sobre los canales lógicos los cuales se caracterizan y diferencian por el tipo de información que transfieren. Los canales lógicos se clasifican en dos grandes grupos:

*Canales de control* para transportar información en el plano de control y *Canales de tráfico* que tratan con información del plano de usuario.

*Los canales de control (CCH)* son en el enlace down-link como por ejemplo:

- Canal del control de la sincronización en down-link para la transmisión de broadcast de informaciones de sincronización para la modalidad TDD (SCCH)
- Canal de difusión de información del sistema (BCCH) donde se difunden informaciones del nivel 3, las informaciones del sistema y los parámetros del nivel físico necesarios para el funcionamiento de la red, como el nivel de potencia en down-link y el nivel de interferencia en up-link.
- Canal de transporte de información de alerta de usuarios (PCCH) en down-link para la transferencia de informaciones en paging utilizado cuando la red no conoce la posición con respecto a la celda del terminal móvil.

Los canales de característica bidireccional son:

- *Canal de Control dedicado (DCCH)*, que es un canal punto-punto bidireccional para la transmisión de informaciones de control dedicadas a un usuario determinado.
- *Canal de control común (CCCH)*, que sirve para la transmisión de información de control entre la red y el terminal móvil y se utiliza cuando aun no ha sido realizada una conexión RRC entre el terminal móvil y la red.
- *Canal de control compartido (SHCCH)* y transportan información de control entre la red y los equipos de usuario.

*Los canales de tráfico* que tratan con información del plano de usuario son:

- *Canal de tráfico dedicado (DTCH)*, que es un canal punto-punto dedicado a un terminal móvil determinado para la transferencia de informaciones del plano de usuario y que existe en up-link y también en down-link.
- *Canal de tráfico común (CTCH)*.

Entre las funciones que debe desarrollar el nivel MAC esta la correspondencia entre canales lógicos y de transporte, la selección de los formatos de transporte, la gestión de la prioridad entre flujos de información de un terminal, gestión de la prioridad entre terminales, multiplexación / demultiplexación de PDU de los niveles superiores a / desde el nivel físico, monitorización del tráfico, conmutación entre tipos de canales, cifrado, selección de la clase de servicio de acceso.

Los servicios que proporciona el RLC al nivel superior son el establecimiento y la liberación de conexiones RLC, la transferencia transparente de datos, la transferencia de datos sin confirmación, establecimiento de la QoS y notificación de errores no recuperables.

El servicio del subnivel de control de difusión / multidifusión es un servicio de transmisión en el plano de usuario en modo transparente o NACK. Las funciones que desarrolla giran en torno a este servicio y son: almacenamiento de mensajes difundidos, monitorización del tráfico y petición de recursos, programación de difusión de mensajes, transmisión de mensajes y entrega de mensajes a los niveles superiores.

- *El nivel de red*

El nivel 3 del estrato de acceso proporciona al nivel superior servicios de difusión de información, de notificación y alerta de usuarios y de establecimiento y liberación de conexiones con transferencia de mensajes por las mismas. Se encarga de la difusión de información de nivel superior en una determinada área geográfica, con repetición de la información difundida bajo control de nivel superior.

Los servicios de notificación y alerta consisten en la difusión de información dirigida a un usuario determinado en determinada área geográfica, siendo sus requisitos básicos la posibilidad de difundir información de alerta a un determinado número de terminales en un área geográfica y hacer uso de enlace en modo NACK, asumiendo que los niveles superiores implementaran los mecanismos de retransmisión de la información. Los requisitos básicos de los servicios de establecimiento y liberación de conexiones comprenden la posibilidad de establecer y liberar conexiones punto a punto y punto multipunto, también de ser posible transferir un mensaje inicial durante la fase de establecimiento de la conexión.

El RRC maneja la señalización de nivel 3 del plano de control para lo que desarrolla las funciones siguientes. Difusión de información proporcionada por los niveles o estratos ajenos al acceso, difusión de información relacionada con el estrato de acceso, establecimiento, mantenimiento, reconfiguración y liberación de portadores radio, notificación y alerta, control de potencia en bucle abierto, control de cifrado, selección celular, protección de la integridad de los mensajes y control de la base de tiempo.

En el modelo seleccionado por la UTRAN, el nivel RRC efectúa una auténtica y adecuada supervisión de los demás subniveles controlando totalmente todas las funcionalidades de la UTRAN necesarias para la distribución y la gestión de los recursos de radio.

En el subnivel RRC actúa el gestor de RRM que constituye el conjunto de todos los procedimientos y algoritmos necesarios para una gestión eficaz de los niveles de link radio. La RRM (Radio Resource Management) llevado a cabo en el nivel RRC se encarga de la supervisión y coordinación de las funciones presentes en los demás niveles (MAC, RLC y nivel físico) permitiendo el uso correcto y eficaz de los canales que el canal físico pone a disposición de la interfaz radio.

Además, de su ubicación formal en el nivel 3 (Network) la correcta localización de los recursos radio no puede hallarse correctamente dentro de un único nivel en la esquematización de la pila

OSI. Esta gestión representa, a todas las luces, un internivel cuyo objetivo es la coordinación de los subniveles RLC, MAC y RRC.

Los servicios de datos y multimedia son un requisito fundamental para el desarrollo de un sistema de tercera generación como el sistema UMTS. Una importante característica de la UTRAN radica en la posibilidad del terminal móvil de gestionar servicios distintos simultáneamente. Esta posibilidad esta técnicamente respaldada por una serie de características relacionadas con los protocolos de radio.

- *Variable bit rate* en canales de transporte dedicados. Esta característica es particularmente útil cuando el terminal debe proporcionar servicios diferentes conjuntamente. La posibilidad de proporcionar bit rate variables en un canal físico dedicado, permite una utilización optimizada de los recursos también en estos casos.
- *Multiplexar* distintos canales de transporte dedicados en el mismo canal físico
- *Canal común en up-link* cuya utilización puede ofrecer un soporte particularmente eficaz para proporcionar servicios de datos.
- *Canal en down-link* compartido por varios usuarios especialmente adaptado para aplicaciones de tipo Internet.

La figura 2.17 presenta las modalidades de interacción de los protocolos de radio de la UTRAN, donde el nivel RRC efectúa una autentica y adecuada supervisión sobre los demás niveles controlando las funcionalidades necesarias para la distribución y gestión de los recursos de radio.

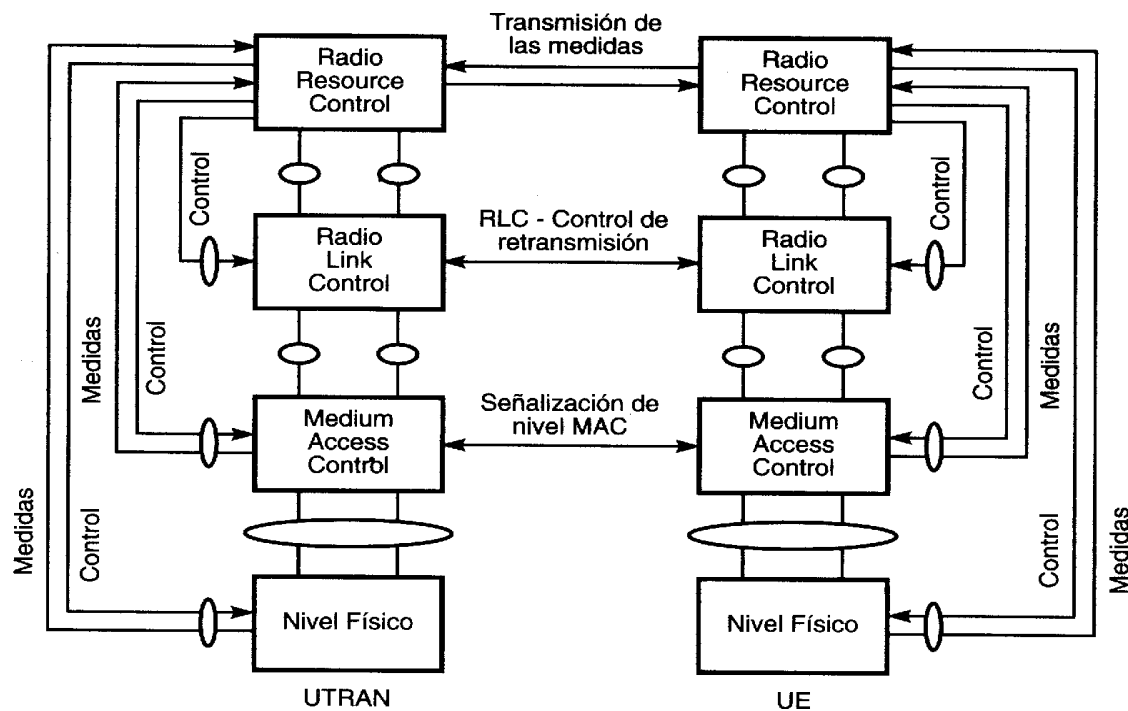


Figura 2.17 Interacción entre los distintos subniveles de la UTRAN

## 2.7 La Red Central

Es el pilar que soporta la movilidad personal, embrión de las CN de los sistemas evolutivos hacia UMTS, basada en el sistema de señalización número 7 (SS7) diseñado para transportar información de control entre los elementos de la red, se trata de un sistema de señalización por canal común que permite controlar los procesos de procesadores o bases de datos que comunican directamente e interactúan de forma optimizada en una red de comunicaciones digitales, posibilitando la transferencia de información de llamadas entre procesadores de conmutación. El sistema comprende un conjunto de niveles o partes modulares que facilitan el soporte de un amplio abanico de funciones administrativas y aplicaciones, entre las que cabe citar ISDN, Redes Inteligentes, Operación, Gestión y Administración de Redes de Telecomunicación y Redes de Comunicaciones Móviles Celulares.

La estructura del SS7, comprende unas partes fundamentales, como son MTP (Message Transfer Part) y SCCP (Signaling Connection and Control Part), destinadas al transporte de mensajes y otras apoyadas en las anteriores conocidas como partes de usuario entre las que están TUP (Telephone Use Part), DUP (Data User Part) e ISUP (ISDN User Part) que se ocupan del tratamiento de los mensajes de control. Las otras partes se conocen como partes de aplicación y se ocupan de interacción entre bases de datos dentro de la red inteligente, TC (Transaction Capabilities), interacción de operación y mantenimiento (OMAP u Operation and Maintenance Application Part) y control de redes móviles (MAP o Mobile Application Part).

El camino evolutivo de GSM a UMTS está encaminado por una serie de desarrollos, sistemas o subsistemas, mejoras y actualizaciones, entre las que cabe citar HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), pero la propuesta UMTS comprende tanto terminales fijos como móviles, ambos con acceso radio y contempla la oferta de servicios orientados a paquetes y orientados a circuitos, dependiendo de los requisitos de retardo y ancho de banda tal como el servicio GPRS que proporciona a terminales móviles acceso a la red en modo paquetes radio y una funcionalidad de encaminamiento con conmutación de paquetes en la infraestructura GSM con caudales de datos superiores compartiendo con el tráfico de voz y datos, con conmutación de circuitos, portadoras radio y parte de la infraestructura de señalización.

La tecnología de conmutación de paquetes optimiza la transferencia de datos impulsivos y, eventualmente, las transferencias de gran volumen de datos, con conexión a las redes de datos con conmutación de paquetes tales como X.25 e IP.

La coexistencia de los dos tipos de redes brinda la posibilidad de ofrecer al usuario acceso a los servicios con conmutación de circuitos, voz y datos, y servicios con conmutación de paquetes.

Con vistas de reutilizar la mayor cantidad posible de los recursos desplegados en GSM, el sistema GPRS ha implementado como una modificación de la red GSM en la que se introducen tres nuevos módulos para la gestión del tráfico de paquetes:

### 2.7.1 GGSN

El nodo GGSN (Gateway GPRS Support Node) actúa como una pasarela entre la red GSM y las redes públicas de datos (IP y X25), proporciona funciones de seguridad y de tarificación. Es el encargado de establecer el proceso de “tunneling” entre GGSN y SGSN convirtiendo los

paquetes provenientes del SGSN al formato PDP apropiado (IP o X25) para enviarlos a la PDN correspondiente.

### 2.7.2 SGSN

El nodo SGSN (Serving GPRS Support Node) es el responsable de la entrega de paquetes al terminal móvil en su área de servicio, gestiona la movilidad al nivel de enlace radio y el mantenimiento lógico entre el móvil y la red. Es un conmutador de paquetes GPRS que proporciona funcionalidades similares a las realizadas por el nodo MSC/VLR en GSM.

### 2.7.3 PCU

Dentro de la BSC, el módulo PCU (Packet Control Unit) gestiona al nivel de capa de enlace los paquetes de datos transmitidos por la interfaz aire.

Se debe mencionar asimismo el uso de unos módulos, denominados BG cuya función es la de encaminar paquetes entre dos PLMN, en caso de que el MS este registrado en una PLMN diferente a la suya.

En la figura 2.18 se ha representado una arquitectura de red funcional en la que figuran los nodos e interfaces más relevantes y las redes que lo soportan.

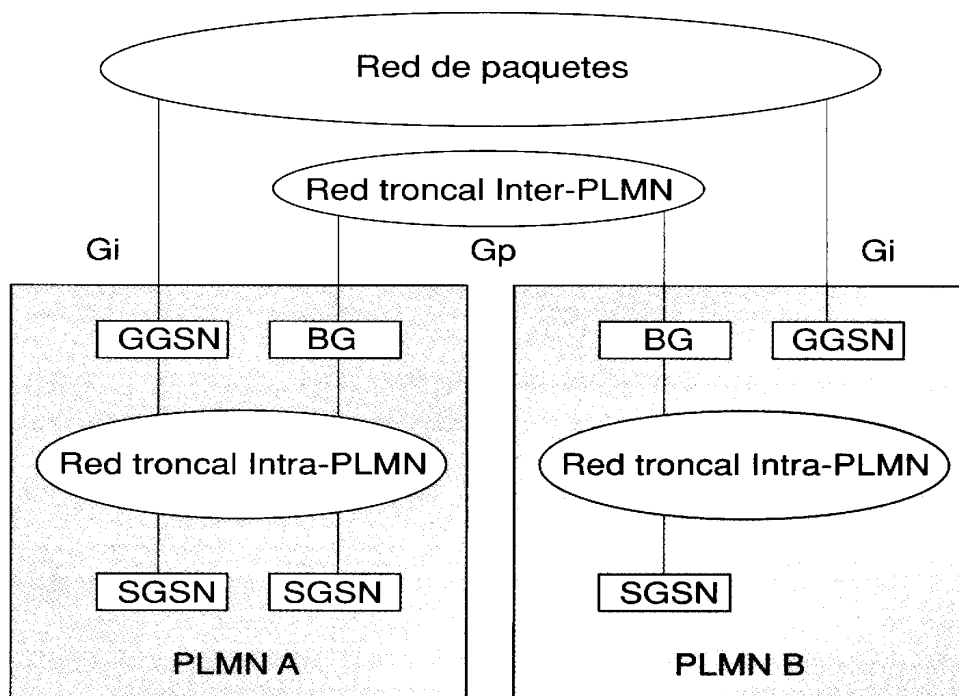


Figura 2.18 Arquitectura de red con redes troncales inter e intra PLMN (Fuente ETSI)

### 2.7.4 Protocolos de la Red Troncal

La arquitectura de UMTS/GPRS utiliza el principio de estructuración de protocolos por capas y posee dos planos de protocolo: *señalización* (compuesto de los que controlan y soportan la

transmisión de la información del usuario) y *transmisión* (cubre los protocolos para la transmisión de información del usuario y algunos procedimientos asociados de control, como control de flujo o gestión de errores).

#### 2.7.4.1 GTP

El protocolo GTP (GPRS Tunneling Protocol) es el encargado de transmitir mediante un túnel el tráfico de señalización y de datos entre los GSN's, utilizándose los interfaces Gn, Gp e Iu.

#### 2.7.4.2 UDP

El protocolo UDP (User Datagram Protocol) transporta paquetes GTP en la red troncal UMTS/GPRS para protocolos que no necesitan un enlace fiable, además, no está orientado a conexión y no garantiza la entrega de paquetes sino que delega esta responsabilidad en las aplicaciones de los extremos de la transmisión.

#### 2.7.4.3 IP

El protocolo IP (Internet Protocol) es el protocolo usado en la red troncal UMTS/GPRS para el encaminamiento y transporte de la información de usuario y señalización. Es hoy en día el protocolo de red más utilizado en el mundo impulsado por el gran crecimiento de Internet. Su tarea es la encaminar paquetes de datos, independientemente del sistema operativo o del hardware por el que pasen. La transmisión de un paquete IP entre dos terminales se realiza a través de una secuencia de encaminadores o "routers".

#### 2.7.4.4 Encapsulamiento y "tunneling"

El envío de paquetes a través de la red troncal entre nodos GSN requiere el encapsulamiento de dichos paquetes. Cuando un nodo GSN recibe un paquete de datos para enviar a otro nodo GSN, le añade una cabecera GTP con información acerca del encaminamiento dentro de la red troncal, ocultando a la red contenido de la información transferida. Cuando el paquete llega a su nodo GSN de destino, se desencapsula retirando la cabecera GTP.

#### 2.7.4.5 Contextos PDP

Un contexto PDP (Packet Data Protocol) es un conjunto de parámetros que definen el encaminamiento de paquetes dentro de la red central GPRS/UMTS y se almacena en los nodos MS, SGSN y GGSN por los que van a pasar los paquetes de una comunicación. Habitualmente se trata de IP o de X25. Una dirección PDP es, por tanto, una dirección IP o dirección X25 según el tipo de comunicación que estemos realizando con la PDN, se obtiene de dos formas distintas: *Estática* cuando la PLMN proporciona una dirección PDP fija a la MS y *Dinámica* cuando la PLMN asigna mediante el GGSN una dirección PDP a la MS cuando se activa un contexto PDP.

Cuando un contexto PDP está activado, la MS es visible para la PDN externa y puede por tanto enviar y recibir paquetes de datos. La traducción entre direcciones PDP e IMSI permite al GGSN transferir paquetes de datos entre la PDN y la MS.

Existen dos tipos de activación de contexto el anónimo (no se contempla en UMTS) y el no-anónimo que significa que la MS debe estar suscrita a esta operación, la red verifica que no se realizan activaciones de contexto PDP no autorizadas, por ende, verifica a quien pertenece cada contexto PDP y no hay limitaciones de movilidad para la MS.

2.7.4.6 Encaminamiento

El procedimiento de encaminamiento de paquetes entre un terminal fijo y un terminal UMTS/GPRS se puede realizar de tres formas alternativas, como se muestra en la figura 2.19

- a) De MS a un host de una PDN
- b) Desde un host de una PDN a la MS
- c) Entre un host y una MS registrada en una PLMS distinta a la suya.

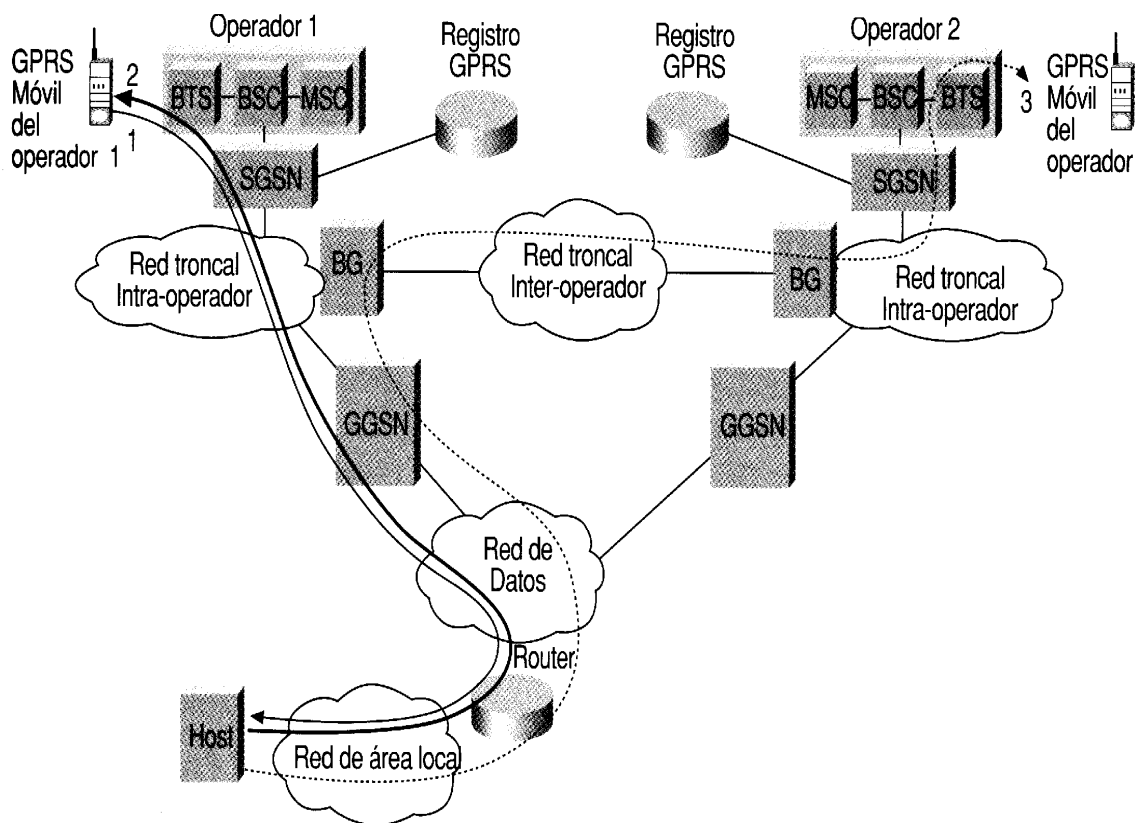


Figura 2.19 Encaminamiento de paquetes de datos entre un MS y un host de una red fija

Una MS, convenientemente registrada en su PLMN de acceso publica, realiza una llamada a un host situado en una PDN. El SGSN encapsula los paquetes provenientes de la MS y los encamina hacia el GGSN apropiado, desde donde se envían vía IP o X25 a la PDN pertinente que los entregara finalmente al host destino.

## CAPITULO III

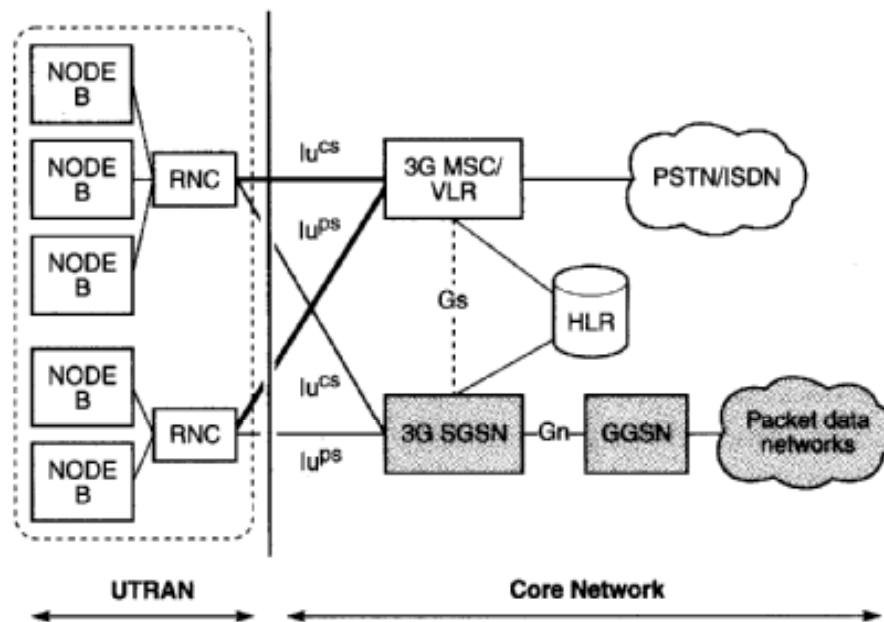
### INFRAESTRUCTURA DE LA RED UMTS

#### 3. INFRAESTRUCTURA DE LA RED UMTS

##### 3.1 Introducción

La arquitectura completa del sistema UMTS se presenta en la figura 3.1. La totalidad del sistema puede dividirse en dos partes principales:

- La Red de Acceso (UMTS Terrestrial Radio Access Network – UTRAN)
- La Red de Comunicación y Encaminamiento (Core Network)



**Figura 3.1** Arquitectura del sistema UMTS

La arquitectura de red UMTS está compuesta por dos dominios: el dominio de Conmutación de Circuitos, centrado en torno a las centrales de conmutación MSC (Mobile Switching Center) y el dominio de conmutación de paquetes, centrado en torno a los nodos GSN (GPRS Support Node).

De este modo, los dos dominios hacen referencia a dos historiales separados y paralelos. El primero basado en tecnologías derivadas de las redes RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), transporta el tráfico de voz directamente de la misma infraestructura de red del sistema GSM clásico, mientras que el segundo, basado en tecnologías derivadas del mundo IP, transporta el tráfico de datos o conmutación de paquetes directamente de la infraestructura

utilizada para la introducción del servicio GPRS en la red GSM. Los dos dominios están unidos a la red de acceso, común para los dos tipos de tráfico, a través de la interfaz Iu.

De hecho, mientras la red de acceso del sistema UMTS es completamente nueva y separada respecto a la utilizada por el sistema GSM, la infraestructura de red representa en cambio una evolución directa de la infraestructura GSM.

El presente capítulo está organizado de manera que se tratan separadamente los dos historiales que forman la infraestructura de red UMTS, presentando las principales características de las redes GSM y GPRS en las que estos se basan.

Para cada dominio se describen: la arquitectura, los principales procedimientos de señalización y las innovaciones más importantes introducidas en el proceso de evolución hacia UMTS.

Finalmente, se indican las principales tendencias para las futuras versiones del sistema, que podrían superar la actual división de los dominios de red, introduciendo una solución basada completamente sobre IP, sea para el tráfico de voz sea para el tráfico de datos.

### **3.2 Historial de Conmutación de Circuitos**

La parte de la arquitectura UMTS de conmutación de circuitos heredará ciertamente muchas de las características de la actual plataforma de red GSM.

Aunque las mayores innovaciones tecnológicas serán incorporadas en los nodos IP de conmutación de paquetes, la parte de conmutación de circuitos tendrá de todos modos un papel fundamental siendo la responsable de la provisión de servicios de voz, como sucede hoy en las redes GSM. A la luz del explosivo éxito de Internet es razonable pensar que los servicios innovadores utilizarán preferentemente la plataforma IP que todo parece indicar que también los servicios de voz podrán migrar en las últimas versiones de UMTS.

#### **3.2.1 Panorámica de la Red GSM**

La arquitectura base de conmutación de la red GSM es mostrada en la figura 3.2:

- BSS (Base Station Subsystem), responsable de la gestión de los recursos radio y de la interfaz entre los canales radio y los canales de los link físicos utilizados para la transmisión de la información vía terrestre.
- MSS (Móvil Switching Center), es el nodo de mayor jerarquía de la red, responsable de un grupo de BSS geográficamente adyacentes. Actúa como centro nervioso del sistema, controlando la señalización de las llamadas y coordinando los procedimientos de handover entre las distintas BSS (o dentro de la misma BSS) provocados por el movimiento geográfico de los terminales.
- HLR (Home Location Register), contiene y actualiza las informaciones relativas a la posición de los terminales móviles en términos de área de VLR. Además se almacenan

las informaciones relativas a los perfiles de usuario y a los parámetros de identificación y autenticación.

- VLR (Visitor Location Register), gestiona las informaciones mas detalladas sobre la posición del terminal, manteniendo el control de sus movimientos al nivel de Área de localización. Además memoriza localmente los parámetros de autenticación e identificación.

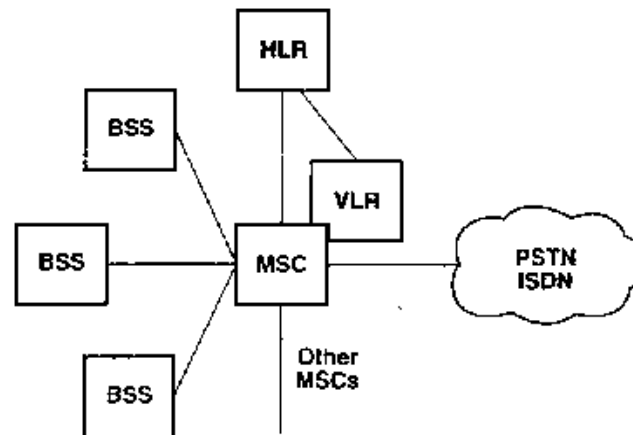


Figura 3.2 Arquitectura de la red GSM

La conexión entre plataforma de conmutación y arquitectura de control de la movilidad esta situada al nivel de los nodos MSC, que en su interior contienen un modulo capaz de requerir la posición de un terminal y el perfil del usuario. Estas informaciones son necesarias para poder gestionar una llamada originada por un móvil o dirigida a él.

La arquitectura de la red GSM es similar a la de la red ISDN: Para encaminar las llamadas desde y hacia la red móvil se utiliza el plan de numeración E.164 y el número MSISDN (Móvil ISDN Number) debe ser, dentro de un determinado país, conforme al plan de numeración ISDN internacional.

Además, como en los autoconmutadores de la red fija ISDN, cada llamada establecida implica la utilización de un circuito PCM (Pulse Code Modulation) a 64 kbits/s en cada enlace entre las MSC's implicadas, y entre las MSC's y el nodo Gateway hacia otras redes ISDN / PSTN.

A diferencia de la red ISDN, en la interfaz entre una MSC y un BSS se utiliza, para cada llamada, un circuito de 16 kbits/s. Este valor deriva de la codificación vocal del sistema GSM: para ahorrar valiosos recursos en la interfaz radio la voz se codifica a 16 kbits/s en lugar de los clásicos 64 kbits/s de la codificación PCM. La velocidad de codificación mas baja se mantiene desde el terminal hasta la MSC, donde las informaciones son codificadas de nuevo en un flujo a 64 kbits/s compatible con la codificación PCM de la red PSTN.

La red de señalización de la arquitectura GSM utiliza los protocolos y los servicios de señalización a canal común número 7 (SS7), de manera similar a la red telefónica. Sobre esta pila de protocolos se desarrolla el protocolo MAP (Móvil Application Part) específico de GSM,

responsable del dialogo entre HLR, VLR y MSC para la gestión de los procedimientos de movilidad y autenticación.

Los principales procedimientos de gestión de la movilidad que se utilizan en la red GSM son el procedimiento de *Location Update, de Paging y Encaminamiento*.

El terminal móvil conectado a la red GSM, para ser localizado en una llamada entrante, debe comunicar a la inteligencia de red su posición, esto se consigue a través de los procedimientos de Location Update, en el curso de los cuales las informaciones sobre el área de localización y sobre el área de VLR se envían respectivamente al VLR y al HLR y también puede ser invocado por una variación de su posición o periódicamente.

En el caso de una llamada entrante hacia un usuario móvil, la red GSM debe localizar y conectar el terminal móvil. Potencialmente cada MSC de la red posee las funcionalidades para aceptar esta petición desde una red externa. Debido a que el HLR es el único elemento de red capaz de conocer y gestionar la posición de todos los terminales activos, la MSC pide a este nodo el área de VLR en la que se encuentra el terminal. Si esta primera parte del procedimiento finaliza con éxito y se determina una dirección MSC/VLR la llamada se encamina hacia la MSC/VLR en la que el usuario este registrado.

En este momento, el VLR debe conseguir la información detallada sobre la posición del terminal, es decir, su área de localización de donde se envía un mensaje broadcast de paging que contiene el identificador del usuario llamado. Este identificador permite, al resto de terminales presentes en la misma área de localización ignorar la petición y permite al terminal del usuario llamado identificar que es el destinatario de la llamada. Si el terminal esta en cobertura y se le permite la recepción de la llamada se le asigna un canal radio dedicado al terminal y la llamada se encamina a través de la oportuna BSS a la celda radio que da servicio al usuario.

### 3.2.2 La arquitectura de red UMTS CS

Como puede verse en la figura 3.3, la arquitectura de red UMTS es similar a la de GSM. Junto con la introducción de la nueva interfaz radio, el BSS ha sido sustituido por el UTRAN. La USMC ha sido adoptada de funcionalidades de conmutación de circuitos y de paquetes, pero las principales interfaces y la arquitectura de control han permanecido invariables.

### 3.2.3 Características Innovadoras respecto a GSM

La principal diferencia entre los sistemas móviles de segunda generación y los de tercera es la adopción de una nueva interfaz radio. Esto permitirá ante todo, alcanzar velocidades de transmisión mas elevadas garantizando una mayor flexibilidad. Aunque el máximo bit rate que puede obtenerse con una interfaz radio WCDMA es de 2 Mbit/s, también estará disponible una amplia gama de velocidades intermedias, con la posibilidad de soportar, teóricamente, cada tipología de servicio presente o futuro. Esta cualidad constituye un cambio decisivo respecto al sistema GSM, en el que el único canal adicional al de la voz es el canal de datos a 9.6 kbit/s.

Además la infraestructura de conmutación de circuitos UMTS deberá ser capaz de crear, mantener y abatir circuitos a diferentes velocidades, con un nivel de complejidad claramente superior respecto a la rígida arquitectura de conmutación de circuitos a 64 kbit/s actual.

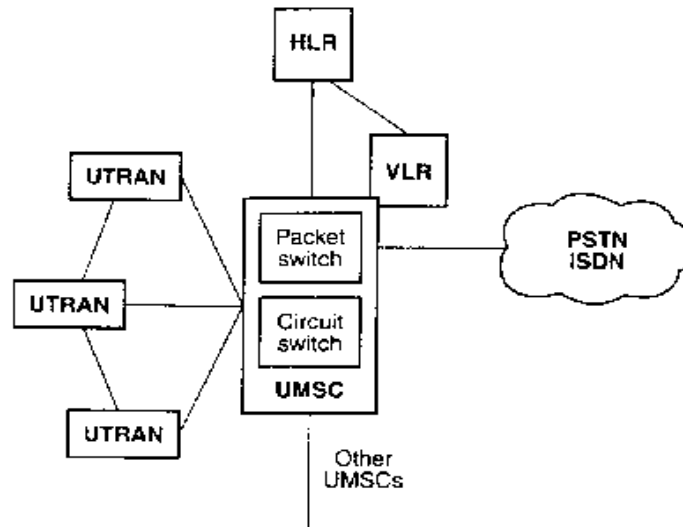


Figura 3.3 Red UMTS de conmutación de circuitos

La arquitectura UMTS de transporte deberá, desde el principio ser capaz de ofrecer sus servicios tanto a la parte de plataforma de conmutación de circuitos como a la basada en IP.

Al contrario, en los sistemas de segunda generación el GPRS fue pensado como parte adicional al GSM, y por consiguiente su red de transporte estaba separada de la utilizada para el transporte de la voz. En UMTS, la telefonía y la transmisión de datos han sido parte integrante de los objetivos de la arquitectura de red desde el inicio, y ha sido rápidamente evidente reconocida la necesidad de adoptar una nueva tecnología y arquitectura de transporte y conmutación.

La elección de ATM para el caso es obligatoria ya que emula los circuitos para la transmisión de voz y permite al mismo tiempo la transferencia de datos, por ello, es de hecho, una de las tecnologías de transporte mayoritariamente utilizadas en las redes geográficas IP. Además gracias a la amplia gama de protocolos y prestaciones estandarizadas para el direccionamiento y el encaminamiento de las llamadas, es capaz de incorporar las funcionalidades de interworking y transporte de la señalización típica de las redes telefónicas a diferencia de los otros protocolos de transporte para IP, y es por ello, que ATM se proyectó desde un principio para trabajar en un ambiente multiprotocolo y es permitido soportar estos servicios extremadamente diversos por la definición de ATM Adaptation Layer con características muy diversas.

En el caso de los servicios UMTS en la plataforma de transporte han sido incluidos dos AAL:

- AAL5 que posee las principales funcionalidades la fragmentación y el reensamblaje, donde un paquete IP se subdivide en PDU's AAL5, de menores dimensiones que constituyen el payload de las celdas ATM (esta operación comprende la inserción de algunos bits de relleno si las dimensiones del paquete IP no son exactamente un múltiplo

entero de 48 bytes) los paquetes, subdivididos de esta forma, son transmitidos y reensamblados en el extremo receptor.

- AAL2 realiza un papel fundamental en UMTS, en particular en la red de acceso.

Como se sabe, el handover es el mecanismo que permite soportar el movimiento del usuario durante una conversación, cambiando dinámicamente la estación base a la que el terminal está conectado. En la evolución de la arquitectura de red GSM a UMTS, este procedimiento ha sido ampliamente revisado gracias a la introducción de la interfaz Iur.

De hecho en GSM, un handover entre dos BSC implicaba la participación de la MSC, mediante una operación que requería la conmutación del canal de voz de la vieja a la nueva interfaz MSC-BSC. Esta operación debía ser realizada en tiempo real con el objetivo de reducir el impacto del handover en la calidad percibida por el usuario tal y como lo muestra la figura 3.4.

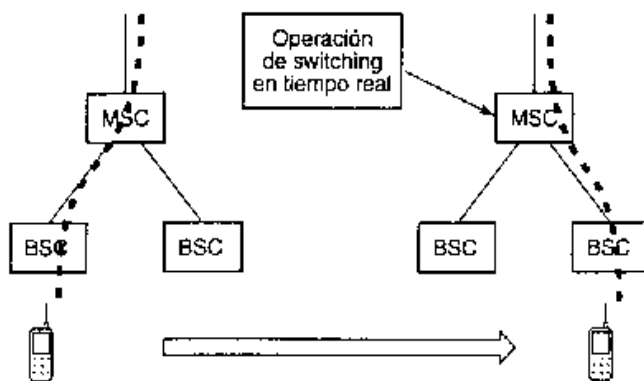


Figura 3.4 Handover entre BSCs en el sistema GSM

En UMTS, gracias a la utilización de la interfaz Iur, la red de acceso UTRAN es capaz de gestionar autónomamente el handover sin implicar a la MSC, obteniendo de esta forma un procedimiento más simple (no es necesario sincronizar la matriz de conmutación de la MSC con la acción de cambio de la estación base) y rápida tal y como lo muestra la figura 3.5.

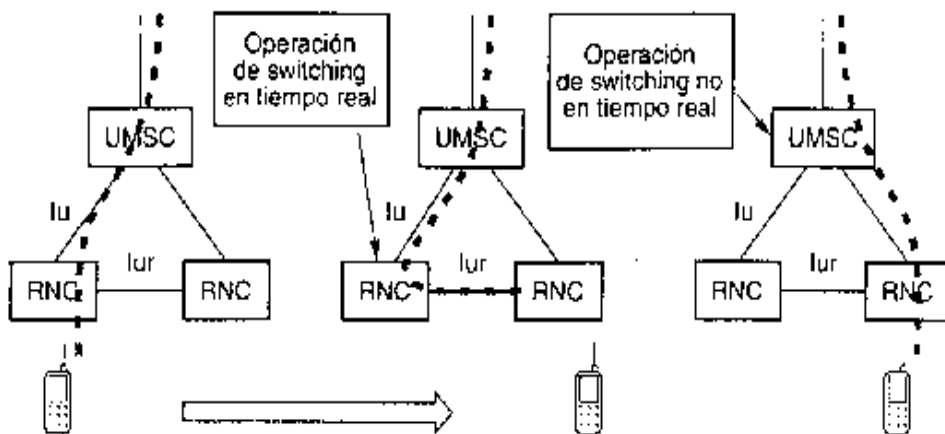


Figura 3.5 Streamlining por cambio de RNC

Entonces, el efecto handover en UMTS es una “prolongación inicial de la interfaz UMSC – RNC a través de la interfaz Iur que permite alcanzar la nueva RNC. Solo en segundo momento y sin las exigencias de tiempo real, se establecerá la conexión entre el UMSC y la nueva RNC, y se abatirá la prolongación hecha a través del interfaz Iur.

El procedimiento de redireccionamiento de la interfaz Iu, llamado también streamlining, tiene como objetivo optimizar los recursos (es decir, minimizar el número y la longitud de los circuitos terrestres utilizados, evitando así la formación de una cadena de RNC) una vez que el handover esta consolidado.

El hecho de retardar la operación respecto al movimiento del terminal, permite entre otras cosas evitar la implicación de la MSC en fenómenos oscilatorios o pequeños movimientos del terminal (o variaciones de las condiciones de la interfaz radio) que pueden originar un procedimiento de handover en una dirección y en un retorno inmediato.

En cada sistema móvil la disponibilidad de la capacidad radio representa el recurso más precioso y limitado. Por este motivo, la codificación de voz sobre la interfaz radio debe ser aquella que proporcione el máximo ahorro o factor de compresión posible.

Mientras en el caso de GSM la codificación de la voz determina un flujo de datos a 13 kbits/s en UMTS gracias a un nuevo tipo de codificador, el bit rate variable podrá mantenerse en el intervalo 4-13 kbit/s.

Para permitir la interconexión de la red móvil con el mundo de las redes fijas, cuyo transporte se basa en la codificación de la voz en formato PCM a 64 kbit/s, es necesario transformar la codificación a bajo bit rate en codificación PCM (con el consiguiente aumento del bit rate).

El máximo ahorro posible en términos de ocupación de los links, se obtendría manteniendo la voz codificada a 4-13 kbit/s en toda la infraestructura de la red móvil, es decir, posicionando los transcodificadores en los márgenes de la red tal y como lo muestra la figura 3.6.

Esta configuración, permitiría un gran ahorro por lo que se refiere a costes de transporte respecto a las redes GSM, donde la transcodificación se lleva a cabo en la MSC y donde toda la red de transporte entre las centrales de conmutación utiliza hoy circuitos a 64 kbits/s.

Obviamente, esta optimización tiene un coste: el transporte a bajo bit rate puede realizarse solo sobre ATM con AAL2, y entonces toda la infraestructura de transporte (basada en PCM) y de conmutación (basada en matrices a 64 kbit/s) debería ser modificada.

Debido a que las velocidades de transferencia de datos permitidas por la nueva interfaz radio irán desde los pocos bits al segundo hasta los 2 Mbit/s, servicios de conversación como la telefonía y nuevos servicios de tipo multimedia estarán disponibles sea a través de conmutación de paquetes y como a través de conmutación de circuitos.

Por este motivo, el control de llamada necesitara características adicionales respecto a GSM, donde la única componente involucrada era la voz, este nuevo sistema, deberá ser capaz de gestionar más componentes durante una conversación y para ello por motivos de simplicidad se ha adoptado reutilizar los estándares ya existentes, concretamente, una combinación del control

de llamada GSM y del estándar más difundido en Internet para la gestión de las aplicaciones multimedia: el H.323.

Entonces, el control de la llamada GSM permitirá establecer la conexión entre llamante y llamado como ocurre actualmente en una llamada telefónica, mientras que H.323 permitirá añadir / eliminar los varios media, utilizando la conexión establecida del mismo modo que dos ordenadores utilizan una red de datos.

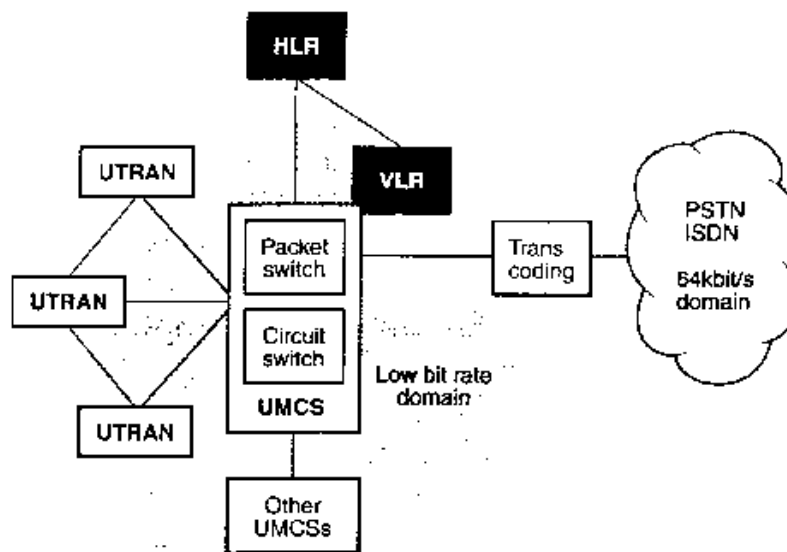


Figura 3.6 Posición de los Transcodificadores

### 3.3 Historial de Conmutación de Paquetes

La parte de la arquitectura UMTS de conmutación de paquetes heredará muchas características de la plataforma actual de red GPRS, la cual permite transmitir y recibir datos con una modalidad de transmisión tanto sobre la interfaz radio, como en la infraestructura de red, sin utilizar recursos de conmutación de circuitos.

#### 3.3.1 Panorámica de la Red GPRS

La estructura convencional GSM no ofrece funcionalidades adecuadas para el encaminamiento de datos de conmutación de paquetes y por ello ha sido extendida con la introducción de una nueva clase de entidades lógicas de red denominadas SGN (GPRS Support Node).

Los nodos SGN gestionan la interconexión con otras redes y desarrollan múltiples funciones: gestión de la movilidad, roaming y reencaminamiento geográfico, control de la conexión virtual, transmisión de los paquetes.

El *serving GPRS Support Node* (SGSN) que está conectado a la red de acceso y se encuentra al mismo nivel jerárquico que las centrales de conmutación (MSC / VLR) es el nodo que da servicio al terminal móvil GPRS, conservando la información de posición y ejecutando funciones relativas a la seguridad de la comunicación y al control de acceso.

El *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) es visto, desde el exterior, como la puerta de acceso a la red GPRS y funciona como una unidad de interworking hacia las redes externas de conmutación de paquetes. Dentro de la red el GGSN está conectado a los nodos SGSN a través de una red de transporte basada en IP. La base de datos HLR debe ser actualizada con las nuevas funciones para la memorización de los datos relativos a los perfiles de suscripción de los usuarios GPRS y a la información de encaminamiento. Finalmente los centros de mensajes cortos (SM-SC) están conectados al SGSN para permitir la transmisión de mensajes cortos también a través de los canales radio GPRS.

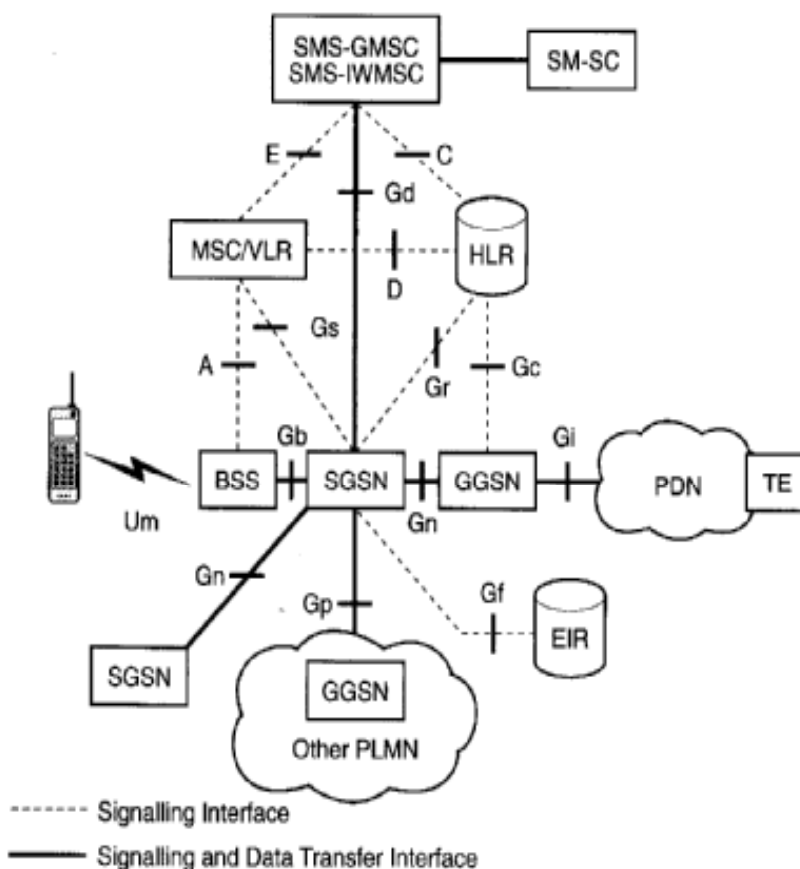


Figura 3.7 Arquitectura lógica GPRS

Con el objetivo de satisfacer las necesidades de los diversos segmentos de mercado han sido definidos en el estándar GPRS tres tipos de terminales:

- *Terminal de clase A*; el terminal puede estar simultáneamente conectado tanto a la red GSM, para poder utilizar los servicios basados en conmutación de circuitos, como en la red GPRS, para poder transmitir y recibir datos a paquetes simultáneamente.

- *Terminal de clase B*; el terminal puede estar simultáneamente registrado sobre las dos redes, de circuitos y de paquetes, pero no puede enviar y recibir tráfico a la vez en ambos lados.
- *Terminal de Clase C*; el terminal solo puede estar registrado en la red a modalidad de paquete o en la de circuito, por lo que solo puede soportar tráfico relativo al tipo de servicio para el que está registrado.

La infraestructura de red para la realización del servicio GPRS se basa en la tecnología IP. La utilización de esta tecnología para transmisiones desde / hacia usuarios móviles, exige soluciones particulares de encaminamiento, de hecho, la versión de IP utilizada en el estándar GPRS no prevé ningún mecanismo para la gestión de la movilidad. Por ello, en el estándar GPRS ha sido introducido un método de encaminamiento específico en el cual la transmisión de los paquetes de información dentro de la red GPRS, el terminal móvil está caracterizado por una dirección IP que se le asigna permanente o dinámicamente, en el momento del establecimiento de la sesión.

Los paquetes, provenientes de las redes externas, se entregan al GGSN de referencia de la red GPRS a la que el terminal pertenece. El GGSN posee las informaciones de encaminamiento necesarias para enviar el paquete al nodo SGSN, que da servicio al área geográfica donde se encuentra actualmente localizado el móvil. El SGSN, a su vez, realiza una conexión lógica con el terminal, a través de la cual tiene lugar la entrega del paquete.

En el caso de una transmisión originada por un terminal móvil, el SGSN encapsula los paquetes entrantes y los transfiere al GGSN de referencia, donde son transmitidos a las redes de datos de destino. Todos los datos relativos a los usuarios GPRS, necesarios en el nodo SGSN para realizar el encaminamiento y la transferencia de los datos, se encuentran almacenados en el registro GPRS, que conceptualmente forma parte del nodo HLR del sistema GSM. El registro GPRS contiene las informaciones de encaminamiento y la correspondencia entre el identificador del usuario (IMSI – *International Móvil Subscriber Identity*) y la dirección IP asignada, y entre esta última y el GGSN de referencia.

El GPRS prevé una serie de parámetros que caracterizan la transmisión de datos dentro de cada contexto activo. El principal parámetro que influye en la modalidad de transferencia de los paquetes IP es el relativo a la calidad del servicio definido por los siguientes parámetros:

- Clase de precedencia: indica la prioridad de mantenimiento del servicio entre los diversos usuarios disponible en tres niveles: alto, medio y bajo.
- Clase de retardo: se refiere al retardo total sufrido por el paquete transmitido, entre origen y destino (end to end). Se han definido tres clases con un retardo máximo establecido, más una clase best effort.
- Clase de fiabilidad: indica la clase de fiabilidad del servicio que se diferencia por capacidad de corrección y de tolerancia a los errores.

- Clase de throughput: indica el valor de throughput requerido por el usuario. Es posible negociar dos características de este parámetro: la velocidad máxima de transmisión y su valor medio.

*Antes de que un terminal móvil pueda acceder a los servicios GPRS, debe informar a la red de su presencia, llevando a cabo un procedimiento de GPRS Attach contra el nodo SGSN que incluye la actualización de las informaciones de localización en el HLR, la transferencia de la información entre el antiguo SGSN, en el que el móvil estaba registrado anteriormente y el nuevo SGSN; la cancelación de los datos del antiguo SGSN (y del antiguo VLR si el móvil estaba también registrado en la red GSM para los servicios de conmutación de circuitos).*

Para transmitir o recibir datos, un MS debe activar un contexto PDP haciendo notar al GGSN de referencia la presencia del móvil y permite la transferencia de paquetes al / desde el correspondiente usuario. Por cada contexto PDP puede asociarse al móvil una dirección estática identificada en el momento de la suscripción, o una dirección dinámica, asignada en el momento de la activación del contexto PDP, por parte del GGSN del gestor de la red propia de suscripción (HPLMN – Home Public Land Móvil Network) o de la red visitada (VPLMN – Visited Public Land Móvil Network). Las direcciones dinámicas permiten solo las transferencias de datos iniciadas por el terminal móvil.

Con la ejecución del procedimiento de *detach* (originado por la red o por el terminal) todos los contextos PDP de un determinado móvil se desactivan, también puede originarse implícitamente al expirar un tiempo preestablecido, durante un periodo de inactividad del móvil.

Se define acceso “transparente” al caso en el que al terminal se le asigna una dirección del espacio de direccionamiento del operador móvil. En este caso, durante la activación del contexto PDP no está previsto ningún mecanismo de seguridad, ya que la autenticación y el cifrado solo pueden realizarse end-to-end.

Se habla en cambio de un acceso “no transparente” si al terminal móvil se le asigna una dirección IP del espacio de direccionamiento de un ISP (Internet Service Provider) conectado o de una Intranet. En este caso, el terminal móvil debe realizar el procedimiento de autenticación contra el GGSN, en el momento en el que se activa el contexto y, a su vez, el GGSN debe pedir la autenticación, por cuenta del usuario, a un servidor ISP o de la Intranet.

Al final de esta operación, el terminal móvil es visto como un usuario de la red a la que pertenece la dirección asignada y por tanto, los paquetes que contienen esta dirección, transitara a través de dicha red antes de llegar al GGSN.

*En la gestión de la movilidad en GPRS el terminal móvil conoce su propia posición ya sea en términos de celda como de RA (Routing Área) visitada, mientras que en la red la posición del móvil se sigue a dos niveles: Cuando el móvil ha ejecutado un procedimiento de attach en la red GPRS y cuando el terminal está involucrado en una conexión activa (se sigue a nivel de celda).*

La movilidad entre SGSN y GGSN se gestiona gracias a la utilización del protocolo de Tunneling GPRS (GTP) permitiendo la transferencia de las informaciones entre distintos SGSN en el momento en el que el móvil cambia de SGSN.

Para mantener actualizada su posición en la red, el móvil ejecuta un procedimiento de gestión de la movilidad cuando entra en una nueva celda involucrando las siguientes identidades:

- Al antiguo SGSN, para transferir las informaciones de contexto PDP relativas a los otros contextos activos y para preparar un camino de transferencia para los datos aun no transmitidos del GGSN al antiguo SGSN
- Al GGSN en correspondencia a cada contexto PDP activo, para actualizar los túneles GTP
- Al HLR, para memorizar las nuevas informaciones sobre el SGSN y eliminar las relativas al antiguo SGSN.

*La coordinación entre la modalidad de paquetes y la de circuitos se realiza mediante una interfaz llamada Gs, que permite crear una asociación entre MSC / VLR y SGSN. Esta asociación es particularmente útil cuando se deben gestionar terminales capaces de conectarse simultáneamente a los servicios de conmutación de circuitos y a los de paquetes.*

La asociación se crea entre las dos entidades cuando el nodo SGSN, que da servicio a un determinado terminal, conoce la dirección del MSC / VLR en la que se encuentra simultáneamente registrado el mismo terminal y viceversa. Una de las ventajas de la interfaz Gs es la de limitar el tráfico de señalización en la interfaz radio debido a un mismo terminal. De hecho, cuando el terminal esta conectado a un SGSN puede ejecutar, cuando es necesario, un procedimiento combinado para la actualización de la posición para la modalidad de circuito y para la modalidad de paquete (location area update y routing area update).

Además, el mensaje de notificación para una llamada a circuito entrante (paging) puede ser transmitido a través de la interfaz Gs, al nodo SGSN y de aquí al terminal móvil.

El procedimiento combinado de actualización de la posición, denominado *Combined LA/RA Updating* es el siguiente: cuando el terminal, durante su movimiento se encuentra en una nueva RA, envía al SGSN un mensaje de RA Update Request. En el caso de en el que haya variado al mismo tiempo la LA, el SGSN enviara una petición de LA Update al VLR. Por lo que las informaciones de localización serán actualizadas también en el dominio de circuito sin necesidad de involucrar directamente al terminal móvil.

Debido a que el RA es normalmente más pequeño o al limite coincidente con la LA, se presupone que el numero de actualizaciones RA será numéricamente superior al de LA, mientras que un cambio de LA implicara siempre también una actualización de RA.

### 3.3.2 Arquitectura de la red de paquetes UMTS

La estructura de la parte de paquetes de la red UMTS es limitar a la red GPRS, en la que el segmento de acceso BSS se sustituye por la red de acceso UTRAN, basada en la modalidad radio W-CDMA. La conexión entre la red troncal y la UTRAN esta garantizada por la definición de una nueva interfaz, denominada Iu, especializada en la gestión tanto de la componente de paquetes como de la componente de circuitos.

### 3.3.3 Características innovadoras respecto a GPRS

Dos áreas son especialmente críticas para la estandarización partiendo de la arquitectura GPRS las cuales son: *la gestión de la movilidad y el control de la calidad del servicio*. En ambas áreas son cada vez más importantes las contribuciones que llegan del mundo IT.

*La gestión de la movilidad mediante IP* ya que las bases UMTS de conmutación de paquetes se basan en esta tecnología es necesario realizar un interworking entre los procedimientos de movilidad clásicos del mundo GSM, utilizados en el sistema GPRS y los especificados en el ámbito de *Mobile IP*.

Se han identificado tres fases sucesivas para la introducción de *Mobile IP* en la red UMTS.

- FASE 1: representa una configuración mínima para un gestor que desee ofrecer el servicio de Mobile IP. Se mantienen los mecanismos actuales para la gestión de la movilidad dentro de la red UMTS, mientras que Mobile IP se utiliza para gestionar el roaming entre sistemas diversos y UMTS sin perder la sesión de trabajo en curso.
- FASE 2: el mecanismo de Mobile IP podría utilizarse dentro de la red UMTS para la modalidad entre GGSN diversos. Con el objetivo de obtener un direccionamiento más eficiente, el terminal móvil, a causa de un handover, podría cambiar el GGSN que posee la funcionalidad de Foreign Agent (FA). En este caso el contexto PDP activo y la dirección IP asociada son actualizado utilizando el mecanismo Mobile IP, solo si no hay en curso una transferencia de datos. Este mecanismo resulta particularmente conveniente en el caso en el que hayan GGSN / FA o cuando los nodos GGSN y SGSN estén colocalizados. En el caso de transferencia de datos, el terminal móvil que se mueve del antiguo SGSN al nuevo podría mantener el contexto PDP activo hacia el antiguo GGSN y una vez completada la transferencia de datos asociar el nuevo SGSN con el nuevo GGSN / FA.
- FASE 3: SGSN y GGSN podrían estar integrados en un único nodo, colapsando así la interfaz Gn entre ambos, pero conservando inalteradas el resto de interfaces. En este caso el mecanismo de Mobile IP podría utilizarse, tanto dentro de la red UMTS para la movilidad entre diversos SGSN / GGSN, como entre redes diversas. En este caso el mecanismo de Mobile IP podría gestionar también el handover con transferencia de datos en curso.

*La calidad del servicio en la red UMTS* está caracterizado por cierta Calidad de Servicio (QoS) que se proporciona al usuario y para ello es necesario establecer un servicio de transporte (bearer service) con características y funcionalidades bien definidas, desde el origen al destino del servicio y tener en cuenta las restricciones y limitaciones derivadas de la presencia de la interfaz radio, por este motivo, los mecanismos de QoS que deben ofrecerse en las redes móviles deben ser robustos y capaces de ofrecer simultáneamente una resolución razonable.

Las clases de QoS previstas para el sistema UMTS son las siguientes:

1. *Clase Conversacional*, utilizada para conversaciones en tiempo real entre usuarios, donde el tiempo de transferencia debe mantenerse bajo y al mismo tiempo la relación temporal entre las diversas componentes del flujo informativo debe mantenerse constante, particularmente las características de estos parámetros están determinadas por la percepción humana.
2. *Clase Streaming*, utilizada cuando el usuario quiere ver flujos video en tiempo real donde el servicio de transporte es siempre unidireccional desde un servidor en red hacia un usuario. También estos servicios se caracterizan por hecho que la relación temporal entre las diferentes componentes del flujo deben mantenerse constante, pero no son necesario requisitos especiales de poco retardo de transferencia, de hecho, es realineado por la aplicación receptora muy superiores a los de la percepción humana.
3. *Clase Interactiva*, utilizada cuando el usuario pide datos a una entidad remota donde los requisitos principales hacen referencia al retardo ya que la aplicación que requiere los datos los espera durante un tiempo preestablecido y la integridad de los datos, es decir, la garantía de un bajo porcentaje de error.
4. *Clase Background*, utilizada cuando el usuario pida envío o espere la recepción de ficheros de datos, secundarios respecto a otros procesos de más alta prioridad. Aplicaciones como e-mail y SMS, la transferencia de bases de datos y la recepción de datos de media en modalidad background. En este caso la aplicación receptora no tiene límites de tiempo para la llegada de los datos requeridos por lo que prácticamente no es sensible a retardo, mientras que es muy importante la integridad de los datos en sí.

*La solución adoptada en UMTS para la gestión de los servicios multimedia es el modelo llamado H.323, por un lado junto con la señalización para el control de la llamada de voz GSM y por el otro con la gestión de la sesión GPRS (PDP Context Establishment) Esta decisión refleja el deseo de construir un ambiente multivendedor entre el terminal móvil y la red, y de no excluir la posibilidad de elegir otros protocolos en desarrollos futuros del sistema UMTS. Cabe destacar que el protocolo de la gestión de los servicios multimedia funciona de modo transparente, a través de la sesión PDP establecida utilizando la señalización GPRS típica.*

## CAPITULO IV

### TECNICAS DE ACCESO W-CDMA Y TD-CDMA

#### 4. ACCESO RADIO DEL SISTEMA UMTS

##### 4.1 Introducción

En los sistemas de telefonía móvil las señales de los usuarios se transmiten utilizando portadoras de radiofrecuencia y debido a que el espectro electromagnético que los distintos operadores tienen a su disposición es limitado, hay que conseguir que el recurso radio se pueda utilizar con la mayor eficacia posible. La gestión del recurso radio se efectúa mediante técnicas de acceso múltiple. Para ello es posible compartir el espectro entre varios usuarios, garantizando la calidad del servicio. Una parte integrante de las técnicas de acceso esta constituida por los procedimientos de transmisión y de recepción de la señal del usuario (acceso radio). El nivel físico de la torre de protocolos OSI define las modalidades con las cuales se accede al recurso radio. Los protocolos de nivel físico mas los protocolos de nivel dos y tres de la torre OSI constituyen la interfaz del sistema UMTS.

En enero de 1998, ETSI llego a un acuerdo sobre la técnica de acceso radio a utilizar para UMTS identificada como UTRA, que se basa en las dos propuestas W-CDMA y TD-CDMA.

Concretamente la decisión prevé que:

- En las bandas *pareadas* (con *duplexing* FDD) el sistema adopte la técnica W-CDMA
- En las bandas *no pareadas* (con *duplexing* TDD) el sistema adopte la técnica TD-CDMA
- La especificación del acceso radio sea la adecuada para garantizar la posibilidad de desarrollar terminales de bajo coste, garantizando al mismo tiempo terminales dual mode UMTS/GSM y FDD/TDD
- El componente FDD permite que un operador pueda proporcionar los servicios UMTS con una asignación mínima de banda igual a 2x5 Mhz.

La asignación de las bandas para UMTS no establece la modalidad duplexing (TDD o FDD) que, no obstante, depende de la solución radio escogida por el sistema. Sin embargo, queda implícito el recurso a soluciones ya adoptadas en sistemas existentes como la aproximación FDD cuando hay dos bandas separadas y simétricas para los dos enlaces (por ejemplo en el GSM) y TDD cuando hay una única porción banda asignada al sistema (por ejemplo el DECT).

En el componente FDD, la transmisión entre el terminal móvil y la estación base (enlace up-link) se produce en una sub-banda (generalmente la inferior) mientras que la transmisión entre la estación base y el terminal móvil (enlace down-link) se produce en la otra sub-banda. Las operaciones de transmisión y recepción pueden tener lugar simultáneamente estando ambas

señales separadas en frecuencia. Este tipo de transmisión esta especialmente adaptado a la transmisión de servicios de tipo simétrico, en los que la velocidad de transferencia de la información del usuario en los dos enlaces es igual.

En el componente TDD, se utiliza la misma sub-banda para la transmisión en los enlaces up-link y down-link. En este caso, las operaciones de transmisión y de recepción están separadas en el tiempo. El instante de conmutación entre las operaciones de transmisión y recepción se puede seleccionar de forma adecuada para ofrecer servicios de tipo asimétrico, en los que la velocidad de transferencia de la información del usuario puede ser muy distinta entre ambos enlaces. Un ejemplo de este tipo de servicios es el acceso a una base de datos donde se hacen solicitudes breves y posteriormente se leen importantes cantidades de información.

### 4.2 La Técnica de Espectro Ensanchado

Se conocen como sistemas de espectro ensanchado SS (Spread Spectrum), aquellos en los que el ancho de banda de las señales transmitidas es mucho mayor que el mínimo necesario para transportar la información. En este proceso de ensanchamiento interviene una secuencia denominada código que es independiente de la señal de información. Para recuperar esta ultima en el receptor es necesario conocer la secuencia código utilizada. El interés de los sistemas de espectro ensanchado en que a cambio de esa mayor ocupación espectral se consiguen importantes ventajas respecto a los sistemas convencionales.

Existen varios tipos de técnicas de espectro ensanchado mostrados en la figura 4.1, que dan lugar a otras variantes de CDMA pero la modalidad de secuencia directa es la mas utilizada y constituye la base de los métodos de acceso WCDMA.

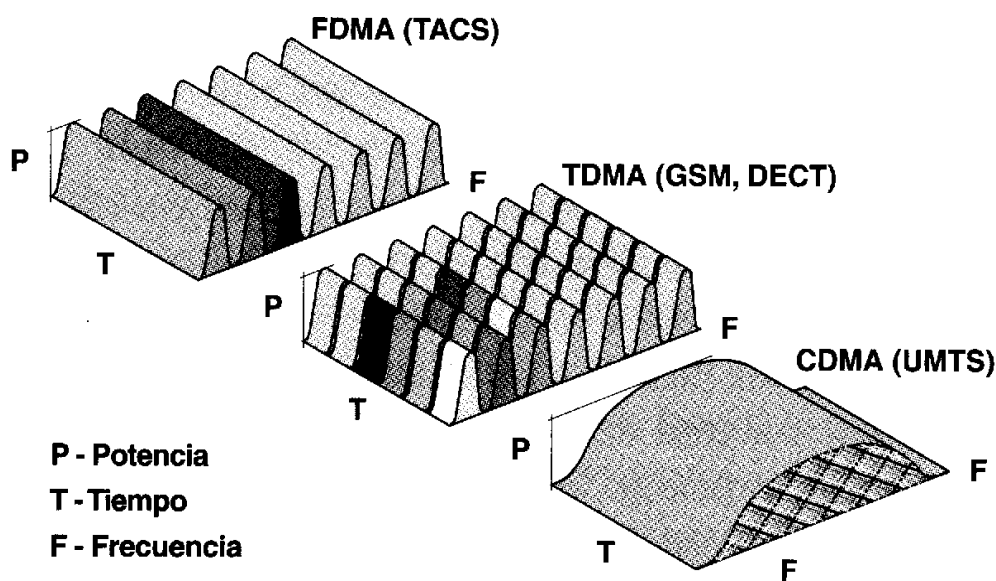


Figura 4.1 Técnicas de Acceso Fundamentales en el Dominio Tiempo-Frecuencia-Potencia

### 4.2.1 Transmisor

La Figura 4.2 representa un diagrama de bloques simplificado del transmisor de un sistema básico DS-SS con modulación y ensanchamiento BPSK sin considerar codificación de canal. El ensanchamiento por secuencia directa puede representarse mediante una multiplicación digital de secuencias bipolares de diferente velocidad.

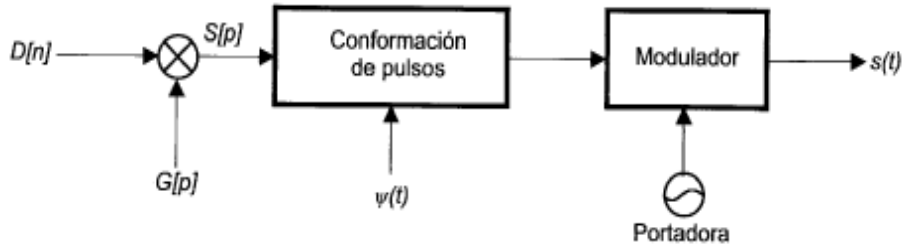


Figura 4.2 Ensanchamiento DS mediante multiplicación de secuencias

$D[n]$ , es la secuencia de bits, con una velocidad de bit  $1/T_b$ .

$G[p]$ , es la secuencia código, con una velocidad de chip  $1/T_c$ .

### 4.2.2 Receptor

Es un filtro adaptado a la forma de una señal de espectro ensanchado. De igual modo que el transmisor, esta operación se puede realizar de forma equivalente mediante un filtro adaptado al pulso de chip seguido de una multiplicación, en tiempo discreto, por la secuencia código  $G[p]$ . En canales con dispersión temporal el filtro adaptado a la forma de onda recibida se realiza mediante un receptor Rake que aproxima la onda esperada mediante varias ramas con diferentes retardos. La Figura 4.3 representa un diagrama de bloques simplificado del receptor de un sistema básico DS-SS con multiplicación de secuencias.

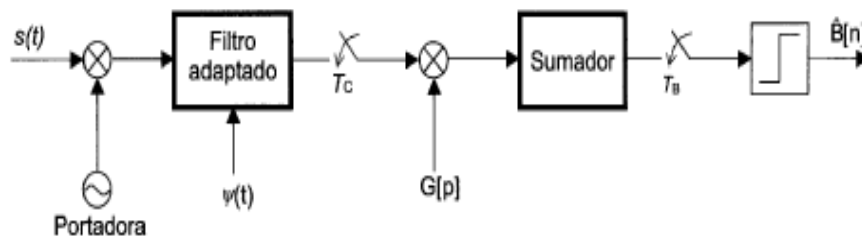


Figura 4.3 Receptor DS con multiplicación de secuencias

Otras Modulaciones existentes son:

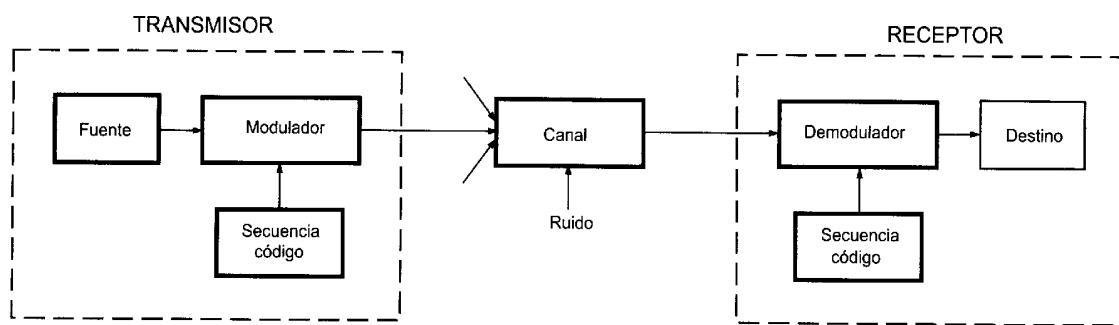
*Sistema con ensanchamiento y modulación BPSK*, en el que las secuencias  $D[n]$  y  $G[p]$  toman valores reales de  $\pm 1$ .

*Sistema con ensanchamiento QPSK y Modulación BPSK*, en el que la misma secuencia de bits  $D[n]$  es ensanchada por dos secuencias código diferentes.

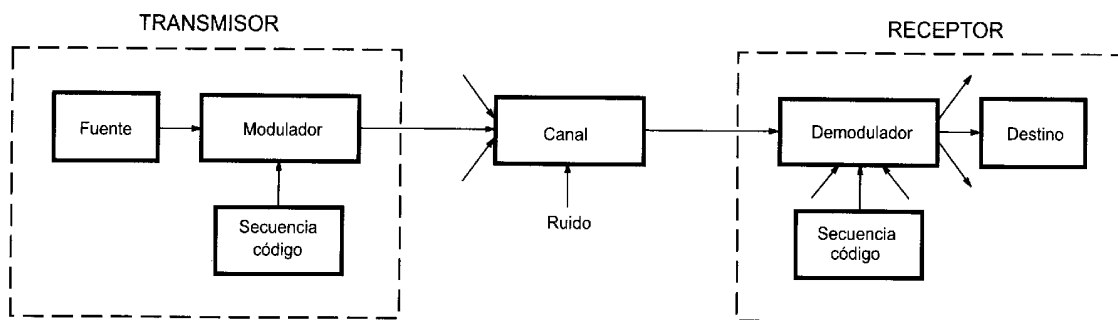
*Sistema con ensanchamiento BPSK y modulación QPSK*, en el que la secuencia de bits  $D[n]$  se divide en dos subsecuencias a velocidad mitad las cuales se ensanchan con la misma secuencia código  $G[p]$ .

*Sistema con ensanchamiento y modulación QPSK*, ya sea independiente (canal dual QPSK) donde la secuencia de información  $D[n]$  se divide en subsecuencias en fase y cuadratura cada una de las cuales es ensanchado por una secuencia código diferente y ensanchamiento en el campo complejo donde la secuencia de información se transforma en dos subsecuencias que se tratan como componentes real e imaginaria.

La figura 4.4 representa un sistema de comunicaciones CDMA con receptor convencional monousuario y con receptor multiusuario.



(a) Con receptor convencional (monousuario)



(b) Con receptor multiusuario

**Figura 4.4 Esquema simplificado de un sistema CDMA**

### 4.3 La Técnica de Acceso W-CDMA

Los sistemas radio transmiten y reciben utilizando un recurso común que es la fracción del espectro electromagnético asignada al propio sistema por los organismos reguladores. La utilización de un recurso común, por parte de varios usuarios del mismo sistema, produce en general situaciones de conflicto si dos o más usuarios transmiten sin ninguna clase de precaución en la misma frecuencia y en el mismo instante. Para resolver las posibles interferencias entre usuarios y ampliar al máximo la capacidad del sistema, es decir, el número de usuarios a los que el sistema puede atender con una calidad de servicio preestablecida, se han introducido las técnicas de acceso múltiple.

Las técnicas de acceso clásicas intentan repartir, de la manera más eficiente posible, los recursos de transmisión representados por frecuencia (o banda) y tiempo, entre los usuarios que desean acceder al servicio. Estas técnicas se denominan respectivamente FDMA (Frequency División Múltiple Access) y TDMA (Time División Múltiple Access).

La técnica FDMA consiste en subdividir la banda asignada al sistema en un determinado número de partes denominadas “canales”, centradas en una frecuencia portadora. Por consiguiente con esta técnica el recurso elemental se puede identificar con la portadora radio. A cada usuario se le asigna un canal (o una portadora) para toda la duración de la conversación. Otros usuarios pueden acceder al mismo canal una vez que el primer usuario haya terminado su conversación. Esta técnica se utiliza en los sistemas móviles analógicos de primera generación como el TACS y el AMPS.

La técnica TDMA se caracteriza por el reparto del recurso de transmisión en fracciones temporales denominadas “time slot”. Varios usuarios pueden utilizar la banda asignada a la comunicación en instantes o slots distintos. En este caso el recurso elemental es identificado por el time slot asignado a la comunicación.

En general se adoptan técnicas mixtas TDMA-FDMA en las que la banda asignada a un operador se subdivide entre varias portadoras FDMA, y cada una de ellas es compartida por los usuarios con técnica TDMA. Por consiguiente, el recurso elemental es el conjunto time slot portadora radio. La técnica TDMA/FDMA se utiliza en sistemas móviles digitales de segunda generación como el GSM. La técnica CDMA se diferencia de las anteriores porque permite que los usuarios transmitan en la misma frecuencia y al mismo tiempo. La separación entre los distintos usuarios se obtiene asignando a cada uno un código o secuencia distinta. Las secuencias se utilizan para codificar de manera unívoca la información de usuario a transmitir, para poderla distinguir de la los demás usuarios, técnicamente llamada “spreading”. El recurso elemental es la secuencia asociada a cada canal de usuario. En este caso también son posibles aproximaciones híbridas con las técnicas mencionadas anteriormente. El recurso elemental según las combinaciones que se hagan, se puede identificar con parejas o ternas de parámetros.

La operación de spreading prevé que a cada señal a transmitir en el canal radio vaya asociada, con una operación de multiplicación, una secuencia numérica (código) con velocidad de transmisión (chip rate) mucho mayor que la velocidad de la información a transmitir. La figura 4.5 muestra el efecto del spreading en la banda en la que  $b(t)$  es la señal de información,  $c(t)$  es el código asignado al usuario y  $B(f)$  y  $C(f)$  son las densidades espectrales de potencia.

Los bits obtenidos tras esta operación se definen en el lenguaje técnico como chip. Las secuencias de código asignadas a los usuarios que comparten el mismo canal son distintas entre ellas y se escogen de manera que haya poca correlación entre ellas. Esto hace que en condiciones ideales, en recepción la operación dual (despreading) anule el efecto de las interferencias mutuas y permita extraer la señal deseada.

En condiciones de propagación reales, las distorsiones y las interferencias que sufren las señales a lo largo del canal de comunicación degradan las condiciones de ortogonalidad y por ello, el número de señales que se pueden superponer en el mismo canal es limitado. Por consiguiente, el límite de la capacidad del sistema viene dado por el nivel de interferencia residual tras la operación de *despreading*. Por lo tanto, es fundamental reducir al mínimo el nivel de interferencia residual.

Evidentemente, la banda ocupada por la señal transmitida es mayor que la que sería estrictamente necesaria para transmitir la información. La aparente pérdida de eficacia espectral, queda en realidad compensada por la posibilidad de superponer mas señales en el mismo canal radio. Cuando mayor es la relación entre la velocidad de transmisión en aire y la velocidad de transferencia de la información de usuario, mas fuerte es la robustez frente a la interferencia y por consiguiente mayor numero de usuarios que pueden transmitir simultáneamente en el mismo canal. La robustez, frente a la interferencia, es tan elevada que puede utilizar la misma frecuencia portadora en todas las celdas de una red de telefonía móvil, además, la secuencia de información “encriptada” con el código utilizado por el receptor se recupera, mientras que las secuencias que utilizan los demás códigos se cancelan o, en condiciones reales, se atenúan considerablemente.

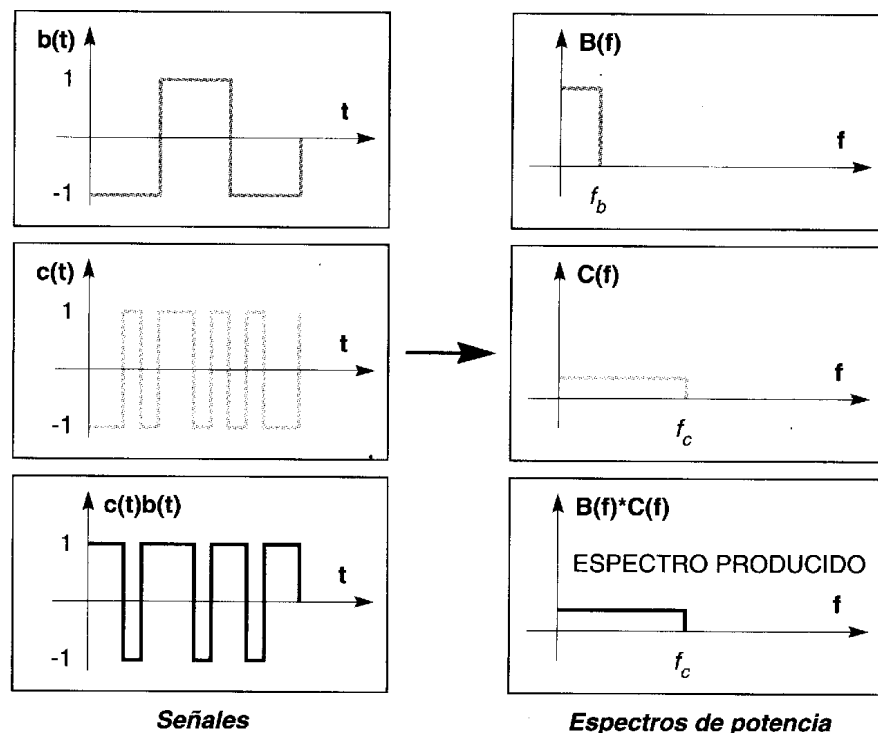


Figura 4.5 Incremento de la banda por efecto del spreading

### 4.3.1 Arquitectura WCDMA

El nuevo estándar WCDMA utiliza canales de radio con un ancho de banda de la portadora de 5Mhz y hace una utilización muy eficiente del espectro radioeléctrico consiguiendo alcanzar un flujo de datos hasta 2 Mbit/s en áreas locales.

Las especificaciones de W-CDMA

- Método de acceso: WCDMA.
- Banda de frecuencia: 2 Ghz.
- Ancho de Banda de la portadora: 5 Mhz.
- Tasa de chips: 5,115 Mcps.
- Longitud de Frame: 10ms.

Para los Servicios:

- Voz: de 0,4 a 16 Kbps.
- Para vídeo: 128 Kbps
- Paquete: Datos hasta 128 Kbps

Método de Modulación y Demodulación:

- Modulación O-QPSK
- Demodulación: Detección coherente RAKE

Código:

- Canales de control de Sistema: Código Gold.
- Canales de Tráfico: secuencia PN (pseudoaleatoria).

Este nuevo sistemas tendrá varias ventajas si las comparamos con el sistema predecesor CDMA. Las características de la tecnología WCDMA son las siguientes:

- Incremento de la capacidad y mayor cobertura: hasta 8 veces mas trafico por portadora comparado con la portadora de CDMA. Con esto se consigue un 100 de utilización del espectro frecuencia.
- Tasas de velocidad hasta 384 Kbps en grandes zonas y 2Mbps en pequeñas zonas.
- Múltiples servicios simultáneos en cada terminal móvil.
- Soporte de estructura de células jerárquica introduciendo un nuevo método de traspaso entre las portadoras de CDMA.

### 4.3.2 La Capacidad de los Sistemas

Contrariamente a los sistemas de primera y segunda generación, no existe una limitación preestablecida de los recursos (numero de portadoras o numero de time slot); cada vez que se acepta una llamada la calidad de todos los usuarios presentes en el sistema sufre una ligera degradación, hasta que el nivel de interferencia sea tal que ya no garantice el nivel de calidad deseado ni que en caso de emergencia se puedan aceptar durante un tiempo limitado un numero de llamadas superior al establecido por puros criterios de calidad. Por todos estos motivos, se dice que los sistemas CDMA se caracterizan por tener una degradación de la calidad gradual.

En general, es fundamental que en el enlace up-link todas las señales relacionadas con un mismo servicio lleguen a la estación de radio base con igual nivel de potencia, este resultado puede obtenerse por medio de un mecanismo conocido como control de potencia que tiene por objeto regular el nivel de transmisión de las diferentes señales.

El control de potencia seguramente es importante en ambos enlaces, seguramente es mas critico en up-link, en el que muchos usuarios transmiten simultáneamente hacia una única estación base. En este caso la interferencia debida a los usuarios de una misma celda depende de la distancia de los mismos con respecto a la estación base. En cambio, en down-link el control de potencia es menos critico ya que hay un único transmisor (la estación base) que engloba las distintas señales de los usuarios y las transmite simultáneamente hacia los terminales móviles. En este caso, un terminal móvil recibirá siempre las distintas contribuciones (la útil y las dirigidas hacia los demás móviles) con un nivel de potencia teóricamente igual. Por consiguiente, la interferencia debida a usuarios de una misma celda no depende de la distancia a la estación base.

A partir de todas estas consideraciones, queda claro que la valoración de la capacidad de un sistema CDMA debe basarse en una precisión del nivel interferencial del sistema. La relación señal / interferencia del servicio cuya capacidad se desea valorar es un parámetro de fundamental importancia.

### 4.3.3 La Capacidad del Enlace Up-Link

Consideramos el caso de una celda perfectamente aislada con control de potencia y siendo N el numero de usuarios y C el valor de potencia útil de la comunicación de referencia, los usuarios restantes (N-1) contribuirán con un valor de interferencia igual a C(N-1). Por consiguiente la relación C/I es  $C/(C.(N-1))$  lo que resulta

$$C/I = 1/(N-1).$$

Para poder garantizar la calidad de servicio deseada es preciso garantizar una determinada relación señal / ruido. En general  $E_b/I_0$ , definida como relación entre la energía del bit de información y la densidad espectral de interferencia. Esto se puede escribir como sigue :

$$E_b/I_0 = (C/R) / (I/W) = W.C / R.I = (W/R) . (1 / N-1)$$

Donde W es la velocidad de transmisión en el aire de la señal y R la tasa binaria de la fuente de información. Recordamos que la relación W/R es el *processing gain*.

El número de usuarios  $N$  al que la celda puede atender

$$N = (W/R) \cdot (1 / (Eb/Io))$$

Tal y como se puede observar son dos los factores que determinan el número de usuarios: el *processing gain* y la relación  $Eb/Io$ . Concretamente toda técnica que permita disminuir la relación  $Eb/Io$  conlleva automáticamente una ganancia en términos de capacidad.

Teniendo en cuenta que el proceso de spreading consiste en una multiplicación entre la señal binaria de información y la señal asociada al código de spreading, durante las pausas de transmisión, la potencia radiada es teóricamente nula. Por consiguiente siendo  $d$  la fracción de tiempo durante la cual esta activo un transmisor en media, el valor de capacidad se ve incrementado por un factor  $1/d$ . En el caso de la voz, el valor típico es  $d = 0.38$ .

Además si en vez de una antena omnidireccional se piensa utilizar una antena directiva la interferencia recibida por un sector será igual a  $1/G_s$  ( $G_s$  = número de sectores o ganancia de sectorización). Se define emplazamiento como el conjunto de varias celdas ubicadas en el mismo lugar geográfico cada una de las cuales utiliza una antena sectorial. La capacidad de un lugar dividido en  $G_s$  sectores es :

$$N = (W/R) \cdot (1/(Eb/Io)) \cdot (1/d) \cdot G_s$$

Se considera ahora el caso de una cobertura multicelular en la que los usuarios están distribuidos de manera uniforme y todos requieren el mismo servicio. El efecto de interferencia de las celdas externas se tiene en cuenta aumentando el valor de interferencia en un factor (normalmente indicado con  $f$  o  $i$ ) definido como la relación entre la interferencia recibida de las otras celdas y la producida dentro de la celda a la cual esta conectado el móvil. La capacidad, por consiguiente, se ve reducida en un factor (que también se conoce como un factor de reuso de frecuencias del sistema CDMA) igual a  $(1+f)$ .

$$N = (W/R) \cdot (1/(Eb/Io)) \cdot (1/d) \cdot G_s \cdot (1/(1+f))$$

En esta expresión el elemento mas crítico es precisamente el factor  $f$  que no es fácil de determinar. En un entorno macro celular son valores típicos: 0.5 – 0.6. Sin embargo, varían con el entorno en el cual se opera.

La expresión obtenida puede generalizarse al caso en que haya usuarios con diversos tipo de servicio. Cabe indicar que en cada caso, la formula proporcionada es aproximado y se basa en valores medios. Una valoración más precisa debe basarse en un análisis estadístico que tenga en cuenta todos los componentes aleatorios significativos presentes en el sistema. En general, para obtener indicaciones precisas es necesario recurrir a técnicas de simulación.

#### 4.3.4 La Capacidad del Enlace Down-Link

La capacidad del *down-link*, aunque también se puede estimar con un cálculo de relación  $C/I$ , no se puede traducir fácilmente en formulas aproximadas. Los siguientes puntos sintetizan los conceptos básicos al *down-link*:

- Transmisión de una fuente hacia muchos receptores; la interferencia es recibida por pocas fuentes concentradas y de mayor intensidad (las estaciones base) en lugar de por un número elevado de móviles repartidos por un área extensa;
- Las propiedades de las secuencias de spreading reducen mucho (teóricamente deberían eliminarla) la interferencia generada dentro de la celda.

El cálculo de la capacidad se reduce pues, a la valorización de la relación señal / interferencia para un usuario genérico y la verificación que la estación base servidora tiene suficiente potencia.

#### 4.3.5 Beneficios de WCDMA

- *Flexibilidad en el servicio:* WCDMA permite en cada canal de 5 Mhz, manejar servicios mixtos con velocidades desde 8 Kbps hasta 2 Mbps Adicionalmente, servicios de conmutación de circuitos y de paquetes pueden ser combinados en el mismo canal; permitiendo servicios multimedia con múltiples conexiones.
- *Eficiencia en el uso del espectro:* WCDMA permite un muy eficiente uso del espectro de radio disponible. No requiere de planificación de frecuencia dado que la reutilización de las celdas es aplicada. Usando técnicas como estructura de celdas jerárquicas, arreglos de antenas adaptativas y demodulación coherente (bidireccional), la capacidad de la red puede ser incrementada. Es de destacar que una red por capas puede ser desplegada con bandas de frecuencia de 2 a 15 Mhz (la asignación de espectro para una operadora en la banda de 2 Ghz) dado que 2 a 5MHz es todo lo que se requiere para la capa de celdas.
- *Capacidad y cobertura.* Los transreceptores de radio frecuencia WCDMA pueden manejar ocho veces más usuarios que los transreceptores de banda angosta. Cada Carrier RF puede manejar 100 conexiones de voz simultáneas o 50 usuarios simultáneos tipo Internet. La capacidad de WCDMA es aproximadamente el doble que el CDMA de banda angosta en ambientes urbanos y suburbanos. La mayor utilización del Ancho de Banda, el uso de desmodulación coherente y el rápido control de potencia en el enlace ascendente y descendente permite mantener baja la potencia en el receptor.
- *Múltiples servicios para la conexión:* WCDMA cumple con los requerimientos de IMT-2000 (1), dado que servicios de conmutación de circuitos y paquetes pueden ser combinados con diferentes anchos de banda, y liberados al mismo usuario y con niveles de calidad de servicio específicos. Cada terminal WCDMA puede acceder diferentes servicios de forma simultánea. Esto pudiera ser voz en combinación con servicios como Internet, email, etc.
- *Economía de escala de red:* El acceso inalámbrico WCDMA puede coexistir con la actual red digital celular (GSM), dado que la misma estructura de núcleo de red es utilizada de la misma forma que las estaciones base es reutilizada.

- *Los enlaces desde la red de acceso:* WCDMA y en el núcleo de red GSM utilizan el más reciente protocolo de transmisión ATM de mini-celdas. Esta es la forma más eficiente de manejar paquetes de datos incrementando la capacidad de un estándar. Las líneas pueden manejar aproximadamente 300 conexiones de voz, comparado con 30 de las redes de hoy. Los ahorros por costos de transmisión, están en el orden del 50 %.
- *Capacidad superior de Voz:* Aunque el principal propósito de los accesos inalámbricos de tercera generación es el manejo de tráfico multimedia de alta rata de bits, este también habilita un mecanismo de uso eficiente del espectro para el tráfico de voz.
- *Acceso Transparente:* Terminales de modo dual, permitirán acceso transparente y roaming entre sistemas GSM y redes UMTS, con el mapeo de los servicios entre los dos sistemas de acceso.
- *Cobertura interior:* El uso del modo de operación TDD (Time División Múltiplex) es de utilidad en ambientes internos donde se manejan espectros sin licencia.
- *Servicios de Acceso Rápido:* Para soportar instantes de acceso a servicios multimedia, un nuevo procedimiento de acceso aleatorio ha sido desarrollado, usando sincronización rápida para manejar servicios de paquetes de datos a 384 Kbps. Este requerimiento de solo décimos de milisegundos para iniciar una conexión entre un usuario móvil y la estación base.
- *Simplicidad y economía en el terminal:* El procesamiento de la señal requerido es bajo comparado con las tecnologías alternativas. Menos compleja y de menor costo, facilitando la producción en masa, mas competencia y mayores oportunidades para operadores de red y usuarios finales.
- *Migración desde GSM.* W-CDMA usa una estructura de protocolo de red similar (señalización) a GSM, por lo tanto, permite la utilización de la actual red GSM como la estructura de núcleo de red. WCDMA provee la oportunidad para el desarrollo global.

#### 4.4 La Técnica de Acceso TD-CDMA

La solución TD-CDMA es una combinación de una técnica de acceso por división de tiempo, como la utilizada en GSM y de una técnica de división de código como la W-CDMA. Según la técnica de división en el tiempo, la transmisión sobre cada portadora radio esta organizada en tramas subdivididas en intervalos de transmisión (time slot). A diferencia del GSM, cada intervalo de tiempo en vez de estar dedicado a una determinada conexión puede ser utilizado simultáneamente por varias conexiones distintas, superponiendo las señales con una técnica de división de código similar a la descrita anteriormente. Así pues, en cada portadora radio se pueden multiplexar un cierto numero de canales, dado por la resultante del producto del numero de time slot el número de códigos disponibles.

En este sistema, la relación entre chip rate y la velocidad de transferencia de la información en cada uno de los canales es fija; para realizar canales con capacidades distintas es preciso reunir

mas canales elementales, hasta el limite de utilizar simultáneamente todos los canales disponibles para una misma portadora.

Para realizar transmisiones TDD y servicios con velocidad de transmisión asimétrica (es decir, con velocidad mayor en uno de los dos sentidos de transmisión) basta dedicar una parte de los time slot a un sentido de transmisión y la parte restante al sentido contrario.

### 4.5 La Interfaz Radio

Las principales características de la interfaz radio están resumidas en la siguiente tabla:

	UTRA / TDD	UTRA / TDD
<i>Tecnica de Acceso</i>	<i>W - CDMA</i>	<i>TD - CDMA</i>
<i>Chip Rate</i>	<i>3.84 Mchips/s</i>	
<i>Canalizacion</i>	<i>4.4 - 5 Mhz</i>	
<i>Duracion de la trama</i>	<i>10 ms</i>	
<i>Numero de slot por trama</i>	<i>down-link : QPSK up-link : dual code BPSK</i>	<i>QPSK</i>
<i>Recepcion</i>	<i>Coherente</i>	
<i>Velocidad de Transmision de la Informacion</i>	<i>Variable (cada 10 ms) Pueden obtenerse velocidades distintas variando el spreading factor o asignando mas codigos a la señal a transmitir o uniendo mas time slot</i>	

**Tabla 4.1 Características de la interfaz radio**

El nivel fisico de UTRAN ofrece servicios a los niveles superiores, transmitiendo en la portadora física informaciones generadas a partir del nivel dos de la torre OSI.

Mas concretamente, los canales de transporte son los servicios ofrecidos por el nivel físico a los niveles superiores. Los canales de transporte se definen en función del tipo de información transferida y del modo de transferirla a la interfaz radio. Pueden reagruparse en dos tipos: canales comunes (donde la información se transmite indistintamente a todos los terminales móviles) y canales dedicados (donde la comunicación se produce hacia un solo terminal asociándole un canal físico, es decir un código y una frecuencia; y un time slot en el caso TDD).

Tal y como se puede observar, el numero de canales de transporte es mucho mas elevado que el especificado para el sistema GSM. Esto se debe al hecho de que el sistema UMTS no ha sido optimizado para un solo servicio (la voz), sino que debe estar en condiciones de proporcionar simultáneamente servicios con características de calidad muy diversas.

Se ha previsto un solo tipo de canal dedicado, el *Dedicated Channel* (DCH). Es un canal dedicado tanto en up-link como en down-link para transportar información de usuario y de control entre terminal móvil y la red.

Cabe señalar también que existen canales físicos a los que no corresponde ningún canal de transporte. Se utilizan para transportar información de nivel físico que no debe ser enviada a los niveles superiores.

Los canales físicos normalmente se basan en la siguiente estructura:

- Trama radio – tiene una duración de 10ms y se compone de 15 time slot.
- Time slot – tiene una duración de 10/15ms; cada slot se compone de un número de símbolos variable según la tasa binaria del servicio que se va a transmitir.
- Símbolo – es el elemento de información resultante de las operaciones de codificación de canal, cada símbolo se multiplica por un número de chip igual al spreading factor del servicio a transmitir, para obtener el valor constante de 2560 chips por slot.

Cabe señalar que en el componente TDD, los términos trama radio y time slot conservan el mismo significado que les ha sido atribuido en el sistema GSM, sin embargo, tienen un significado distinto en el caso del componente FDD ya que en este caso los canales físicos se transmiten en todos los slot de la trama (la técnica CDMA se caracteriza por el hecho que las señales se transmiten de forma continua). La trama adquiere entonces el significado de mínimo elemento de transmisión en que la velocidad de transferencia de la información se mantiene constante: la tasa binaria puede cambiar cada trama (es decir, cada 10ms).

En cualquiera de los casos, la velocidad de transmisión en el aire (chip rate) permanece constante aunque cambie la tasa binaria. De igual modo el time slot resulta ser el mínimo elemento del canal físico para el que la potencia de transmisión se mantiene constante; por medio del mecanismo de control de potencia, la potencia de transmisión puede ser aumentada o disminuida en cada slot.

En el componente FDD, la señalización de nivel físico asociada a los canales dedicados se transmite en cada slot y en el componente TDD la señalización se multiplexa.

Para transmitir señales con tasa binaria variable, es preciso utilizar secuencias de spreading de longitud variable (en efecto, la velocidad de transmisión en el aire es constante e igual a 3.84Mchip/s).

El campo de variación de la longitud de las secuencias es distinto para las modalidades FDD y TDD. En el caso FDD, la longitud puede variar entre un mínimo de 4 y un máximo de 512M; mientras que en caso TDD, la longitud varía entre 1 y 16.

Para reducir el nivel de interferencia entre varios usuarios, debe asociarse a cada señal transmitida una secuencia ortogonal a las otras ya asignadas, es decir, con correlación cruzada igual a cero.

En general, es preciso revisar con cierta frecuencia la asignación de las secuencias a las distintas señales para optimizar la utilización de los recursos, y por tanto, su capacidad.

#### 4.5.1 Transmisión de Servicios Multimedia

Para poder asignar la transmisión de servicios multimedia, ha sido necesario prever las modalidades de transmisión simultánea de canales dedicados que requieren diversos requisitos de calidad relacionados con el nivel físico tales como:

- Tasa de error – es la máxima tasa de error que puede soportarse para garantizar la calidad de servicio
- Retardo en la transmisión – es el máximo retardo que el servicio en cuestión puede soportar.

Estos parámetros tienen un impacto en el tipo de codificación a utilizar para corregir los errores introducidos por el canal de propagación, en la profundidad de los bloques y en el número máximo de retransmisiones permitidas.

#### 4.5.2 El Modulador

En el componente FDD se utilizan dos esquemas de modulación distintos:

- Para el up-link - el esquema adoptado se denomina dual code BPSK (Binary PSK), en este caso el DPDCH y el DPCCH se transmiten de manera independiente en los componentes del modulador. Los dos flujos de información se multiplican por dos secuencias de spreading distintas con un factor distinto de tal forma que el DPCCH tiene 256 y el DPDCH es variable en función de la velocidad de transferencia de la información. El primero se multiplica posteriormente por un factor de ganancia inferior a la unidad para reducir la interferencia generada en el canal DPDCH y para reducir las fluctuaciones de la envolvente señal transmitida.
- Para el down-link – se utiliza una modulación QPSK clásica. El flujo de información obtenido multiplexando en el tiempo los canales DPDCH y DPCCH se subdivide entre las componentes del modulador (Fase I y cuadratura Q). Los dos flujos así obtenidos se multiplican por la secuencia de spreading y se transmiten.

La diferencia fundamental entre los dos enlaces es que el canal DPCCH se transmite de manera distinta: el down-link es multiplexado en el tiempo con el DPDCH, mientras que en el up-link se transmite como si fuese un canal independiente.

Esta diferencia está relacionada con el hecho que en caso de transmisión discontinua (a saber tasa binaria de origen igual a cero), en up-link se generaría una onda cuadrada causando interferencias en las bandas de audio, igual que sucede en el GSM. Con esta solución nunca se produce una interrupción de la señal transmitida y por consiguiente, se dan menos problemas de compatibilidad electrónica.

El componente TDD utiliza la técnica QPSK tanto en up-link como en down-link.

### 4.5.3 El Receptor Rake

En los sistemas móviles, el canal radio se caracteriza por la propagación por trayectos múltiples consecuencia de la reflexión y difracción de las ondas electromagnéticas en obstáculos como edificios, árboles, etc.

La dispersión de la energía transmitida en el tiempo se traduce en interferencia y para recuperarla se recurre en los sistemas de banda estrecha (GSM) a la ecualización por medio de la cual se analiza el canal de propagación e intenta eliminar la superposición de símbolos.

En el caso de los sistemas de banda ancha como el CDMA, la dispersión en el tiempo de la energía transmitida se puede convertir en una ventaja ya que al aprovechar las propiedades de la secuencia de spreading, es posible separar los distintos ecos y volver a combinar su energía constructivamente. En la práctica la resolución del receptor es del orden del periodo de chip. Como las amplitudes de los distintos ecos son estadísticamente independientes, gracias a la recombinación constructiva, aumenta la probabilidad de que la señal se reciba con suficiente amplitud para su correcta recepción.

Esta propiedad se denomina “diversidad del trayecto” y puede ser aprovechada de manera muy ventajosa mediante el receptor “Rake” (significa rastrillo, efectúa la alineación de distintas contribuciones para recoger con sus dientes la energía procedente de los distintos trayectos de propagación) que se compone de muchos receptores independientes cada uno de ellos sintonizado en cada una de las señales multitrayecto. Tras la operación de despreading se obtiene para cada rama del receptor una señal con una tasa igual al periodo del símbolo de información. Así pues, en cada rama se efectúa la recuperación del desfase introducido por el canal. Finalmente el dispositivo de recombinación efectúa una suma ponderada de la señales de salida de las distintas ramas y proporciona un único valor del símbolo de información sobre el que aplicar el umbral de decisión tal y como lo muestra la figura 4.6.

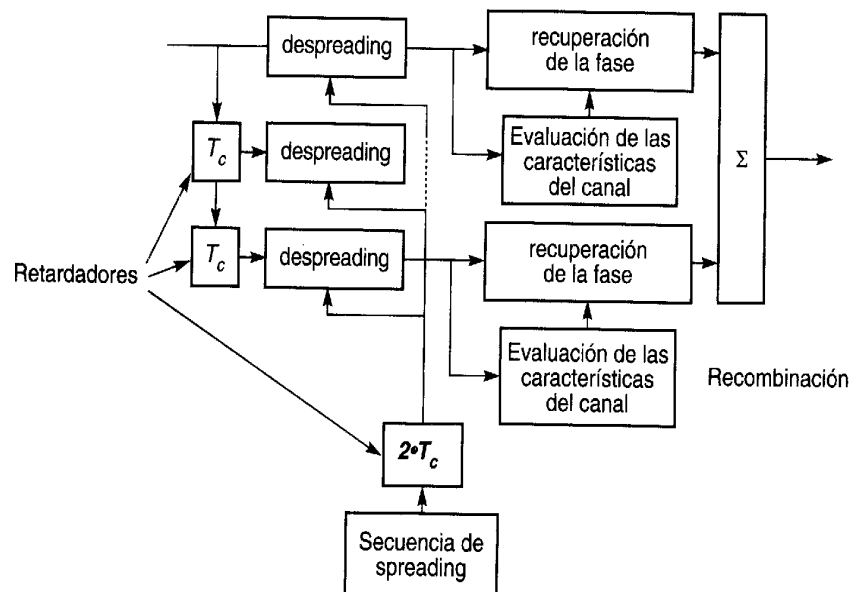


Figura 4.6 Esquema de bloques del receptor RAKE de tres ramas

### 4.5.4 Control de Potencia

En el componente FDD se han previsto tres procedimientos de control de potencia: el control bucle abierto (*open loop power control*), el control de bucle cerrado (*closed loop power control*) y el control de bucle externo (*outer loop*).

El control de bucle abierto se utiliza únicamente en up-link, en fase de establecimiento de llamada. La potencia con la que se transmite el PRACH se calcula sobre la base de la potencia recibida en un canal de control común predefinido, radiado por la estación base. De esta manera se estima la atenuación del enlace down-link que, en una primera aproximación, se supone igual que a la del up-link. El valor de potencia a transmitir, basado en el control de bucle abierto, es aproximado. La distancia en frecuencia entre las portadoras utilizadas para los dos enlaces es tal que hace que haya poca correlación entre los fenómenos de propagación que se experimentan en up-link y en down-link. Solo se puede pensar en unas atenuaciones aproximadamente iguales en ambos enlaces transcurrido un largo periodo de tiempo y teniendo en cuenta la diferencia debida a la distancia en la frecuencia. Como el procedimiento de bucle abierto no basta para garantizar la precisión necesaria, es preciso introducir una solución mas sofisticada. Se ha adoptado la solución de control de potencia de bucle cerrado basada en un envío periódico de unas ordenes adecuadas de aumento – disminución de la potencia a transmitir en el enlace controlado.

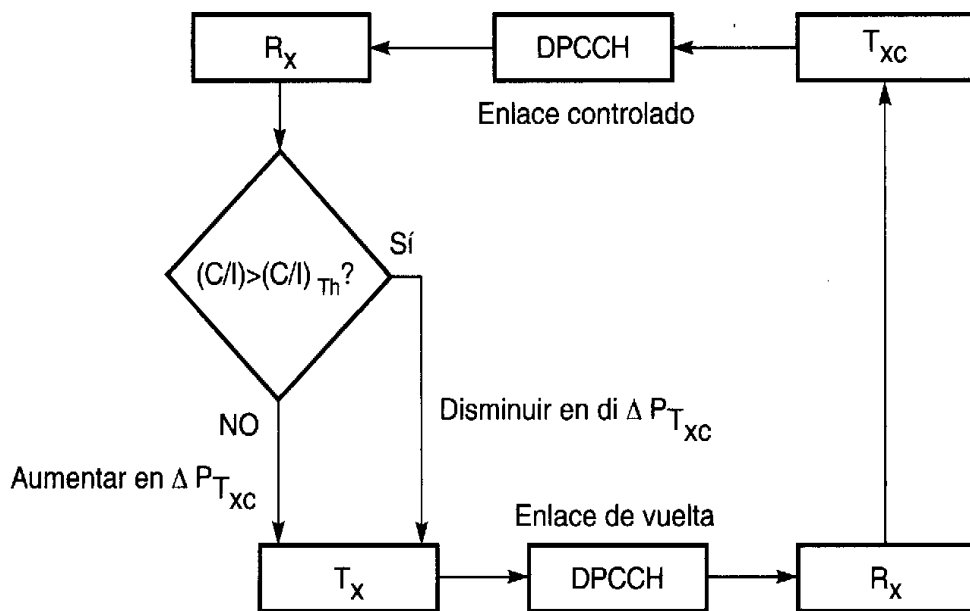


Figura 4.7 Esquema del principio del procedimiento de control de potencia de bucle cerrado

La frecuencia con la cual se transmiten las ordenes es igual al time slot (es decir, que se transmite una orden por cada time slot). El procedimiento prevé medir la relación señal / interferencia (C/I) en el enlace controlado y compararlo con un valor de referencia (C/I)<sub>th</sub>. En función del resultado de la comparación se envía una orden de aumento – disminución de cierto valor preestablecido (típico 0.5 – 1.5 dB) en un canal de control adecuado (DPCCH) del enlace

en sentido contrario. El control de bucle externo procede a realizar el cálculo del umbral de referencia  $(C/I)_{th}$ . Este cálculo se realiza a un ritmo muy inferior al necesario para el control de bucle cerrado. El umbral se actualiza en función de un control continuo de la calidad de la conexión. Se puede afirmar que los cambios se deben a variaciones del entorno y a acciones de gestión de los recursos en correspondencia. Por muy preciso que sea el procedimiento de control de potencia, en realidad, nunca es el ideal.

Lo importante en la práctica es obtener un valor de potencia recibida  $(E_b/I_o)$  con una cierta dispersión en torno a su valor medio, en vez de un nivel constante de potencia recibida.

La velocidad del móvil influye en las prestaciones del control de potencia de bucle cerrado. De hecho el bucle de retroalimentación introduce retardos relacionados con las medidas que deben efectuarse en el canal, con su tratamiento y con la transmisión de las ordenes generadas (bit TPC en el DPCH). El tiempo que hay entre la generación de la orden de control de potencia y su ejecución puede quedar contenido en uno o dos time slot. A baja velocidad del móvil las variaciones de las condiciones de propagación son relativamente lentas y pueden ser compensadas con gran precisión mediante ordenes frecuentes de control. Sin embargo, cuando aumenta la velocidad del móvil, las variaciones de las condiciones de propagación son cada vez más rápidas. Por consiguiente 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 los 100 km/h) las ordenes de control recibidos empiezan a tener una menor correlación con la situación del canal. Si se produce un aumento de velocidad las ordenes no tienen ninguna correlación con la situación actual del canal y por consiguiente el procedimiento conlleva una degradación de las prestaciones. En teoría si se ha llegado a este punto lo mejor es cancelar el control de potencia.

El hecho que el control de potencia no sea ideal, también incide en la cobertura celular. En un sistema CDMA, por lo general todas las celdas comparten la misma portadora. En la práctica, debido a las imperfecciones del control de potencia es problemático poner celdas de dimensiones muy distintas (es decir, en las que el nivel medio de potencia transmitido es muy distinto) próximas entre sí. En este caso es necesario asignar distintas frecuencias portadoras a tres niveles típicos de cobertura celular: picocelular, microcelular y macrocelular.

En el componente TDD los requisitos sobre el control de potencia son menos restrictivos. En realidad, gracias al componente TDMA las señales transmitidas en time slot distintos no interfieren unas con las otras. Sin embargo son tantas las ventajas del control de potencia que este se aplica también en este componente utilizando las tres modalidades descritas anteriormente. En este caso, como la transmisión y la recepción de la señal se producen en la misma frecuencia, es posible adoptar con un mayor éxito, el control de potencia de bucle abierto. En cambio en control de bucle cerrado es menos eficaz ya que en caso de transmitir sobre un solo time slot por trama, es posible enviar las ordenes con una cadencia mínima de 10ms. El control de bucle abierto se aplica también a los canales de tráfico dedicados (DCH).

## **CAPITULO V**

### **INTERFAZ RADIO DEL COMPONENTE TERRESTRE**

#### **5. ACCESO RADIO**

##### **5.1 Introducción**

En este capítulo se describe la red de acceso radio para UMTS. En primer lugar se presenta brevemente la estructura de capas utilizada para definir la interfaz radio (capa física). Después la estructura del capítulo se ha dividido en dos grandes bloques dedicados cada uno de ellos a los dos modos que se utilizan en la interfaz radio: FDD y TDD. Para cada uno de estos modos se describen de forma detallada los principales aspectos de dicho acceso radio. Finalmente se describen los protocolos utilizados en la interfaz radio.

##### **5.2 Descripción de la Capa Física**

El acceso radio puede realizarse según dos modos: FDD y TDD, previstos para operar en las partes pareada y no pareada de la banda asignada para UMTS. Estos dos modos son totalmente distintos salvo en algunas características comunes (velocidad de chip, estructura de trama, etc).

- En el modo FDD se realiza la comunicación bidireccional utilizando dos portadoras (cada una de 5 Mhz) en frecuencias diferentes: Una para el enlace ascendente UL (uplink) y otra para el descendente DL (downlink). El modo FDD está optimizado para aplicaciones en entornos públicos macro y micro celulares.
- En el modo TDD se efectúa la comunicación duplex empleando la técnica TDMA: unos intervalos de la trama se configuran para UL y otros para DL. De esta forma se puede conseguir la comunicación bidireccional con una sola frecuencia portadora de 5Mhz y además, cuando el tráfico es asimétrico (Internet o descarga de ficheros) puede configurarse un número diferente de intervalos de DL que de UL. El modo TDD es ventajoso para su uso en entornos micro y pico celulares para aplicaciones que requieran o no licencia usando espectro no pareado. Es muy flexible en entornos de alta densidad de tráfico con aplicaciones que requieran mucha tasa binaria y tráfico asimétrico.

La modulación empleada en los dos modos es QPSK. Existe no obstante una particularidad en FDD para el enlace ascendente del canal dedicado donde la banda base consiste en dos modulaciones BPSK independientes, una de datos y otra de control que, tras el proceso de aleatorización se convierten también en una secuencia modulada en QPSK. La velocidad de chip para ambos modos es fija de 3,84 Mchip/s y para proteger los datos contra errores se utiliza la codificación de canal con entrelazado.

La expansión del espectro se hace en dos etapas donde el proceso completo se llama ensanchamiento

- Consta de un primer paso de canalización donde se multiplica la secuencia de datos por el código de canalización que tiene ya la velocidad de chip, en esta etapa se ensancha el espectro.
- Segundo paso de aleatorización, donde se multiplica el resultado por otro código de aleatorización que también tiene tasa de chip pero no hay ensanchamiento.

### 5.3 Capa Física del Modo FDD (UTRA-FDD)

La Interfaz se denomina acceso radio terrestre universal UTRA duplex por división de frecuencia FDD o banda ancha CDMA, W-CDMA. Su especificación se ha realizado con el objetivo de la armonización con el componente duplex por división de tiempo TDD para alcanzar el mayor grado posible de aspectos comunes. Ello se ha conseguido armonizando los parámetros importantes de la capa física, relacionados con aspectos tales como es espaciamiento entre portadoras, la tasa de chip o la longitud de trama y especificando los mismos protocolos en capas superiores.

#### 5.3.1 Arquitectura de Red de Acceso

La arquitectura puede verse en la figura 5.1 y esta compuesta de un conjunto de subsistemas radio de red, RNS conectados a la red básica por medio de las interfaces  $I_u$ . Un RNS esta compuesto por un controlador de red radio RNC y una o más entidades denominadas nodos B, los cuales se conectan al RNC por medio de la interfaz  $I_{ub}$  y maneja una o más células.

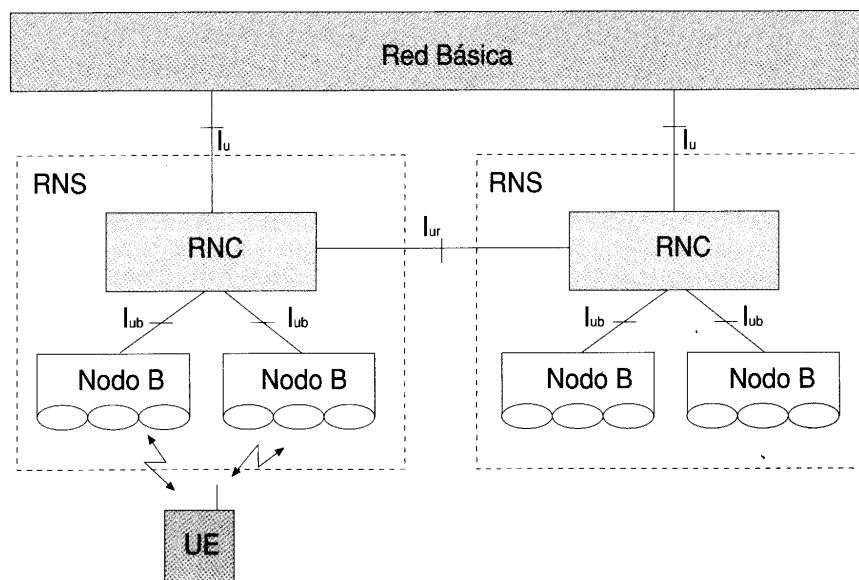


Figura 5.1 Arquitectura de la Red de Acceso Radio (Fuente 3GPP)

El RNC es responsable de las decisiones de traspaso que requieren señalización al equipo de usuario, en caso se use macrodiversidad entre nodos B el RNC debe tener una función de división-combinación para darle soporte. Los RNC de los diversos RNS pueden estar interconectados por medio de la interfaz Iur. Las interfaces Iu e Iur son interfaces lógicas. La interfaz Iur puede realizarse sobre una conexión física directa entre RNC o a través de una red de transporte adecuada.

La arquitectura de protocolos de la red de acceso radio puede verse en la figura 5.2 y muestra 3 capas principales (Capa Física, Capa 2 y Capa 3) y 4 subcapas dentro de la Capa 2 (L2/MAC, L2/RLC, L2/BMC y L2/PDCP), donde cada bloque representa una realización del protocolo respectivo.

Los puntos de acceso al servicio para la comunicación con entidades del mismo nivel se marcan como círculos en las interfaces entre subcapas.

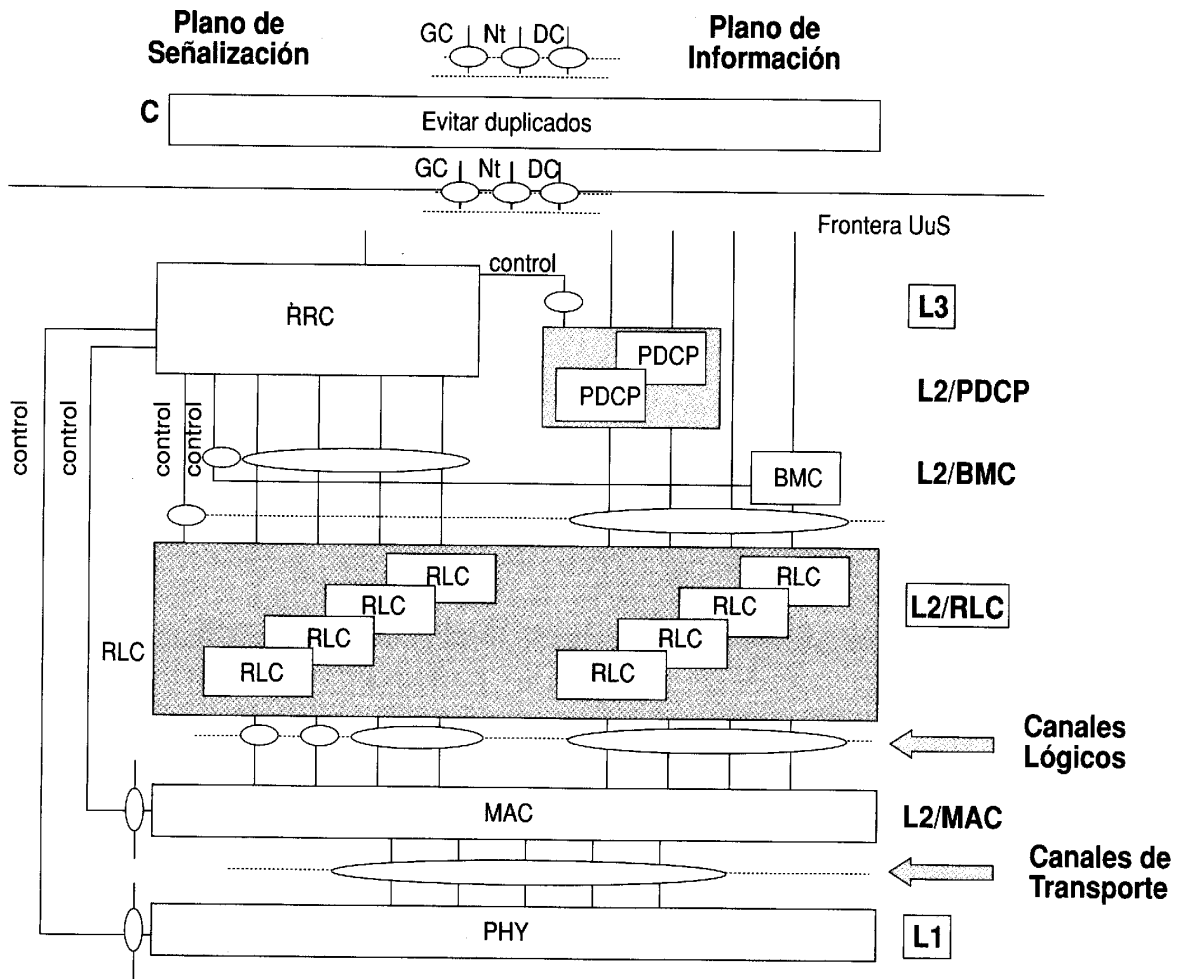


Figura 5.2 Arquitectura de protocolos de las capas RRC

### 5.3.2 Funcionalidad y Componentes de la Capa Física (Capa 1)

La capa física incluye las siguientes funcionalidades:

- Distribución y combinación de la macrodiversidad y ejecución del traspaso blando, Detección de errores en los canales de transporte e indicación a las capas superiores Codificación y Decodificación para corrección adelantada de errores de los canales de transporte
- Multiplexado de los canales de transporte y de-multiplexado de los canales de transporte compuestos en código. Adaptación de velocidad para los datos multiplexados en los canales dedicados DCH.
- Proyección de los canales compuestos en código sobre canales físicos. Ponderación en potencia y combinación de canales físicos. Modulación y dispersión / demodulación y concentración de los canales físicos.
- Sincronización de frecuencia y tiempo (a nivel trama, intervalo, bit y chip). Medida de las características radio e informe a las capas superiores, Control de potencia en lazo cerrado, Procesado en radiofrecuencia

#### 5.3.2.1 Canales de Transporte

La interfaz con la capa MAC son los canales de transporte, los cuales definen como y con cual tipo de características se transfieren los datos a la capa física. Se clasifican en canales dedicados y canales comunes en el caso de que sean compartidos por varios equipos de usuario. Si se requiere diferenciar el direccionamiento se introduce un campo de información con la dirección del destino. El canal físico por si mismo define un canal dedicado y no requiere la dirección específica del equipo de usuario. El canal de acceso aleatorio en el enlace ascendente esta basado en contienda mientras que el canal dedicado se otorga por reserva.

Canal de transporte	Tipo y dirección	Usado para
Canal dedicado DCH (Dedicated CHannel)	Dedicado; ascendente y descendente	Información de usuario o de control a un UE (toda o parte de la célula)
Canal de difusión BCH (Broadcast CHannel)	Común; descendente	Difunde información de sistema y específica de la célula
Canal de acceso directo FACH (Forward Access CHannel)	Común; descendente	Información de Control cuando el sistema conoce la localización del UE o envío de paquetes cortos de usuario a un UE
Canal de búsqueda PCH (Paging CHannel)	Común; descendente	Información de Control a UE cuando están en reposo
Canal de acceso aleatorio RACH (Random Acces CHannel)	Común; ascendente	Información de Control o paquetes cortos de usuario de un UE
Canal común de paquetes CPCH (Common Paquet CHannel)	Común; ascendente	Solo en FDD. Paquetes de usuario cortos y medios. Siempre asociados con un canal descendente para control de potencia.
Canal compartido descendente DSCH (Downlink Shared CHannel)	Común; descendente	Lleva datos dedicados de usuario e información de control usando un canal compartido.

La Figura 5.3 muestra la cadena de transmisión en la capa física para los datos del plano de usuario (desde el nivel de transporte hasta el nivel de canal físico) para ambos enlaces ascendente y descendente.

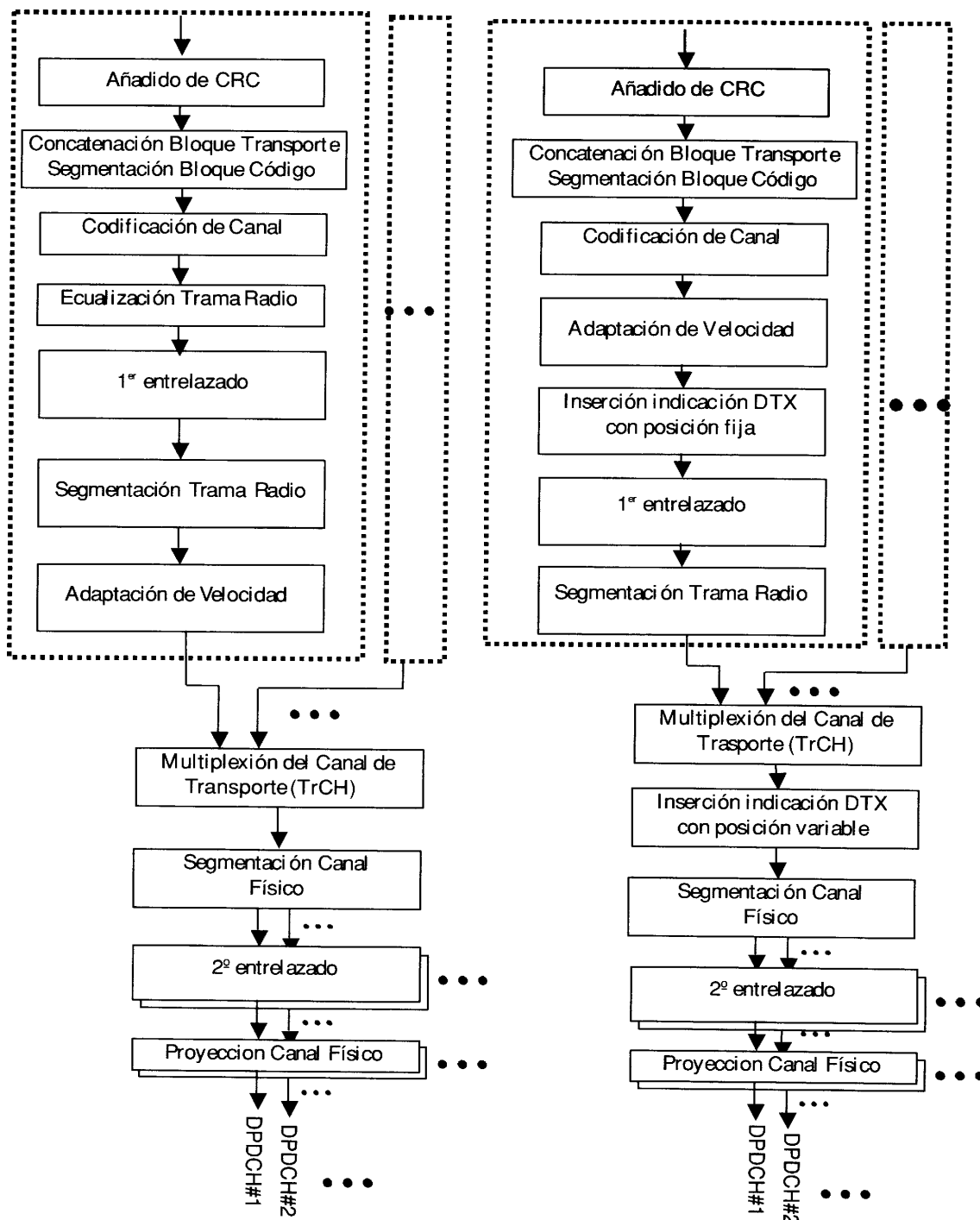


Figura 5.3 Estructura de Multiplexión del Canal de Transporte (Izq. UL y Der. DL)

### 5.3.2.2 Proyección de Canales de Transporte sobre Canales Físicos

Los canales de transporte se proyectan sobre canales físicos, donde cada canal físico tiene su contenido específico en cada intervalo y su proyección es mostrada en la tabla 5.1

Canales de transporte	Canales físicos
BCH	Canal físico de control común primario (CCPCH Primario) (Descendente; 30 kbit/s tasa fija)
FACH	Canal físico de control común secundario (CCPCH Secundario) (Descendente; tasa variable.)
PCH	Canal físico de acceso aleatorio (PRACH) (Ascendente)
RACH	
CPCH	Canal físico común de paquetes (PCPCH) (Ascendente)
DCH	Canal físico dedicado de datos (DPDCH) (Descendente / Ascendente)
DSCH	Canal físico dedicado de control (DPCCH) (Descendente / Ascendente; Asociado a un DPDCH)
	Canal físico compartido descendente (PDSCH) (Descendente)
	Canal de sincronización (SCH) (Descendente; usa parte del intervalo de CCPCH primario; se usa en la búsqueda de célula)
	Canal piloto común (CPICH) (Descendente, usado como referencia de fase para otros canales físicos descendentes)
	Canal de indicación de adquisición (AICH) (Descendente; usado para llevar el indicador de adquisición en el proceso de acceso aleatorio)
	Canal de indicación de búsqueda (PICH) (Descendente; usado para transportar indicadores de búsqueda para indicar la presencia de un mensaje de búsqueda en el PCH)

Tabla 5.1 Proyección de Canales de Transporte sobre Canales Físicos

La Figura 5.4 muestra como se pueden multiplexar varios canales de transporte en uno o más canales físicos de datos dedicados DPDCH en el enlace ascendente.

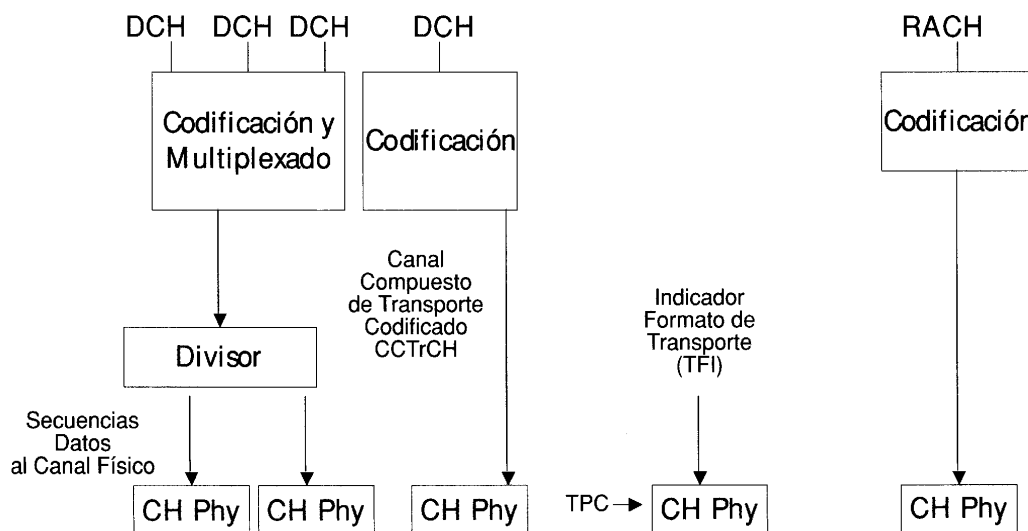


Figura 5.4 Canales Físicos del enlace ascendente

El indicador de formato de transporte TFI permite al receptor conocer la estructura de multiplexación utilizada. Cuando se realiza la transmisión de paquetes en el RACH debe tenerse en cuenta que este ocupa un canal físico.

### 5.3.2.3 Estructura de la Trama

La tasa básica de trama física es de 10 milisegundos con 15 intervalos. Los canales físicos ascendentes DPDCH y el canal físico de control dedicado, DPCCH se multiplexan en los canales formados por los componentes I/Q de la portadora mientras que los canales descendentes se multiplexan en el tiempo. El canal en el que se transmiten los datos de usuario, DPDCH siempre esta asociado con un canal DPCCH que lleva información de control de la capa 1, tal y como lo muestra la figura 5.5.

El campo indicador de formato de combinación de transporte TFCI se usa para indicar el esquema de multiplexación de la secuencia de datos. El campo de realimentación FBI se usa para funciones de transmisión y diversidad de emplazamientos. Los bits de control de potencia de transmisión TCP se usan su control.

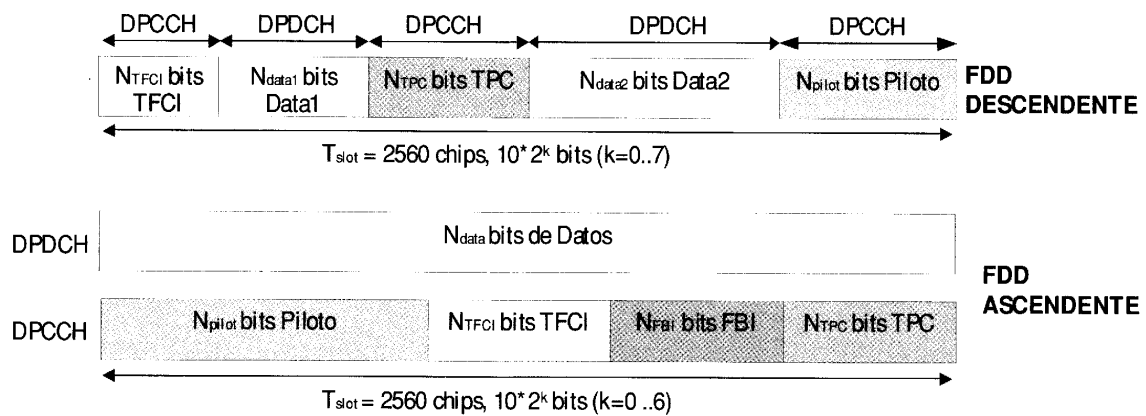
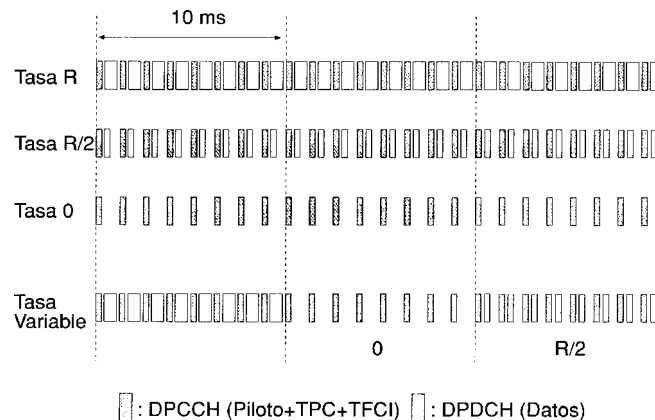


Figura 5.5 Contenido de los Intervalos para DPDCH/DPCCH

En el enlace descendente puede procederse análogamente teniendo en cuenta que ahora los canales de datos y los canales asociados de control se multiplexan en el tiempo, basada en transmisión discontinua tal. En el enlace ascendente puede usar transmisión discontinua, DTX intervalo a intervalo, para tasas de transmisión variable tal y como se muestra en la figura.



### 5.3.2.4 Dispersión, Modulación y Conformación de Pulsos para Enlace Ascendente

La dispersión consiste en dos operaciones:

- La primera es la de canalización, que transforma cada símbolo en un determinado número de chips incrementando por tanto el ancho de banda de la señal. El número de chips por cada símbolo se denomina factor de dispersión SF.
- La segunda operación es la de batido, en la que se aplica un código a la señal dispersada que permite la identificación de la célula a la vez que deshace la periodicidad que introducen los códigos de ortogonalización.

En la operación de canalización los símbolos en las ramas I y Q se multiplican de forma independiente con un código orthogonal OVSF y en la operación de batido las señales se vuelven a multiplicar por un código de batido complejo.

La Figura 5.6 muestra el principio de funcionamiento de la dispersión y modulación para el caso de varios canales DPDCH en el enlace ascendente. La modulación es una QPSK de doble canal (BPSK) de forma que en el enlace ascendente los canales DPDCH y DPCCH se proyectan sobre las ramas I y Q dispersas hasta la tasa de chip con dos códigos de canalización diferentes.

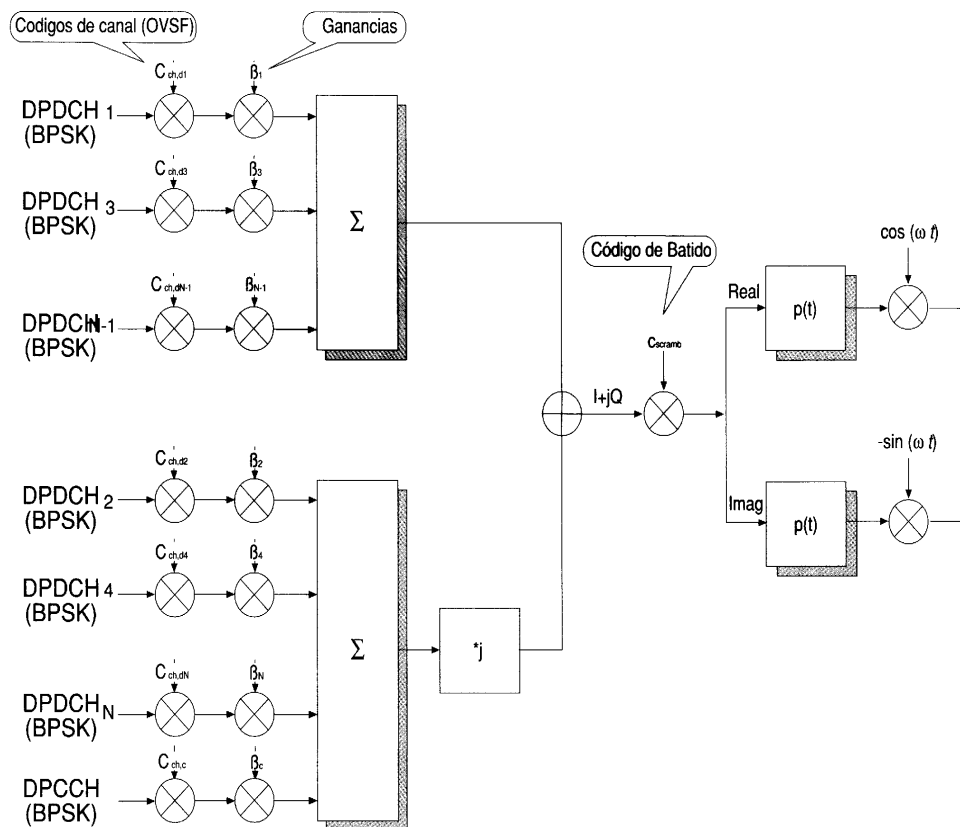


Figura 5.6 Dispersión y Modulación para los Canales DPDCH/DPCCH ascendentes

### 5.3.2.5 Dispersión, Modulación y Conformación de Pulsos para Enlace Descendente

La Figura 5.7 muestra el principio de funcionamiento de la dispersión y modulación para el caso de varios canales DPDCH en el enlace descendente. La modulación es QPSK en la que cada par de bits se convierten de serie a paralelo S/P y se proyectan respectivamente sobre las ramas I y Q, las cuales se dispersan hasta la tasa de chip con el mismo código de canalización  $C_{ch}$  (dispersión real) y posteriormente se batan con el código complejo  $C_{scramb}$ .

### 5.3.3 Funcionalidad y Componentes de la Capa 2

La capa 2 se subdivide en cuatro subcapas:

- La subcapa de control de acceso al medio MAC
- La subcapa de control de enlace radio RLC
- La subcapa del protocolo de convergencia de paquetes de datos PDCP
- La subcapa de control de difusión / multicast BMC

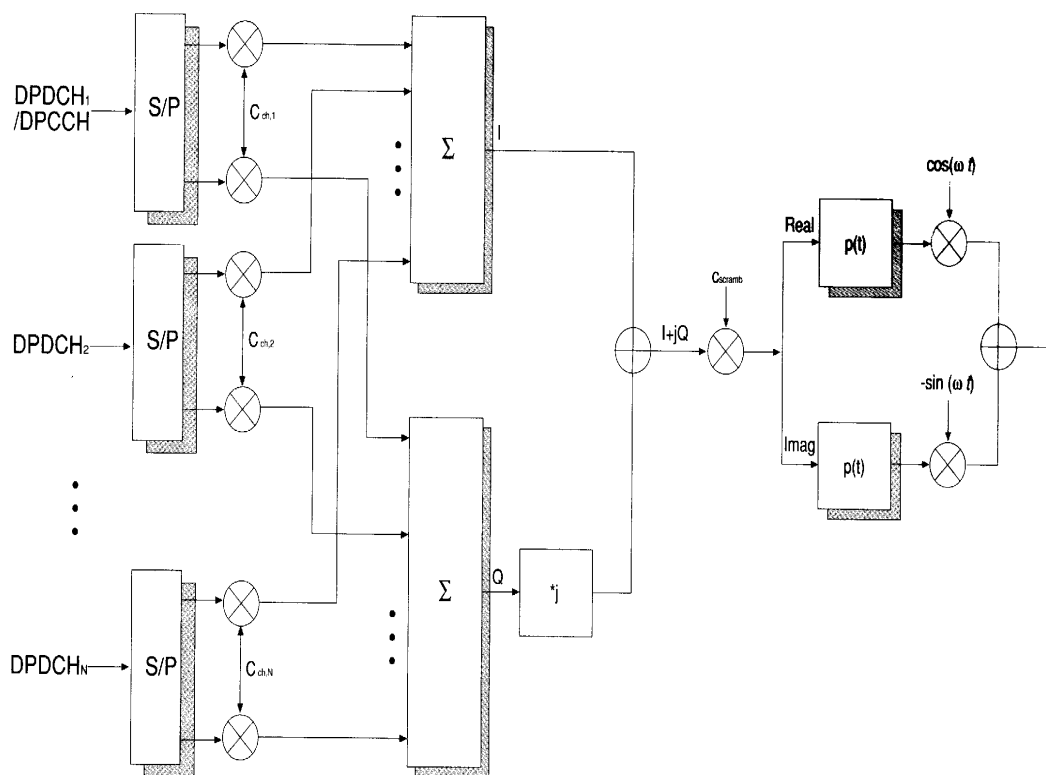


Figura 5.7 Dispersión y Modulación para los Canales DPDCH/DPCCH descendentes

### 5.3.3.3 Subcapa de Control de Acceso al Medio

Se encarga del manejo de las secuencias de datos que provienen de las subcapas RLC y RRC que proporciona un servicio de transferencia con reconocimiento a las capas superiores. También reasigna los recursos radio a petición de la subcapa RRC y proporciona medidas a las capas superiores. Los canales lógicos se dividen en canales de control y canales de tráfico manejando aspectos tales como:

- La proyección de los diversos canales lógicos sobre los canales de transporte adecuados así como la selección del formato de transporte adecuado para los canales de transporte basándose en la tasa binaria instantánea de fuente.
- Realiza el multiplexado y demultiplexado de las unidades de datos de protocolo PDU.
- Realiza una conmutación dinámica entre canales de transporte comunes o dedicados basándose en la información procedente de la subcapa RRC.
- Maneja los aspectos de prioridad de los servicios a un terminal móvil de acuerdo con la información de las capas superiores y de la capa física.
- Controla el volumen de tráfico que puede manejar la subcapa RRC.

### 5.3.3.4 Subcapa Control Enlace Radio

La subcapa de control de enlace radio RLC proporciona tres tipos de transferencia de datos:

- *Modo transparente*, transmite las PDU de capas superiores sin añadirles ninguna información de protocolo adicional aunque incluye la funcionalidad de segmentación y ensamblaje.
- *Modo sin Reconocimiento*, transmite las PDU de capas superiores sin garantizar su entrega a la entidad de destino del mismo nivel, detectando datos erróneos, entrega única y entrega inmediata.
- *Modo con Reconocimiento*, transmite las PDU de capas superiores y garantiza la entrega a la entidad de destino del mismo nivel teniendo las siguientes características, entrega libre de errores, entrega única, entrega en orden y entrega desordenada.

### 5.3.3.5 Subcapa PDCP

La subcapa de protocolo de convergencia de paquetes proporciona transmisión y recepción de PDU de la capa red usando la RLC en modo transparente, con reconocimiento y sin reconocimiento, además, proyecta la PDU con un protocolo de red sobre una entidad RLC, proporciona compresión en transmisión y descompresión en recepción.

### 5.3.3.6 Subcapa BMC

La subcapa de control de difusión / multicast BMC proporciona servicio de transmisión en modo difusión o en modo multicast, en el plano de usuario para datos comunes tanto en modo transparente como sin reconocimiento, además, implementa funcionalidades de almacenamiento y programación temporal de la transmisión de los mensajes BMC.

### 5.3.4 Funcionalidad y Componentes de la Capa 3

La subcapa de control de recursos radio RRC, gestiona la señalización del plano de control de la Capa 3 entre los equipos de usuario, terminal móvil y la interfaz radio.

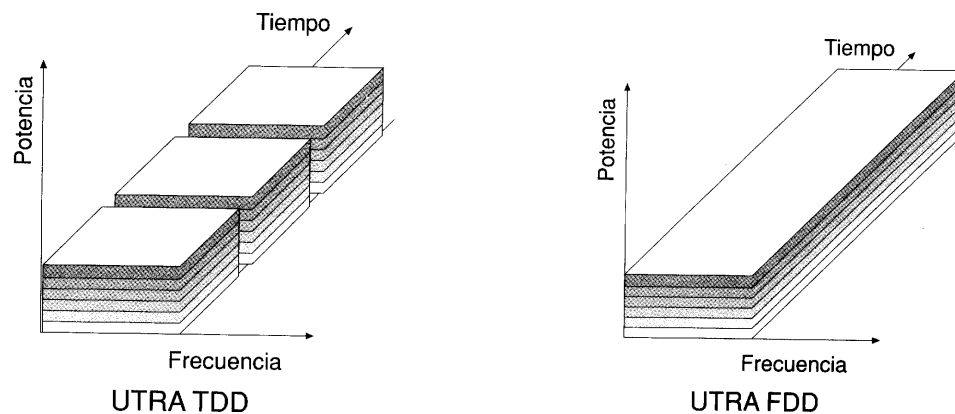
Además de la relación con las capas superiores se realizan las siguientes funciones:

- Difusión de la información proporcionada por el estrato de no-acceso
- Difusión de información relacionada con el estrato de acceso
- Establecimiento, mantenimiento y liberación de una conexión RRC entre el terminal móvil y la red de acceso radio.
- Establecimiento, reconfiguración y liberación de portadores de Acceso radio
- Asignación, reconfiguración y liberación de recursos radio para la conexión RRC
- Funciones de movilidad de conexión RRC
- Mensajes, Notificación y Control de la calidad solicitada
- Informes de las medidas del terminal móvil y control de los informes
- Lazo externo de control de potencia, control de cifrado
- Selección inicial de célula y reelección en modo inactivo
- Arbitraje de la asignación de recursos entre células

## 5.4 Capa Física del Modo TDD (UTRA-TDD)

Las especificaciones se han desarrollado con el objetivo de su armonización con el componente FDD para tener el mayor número posible de elementos comunes de los parámetros más importantes de la capa física, además de la utilización de un gran número de protocolos de capas superiores comunes para TDD y FDD.

La diferencia en el acceso TD-CDMA y WCDMA de ambos componentes se ilustra en la siguiente figura 5.8



**Figura 5.8 Acceso CDMA en UTRA TDD y FDD**

El esquema de acceso radio es múltiple por división de código con secuencia directa. El UTRA TDD posee información ensanchada en un ancho de banda de 5Mhz y una tasa de chip de 3.84 Mchip/s. La interfaz radio se ha definido para dar soporte eficiente tanto a servicios mediante conmutación de circuitos y/o paquetes, el protocolo de radio es flexible para diferentes servicios tales como voz, datos, multimedia, etc. los servicios portadores radio son en tiempo real y diferidos empleando transporte de datos en modo transparente y/o no transparente y puede ajustarse la calidad en términos de retardo, tasa de bit erróneo o tasa de trama errónea.

#### 5.4.2 Arquitectura de Red de Acceso

La arquitectura del sistema es la misma que la del sistema UTRA FDD mostrada en la Fig. 5.1 y su arquitectura de protocolos también es la misma que la de UTRA FDD mostrada en la Fig. 5.2.

#### 5.4.3 Funcionalidad y Componentes de la Capa Física (Capa 1)

La capa física incluye las siguientes funcionalidades:

- Detección de errores en los canales de transporte e indicación a las capas superiores
- Codificación y Decodificación FEC de los canales de transporte
- Multiplexión de los canales de transporte y demultiplexión de los canales de transporte compuestos en código.
- Adaptación binaria de los datos multiplexados en los canales dedicados y compartidos.
- Proyección de los canales codificados compuestos de transporte sobre canales físicos.
- Ponderación en potencia y combinación de canales físicos.

- Modulación y dispersión / demodulación y concentración de los canales físicos.
- Sincronización de frecuencia y tiempo (a nivel trama, intervalo, bit y chip).
- Medidas de características radio e informe a las capas superiores.
- Control de potencia en lazo cerrado
- Procesado en radiofrecuencia
- Soporte de avance temporal en los canales ascendentes

#### 5.4.2.1 Canales de Transporte

La interfaz con la capa MAC son los canales de transporte, los cuales definen como y con cual tipo de características se transfieren los datos a la capa física. Se dividen en canales dedicados y canales comunes en el caso de que sean compartidos por varios equipos de usuario. Si se requiere diferenciar el direccionamiento se introduce un campo de información con la dirección del destino. En el caso de un canal dedicado el propio canal físico define el equipo de usuario destino y no requiere campo de dirección específica. El canal de acceso aleatorio en el enlace ascendente se basa en contienda mientras que los canales dedicados se asignan por reserva.

Canal de Transporte	Tipo y dirección	Usado para
Canal dedicado DCH (Dedicated CHannel)	Dedicado; ascendente y descendente	Información de control o de usuario al UE (toda la célula o parte (formación de haces))
Canal de difusión BCH (Broadcast CHannel)	Común; descendente	Difunde información específica de sistema y de célula
Canal de acceso directo FACH (Forward Access CHannel)	Común; descendente	Información de control o paquetes cortos de usuario cuando el sistema conoce la ubicación del UE
Canal de Búsqueda PCH (Paging CHannel)	Común; descendente	Información de control a UE cuando se necesitan buenas propiedades en modo dormido por ejemplo operando en modo "idle"
Canal de acceso aleatorio RACH (Random Access CHannel)	Común; ascendente	Información de control o paquetes cortos de usuario desde un UE
USCH (Uplink Shared CHannel)	Común; ascendente	Solo TDD. Lleva información de control y datos dedicados de usuario usando un canal compartido
Canal dedicado ODMA ODCH (ODMA Dedicated CHannel)	Dedicado	Solo TDD. Se aplica para repetición ODMA
Canal acceso aleatorio ODMA ORACH (ODMA Random Acces CHannel)	Común	Solo TDD. Se aplica para repetición ODMA
Canal compartido descendente DSCH (Downlink Shared CHannel)	Común; descendente	Lleva información de control y datos dedicados de usuario usando un canal compartido

**Tabla 5.2 Canales de Transporte definidos UTRA TDD**

La figura 5.9 muestra la cadena de transmisión para datos en el plano de usuario de la capa física de que forma pueden multiplexar varios canales de transporte en uno o más canales físicos sobre intervalos temporales.

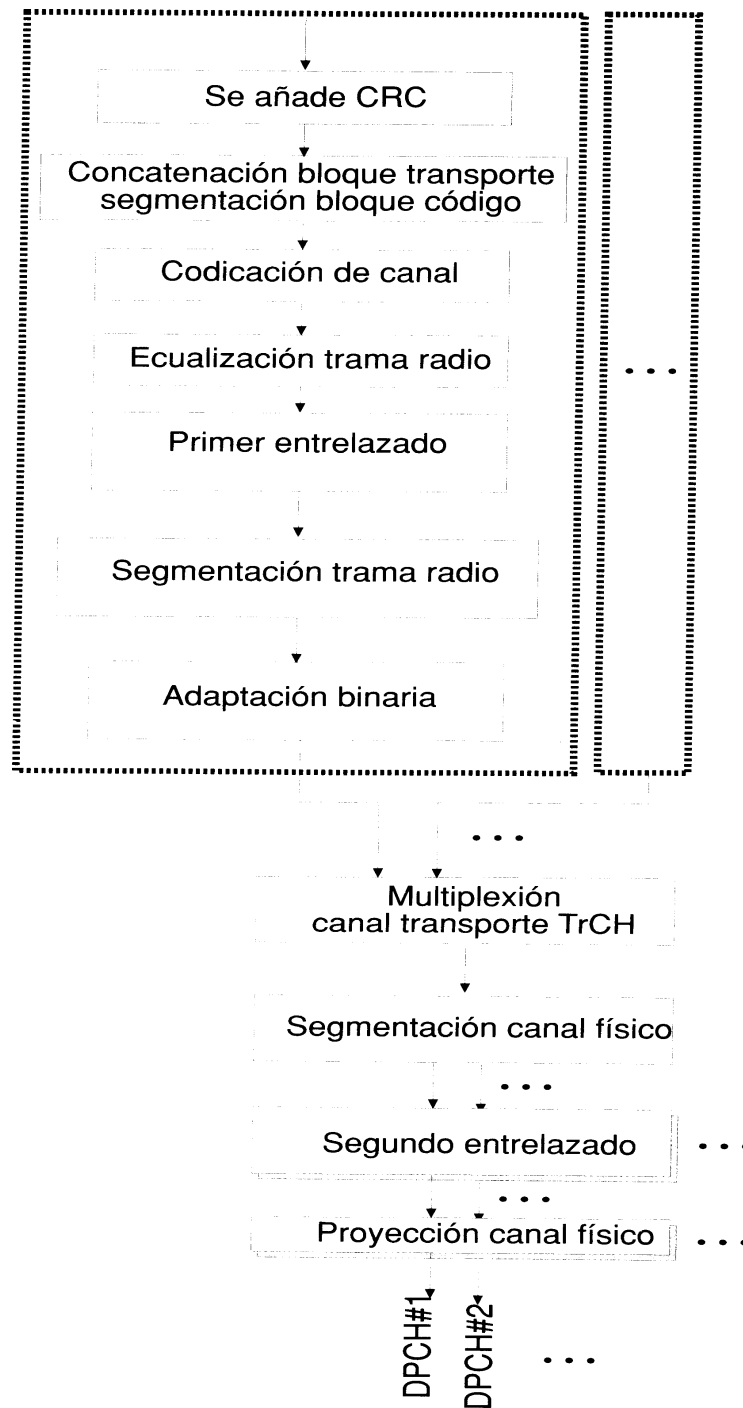


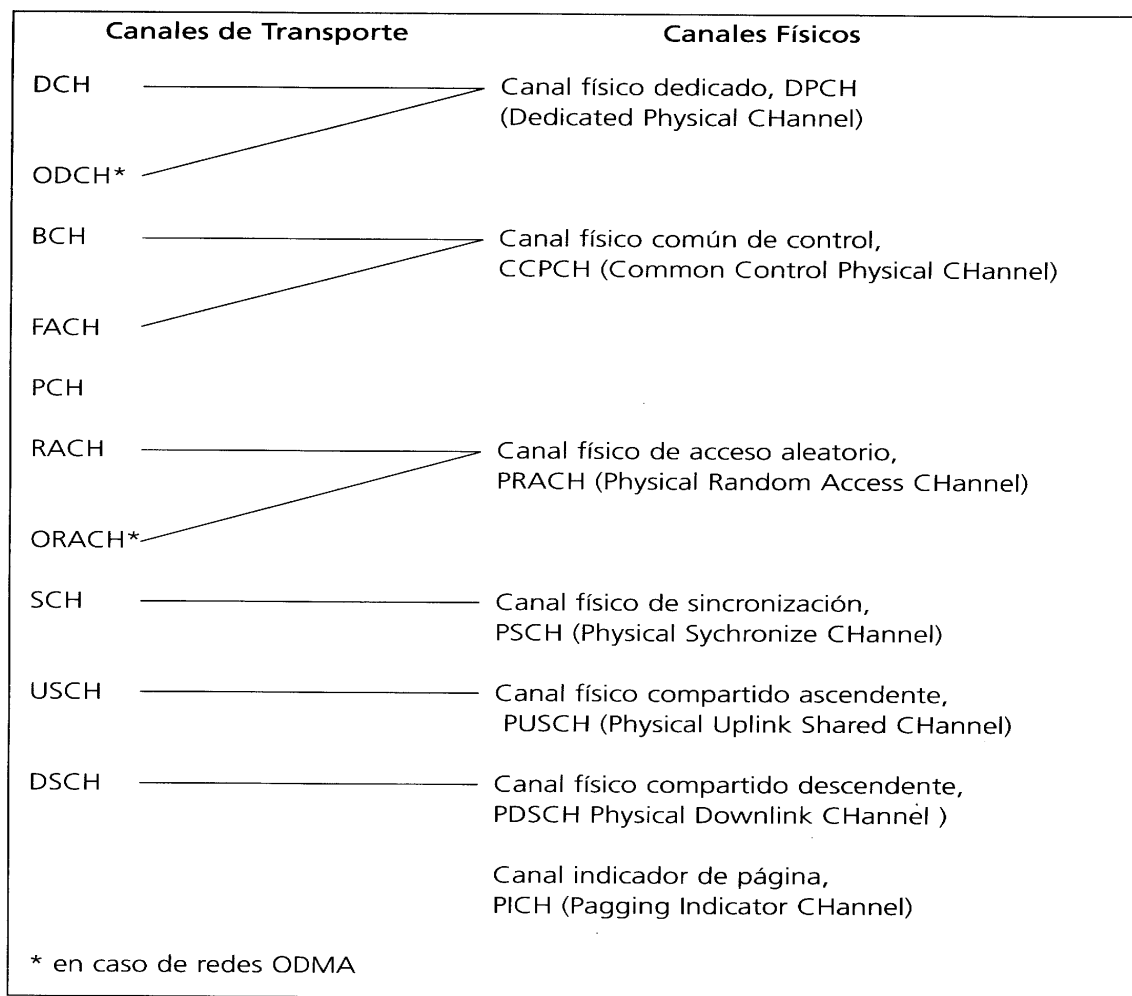
Figura 5.9 Estructura de Multiplexación de Canales de Transporte

### 5.4.2.2 Proyección de Canales de Transporte sobre Canales Físicos

Los canales de transporte se proyectan sobre canales físicos, donde cada canal físico tiene su contenido dentro de cada intervalo temporal.

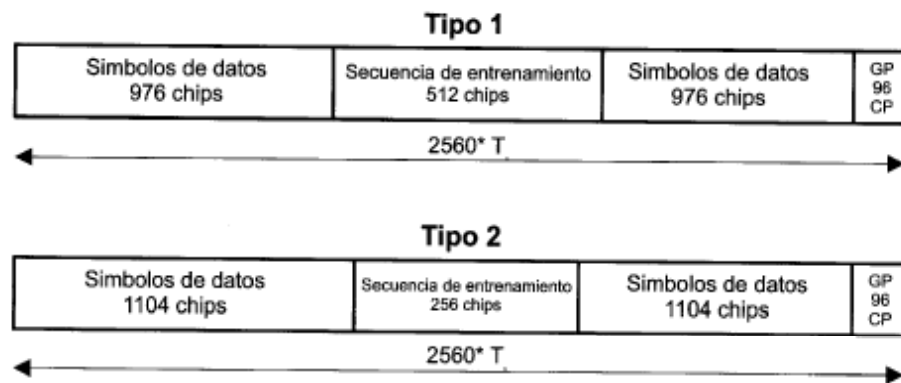
### 5.4.2.3 Estructura de la Trama Física

La trama física básica es de 10 milisegundos con 15 intervalos temporales. Cada intervalo temporal puede ser asignado al enlace ascendente o al descendente permitiendo que se pueda adaptar a diferentes entornos y escenarios de despliegue. En cualquiera de las configuraciones al menos un intervalo temporal se debe asignar al enlace descendente y al menos uno al ascendente.



**Tabla 5.3 Canales de Transporte y su proyección sobre canales físicos**

Existen dos tipos de formatos de ráfaga posibles para un intervalo DCH tal y como los muestra la figura 5.10, el uso de un formato u otro depende de la aplicación y del numero de usuarios asignados por el intervalo temporal.



**Figura 5.10 Estructura de ráfagas tipos 1 y 2 en la Trama básica TDD**

En ambos casos los bits se modulan en QPSK y los símbolos obtenidos se dispersan con un código de canal de longitud entre 1 y 16. Debido a este factor de ensanchamiento variable cada parte de datos de una ráfaga transporta el número de símbolos que se muestra en la tabla 5.4. Por tanto el número de bits en cada ráfaga TDD es cuatro veces el numero mostrado en la tabla anterior. Se puede usar transmisión con varios códigos y también en varios intervalos temporales.

Factor de ensanchamiento (SF)	Número de símbolos(N) por campo de datos en Ráfaga 1	Número de símbolos(N) por campo de datos en Ráfaga 2
1	976	1104
2	488	552
4	244	276
8	122	138
16	61	69

**Tabla 5.4 Numero de Símbolos de Datos en las ráfagas TDD**

#### 5.4.2.4 Dispersión, Modulación y Conformación de Pulsos

La dispersión consiste en dos operaciones:

- La primera es la de canalización que transforma cada símbolo en un determinado número de chips incrementando por tanto el ancho de banda de la señal. El numero de chips por cada símbolo se denomina factor de dispersión SF y es variable entre 1 y 16.
- La segunda operación es la de batido, en la que se aplica un código a la señal dispersada que permite la identificación de la célula a la vez que deshace la periodicidad que introducen los códigos de ortogonalización es similar al usado en UTRA FDD con la excepción de que la parte central del intervalo en las ráfagas TDD no se ensancha.

Los códigos de canalización que se utilizan son OVVSF que preservan la diferenciación entre los diversos usuarios. El código de batido es específico para cada célula y se dispone de 128 códigos de batido. En el enlace ascendente la parte central aplicada es específica para cada usuario y se obtiene a partir de una secuencia básica específica para cada célula. En el enlace descendente esta parte central puede ser específica para cada usuario o común para toda la célula en ambos enlaces se dispone de 128 secuencias básicas diferentes. Después de la dispersión se aplica el mismo tipo de conformación de pulsos que en el modo FDD.

## 5.5 Descripción de Protocolos de la Interfaz Radio

### 5.5.1 El subnivel MAC

Es el encargado de prestar a las capas superiores a través de los canales lógicos los servicios de:

- *Transferencia de datos*, se realiza sin proporcionar ninguna confirmación, ni segmentación de datos que debe ser solucionada por las capas superiores.
- *Reasignación de recursos radio y parámetros MAC*, este servicio es el encargado de modificar la asignación de los recursos y el formato de los canales de transporte utilizados para una comunicación, dependiendo de la velocidad instantánea de los datos de los canales lógicos.
- *Informe de medidas*, envío de los informes de las medidas de tráfico y calidad, realizadas localmente, a la capa RRC, para que se tomen decisiones de control de los recursos radio.

#### 5.5.1.1 Arquitectura del subnivel MAC

La arquitectura lógica del subnivel MAC es común para los modos FDD y TDD aunque existen algunas diferencias de detalle. En la figura 5.11 se presentan las diferentes entidades que forman la capa MAC, representadas desde el punto de vista de la UTRAN. Las funciones que realizan cada una de estas entidades son diferentes en el caso de la UTRAN y en el terminal móvil.

- MAC-b, es la entidad MAC que maneja el BCH. Hay una entidad para cada célula y una en cada terminal móvil.

- MAC-c/sh, es la entidad que maneja los canales de transporte comunes PCH, FACH y RACH y los canales de transporte compartidos: el canal CPCH para FDD, el canal DSCH para FDD y TDD, y el canal USCH para TDD. Hay una en cada terminal móvil y una para cada célula en la UTRAN.

- MAC-d, es la entidad que controla la correspondencia entre los canales lógicos dedicados y los canales de transporte dedicados asignados a un terminal móvil. Hay una entidad MAC-d en cada terminal móvil, y en la UTRAN una para cada terminal móvil (localizada en el RNC de servicio).

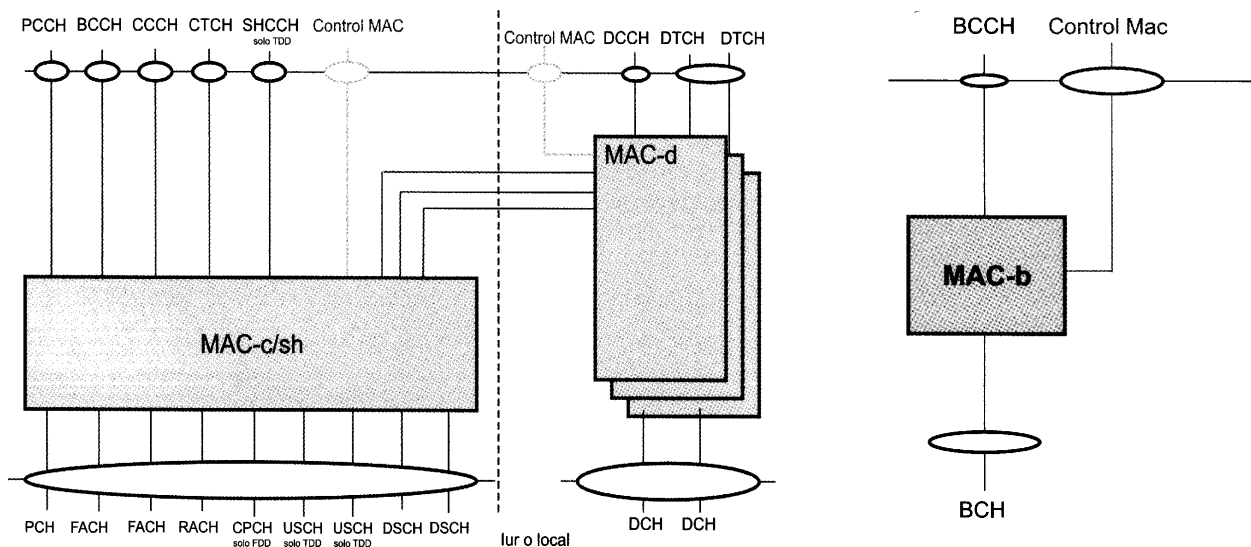


Figura 5.11 Entidad MAC-b, MAC-c/sh y MAC-d

Las entidades MAC-c/sh y MAC-d están conectadas entre sí. La entidad MAC-c/sh transfiere datos desde los DSCH a la entidad MAC-d y desde esta última entidad se transfieren datos hacia los USCH (solo en modo TDD) siempre bajo el control de la capa RRC. Además en FDD también se pueden transferir datos desde la entidad MAC-d hacia el canal CPCH.

#### 5.5.1.2 Función del Sistema MAC

Las funciones del sistema MAC son las siguientes:

- Proyección de los canales lógicos sobre los canales de transporte
- Selección del formato de transporte apropiado para cada canal de transporte
- Manejo de prioridades entre los flujos de datos de un terminal móvil
- Manejo de prioridades entre terminales móviles utilizando una programación dinámica
- Identificación de terminales móviles en canales comunes de transporte
- Multiplexación y demultiplexación de unidades de datos de protocolo PDU, de capas superiores en bloques de transporte entregados a la capa física en los canales comunes
- Multiplexación y demultiplexación de unidades de datos de protocolo de capas superiores en bloques de transporte entregados a la capa física en los canales dedicados de transporte
- Supervisión del volumen de tráfico y Conmutación dinámica del tipo canal de transporte
- Cifrado de los datos para transmisión en modo transparente
- Selección de clase de servicio de acceso para la transmisión RACH.

### 5.5.2 Descripción del protocolo de control del enlace radio RLC

El protocolo de control del enlace radio RLC, se caracteriza principalmente porque ofrece la funcionalidad de retransmisión ARQ para conseguir una transmisión libre de errores en el enlace lógico, así como mecanismos de segmentación y concatenación.

Cada entidad RLC puede operar en uno de los siguientes modos:

- *Modo Transparente*, proporciona la transmisión de las PDU de los niveles superiores sin añadir ninguna información de protocolo.
- *Modo sin Confirmación*, al igual que en el modo transparente no se aplica ningún protocolo de retransmisión, por lo que la entrega de datos no esta garantizada, la diferencia es que la funcionalidad de detección de errores se obtiene gracias a las cabeceras.
- *Modo con Confirmación*, se aplica el protocolo de retransmisión ARQ, donde el numero de retransmisiones es controlado por el nivel superior RRC. Si el subnivel RLC no puede asegurar la llegada correcta de los datos se le notifica al subnivel RLC del lado transmisor. Este modo opera con unidades de carga que son las mínimas unidades direccionables que pueden ser retransmitidas.

#### 5.5.2.1 Arquitectura del subnivel RLC

En la arquitectura del subnivel RLC existe una entidad transmisora y otra receptora para los servicios en modo transparente, sin confirmación y una única entidad con funciones de transmisor y receptor para los servicios en el modo confirmación. En este ultimo pueden enviarse unidades de datos de protocolo PDU con información de control y datos en canales lógicos separados, decisión que toma el nivel RRC. Esta posibilidad se indica mediante líneas discontinuas en la figura 5.12.

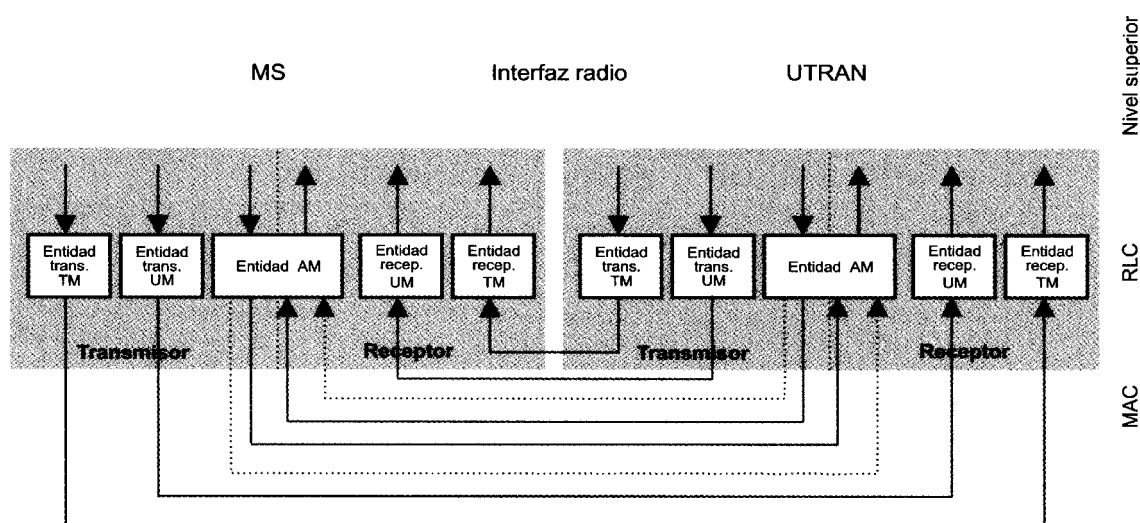


Figura 5.12 Arquitectura del subnivel RLC

### 5.5.2.2 Servicios del subnivel RLC

Los servicios proporcionados por el subnivel RLC al nivel superior son los siguientes:

- Establecimiento y liberación de conexiones
- Transferencia de datos en modo transparente
- Transferencia de datos sin confirmación
- Transferencia de datos con confirmación
- Establecimiento de la calidad de servicio
- Notificación al nivel superior de los errores no recuperables

### 5.5.2.3 Funciones del Subnivel RLC

Las funciones del subnivel RLC son las siguientes:

- Segmentación y concatenación de las PDU del nivel superior y de longitud variable a partir de PU del subnivel RLC.
- Concatenación y relleno de ceros (Padding).
- Transferencia de datos entre los usuarios de los servicios del subnivel RLC.
- Corrección de errores en el modo con confirmación mediante el uso de diferentes técnicas de retransmisión: ARQ de repetición selectiva, go-back N y de parada y espera.
- Reparto en secuencia de las unidades de datos de protocolo de los niveles superiores en el modo de transparencia con confirmación.
- Detección de PDU duplicadas del RLC y reparto sin duplicación al nivel superior.
- Control de flujo que permite que una entidad receptora del subnivel RLC vigile la velocidad con que la entidad transmisora envía la información.
- Comprobación de la secuencia de número en el modo de transferencia de datos sin confirmación.
- Protocolo de detección de errores y recuperación de información en las operaciones del subnivel RLC.
- Función de cifrado en el subnivel RLC para evitar la adquisición de datos no autorizada en los modos de transferencia con y sin confirmación.
- Función de suspensión y reanudación de la transferencia de datos.

### 5.5.3 Protocolo de control de recursos radio RRC

Engloba los protocolos de control de capa 3, utiliza el subnivel RLC de la capa 2 y a su vez es utilizado por las capas superiores para hacer llegar señalización al equipo de usuario. Una de las entidades que más utiliza el RRC es el gestor de recursos radio. El protocolo es de estructura común para los modos FDD y TDD, siendo distintos en ambos modos los procesos y mensajes específicos.

#### 5.5.3.1 Arquitectura del RRC

La arquitectura se representa en la figura 5.13 y las entidades funcionales que se observan en la misma son:

- La entidad funcional de enrutamiento RFE y de transferencia TME.
- La entidad funcional de difusión de control BCFE
- La entidad de control de aviso y control de la notificación PNFE
- La función de control dedicado DFCE
- En el modo TDD, el DFCE es ayudado por la entidad funcional de control compartida SFCE. El SFCE utiliza tanto UM-SAP como Tr-SAP.

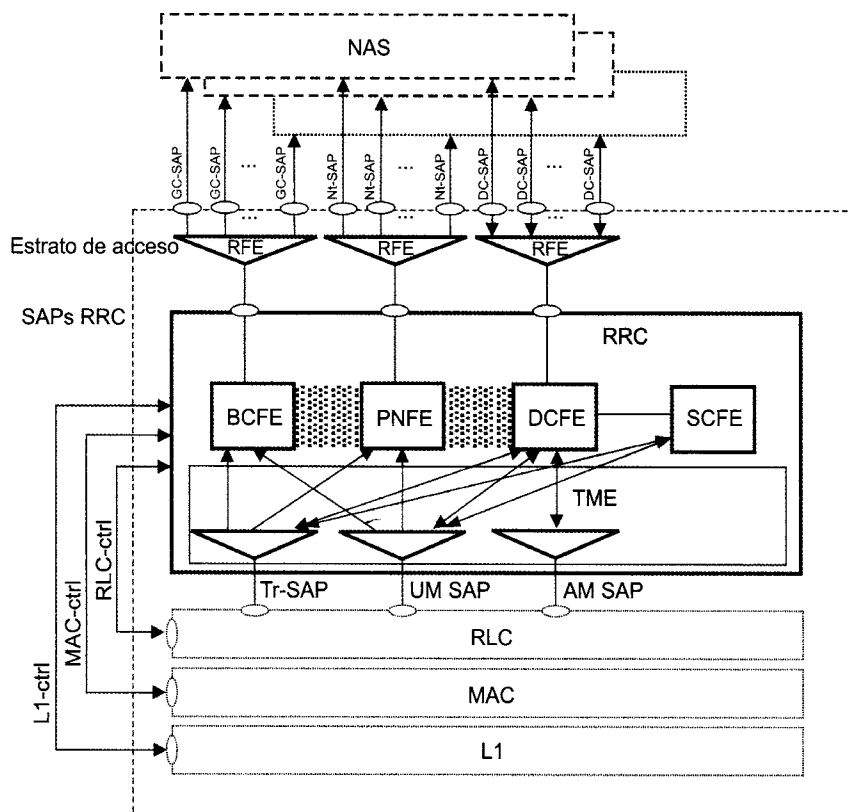


Figura 5.13 Arquitectura lógica del RRC

5.5.3.2 Estados del RRC

La figura 5.14 muestra un esquema general de los estados RRC, donde se observa que es un modelo multimodo, incluyendo el modo GSM/GPRS, representando así todos los modos posibles, donde cada uno de los estados del modo conectado de la UTRAN refleja que tipo de canales de transporte puede utilizar el terminal móvil.

Después de encender el móvil, este seleccionara una red a la que contactar y dentro de ella elegirá la celda adecuada, sintonizando los canales de control de dicha celda. Mientras permanezca en modo aislado el terminal móvil es identificado mediante identidades del estrato de ausencia de acceso, donde la red no tiene información específica y no puede dirigirse a un terminal de forma específica sino que a todos los terminales de una celda.

El terminal móvil abandona el modo aislado y entra en modo conectado cuando una conexión RRC es establecida, en este momento se asigna una identidad temporal de la red radio al terminal móvil que se utilizara para identificarlo en los canales de transporte comunes.

La transición de modo aislado al modo conectado solo puede ser iniciada por el terminal móvil, transmitiendo una petición de una conexión RRC. Este evento puede ser iniciado a su vez por una petición de aviso o por una petición de niveles superiores.

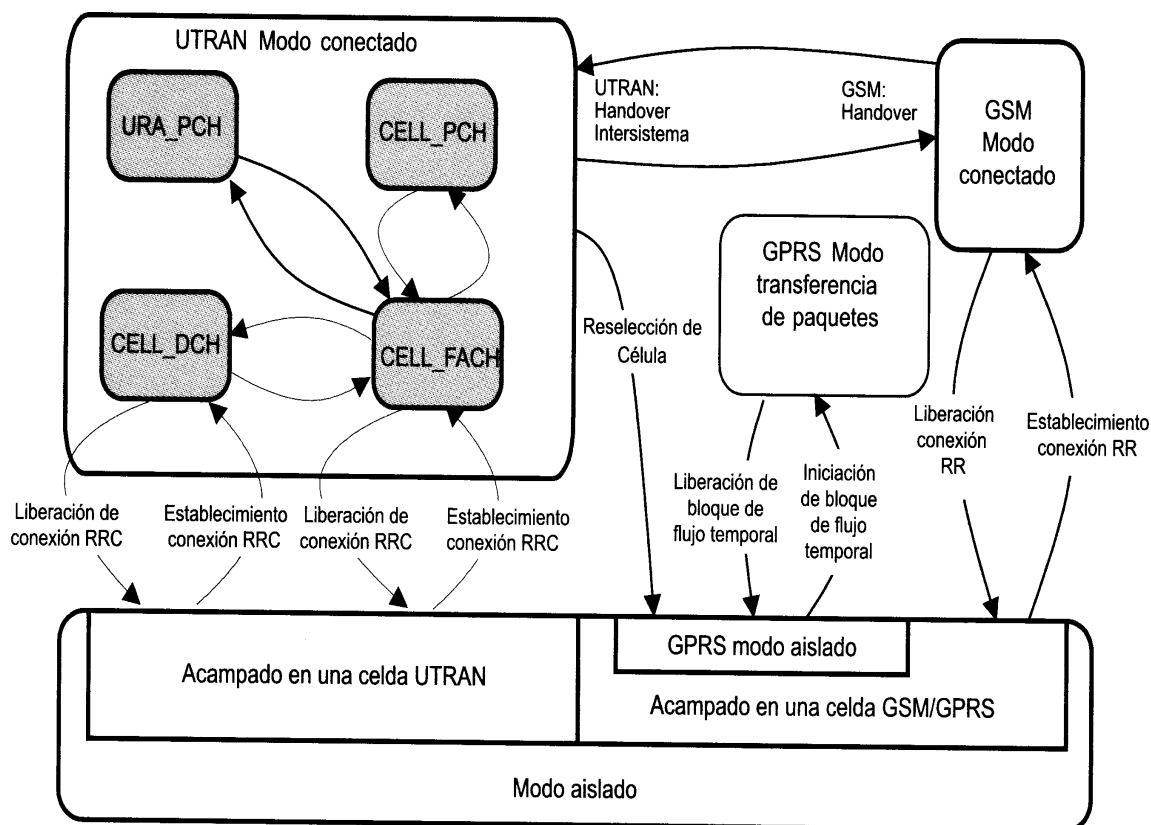


Figura 5.14 Diagrama de estados RRC

### 5.5.3.3 Funciones del RRC

Las funciones realizadas por el RRC son las siguientes:

- Difusión de la información provista por los estratos de ausencia de acceso.
- Difusión de la información del estrato de acceso.
- Difusión de la información de los nodos vecinos ODMA.
- Establecimiento, reestablecimiento, mantenimiento y finalización de las conexiones RRC entre el terminal móvil y la UTRAN.
- Comprobación de la lista de nodos vecinos ODMA y del gradiente de información.
- Mantenimiento del número de nodos ODMA vecinos.
- Establecimiento, mantenimiento y liberación de una ruta entre nodos ODMA.
- Interfuncionamiento entre el nodo pasarela ODMA y la UTRAN.
- Establecimiento, reconfiguración y liberación de portadores radio.
- Asignación, reconfiguración y liberación de los recursos radio de una conexión RRC.
- Funciones de movilidad, aviso y notificación de la conexión RRC.
- Enrutamiento de PDU a niveles superiores.
- Control de calidad del servicio, reporte y control de las medidas del terminal móvil.
- Control de bucle abierto y cifrado.
- Asignación dinámica de canal (aplicable solamente al TDD)
- Arbitraje en el uso de los recursos radio en el DCH ascendente.
- Selección de célula inicial y reelección de célula en modo aislado.
- Protección a la integridad de las comunicaciones
- Configuración inicial, asignación de recursos radio y configuración para la recepción para la recepción discontinua del servicio de difusión de celda (CBS)
- Control de adelanto temporal
- Hasta posiblemente control de la congestión y arbitraje de asignación de recursos radio entre distintas células.

## CAPITULO VI

### GESTION DE RECURSOS RADIO

## **6. GESTIÓN DE RECURSOS RADIO**

### **6.1 Introducción**

Las múltiples posibilidades que brinda la tecnología de Multiacceso WCDMA elegida para UMTS requiere para su correcto y eficaz aprovechamiento el concurso de un potente sistema de gestión de los parámetros que intervienen en la capa física, como son la potencia de transmisión, la velocidad y configuración de la información. Deben armonizarse una buena eficiencia espectral con una calidad de servicio adecuada para cada aplicación.

Uno de los principales objetivos de la gestión de los recursos será asegurar el mantenimiento de la calidad de servicio de extremo a extremo de una conexión, mediante el concurso de algoritmos de control del acceso de los usuarios a los servicios.

UMTS dispone de protocolos del nivel 3 RRC para el control de los parámetros de acceso necesario para la obtención de la calidad demandada. La subcapa RRC tiene interacciones con la capa física, la cual le notifica el resultado de un conjunto de medidas efectuadas por los móviles (niveles y calidad de señal, interferencias, etc.) Esta información es necesaria para la gestión adecuada de los recursos.

Por su incidencia en las funcionalidades de red es de interés recordar que los servicios previstos en UMTS implican tanto en conmutación de circuitos como de paquetes, subrayando las diferencias entre ambos desde el punto de vista de la red acceso, de donde se derivan funcionalidades distintas. Mientras que los servicios con conmutación de circuitos (voz y video) necesitan continuidad en la conexión, los de conmutación de paquetes son mas tolerantes a las interrupciones que se producen en el acceso radio.

El acceso al sistema puede estar originado en el propio móvil o su entorno cuando se genera una llamada originada por el usuario o porque la estación móvil, en el desarrollo de alguno de los protocolos de comunicación con la red, necesita acceder a facilidades de esta. También se accede al sistema a instancias de la red, cuando hay una llamada con destino al usuario o en casos en los que la red necesita comunicar con un terminal móvil para desarrollar alguna funcionalidad ligada a la movilidad, como es el caso de la actualización periódica del área de encaminamiento o localización. El acceso consiste en la conexión del terminal al sistema de forma que pueda hacer uso de los servicios o facilidades ofrecidas por el mismo.

Las funcionalidades de acceso generalmente se desarrollan en la red de acceso e involucran a la misma, aunque alguna de ellas pueda implicar elementos de la red central, tanto visitada como propia, por ejemplo son citadas la difusión de información de acceso al sistema, la supervisión y el análisis de la información de acceso al sistema, la selección del proveedor del servicio, la red y el operador, el acceso aleatorio, etc.

## 6.2 Concepto de Calidad de Servicio

La mayor velocidad de transmisión que UMTS es capaz de proporcionar con respecto a sistemas de comunicaciones móviles anteriores abre la puerta a la incorporación de servicios multimedia en un entorno móvil. En contrapartida, tales servicios imponen una gestión de los recursos que afectan a la calidad de servicio mucho más compleja que la aplicada tradicionalmente a los sistemas móviles anteriores de solo voz y datos. En realidad, en UMTS se aplica por primera vez desde una perspectiva real el concepto de calidad valido de extremo a extremo.

Las características de calidad de servicio se pueden definir basándose en los siguientes enfoques: Calidad basada en la tecnología, Calidad basada en la percepción de usuario, Calidad basada en la gestión estática de recursos, Calidad basada en la gestión dinámica de los recursos

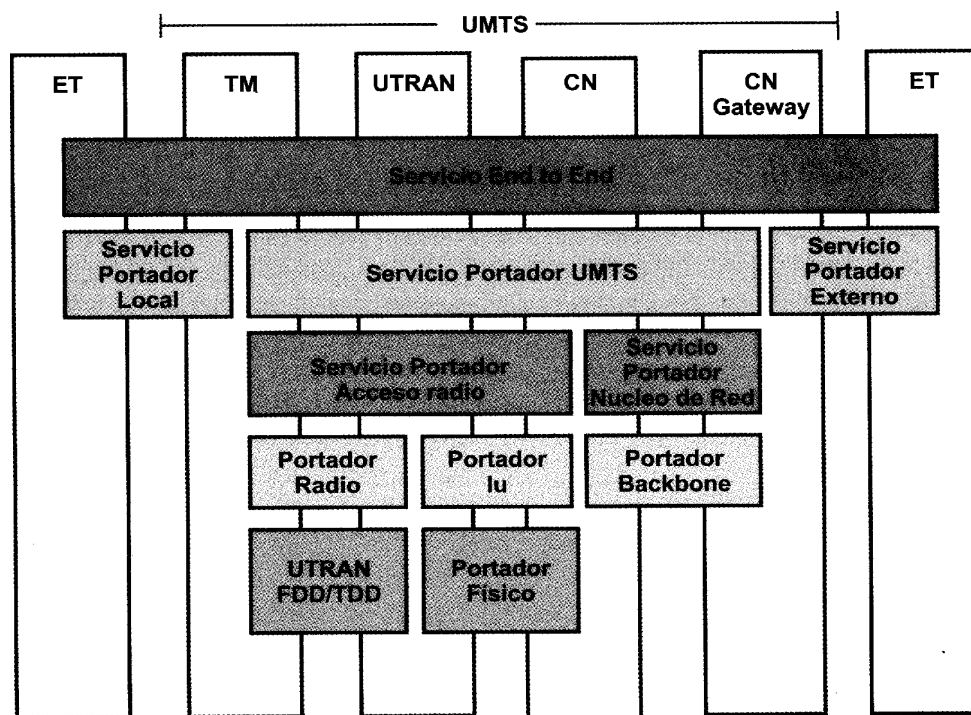


Figura 6.1 Componentes de Calidad en una comunicación extremo a extremo en UMTS

Las consideraciones anteriores, validas para cualquier sistema, deben matizarse en un entorno móvil, donde la presencia de zonas de sombra de cobertura, la propia acción de la movilidad, como la falta de recursos cuando se transfiere la comunicación entre células o, simplemente las variaciones en las condiciones de propagación debidas a desvanecimientos o interferencias, hace mucho más complejo el control de la calidad de servicio, hasta el punto de que es la parte mas critica en una comunicación extremo a extremo a través de diferentes medios.

En UMTS se definen cuatro clases de servicios conversacionales, afluentes, interactivos y diferidos. Cada clase, a su vez, puede parametrizarse con uno o distintos valores de calidad. Además un usuario puede establecer en una conexión una comunicación multiservicio, en la que cada servicio se establece y libera con independencia de los demás.

## 6.3 Gestión del Recurso Radio

La gestión de recursos radioeléctricos se ocupa de la asignación y mantenimiento de canales físicos en la red de acceso radio. Los canales lógicos son conjuntos de recursos de transmisión soportados por los canales físicos, sobre los que se multiplexan.

En relación con el control del recurso radio se diferencia tres tipos de funcionalidades: *el control de sincronización, el control del enlace radioeléctrico de acceso y el control de potencia en el enlace radio.*

### 6.3.1 Procedimiento de Control de Sincronización

La función de control de sincronización evalúa la información proporcionada por la supervisión y análisis de información de acceso al sistema y garantiza la correcta sincronización del terminal móvil con la red.

En la supervisión y análisis de acceso al sistema intervienen procedimientos de sincronización como la búsqueda de la célula, la sincronización de canales comunes de control y la sincronización de un canal dedicado.

El procedimiento de búsqueda de la célula se inicia cuando el terminal esta completamente desvinculado de la red. Este procedimiento, haciendo uso del canal de sincronización SCH llega a sincronizar al terminal con la red al nivel de chip, intervalo y trama en tres fases, deduciendo el grupo de códigos al que pertenece la célula y alcanzando el estado en el que es capaz de descodificar los canales de difusión.

- *La primera fase* es la sincronización de chip e intervalo, que tiene por objeto reconocer el comienzo de cada intervalo
- *La segunda fase* es la búsqueda de la célula donde el terminal de usuario utiliza los códigos secundarios de sincronización del SCH para sincronizar la trama e identificar el grupo de códigos de la célula
- *La tercera fase* se encarga de la identificación del código utilizado por la célula encontrada.

El procedimiento de sincronización de canales comunes de control se invoca una vez decodificada la información difundida por el BCH donde se encuentra la relativa a los retardos o adelantos del resto de los canales comunes de control respecto del canal físico primario de control común.

La sincronización de un canal dedicado DCH implica la sincronización de los dos canales físicos que lo componen (DPDCH y DPCCH). Hay dos casos de sincronización:

- *Establecimiento de un DCH nuevo*
  - La red de acceso UMTS, UTRAN transmite por los canales DPDCH / DPCCH.
  - El equipo de usuario se sincroniza con estos canales al nivel de chip y trama.

- El equipo de usuario comienza la transmisión un número de chips después en los canales DPDCH / DPCCH ascendentes e inicia el proceso de control de potencia en bucle cerrado, tomando como nivel de potencia inicial el mismo que utilizaría en el acceso por los canales de acceso aleatorio RACH.
- La red de acceso se sincroniza con los canales ascendentes e inicia el control de potencia en bucle cerrado, confirma y lo comunica al nivel superior.
- *Sincronización de DCH descendente cuando ya está establecido el ascendente*, lo que se produce cuando el terminal añade una nueva célula al conjunto activo en traspaso blando y debe comenzar la transmisión en el sentido descendente sincronizando los canales en ambos sentidos.

### 6.3.2 Funciones relacionadas con el control de enlace radioeléctrico en la red de acceso

Bajo este conjunto de funciones está la función de establecimiento y liberación del enlace radioeléctrico, cuyo cometido es el control del establecimiento y liberación del enlace radioeléctrico de acceso en el establecimiento y liberación de la conexión extremo a extremo, activada esta última por la petición de otras entidades al establecer o liberar una llamada, y el mantenimiento del enlace radioeléctrico una vez establecida la conexión extremo a extremo.

Otra función perteneciente al mismo grupo es la reserva y liberación de canales radioeléctricos físicos consistente en la conversión de las peticiones de establecimiento o liberación del enlace radioeléctrico de acceso en peticiones de reserva y liberación de los canales radioeléctricos físicos correspondientes y notificación de esta acción a la entidad solicitante. Esta función puede también efectuar la reserva y liberación de canal físico en caso de traspaso. Además, la cantidad de recurso radioeléctrico necesaria puede cambiar durante una sesión debido a reducción o ampliación de servicio del usuario o a peticiones de macrodiversidad. Por tanto, esta función debe poder reservar o liberar dinámicamente canales físicos durante una llamada.

La atribución y desatribución de canales radioeléctricos físicos es la función responsable de la utilización efectiva de canales radioeléctricos físicos, una vez que han sido reservados.

Finalmente, dentro de las funciones relacionadas con el control del enlace radioeléctrico en la red de acceso, hay una función que se ocupa de la transferencia de datos en modo paquete a través de la interfaz aérea. Se trata de la transferencia de datos por paquetes por función radioeléctrica. Esta función incluye procedimientos que proporcionan: control de acceso de paquetes, multiplexación de paquetes, detección y corrección de errores, control de flujo entre otros.

### 6.3.3 Funciones relacionadas con la gestión de Control de Potencia RF

El control de potencia en los sistemas 3G basados en técnicas de espectro ensanchado, es estrictamente necesario para el correcto funcionamiento del sistema. La función de control de potencia de radiofrecuencia RF se encarga de ello, de forma que la potencia de transmisión radioeléctrica no sea mayor que la requerida para la calidad de servicio solicitada, controlando el

nivel de potencia transmitida desde el terminal móvil así como desde la estación base, evitando de esta forma el efecto cerca-lejos, que se produce en cualquier enlace radio en un entorno móvil.

El objetivo de control de potencia es conseguir que las transmisiones procedentes de distintos terminales lleguen con la misma energía por bit a la estación base (nodo B) propias de la tecnología CDMA, o dicho de otra forma, que la calidad de un enlace, especificada mediante una relación SIR o  $E_b/N_0$  objetivo, sea independiente de las condiciones de propagación de señal útil y de las interferencias, tal y como se muestra en la figura 6.2

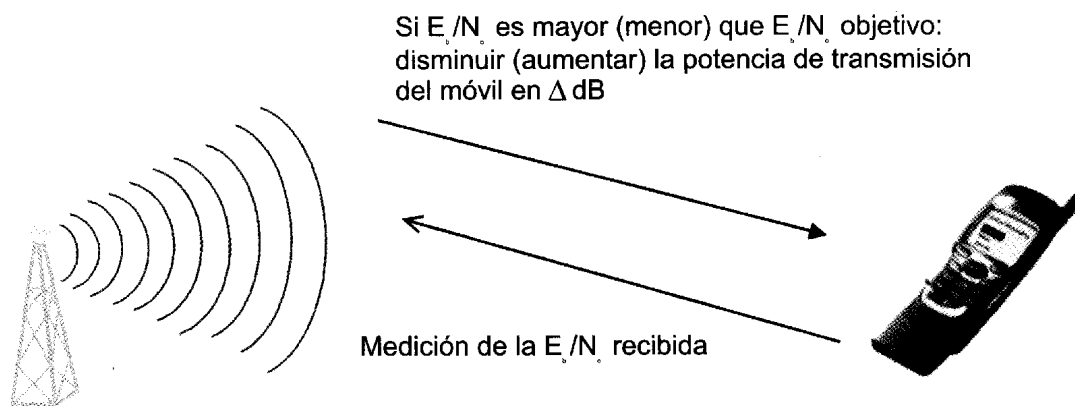


Figura 6.2 Control de Potencia en el enlace ascendente

Hay tres tipos de control de potencia:

- *El control de potencia en lazo abierto*, se emplea en los canales de acceso aleatorio RACH y en los canales dedicados. En los primeros el nivel inicial con el que la estación de usuario accede a la red se determina a partir de las pérdidas por propagación en el enlace descendente y el nivel de interferencia en el nodo B y en los canales dedicados se utiliza el control de potencia en lazo abierto en el primer momento en que se establecen.
- *El control de potencia en bucle cerrado interno*, se da en los canales bidireccionales. El bucle interno se encarga de mantener la relación señal / interferencia en el receptor en un determinado valor, sirviéndose de la transmisión de comandos de potencia varias veces por segundo y siempre muchas más veces que la ejecución del bucle externo.
- *El control de potencia en bucle cerrado externo*, menos veces que la del bucle interno, esta controlado por niveles superiores al de control del recurso radio y cuyo objetivo es revisar y ajustar el valor de la relación señal / interferencia para alcanzar la calidad.

Además de la función de control de potencia, encargada de determinar el nivel de potencia radio, se necesita la función que ajuste o fije el nivel de potencia de salida de un transistor radioeléctrico con arreglo a la información de control proporcionada por la función control de potencia RF. Esta es la función de establecimiento de la potencia RF que forma parte de cualquier esquema de control de potencia, sea bucle cerrado o abierto.

## 6.4 Gestión de la Movilidad

La gestión de movilidad se ocupa del soporte de la movilidad de terminales, organizado en diferentes niveles que abarcan desde el establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace o conexión de los terminales móviles, con los nodos de red que les atienden, las estaciones base y los nodos B, conocida como conexión del subnivel de gestión de movilidad, MM (Mobility Management) hasta aquellos dedicados a la gestión de la información que se proporciona a la red de localización y la provisión de confidencialidad de la identidad del usuario, en los que se involucra de forma amplia la red central.

Dependiendo de cómo se inicien hay tres tipos de procedimientos de gestión de la movilidad:

- *Los procedimientos comunes*, que pueden ser iniciados siempre que este activa una conexión en el nivel inferior. A este tipo pertenecen, iniciados por la red, los siguientes: reasignación de la identidad temporal del abonado móvil, identificación, autenticación, información de gestión de la movilidad y el procedimiento de aborto de una conexión.
- *Los procedimientos específicos*, pueden iniciarse si no existe otro procedimiento específico activo o no hay una conexión de gestión de la movilidad. A este grupo pertenecen los procedimientos de activación o dar de alta el IMSI y actualización, tanto ordinaria como periódica, de la localización.
- *Los procedimientos de gestión de la movilidad*, que se utilizan para establecer, mantener y liberar una conexión entre la estación móvil y la red. El establecimiento de una conexión a este nivel solamente puede hacerse si no hay corriendo ningún procedimiento MM específico. Al mismo tiempo puede existir más de una conexión activa.

De las funciones ligadas a la conexión MM posiblemente la más relevante es el traspaso, HO (handover) que involucra al estrato de acceso en aquellos aspectos dependientes de la tecnología radio utilizada y a otros estratos en los aspectos independientes de la radio.

### 6.4.1 Traspaso o Handover

El traspaso es la funcionalidad mediante la que la red y el terminal móvil mantienen la continuidad de la conexión superando las dificultades que aparecen en la conexión. Los motivos que pueden activar la ejecución de un traspaso son varios, por ejemplo: cuando el terminal se mueve de una a otra célula contrarrestando el deterioro progresivo de la calidad en una conexión, la pérdida de nivel de señal de la estación base correspondiente porque se ha reducido la potencia transmitida, cuando se produce un elevado nivel de interferencia que imposibilita la comunicación con calidad adecuada, cuando por razones de tráfico se deben liberar recursos de una estación base y continuar la comunicación a través de otra con menor tráfico delimitando el área de cobertura o cualquier otra razón por la que un terminal se le debe asignar recursos nuevos que sustituyan a los que venía utilizando.

Los tipos de traspaso considerados en UMTS pueden clasificarse en función del modo de operación del sistema y del modo de ejecución del propio mecanismo de handover ligados a la tecnología usada, los cuales son:

- *Modo de operación del sistema*, donde pueden distinguirse:
  - Traspasos intra modo (entre dos portadoras FDD o TDD pudiendo utilizar ambas la misma frecuencia).
  - Traspasos íter modo (entre los modos de operación FDD y TDD)
  - Traspasos íter sistema (entre sistemas diferentes del tipo 3G y 2G)
- *Modo de ejecución del traspaso*
  - *Traspasos sin continuidad (hard handover)*, se trata de un traspaso en el que el cambio de recursos se hace después de haber liberado los recursos asignados al canal antiguo e implica la interrupción del enlace (1G entre 300 y 500ms mientras que en los digitales 2G se reduce a 100ms), debido fundamentalmente a que las estaciones base vecinas utilizan diferentes portadoras y/o bases de tiempo y las estaciones móviles no son capaces de conectarse simultáneamente a ambas. Además, en este caso, la interpolación de señal vocal durante este tiempo hace que el usuario telefónico no perciba la interrupción o, cuando menos, resulte totalmente tolerable. Cabe mencionar que este truco, utilizado con buenos resultados en GSM no es aplicable al caso de comunicaciones de datos ya que la red no está preparada para esta eventualidad, almacenando y reenviando datos.

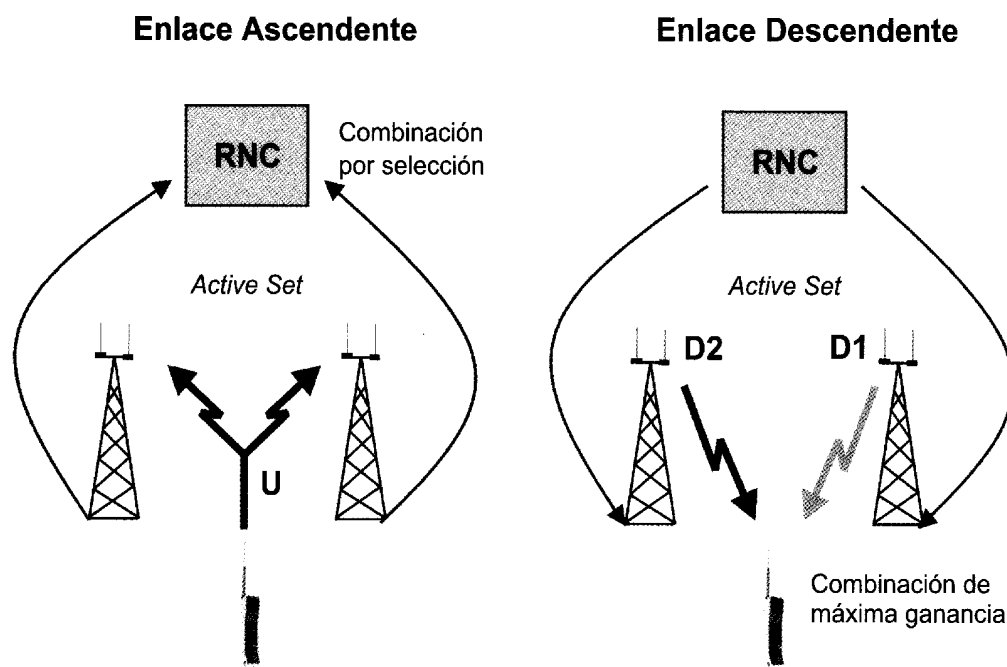


Figura 6.3 Utilización de traspasos soft en los enlaces ascendente y descendente de UMTS

- *Traspaso con continuidad (soft handover)*, (figura 6.3) en este caso las estaciones base de células vecinas utilizan la misma frecuencia y el terminal es capaz de estar operando simultáneamente con más de una de ellas. De esta forma el terminal, cuando se recibe la señal de otra estación base con suficiente nivel, se engancha a ella, lo comunica a la red para que le encamine el tráfico también por la segunda estación y se conecta con las dos estaciones a la vez y en cualquier momento puede abandonar alguna de ellas sin perder continuidad en la comunicación. El traspaso asociado a este modo de operación se hace sin solución de continuidad en el enlace. Es evidente la mejora de calidad en el handover aunque es notable el incremento de complejidad y de tráfico en la interfaz aérea. Cuando la situación de enlace múltiple se mantiene siempre, se habla de macrodiversidad, lo que viene a significar que la estación móvil y la red están conectadas por más de un enlace al mismo tiempo.

En el modo FDD es posible la realización del traspaso con continuidad (soft) cuando las células involucradas funcionan en la misma frecuencia, en caso de tratarse de células FDD operando a frecuencias diferentes, el traspaso realizado es del tipo hard. Este traspaso también se utiliza en el modo TDD, independientemente de las frecuencias de las células implicadas.

Algunas ventajas de la utilización de traspasos soft son:

- *Reducción del efecto “party”* debido a inestabilidades del control de potencia en sistemas CDMA, el cual provoca que de no encontrarse un terminal móvil conectado a la mejor estación de base en términos de propagación, pueda aparecer con más facilidad un efecto de retroalimentación positiva en el mecanismo de control de potencia.
- *Reducción del efecto ping-pong* propio de los traspasos hard y que se combate habitualmente con la utilización de un margen de histéresis.
- *Continuidad del servicio en la capa física de la interfaz radio*, de forma que no se produce ninguna interrupción en la comunicación.

El mecanismo de traspaso permite reducir la imagen de potencia necesaria para compensar el efecto de los desvanecimientos lentos propios del entorno de propagación radio, siendo dicha reducción más notable en caso de traspasos *soft*, que además proporciona una ganancia adicional frente a los desvanecimientos rápidos. 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.

#### 6.4.2 Macrodiversidad

Se denomina macrodiversidad a la recepción o transmisión de la misma información por múltiples estaciones de base, lo cual permite aumentar la calidad del servicio aprovechando la existencia de caminos de propagación distintos que presentan características de relación señal a

interferencia similar, por ende, la macrodiversidad implica la replica múltiple de las señales radio para recibir / transmitir la misma información a través de múltiples canales radioeléctricos desde / hacia un solo terminal móvil. Esta función también controla la combinación señales o secuencias de información generadas por una única fuente, pero transportados a través de varios subenlaces con diversidad.

En los sistemas CDMA, la posibilidad de reutilización de las mismas frecuencias en células adyacentes y la capacidad inherente para combatir los efectos dispersivos del canal, facilitan la adopción de los traspasos *soft* y la utilización de macrodiversidad mediante mecanismos de selección y/o combinación.

En el traspaso dependiendo del nivel de red involucrado se consideran los siguientes tipos:

- Traspaso intracelular
- Traspaso intra-red de acceso (intra-UTRAN)
- Traspaso intra-UTRAN, sin cambio de punto de acceso a la red central, CN
- Traspaso intra-CN, con el mismo o distinto red de acceso
- Traspaso inter-CN, con el mismo tipo de CN y URAN o diferente tipo de URAN
- Traspaso inter-CN, con el mismo o diferente tipo de URAN y diferente tipo de CN
- Traspaso inter-CN sin cambio de URAN

Cada tipo de traspaso implica diferentes niveles de complejidad y pueden limitarse al estrato de acceso, como los primeros o llegar a mas allá de este.

Desde un punto de vista operativo, el traspaso generalmente implica tres fases: *la fase de medidas, la toma de decisión acerca de hacerlo o no y la ejecución del mismo.*

#### 6.4.3 Fase de Medidas

Relacionada con la fase de medidas esta la función de estimación de la calidad de los canales radioeléctricos, encargada de las medidas que se deben hacer tanto de la célula propia como de las vecinas, convirtiendo esas medidas en estimaciones de calidad de los mismos. Las medidas que se realizan son de diferentes tipos como por ejemplo:

- Niveles de señales recibidas,
- Tasas de errores en los datos,
- Estimación de los entornos de propagación,
- Distancia entre transmisor y receptor medida mediante la información de temporización,
- Medida de la dispersión Doppler,

- Situación de sincronización,
- Medida de indicadores de calidad basados en los diagramas de ojos de la señal, de donde puede deducirse información sobre la interferencia de otras señales, nivel de ruido e interferencia entre símbolos.

Además de las operaciones ordinarias de comunicación debe hacerse la operación de medida, es decir el móvil debe disponer de recursos para desarrollar esta, también debe evaluar la calidad del servicio total y para hacerlo puede tener en cuenta las medidas de calidad anteriores hechas en los canales radioeléctricos, caudal y retardo de los datos y otras medidas de calidad de servicio, tanto para la célula como para las circundantes.

#### 6.4.4 Decisión de Traspaso

La función desencadenante del traspaso identifica las células que pueden añadirse o suprimirse del enlace de acceso. Esta información se utiliza para la función decisión de traspaso. 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 puede ser utilizados como criterios de decisión, pueden distinguirse estrategias basadas en:

- El cálculo del nivel de potencia recibido de los canales piloto de las estaciones de base o bien en el canal dedicado del terminal para valorar la necesidad de efectuar un traspaso.
- Estimadores de calidad, como pueden ser la relación señal / interferencia (SIR) y/o el cálculo de probabilidades de error.
- La definición de una distancia máxima, a partir de la cual debe realizarse un traspaso de la conexión hacia una célula más cercana.

En la fase de decisión de traspaso se considera dos funciones, cada una ligada al origen de la decisión. El traspaso puede ser:

- *Iniciado por el terminal*, como resultado de la evaluación de la calidad del servicio y genera una petición de nuevos recursos. En este caso, el terminal usa una estrategia de reasignación de recursos o de traspaso para seleccionar nuevos recursos. Cuando es necesario también solicita que la red combine los trayectos de diversidad.
- *Iniciado por la red*, esta función resulta de la evaluación de la calidad de servicio o la necesidad de reasignación de recursos o de traspaso para seleccionar nuevos y genera una petición para diferentes recursos coordinando la asignación del nuevo. Cuando es necesario también solicita que el terminal combine los trayectos de diversidad.

Para evitar hacer handover innecesarios y no caer en el fenómeno conocido como ping-pong en la toma de decisión basada en la medida de la calidad de servicio se introduce una cierta histéresis o diferencia de umbrales en la toma de decisión. Esto quiere decir que si la decisión de

traspaso en un cierto sentido se ha tomado para un determinado valor de las medidas, para deshacerlo o hacerlo en sentido contrario, el valor debe ser diferente. De este forma cuando un terminal se encuentra en las proximidades del umbral de traspaso, lo atravesara en un sentido, pero no en el sentido contrario, evitando que bascule rápidamente de un traspaso a otro.

Otro mecanismo utilizado para evitar frecuentes handover es la utilización de un temporizador, de tal forma que cuando una estación hace un traspaso, queda inhabilitada para hacer otro hasta que transcurra determinado tiempo, cuando cumple el periodo fijado en un temporizador.

Respecto al punto de decisión del traspaso puede concluirse que conforme el proceso sé va descentralizando, el tiempo necesario para la ejecución se reduce, pero también disminuye la información disponible para optimizar el criterio de decisión de la nueva estación base.

#### 6.4.5 Escenarios de Aplicación

La planificación y estructura de un sistema celular dependen, entre otras, de las características de trafico de los servicios ofrecidos (distribución espacial, tasas binarias, calidad de servicio) y de las características de propagación de la zona de cobertura (rural, urbana, interiores de edificios). Tal situación da lugar a una multitud de entornos con características completamente diferentes en cuanto a las prestaciones de los procedimientos de traspaso necesarios.

En la figura 6.4 se ilustra la posibilidad de coexistencia de varios niveles de células en una misma zona de cobertura (macro / micro / Picocélulas, cobertura por satélite). Una gestión eficiente de los recursos radio pasa por ubicar las diferentes conexiones establecidas en el sistema en la capa de células más idónea, en función del servicio proporcionado y de las condiciones de movilidad de los terminales.

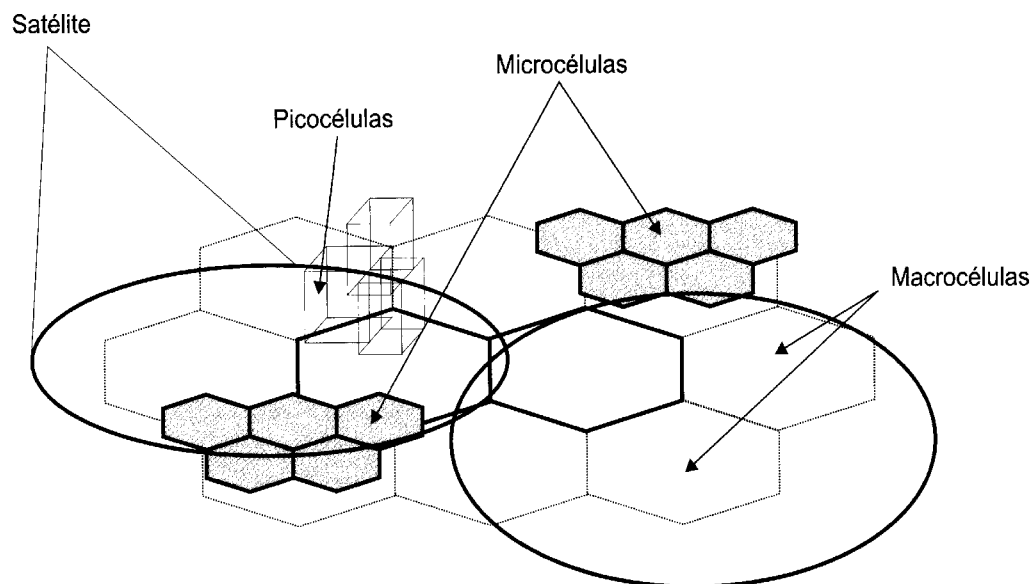


Figura 6.4 Escenario estructurado en diferentes capas de células

En un entorno macrocelular, la característica más relevante en términos de traspaso es la relativamente suave transición de potencia entre células adyacentes, de forma que las áreas de solapamiento son, por lo general, bastante amplias. La mayoría de algoritmos de traspaso tienen la peculiaridad de tolerar un cierto retardo en la fase de iniciación del traspaso, a fin de reducir el número de trasposos innecesarios. En las microcélulas, las condiciones de propagación son muy dispares, porque dependen de las características de los edificios y calles que forman el entorno de implantación, dichas condiciones inciden directamente en el diseño de las estrategias de traspaso.

Normalmente para caracterizar los mecanismos de traspaso se recurre a la distinción entre trasposos LOS y NLOS, donde las estaciones de base involucradas tienen visibilidad directa entre sí, al contrario de lo que ocurre en trasposos NLOS. Por ello en los trasposos LOS puede ser conveniente retardar el instante óptimo de ejecución del traspaso, en cambio en traspaso NLOS interesa realizar una conmutación rápida a la nueva estación de base porque el enlace con la estación antigua probablemente no va a recuperarse.

Las planificaciones basadas en macro o microcélulas no son excluyentes, al contrario la implantación de UMTS propicia la aparición de estructuras celulares superpuestas sobre una misma área de servicio.

#### 6.4.6 Ejecución del Traspaso

Una vez completadas las fases de medida y decisión deben procederse a la ejecución efectiva del traspaso. El modo de ejecución del traspaso puede ser *hard* y *soft*. Dependiendo de la forma en la que se prepara el traspaso, hay diferentes tipos:

- *La red ha sido informada de la célula destino antes que el móvil cambie de célula.* Este es el traspaso típico en los sistemas 1G y 2G, en particular GSM.
- *La red no es informada antes del cambio.* Este caso es seguido por sistemas de pequeña área de cobertura y frecuentes trasposos, como sucede en los sistemas personales 2G en particular en el sistema digital de telecomunicaciones sin hilos DECT.
- *El móvil informa a la red antes de abandonar la célula de procedencia.*

Centrándose en la ejecución de un traspaso *soft*, los procedimientos especificados en UMTS para llevar a cabo su ejecución son los siguientes:

- Adición de un canal radio (FDD soft-add)
- Liberación de un canal radio (FDD soft-drop)
- Adición y liberación combinadas

Otra clasificación de traspaso se hace basada en quien toma la decisión del traspaso, que puede ser el terminal o la red, bien sea la de acceso o la central. En este último caso, probablemente la decisión se tome basada en la información que le pasa la red de acceso y el móvil. Es deseable

que este último tipo de traspaso sea evitado con el fin de independizar las funciones radio dependientes de la red central, lo que implicara comunicación entre diferentes redes de acceso.

La decisión de traspaso puede invocar la función de control de macrodiversidad que controla la distribución y la combinación del tren de información entre los elementos de la conexión, que esta situada a los dos puntos extremos del enlace de conexión al que se aplica macrodiversidad.

La ejecución del traspaso se encarga del control de traspaso efectivo del trayecto de comunicación. Comprende dos subprocesos:

- Reserva de recursos de traspaso, reservará y activará los nuevos recursos radioeléctricos inalámbricos necesarios para el traspaso.
- Conmutación del trayecto de traspaso, efectuará la comunicación final de los viejos a los nuevos recursos, incluida cualquier combinación de trayecto intermedio requerida, por ejemplo adición de una rama de traspaso y supresión de una rama de traspaso en el caso de traspaso con diversidad.

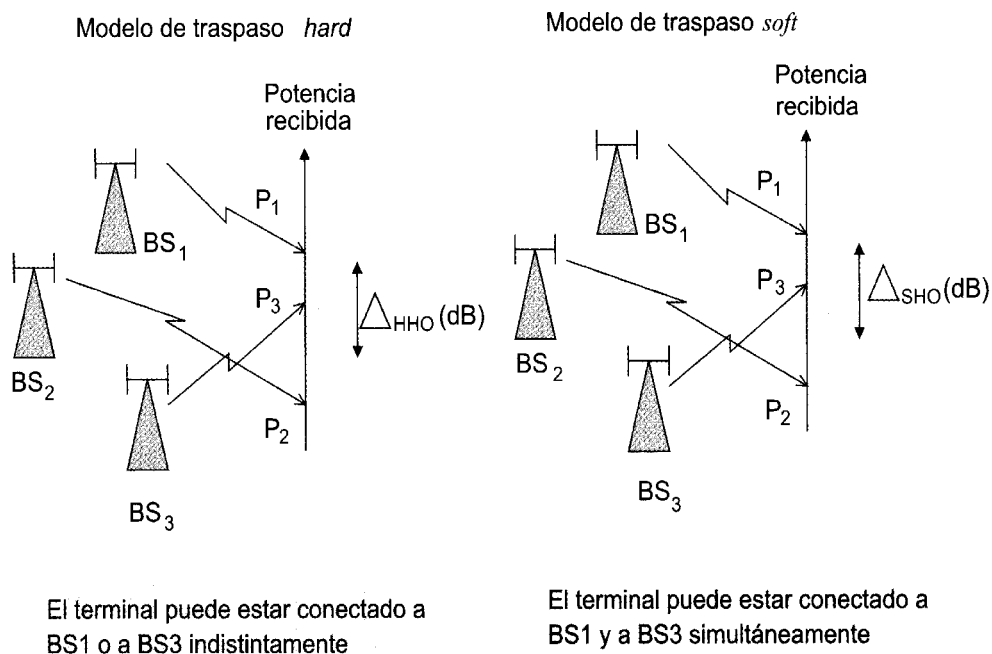
Finalmente, una vez que se ha ejecutado el traspaso se invoca la función de terminación del traspaso que liberará cualesquiera recursos que ya no se necesiten. Puede también desencadenarse un reencaminamiento de la llamada a fin de optimizar la nueva conexión.

#### 6.4.7 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. El motivo es el diferente grado de protección que ofrece un traspaso *soft* respecto a uno *hard* frente a los desvanecimientos propios del canal radio. Dicha protección se traduce en una mejor utilización de la potencia en el caso de los traspasos *soft* y resulta manifiesta en términos de ganancia de capacidad y de cobertura, mostrados en la figura 6.5

A continuación se facilitan valores cuantitativos de la ganancia en capacidad y cobertura resultante de la utilización de traspasos *soft* frente a la utilización de traspasos *hard*. Dicha ganancia se analiza bajo dos perspectivas diferentes:

- *Ganancia frente a desvanecimientos lentos*. El concepto de desvanecimiento lento trata de reflejar las condiciones irregulares de propagación propias de un entorno radio. Dichas condiciones deben tenerse en cuenta en el diseño del algoritmo de traspaso en términos de selección de la estación o estaciones de base idóneas para cursar una conexión.
- *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.



**Figura 6.5 Modelos de Traspaso hard y soft**

### 6.5 Gestión de la Localización

Una de las funcionalidades fuertemente relacionada con la gestión de la movilidad es la gestión de la localización. Se trata de la funcionalidad mediante la que la red conoce la situación del terminal móvil y como entre este y la red no hay vinculo físico continuo, se implementa un procedimiento que permita conocer donde se encuentra el móvil, con la precisión requerida en cada momento y para satisfacer las condiciones operativas necesarias.

Por ejemplo, cuando un móvil se vincula a una red y permanece en estado de espera o escucha, es suficiente que la red conozca el área en la que tiene que alertarle para hacerlo cuando haya datos, en una red de paquetes, la red precisa conocer la célula en la que se encuentra el móvil para enviarle los paquetes de datos destinados al mismo.

La localización del móvil en la malla celular definida por el conjunto de estaciones base implica una comunicación entre móvil y la red. Es objetivo de la gestión de localización optimizar el trafico de señalización, tanto el asociado a la localización propiamente dicha como el relacionado con los mensajes de alerta.

Las funcionalidades relacionadas con la localización se desarrollan basándose en una estructura lógica jerarquizada de la malla celular, que permite tener localizados a los móviles con mayor o menor exactitud geográfica, dependiendo de la función de comunicaciones a la que sirva la localización.

### 6.5.1 Organización Jerárquica de la Red

Con el fin de prestar los servicios contratados por los usuarios y gestionar eficazmente la movilidad, tanto local como personal, la cobertura de los sistemas móviles se organiza de forma jerarquizada en áreas de diferente tamaño y naturaleza que se resumen a continuación:

- *Célula*, es el área cubierta por la señal radio de una estación base o nodo B, identificada por los códigos de identificación de estos elementos. Desde el punto de vista localización, la célula es el elemento más sencillo atendido por un nodo B o una estación base transceptora, BTS (Base Transceiver Station).
- *Área del Controlador de Estación Base*, cubierta por las células controladas por un controlador de estación base, BSC (Base Station Controller). Comprende una o más células y no esta relacionada con el área de localización.
- *Área de Localización*, es un área compuesta por una o más células y atendida por un registro de visitantes, VLR (Visitor Location Register). Un terminal puede moverse libremente por esta área de cobertura sin necesidad de actualizar su posición en el VLR. Este puede atender una o mas LA (Location Área). Es una área relacionada con la gestión de la movilidad al nivel de red central.

La red debe conocer la localización de los móviles para poder alertarles cuando hay una llamada destinada a los mismos. En un servicio con conmutación de circuitos, la red central asocia a cada terminal una identidad temporal, TMSI, única en cada LA, utilizada mientras que el móvil permanece en esta área. Cada vez que el móvil llega a una nueva LA, se le asocia un nuevo TMSI. Un LA esta formado por un numero de células pertenecientes a un controlador de red radio, RNC, conectados a un mismo nodo de la red central.

El tamaño de LA lo establece el operador en función de la operación de la red, valorando consideraciones antagónicas como son el trafico generado al alertar a los usuarios y el trafico imputable a la actualización del área de localización.

- *Área de Alerta*, concepto introducido en el contexto de optimización de tráfico de señalización, se desarrolla paso a paso, comenzando por difundir el mensaje de alerta en el subgrupo de células donde se tenga mayor confianza de alertar al móvil. El subgrupo se va modificando hasta que se cubre la totalidad de LA. En cada paso del procedimiento se difunde el mensaje de alerta en un área de alerta o “paging”.

La eficiencia de un procedimiento de este tipo esta estrechamente relacionada con la habilidad de la red para predecir el subgrupo de células en el que esta el terminal buscado. Una estrategia utilizada con cierto éxito comienza alertando al usuario en la célula en la que tuvo el ultimo contacto con la red, para seguir con otras células en las que el usuario “acampa” con mayor frecuencia, como su residencia o lugar de trabajo. También puede resultar útil la explotación de itinerarios probables o personales.

- *Área de Encaminamiento*, en relación con los servicios de conmutación de paquetes, la red utiliza las áreas de encaminamiento (RA) utilizadas para alertar a un móvil cuando hay paquetes destinados a él. De forma similar al caso anterior, a cada terminal móvil se le asigna una identidad temporal P-TMSI, única en el área de encaminamiento y cambiara cuando el terminal realice un cambio de área de encaminamiento. Un RA esta formada por un numero de células pertenecientes a RNC conectados a un mismo nodo de la red central, único en el RA. También esta siempre contenida en una LA.

*Entre las LA y RA se da la siguiente relación:* un RA es un subconjunto de una y solo una LA. La correspondencia entre el área de localización y los RNC la gestiona la red central de conmutación, MSC o VLR al que pertenece el área, mientras que la correspondencia entre área de encaminamiento y RNC la establece el SGSN del área de encaminamiento. Finalmente, las correspondencias entre LA y células y RA y células las manejan los RNC.

- *Área de MSC*, es la parte de la red atendida por un MSC y puede comprender a una o varias LA, al igual que puede estar compuesta por una o varias áreas BSC.
- *Área de VLR*, Una o varias áreas MSC dan lugar a un área VLR, que es la parte de la red controlada por un VLR.
- *Área de SGSN*, análogamente a los casos anteriores, en el contexto GPRS se especifica el área SGSN como la parte de red atendida por un SGSN, pudiendo estar constituida por una o más RA, al igual que por una o varias áreas BSC.
- *Áreas y Zonas de Suscripción Regional*, la definición del área relacionada con un usuario se almacena en el registro general de abonados, HLR y se transfiere a los VLR y SGSN del operador, puede estar contenida en el área de servicio o pueden estar relacionada con dos o más áreas de servicio de otros tantos operadores. Cada área de suscripción esta compuesta por una o más zonas, cada una de las cuales esta contenida en un área de servicio de una red móvil terrestre publica, PLMN.

### 6.5.2 Selección Celular

Relacionadas con la localización están las funcionalidades que se ocupan de la selección celular, de red y de operador, cuando es preciso y se basa en el conocimiento que tiene este de la posición que ocupa, o sea que el terminal conoce el identificador de célula, de área de encaminamiento, de área de localización, etc. y se lo comunica a la red. Si en una ubicación geográfica reside mas de una célula, hay cobertura de mas de una red y operador, la estación móvil seleccionara un elemento de cada tipo como elemento activo con el que conectara.

Un terminal móvil puede tener establecida una conexión con conmutación de circuitos, en cuyo caso se dice que esta en *modo dedicado* y también puede atender a la transferencia de datos en modo de paquetes. En este modo la función de selección celular proporciona al móvil la célula

preferida a la que puede acceder / traspasar, ésta es seleccionada de una lista de candidatos enviados al terminal móvil, midiendo y evaluando la calidad de la señal y se analiza, evitando si es necesario, la congestión en las células candidatas al acceso o traspaso.

Un terminal esta en *modo reposo* cuando no tiene establecida conexión con conmutación de circuitos ni activada una sesión para la transferencia de datos. En este modo el terminal móvil seleccionara una célula en la que acampar o estacionarse, la célula activa. Lo hará teniendo en consideración la selección de operador hecha por la función de supervisión y análisis de acceso al sistema y las medidas hechas en los canales físicos y de difusión de las células disponibles en el área dentro del alcance del terminal móvil. Seleccionada la célula, explorará y decodificará los canales lógicos y accederá a la red a través de la misma cuando sea preciso.

Cabe mencionar que no solamente se mide y decodifica los canales lógicos de la célula activa, se hace otro tanto con canales de difusión de las células vecinas en prevención de la activación de una nueva célula como consecuencia del movimiento del terminal y la pérdida de calidad en los canales. Este proceso facilita la adquisición y selección de las células candidatas a ser activadas.

El modo de transferencia de datos por paquetes se da cuando el terminal móvil interviene en una transacción de datos por paquetes pero no en una conexión con conmutación de circuitos. En este caso la selección celular se basa en la medida y evaluación de la calidad de las señales de la propia célula y de las vecinas y en el análisis y valoración de la congestión en las células potencialmente activas.

### 6.5.3 Funciones Relacionadas con la Radio búsqueda de Terminal

Es una característica mediante el terminal móvil es finalmente localizado en la célula donde se halla para el establecimiento de una conexión iniciada en la red con el terminal con fines de señalización o entrega de paquetes (donde se puede transferir datos de usuario).

- *Decisión y control de radio búsqueda*, iniciara la identificación de la zona de ubicaciones del terminal móvil y su estado (ocupado, reposo, registrado activo), puede o no realizarse según el estado del terminal móvil u otros factores decididos por el operador de red del sistema servidor en el que esta ubicado en ese momento el móvil. La decisión y control de radio búsqueda procesara también la respuesta de radio búsqueda del terminal móvil.
- *Ejecución de la radio búsqueda*, esta función ejecutara la radio búsqueda del terminal dentro de su zona de responsabilidad con arreglo a la información recibida de la función decisión y control de radio búsqueda. Esta ejecución incluye la identificación de células radioeléctricas en las que se difunde radio búsqueda. Puede necesitar repeticiones de la radio búsqueda.
- *Detección de la radio búsqueda*, esta función detecta la radio búsqueda y procesa la respuesta del terminal móvil a la radio búsqueda en el terminal móvil.

#### 6.5.4 Funciones Relacionadas con la Gestión, Registro y Desregistro de Datos

La gestión de datos de ubicación es un agrupamiento de características y funciones necesarias para permitir a la red localizar un terminal móvil a fin de establecer una conexión o entregarle paquetes. La información de ubicación puede proporcionarse con exactitud diferente, según el modo de explotación del terminal en ese momento.

- *Iniciación de la gestión de datos de ubicación:* Evaluando el resultado de la supervisión y el análisis de la información de acceso al sistema y/o teniendo en cuenta la situación de gestión de ubicaciones, esta función solicitará características de servicio relacionadas con la gestión de ubicaciones hacia la red, periódicamente o a petición de la red.
- *Gestión de datos de ubicación,* controla los procedimientos de las características de servicio relacionadas con la gestión de ubicaciones. Entre los procedimientos se hallan las actualizaciones de la información de ubicación y/o información de situación activa del móvil en la base de datos. Incluye la actualización de las entidades de almacenamiento de datos de ubicación antiguos y nuevos así como la iniciación del borrado de los datos de ubicación de las entidades de almacenamiento que ya no son necesarios. Esta función puede permitir que la red inicie las características de servicio relacionadas con la gestión de ubicaciones para actualizar su base de datos.

Para clasificar las formas en que la red reconoce la ubicación del terminal móvil, pueden introducirse varios estados de gestión de ubicaciones, por ejemplo:

- *Estados de ubicación desconocida,* la red no tiene conocimiento alguno de la ubicación del terminal móvil.
- *Estados de ubicación conocida,* la red tiene algún conocimiento de la ubicación del terminal móvil. También, en estos estados, podría existir diferente exactitud en la ubicación del terminal móvil.
- *Exactitud de la ubicación del terminal móvil,* para clasificar la presesión con la que la red reconoce la ubicación del terminal móvil en los estados de “ubicación conocida”, puede introducirse varios grados de exactitud de ubicación, por ejemplo:
  - *Exactitud de la zona de ubicaciones,* donde se compone de múltiples zonas de célula que serían suficientes para efectuar la radio búsqueda de terminales para localizar el terminal móvil.
  - *Exactitud de la zona de célula(s),* donde se compone de una sola célula o de un número limitado de células a través de las cuales el terminal comunica con la red.

En caso de modos de explotación diferentes de un terminal, la ubicación del mismo puede conectarse con distinta precisión, dentro de cada modo de explotación. Para reducir la carga de tráfico de la red debido a actualizaciones de ubicación, en el caso de explotación paralela de comunicación con conmutación de circuitos y de datos por paquetes, se comparte la información de actualización.

- *La actualización de ubicación iniciada por el terminal* es la función con la cual un terminal móvil notificara a una red su existencia y su ubicación en la red, y con la que la información de ubicación del terminal en la red es continuamente actualizada cuando se necesita. Suele utilizarse cuando un terminal aparece por primera vez en un dominio de red o cuando no se conocen detalles de ubicaciones anteriores o cuando se desplaza a una nueva zona de ubicaciones o cuando el terminal no ha interactuado con la red durante un cierto tiempo.
- *La actualización de ubicación iniciada por la red* es una función con la que la red solicita a un terminal que se identifique a la red y pueda así establecerse su ubicación en la red. Suele utilizarse cuando un terminal no ha interactuado con la red durante un cierto tiempo y la red desea determinar si puede todavía o no alcanzarse el terminal.
- *La actualización de la ubicación de un terminal en la red servidora* es la actualización de las funciones de movilidad de la red originaria de la ubicación del terminal para el encaminamiento de llamadas entrantes. La capacidad de señalización de interconexión de redes permite al proveedor de un servicio y al operador de una red servidora comunicar las capacidades de la red servidora y las capacidades de servicio del abonado a fin de permitir la transparencia del servicio.

### 6.5.5 Funciones Relacionadas con la Determinación de la Posición Geográfica

Esta función permitirá a la red y/o a los terminales móviles calcular la posición geográfica de los terminales móviles mediante información dinámica (tales como características de las señales de radiofrecuencia recibidas, temporización, intensidad de la señal, ángulo de incidencia) y conocimiento previo de la información pertinente (por ejemplo, información almacenada tal como referencia de tiempo, posición geográfica de los elementos de red, etc).

La red y los terminales móviles pueden tener la capacidad de afectar a las características de las señales RF de manera que mejore la calidad de recepción para que puedan obtenerse resultados significativos.

La función de notificación de la posición geográfica permitirá a la red y/o a los terminales móviles notificar a las entidades funcionales interesadas y autorizadas de la red o de los terminales móviles la posición geográfica de un terminal móvil, una vez que se ha determinado esta posición.

### 6.6 Gestión de la Seguridad

La seguridad 3G se basara en el uso de un elemento físicamente seguro denominado tarjeta USIM de circuito integrado que pueda ser insertado y extraído del terminal, personalizando este para identificar al usuario y su asociación con el entorno propio para la prestación de servicios.

Dentro de las capacidades de los sistemas debe ser consideradas aquellas relativas a la seguridad de las comunicaciones y la confidencialidad y reserva de sus protagonistas, entre ellas se encuentran *el cifrado y la autenticación del usuario, la identificación del terminal, la autenticación del operador de red, la adaptación de los mecanismos de autenticación y cifrado a los servicios, control del uso de la red, privacidad de los datos relativos a la identidad del usuario y de abonado, así como los datos de facturación y los de mensajes de usuario, provisión de procedimientos de negociación de los mecanismos de autenticación entre las redes relacionadas con el usuario, la originaria y la servidora.*

Los ataques a los que puede someterse una comunicación pueden clasificarse en *pasivos y activos*. Son ataques pasivos las escuchas y los análisis de tráfico. Son difíciles de detectar y se combaten mediante la prevención. Son ataques activos la interceptación, la modificación y la inserción de información, además de la interrupción o denegación de servicio mediante el uso exhaustivo de los recursos de comunicación. Son ataques fáciles de detectar y difíciles de prever.

Con relación a los ataques pasivos deben considerarse los conceptos relacionados con la protección frente a escuchas, es decir el cifrado y la ocultación de la información. El cifrado es una técnica usual para proporcionar privacidad y protección a la información, uno de sus componentes en el que reside la seguridad y fortalecimiento es la clave. Su diagrama de funcionamiento es presentado en la figura 6.6

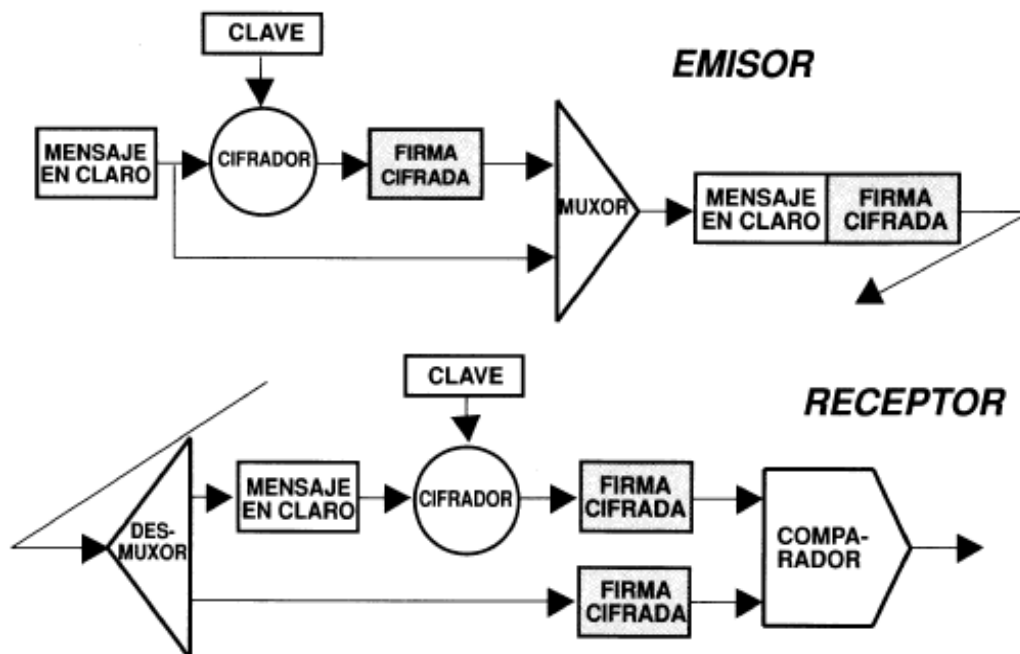


Figura 6.6 Autenticación con mensaje en claro y código de autenticación del mensaje

A la hora de considerar la seguridad en los sistemas 3G se recogen tres principios clave:

1. *La seguridad 3G debe constituirse sobre la seguridad 2G* manteniendo y desarrollando:
  - Autenticación en el acceso y cifrado de la información en la interfaz radio
  - Confidencialidad de la identidad del abonado y del USIM
  - Las características de seguridad deben ser ajenas a la operación del usuario
2. *La seguridad 3G debe mejorar la seguridad 2G* en aquellos elementos en los que se han detectado deficiencias tales como:
  - Ataques activos utilizando falsas BTS
  - Las claves de cifrado y los datos son intercambiados sin protección entre y dentro de las redes central centrales, además de que no llegan mas allá de las BTS.
  - No se proporciona integridad de los datos
  - Los sistemas 2G no tienen flexibilidad para mejorar y actualizar la funcionalidad de seguridad en el tiempo.
3. *La seguridad 3G debe ofrecer nuevas características* y protegerá los nuevos servicios
  - Habrá nuevos y diferenciados proveedores
  - Los sistemas móviles serán preferidos a los fijos
  - Aumentara el control del usuario sobre su perfil de servicio
  - Crecerá el numero y variedad de ataques activos sobre los usuarios
  - Los servicios basados en voz perderán terreno a favor de otros servicios
  - El terminal se utilizara como plataforma del comercio electrónico y otras aplicaciones
  - El terminal incorporara procedimientos de autenticación basados en métodos biométricos, como el reconocimiento de huellas digitales o de voz.

Se debe tender a proteger tanto la información generada por el usuario como cualquier otra relacionada con el mismo y por las diferentes redes, frente a usos y apropiaciones indebidos.

Desde el punto de vista de la operatividad global, se debe garantizar que las características de seguridad estandarizadas son compatibles a escala mundial, al igual que debe asegurarse a esta misma escala la interoperabilidad y la itinerancia con diferentes redes servidoras.

Debe asegurarse que el nivel de protección de los usuarios y servicios es superior al de los actuales sistemas 2G y fijos.

### 6.6.1 La Arquitectura de Seguridad

En la figura 6.7 se ha representado esquemáticamente la arquitectura general de seguridad de los sistemas 3G en la que se identifican cinco grupos de características de seguridad, cada uno de ellos atendiendo a unas determinadas amenazas cubriendo unos objetivos de seguridad.

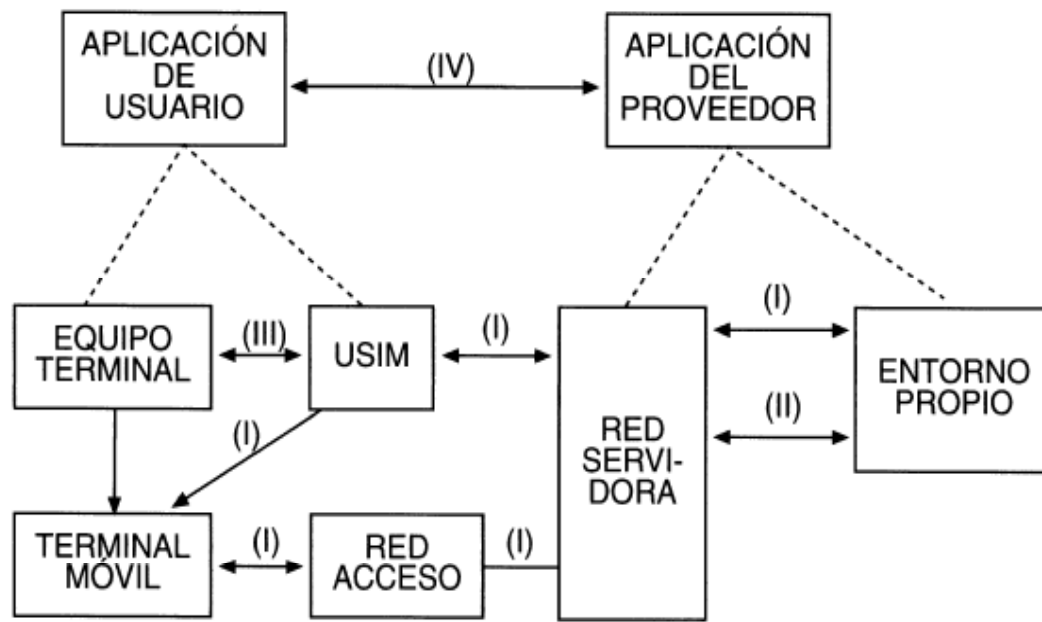


Figura 6.7 Arquitectura de Seguridad de los sistemas 3G

Grupo I, relacionado con la seguridad en la red de acceso, particularmente la relacionada con posibles ataques al enlace radio.

Grupo II, conectado con la seguridad en el dominio de la red, relacionada con las características de seguridad de los nodos de la red servidora que permiten intercambiar datos de señalización con la red propia de forma segura y protegida frente a ataques en la red fija.

Grupo III, que comprende a la seguridad en el dominio de usuario con las características protectoras del acceso seguro a los terminales.

Grupo IV, asociado a la seguridad en el dominio de la aplicación, comprendiendo el conjunto de características que posibilitan el intercambio seguro de mensajes entre dominio de usuario y proveedor.

Grupo V, encargado de la visibilidad y configurabilidad de la seguridad, que abarca las características que permiten al usuario informarse de que características de seguridad están operativas y cual no y en que medida el uso y la provisión de servicios dependen de las mismas.

Las características de seguridad se agrupan por la respuesta que dan a los diferentes requisitos, tales como las relacionadas con la confidencialidad del usuario que comprende su identidad, localización, itinerancia o movimiento por las redes dentro y fuera de cada una de ellas, para ello utiliza identidades de usuario temporales, renovadas con frecuencia o bien una identidad permanente protegida.

Las características relacionadas con la autenticación de diferentes entidades son el acuerdo del mecanismo de autenticación, la autenticación de usuario y la autenticación de la red.

Las características relacionadas con la confidencialidad de los datos en el enlace de acceso comprenden el acuerdo sobre el algoritmo y la clave de cifrado y la confidencialidad de los datos de usuario y los de señalización.

La integridad de las comunicaciones requerida en la red de acceso y en la red básica se debe contar con características similares: acuerdos sobre algoritmos y claves de integridad, la integridad de los datos y del origen de los datos de señalización.

En el dominio de usuario hay dos características que deben ser consideradas: la autenticación de la pareja de usuario USIM y la del terminal. La primera es llevada a cabo mediante el uso del número personal de identificación (PIN) y la segunda debe ser provista cuando se le dé la circunstancia de que el terminal se active o habilite solamente con determinados USIM.

Las características relacionadas con la visibilidad de la seguridad se hacen visibles al usuario mediante sucesos relacionados con el cifrado en la red de acceso, en toda la red o por la visitada.

Las características de configurabilidad en relación con la seguridad comprenden la activación y desactivación del mecanismo de autenticación USIM-usuario, aceptar o no el uso de determinados algoritmos de cifrado y activar o no llamadas cifradas.

Las amenazas a las que está expuesto un sistema de comunicaciones es múltiple, pudiéndose clasificar por los puntos o elementos donde se producen o por el objetivo de la amenaza.

El punto más vulnerable del sistema es la interfaz radio, por su naturaleza inmaterial, que facilita la escucha o ataques pasivos y los ataques activos basados en la suplantación de los terminales junto con la pareja USIM.

Se puede referir a los tres elementos de especial vulnerabilidad como la interfaz radio, el entorno de usuario y la red. Dentro del grupo de amenazas dirigidas a la confidencialidad se encuentran:

- Interceptación de mensajes sin interrupción de la comunicación
- Suplantación de identidad bien sea de red o de usuario
- El análisis de tráfico tanto pasivo como activo
- Interferencia de los datos a partir de la respuesta del sistema a una interrogación del intruso.

Las amenazas relacionadas con la integridad de las comunicaciones comprenden la manipulación de mensajes mediante modificación, inserción, sustitución o eliminación parcial de los mismos.

Finalmente otro grupo de amenazas comprende las relacionadas con la suplantación de un usuario para hacer uso de sus privilegios y servicios, siendo una variable el abuso de los privilegios de un abonado que ha cedido el uso del servicio en unas condiciones más restrictivas que las utilizadas por el usuario cuando se encuentra atendido por una red distinta de la propia.

En la figura 6.8 se representa una arquitectura del sistema relacionada con la seguridad en la que los elementos de la misma o barras verticales son los elementos o nodos de la red y los mecanismos o barras horizontales son las relaciones asociadas.

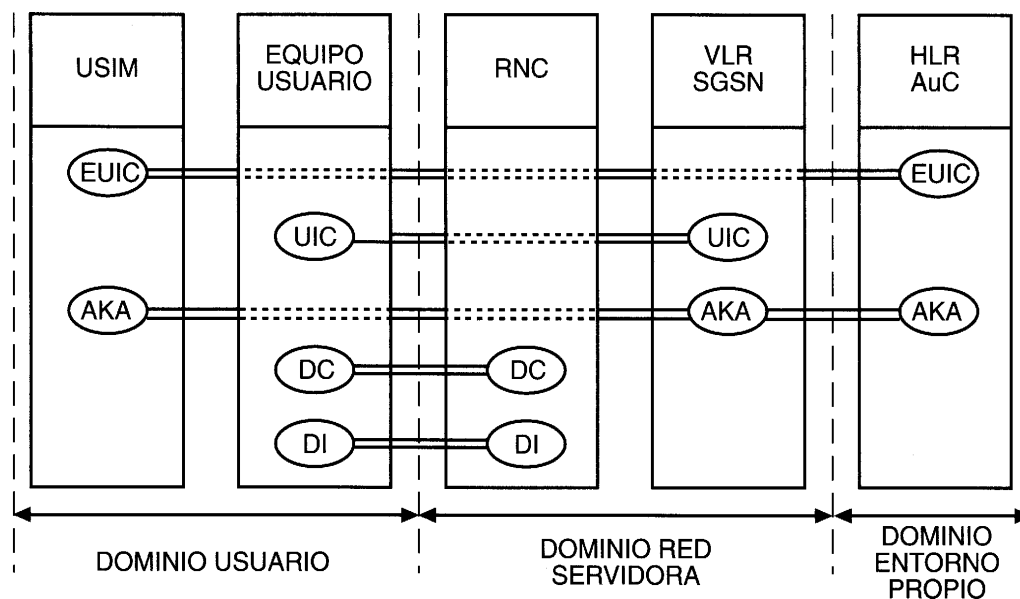


Figura 6.8 Arquitectura de Seguridad Funcional (Fuente ETSI)

El mecanismo que mejora la confidencialidad de la identidad del usuario en el acceso radio es el EUIC (Enhanced User Identity Confidentiality) mediante el uso de su identificador permanente IMU cifrado con una clave de grupo que le protege en la red visitada y posibilita identificarse finalmente ante su registro general de abonados HLR. En este mecanismo interviene activamente el USIM y el AuC (Authentication Center) apoyados por el RNC y el VLR de la red servidora.

La autenticación mutua de usuario y red se lleva a cabo mediante el mecanismo AKA basado en el conocimiento de una clave secreta residente en el USIM y el AuC/HE del usuario. En el proceso de autenticación se generan las claves de confidencialidad e integridad para ser utilizadas posteriormente. En este mecanismo de autenticación intervienen activamente las entidades USIM, VLR o SGN y HLR/AuC.

En la interfaz aérea se desarrollan los mecanismos de integridad DI basado en la clave de integridad y confidencialidad, DC haciendo uso de la clave de confidencialidad, de los datos de usuario y señalización, soportados por el equipo de usuario y el RNC de la red de acceso. Las claves se han generado previamente en el desarrollo del mecanismo anterior AKA.

## **CAPITULO VII**

### **MODELOS DE PROPAGACION Y MOVILIDAD**

#### **7. MODELOS DE PROPAGACIÓN Y MOVILIDAD**

##### **7.1 Introducción**

Tanto el despliegue del sistema UMTS por los operadores como la evaluación de sus prestaciones por fabricantes y operadores, requiere unos modelos teóricos que permiten simular su funcionamiento en el mayor número de situaciones posible, en concreto, es necesario disponer de los siguientes modelos:

- De propagación
- De tráfico
- De movilidad

Los modelos que se describen proporcionan una predicción del valor mediano de la pérdida básica de propagación. Adicionalmente, debe considerarse el efecto del desvanecimiento lento, que se modela por una distribución logarítmica normal y cuya desviación típica depende del tipo de entorno seleccionado.

Además, este capítulo incluye una descripción de los modelos de propagación de banda ancha, cuya razón de inclusión es debido a que constituyen uno de los elementos nuevos y específicos del sistema UMTS. Como este sistema utiliza un gran ancho de banda requiere que se preste una atención muy especial a las características de distorsión del canal radio. Esto es especialmente aplicable a las fases de preparación de los estándares y de diseño de los terminales.

Finalmente, se incluyen los modelos de tráfico y movilidad, donde los primeros caracterizan los diversos usuarios y servicios que van a utilizar el sistema UMTS y los segundos para simular el comportamiento de los terminales móviles en diferentes entornos: macro, micro y Picocélulas.

##### **7.2 Cálculo de las Pérdidas por Difracción**

Generalmente, los modelos de predicción de atenuación constan de dos partes:

- En una primera se consideran los obstáculos significativos del terreno tales como montes, elevaciones, etc. Y se evalúan las pérdidas por difracción.
- A continuación se aplican las expresiones de predicción de pérdidas en zonas concretas (urbanas, suburbanas, rurales, etc.) a través de los modelos específicos para cada zona.

El análisis de las pérdidas por difracción es, por tanto, previo a la aplicación de los modelos generales de predicción de zona.

La estimación de las pérdidas por difracción es uno de los aspectos mas críticos de las coberturas, dada su dificultad matemática. Para la valoración en primera aproximación, de las pérdidas por difracción en obstáculos, se idealiza la forma de estos asimilándolos a una arista de espesor despreciable (obstáculo agudo) o a una arista gruesa y redondeada con un cierto radio de curvatura en la cima (obstáculo redondeado) tal y como lo muestra la figura 7.1

En estas condiciones si bien hay soluciones de aplicación relativamente simple para el caso de un obstáculo aislado, cuando existen varios obstáculos en un perfil, los métodos rigurosos de evaluación de la pérdida por difracción multiobstaculo genera cálculos muy largos y complejos, por lo que, en general se suele recurrir a métodos empíricos que combinan de cierta forma las pérdidas de cada obstáculo por separado.

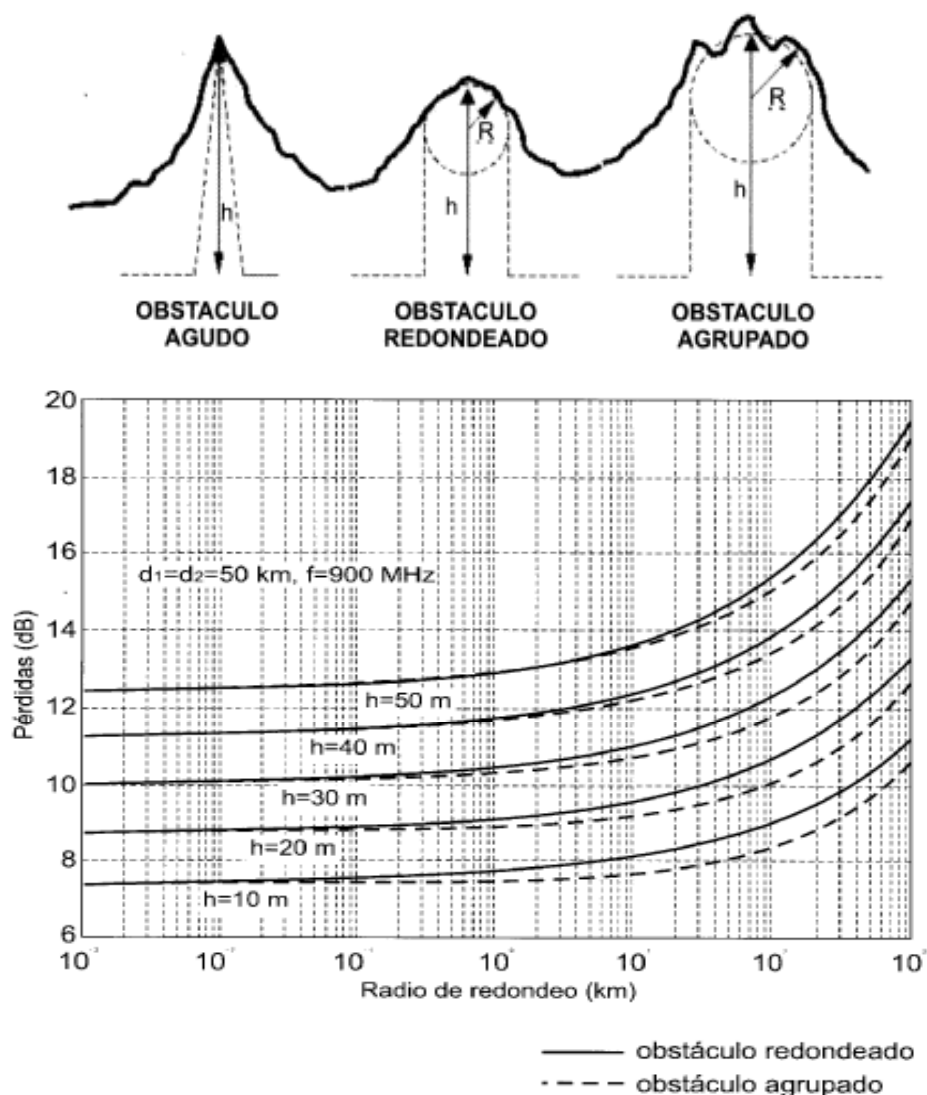


Figura 7.1 Modelos de obstáculos y comparación de pérdidas

Cuando se evalúan las pérdidas por difracción en dos o más obstáculos se plantean los casos en función de la geometría del vano, eligiéndose un método de cálculo distinto para cada uno.

- *El método EMP*, se emplea cuando existe visibilidad directa entre transmisor y receptor, pero ambos obstáculos presentan despejamiento insuficiente, las pérdidas se obtienen como la suma de las pérdidas individuales de cada obstáculo aislado.
- *El método Wilkerson*, se aplica cuando uno de los obstáculos obstruye la línea de visión directa y el otro presenta despejamiento insuficiente, las pérdidas se calculan como suma de las pérdidas individuales, considerando el obstáculo principal como aislado en el perfil y el secundario como aislado en el subvano definido por el obstáculo principal.

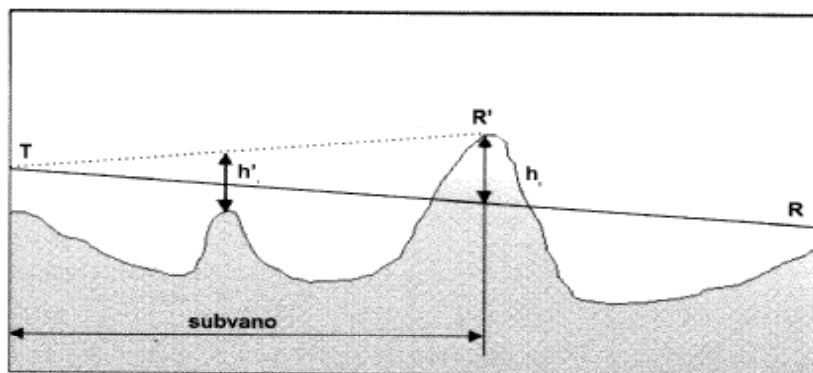


Figura 7.2 Geometría del método Wilkerson para dos obstáculos

- *El método Epstein-Peterson*, se aplica cuando los dos obstáculos obstruyen la línea de visión directa, las pérdidas se calculan como las pérdidas individuales de cada obstáculo considerado como obstáculo aislado en el subvano definido por el otro obstáculo, además se añade un término corrector que depende de las posiciones relativas de los obstáculos.

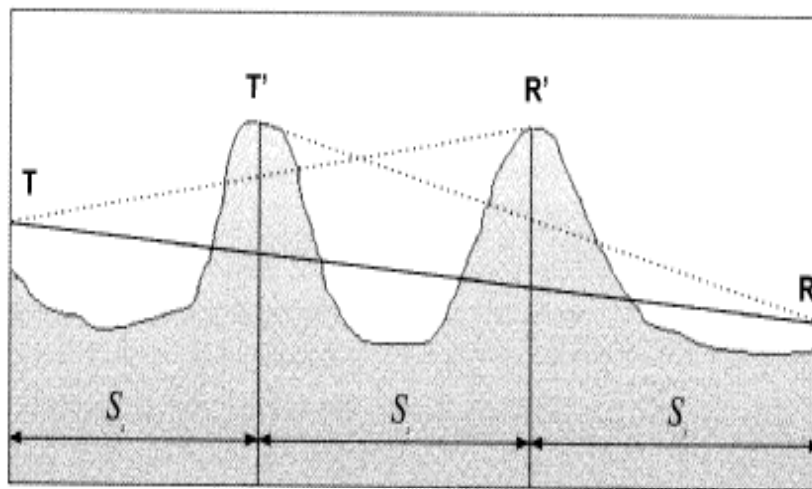


Figura 7.3 Geometría del método Epstein-Peterson para los obstáculos

- El método Deygout, es similar al anterior pero para calcular las pérdidas de los múltiples obstáculos utiliza un algoritmo recurrente que sigue los siguientes pasos:
  1. Determinación del obstáculo principal (V)
  2. Se calculan las pérdidas considerándolo como aislado ( $A_{zH}$ )
  3. Se definen dos subvanos a la izquierda y derecha, calculándole las pérdidas de forma recurrente ( $k=1$  izquierda y  $k=2$  derecha)
  4. Aplicando reiteradamente se determinan los obstáculos principales
  5. Se calculan dos términos correctores ( $L_c$ )
  6. Finalmente se totalizan todas las pérdidas más los correctores

Para calcular las pérdidas en un obstáculo aislado se considera un obstáculo redondeado, caracterizado por los horizontes desde transmisor y receptor en el entorno del obstáculo.

$$L_C^{(k)} = -\left(6 - A_{zH} + A_{zK}^{(k)}\right) a^{(k)}$$

$$a^{(k)} = \begin{cases} \sqrt{\frac{d_1^{(k)} d_2^{(k)}}{d_1^{(k)} + d_2^{(k)}}} & 6 - A_{zH} + A_{zK}^{(k)} > 0 \\ 0 & 6 - A_{zH} + A_{zK}^{(k)} \leq 0 \end{cases}$$

$$L_{dif} = A_{zH} + A_{z1} + A_{z2} + L_C^{(1)} + L_C^{(2)}$$

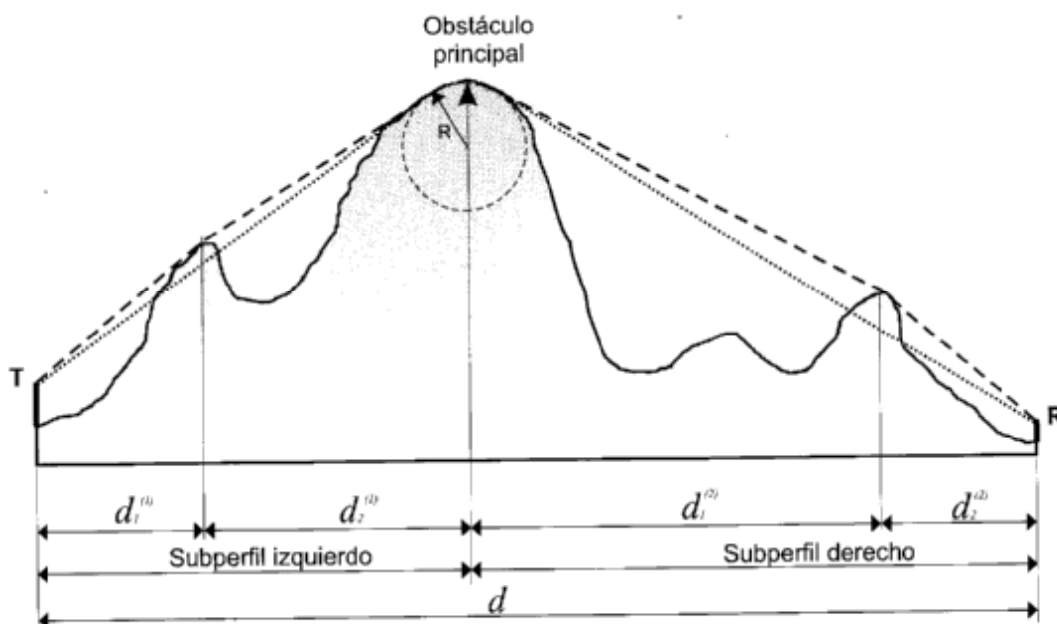


Figura 7.4 Geometría del método Deygout

### 7.3 Modelos de Propagación para Macrocelulas

A continuación se incluyen dos modelos ampliamente utilizados para la planificación de macrocelulas en los sistemas actuales de comunicaciones móviles.

- *El modelo fundamental derivado del método Okumura-Hata*, con extensiones, para calcular en rangos de frecuencia, distancia y altura efectiva más amplios. Si bien es de carácter empírico, sobre el modelo básico se han desarrollado varios métodos de calculo de la altura efectiva y las perdidas por difracción con fundamentos fisicos y estadísticos, conformándose así un modelo heterogéneo muy completo.
- *El modelo Anderson 2D*, recomendado por la EIA norteamericana y es basado más en fundamentos fisicos que empíricos por lo que resulto ser el mas preciso de todos los que fueron comparados.

Modelo	Rango de frecuencias	Rango de distancias	Altura de antena del transmisor	Polarización
Okumura-Hata modificado	150 MHz – 2 GHz (con la extensión COST231 para la banda 1500 MHz – 2 GHz)	1 km – 100 km (con la extensión UTR 529-2 para distancias superiores a 20 km)	Hasta 1000 m	No se tiene en cuenta
Anderson 2D	30 MHz – 10 GHz (hasta 60 GHz si se añaden los efectos de la absorción atmosférica y dispersión troposférica)	Sin limitación a priori	Sin limitación a priori	Vertical / Horizontal

Tabla 7.1 Rangos de validez de los modelos para macrocelulas

Para la estimación del nivel de señal en el receptor, este modelo diferencia los casos en los que hay visión directa entre transmisor y receptor y aquellos en los que no la hay. De esta forma, cabe distinguir dos modos fundamentales y excluyentes de funcionamiento:

- *Modo LOS (Line of Sight)* en el que se utiliza un modelo de dos rayos con correcciones.
- *Modo NLOS (No Line of Sight)* en el que se calculan las perdidas por difracción en múltiples obstáculos.

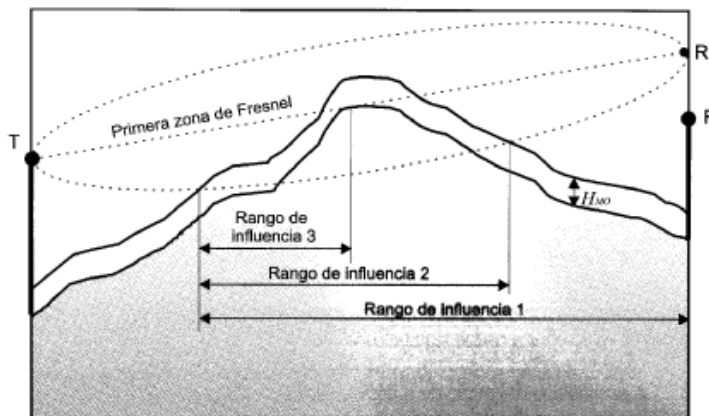


Figura 7.5 Calculo de la altura efectiva para zonas sin visión directa

## 7.4 Modelos de Cálculo para Entornos Urbanos

En entornos urbanos las configuraciones de estaciones de base microcelulares son de gran importancia, el criterio más usado para la definición de microcélulas es el relacionado con la altura de las antenas. Para una microcélula típica, la altura de la antena de la estación de base se sitúa por debajo del nivel de los tejados de los edificios o como mucho a ese mismo nivel, de esta manera la distancia máxima de cobertura resultante varía entre 250 y 500 metros.

Los modelos que se utilizan en el trazado de rayos hacen uso de una aproximación de las ecuaciones de Maxwell basada en la teoría geométrica de la difracción válida cuando los obstáculos son bastante mayores que la longitud de onda, su característica principal es que combinan la representación de rayos con la difracción, no son empíricos sino que calculan el campo en recepción como suma vectorial de rayos de los que se conocen su amplitud y fase.

Las contribuciones de la señal se pueden obtener a partir de los siguientes tipos de rayos: campo directo, campo reflejado al suelo, campo debido a la propagación sobre tejados, campo reflejado en fachadas y campo debido a difracción en las esquinas de los edificios.

Los tres primeros están contenidos en el plano perpendicular al suelo que une el transmisor y el receptor, mientras que el resto son trayectos laterales, situados fuera de dicho plano.

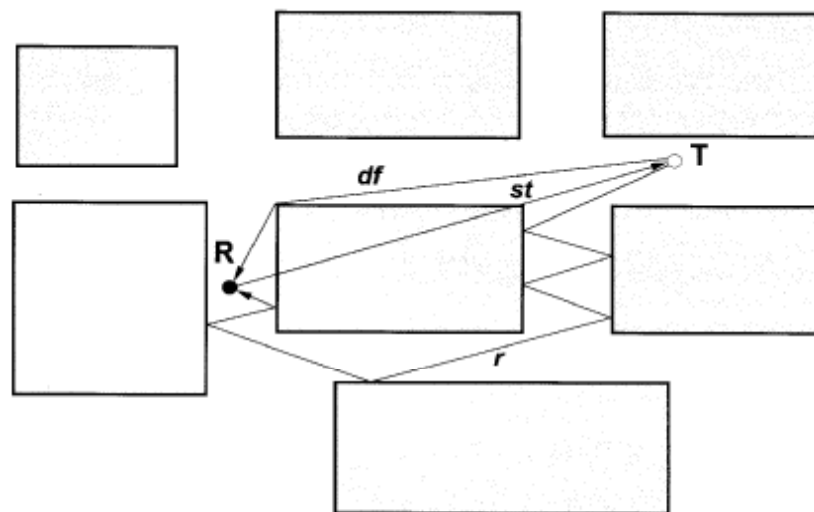


Figura 7.6 Trazado de rayos, sobre tejados (st), reflejado (r) y difractado (df)

Los modelos no basados en trazo de rayos consideran que la pérdida básica de propagación está compuesta por tres términos fundamentales que se corresponden con los principales fenómenos físicos implicados en la propagación en el caso de entornos urbanos:

- Pérdidas de espacio libre
- Pérdidas por difracción tejado – calle
- Pérdidas por difracción en múltiples obstáculos (edificios)

## 7.5 Predicción de la Pérdida Básica en Picocélulas de Interiores

Los valores de atenuación en interiores de edificios se evalúan simplemente añadiendo a la atenuación de referencia una cantidad adicional para tener en cuenta las pérdidas debidas a las paredes, techos y suelos de los edificios.

Los valores promedio de pérdidas de penetración para suelos y paredes son presentados en la siguiente tabla.

Descripción	Parámetro	Valor (dB)
Suelos: Cemento armado con espesor < 30 cm. típicos de oficinas	$L_r$	18,3
Paredes: Mamparas de pladur, paredes ligeras con ventanas	$L_{w1}$	3,4
Paredes: tabiques de ladrillo	$L_{w2}$	6,9

Tabla 7.2 Valores promedio de pérdidas de penetración para suelos y paredes

## 7.6 Caracterización de Canales Radio en Banda Ancha

La caracterización más inmediata de un canal radiomovil es la pérdida básica de propagación, que para los modernos sistemas radiomóviles digitales de banda ancha, además de la atenuación que sufre la señal RF transmitida, esta experimenta también una distorsión debida a la dispersión y variabilidad temporal del canal radio. Esta distorsión produce un incremento en la tasa de errores por lo que es necesario contrarrestar sus efectos adoptando técnicas especiales de recepción y procesado de la señal como la diversidad, codificación de canal con entrelazado y equalización digital.

La caracterización se refiere a dos aspectos básicos del comportamiento del canal radio:

- *Respuesta de multitrayecto y dispersión temporal*, se describe mediante un filtro lineal invariante en el tiempo. La propagación multitrayecto produce dos tipos de efectos según se contemple la recepción en el dominio del tiempo o de la frecuencia. Si el receptor es de banda estrecha, con escasa resolución temporal, no puede discriminar las componentes individuales sino que responde a la suma de todas ellas y puede que ciertas componentes de amplitudes similares lleguen en oposición de fase por lo que se anularan, produciéndose un desvanecimiento en esas frecuencias, lo que no sucederá en otras; en cambio si el receptor es de banda ancha tienen gran poder de resolución, pudiendo separar las componentes de multitrayecto y sumarlas de forma coherente con lo cual este fenómeno deja de ser perjudicial para convertirse en beneficioso.
- *Variabilidad temporal y dispersión en frecuencia*, la cual existe aun cuando el móvil no se desplazara, si el multitrayecto se produce por dispersión en otros vehículos o por movimiento de antenas por el viento, como consecuencia, a un móvil se le aparece una selectividad de canales diferentes a medida se va desplazando.

### 7.6.1 Clasificación de los Canales

Un canal móvil multitrayecto con sus características de dispersión de retardo  $D$ , anchura de banda de coherencia  $B_c$  y tiempo de coherencia  $T_c$ , afectara de distinta forma a las señales transmitidas, dependiendo de la duración  $T$  y anchura de banda de las mismas  $B$ . Por tanto los canales suelen clasificarse en función de las señales transmitidas por ellos.

1. Si  $B < B_c$  el canal es de desvanecimiento plano en frecuencia, y si  $B > B_c$  el canal es de desvanecimiento selectivo en frecuencia.
2. Si  $T < T_c$  el canal es de desvanecimiento plano en el tiempo, y si  $T > T_c$  el canal es de desvanecimiento selectivo en el tiempo.

A continuación se proporcionan la primera tabla de dispersión de retardo y anchura de banda de coherencia para algunos entornos de propagación, y la segunda conteniendo los valores de frecuencia Doppler máxima y del tiempo de coherencia para la banda 2000 Mhz de UMTS a diferentes velocidades.

Tipo de Entorno	Abreviatura	Dispersión de retardo $D(\mu s)$	Anchura de banda de coherencia $B_c$ (kHz)
Rural	RU	0,2	796
Suburbano	SU	0,5	318
Urbano	U	3	53

Tabla 7.3 Características de distintos canales

Velocidad	Desplazamiento Doppler $f_d$ (Hz)	Tiempo de coherencia $T_c$ (ms)
Peatonal, 3 km/h.	5,5	33,1
Vehicular, 120 km/h.	222,2	0,82
Vehicular, 250 km/h.	463	0,39

Tabla 7.4 Frecuencia Doppler y Tiempo de coherencia

Tras numerosos estudios e investigaciones se ha comprobado que la influencia del canal radio multitrayecto variable con el tiempo sobre la calidad de la transmisión depende fundamentalmente de la dispersión de retardo y del espectro Doppler. Se estudian estas influencias con simuladores de canal, tanto tipo “hardware” como “software”. Los simuladores se basan en el modelado de canal como una línea de retardo con tomas con tomas o derivaciones. El numero de tomas es igual al de componentes multitrayecto. Para cada toma se especifican el perfil y el espectro o perfil Doppler. En las normas UMTS se han establecido varios modelos de canal multitrayecto para diferentes ámbitos operativo.

## 7.7 Modelos de Canal Radio y de Movilidad para UMTS

Los modelos de canal y entornos de prueba definidos en las recomendaciones UMTS se han elegido para simular las condiciones más estrictas de radiopropagación, de forma que sirvan de guía para la evaluación de esta tecnología de Multiacceso radio y la obtención de valores significativos de la relación energía por bit / densidad espectral de ruido (E/N) para una cierta calidad de tasa de errores, que puedan utilizarse en la planificación radio de las redes UMTS. Los entornos operativos de prueba seleccionados han sido:

- Interiores de oficina
- Paso de exteriores a interiores y peatonal
- Vehículos
- Célula mixta peatonal / vehículos

Para cada entorno se proporciona un modelo de respuesta impulsiva caracterizado por un filtro con tomas, especificando el retardo temporal de cada componente con respecto a la de menor retardo, la potencia media relativa a la de la componente más intensa y el espectro Doppler de cada una.

Debido a que la variabilidad de la dispersión no se puede modelar usando líneas de retardo se definen dos canales multitrayecto para cada entorno de prueba. El canal A representa el caso más frecuente, de dispersión de retardo de baja y el canal B representa una dispersión de retardo media más frecuente. Cada uno de esos dos canales tiene un porcentaje de tiempo de aparición en cada entorno de prueba. La siguiente tabla proporciona el porcentaje de tiempo que un canal puede presentar en cada entorno y el valor medio rms de la dispersión de retardo.

Entorno de Prueba	r.m.s. A (ns)	P(A) (%)	r.m.s. B (ns)	P(B) (%)
Interior de Oficina	35	50	100	45
Peatonal	45	40	750	55
Vehicular-antena exterior	370	40	4000	55

**Tabla 7.5 Porcentaje de tiempo en cada entorno y el valor medio rms de la dispersión de retardo**

### 7.7.1 Entorno de Interiores de Oficina

Este entorno se caracteriza por células pequeñas y potencia de transmisión bajas. Tanto las estaciones base como los usuarios peatonales están en el interior. Las pérdidas de propagación varían debido a la dispersión y atenuación de las paredes, suelos y estructuras metálicas. Estos objetos producen desvanecimiento lento, caracterizado por una distribución logarítmica normal con la desviación típica de 12 dB.

Cada usuario esta en dos estados: quieto o moviéndose. La transición del estado estacionario al de movimiento es un proceso aleatorio.

El perfil PDP del canal radio para este escenario se describe mediante una línea de retardo con los valores mostrados en la siguiente tabla que muestra el modelo de respuesta impulsiva del canal interiores,

"Tap"	Canal A		Canal B		Espectro Doppler
	Retardo Relativo (nseg)	Pot. media (dB)	Retardo Relativo (nseg)	Pot. media (dB)	
1	0	0	0	0	FLAT
2	50	-3,0	100	-3,6	FLAT
3	110	-10,0	200	-7,2	FLAT
4	170	-18,0	300	-10,8	FLAT
5	290	-26,0	500	-18,0	FLAT
6	310	-32,0	700	-25,2	FLAT

En la presente tabla son presentados los parámetros por defecto a usar en el modelo de movilidad de interior de oficinas.

Tasa de móviles en los despachos	85%
Tiempo medio estacionario en despacho	30 s
Intervalo temporal de simulación	0.005 s
Número de despachos	40
Velocidad del móvil	3 Km/h

### 7.7.2 Entorno Peatonal

Se caracteriza por microcélulas y baja potencia transmitida. Las estaciones se ubican en el exterior con alturas de antena bajas (semáforos, postes, etc.). Los móviles son distribuidos uniformemente en la calle y su dirección de movimiento a lo largo de la misma se elige aleatoriamente en la iniciación. La posición de los móviles se actualiza cada cinco metros y su velocidad puede cambiar en cada actualización de la posición según una cierta probabilidad, el modelo es presentado a continuación en la presente tabla.

Velocidad media	3 km/h
Velocidad mínima	0 km/h
Desviación típica de la velocidad (distribución normal)	0.3 km/h
Probabilidad de cambiar de velocidad	0.2
Probabilidad de girar en un cruce	0.5

El perfil PDP se modela con una red de 6 tomas cuyos retardos, potencias relativas y espectro Doppler se inician en la siguiente tabla.

"Tap"	Canal A		Canal B		Espectro Doppler
	Retardo relativo (nseg)	Potencia media (dB)	Retardo relativo (nseg)	Potencia media (dB)	
1	0	0	0	-	CLASSIC
2	110	-9,7	200	-0,9	CLASSIC
3	190	-19,2	800	-4,9	CLASSIC
4	410	-22,8	1200	-8,0	CLASSIC
5	-	-	2300	-7,8	CLASSIC
6	-	-	3700	-23,9	CLASSIC

### 7.7.3 Entorno Vehicular

Se caracteriza por grandes macrocélulas formadas por estaciones base con antenas por encima de los edificios y potencias transmitidas altas. Típicamente no hay visión directa entre transmisor y receptor y la velocidad de los vehículos de los usuarios es alta. La potencia media de la señal recibida varía con la distancia elevada a un exponente de pérdidas, que varía entre 3 y 5 dependiendo de los entornos.

El despliegue sugerido para este entorno es a partir de macrocélulas con emplazamientos de 3 sectores (2Km para servicios hasta 144 kbit/s y 0.5Km para servicios por encima de 144 kbit/s), la altura de la antena de la estación base está a 15 metros por encima de la altura media de los edificios y cada sector proporciona una cobertura hexagonal como se indica en la figura.

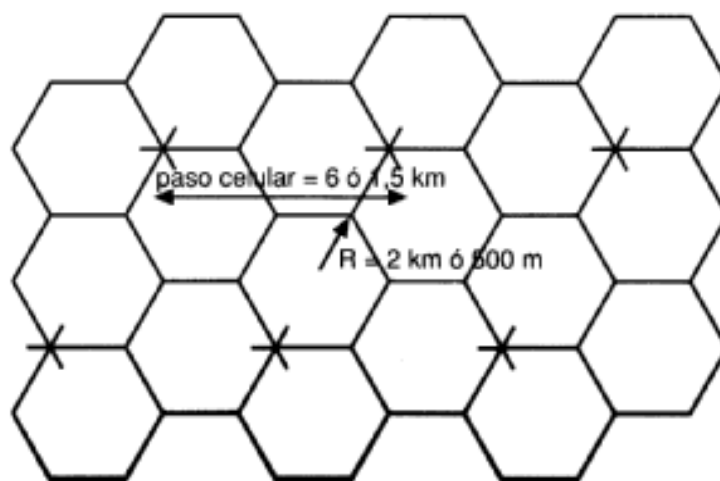


Figura 7.7 Modelo de despliegue en entorno vehicular

El modelo de movilidad para el entorno vehicular es de tipo pseudo-aleatorio con trayectorias semidirectas. Los móviles se distribuyen uniformemente en el mapa y sus direcciones se eligen de forma aleatoria en la iniciación. La posición del móvil se actualiza de acuerdo con la longitud de correlación y la dirección puede cambiar en cada actualización de la posición según una cierta probabilidad o simulando trayectorias semidirectas.

La velocidad del móvil es constante y el modelo de movilidad se define mediante los parámetros de la siguiente tabla.

Velocidad	120 Km./h
Probabilidad de cambiar de dirección en la actualización	0.2
Angulo máximo de cambio de dirección	45°
Longitud de correlación	20 metros

Los modelos de respuesta impulsiva del canal se muestran en la siguiente tabla, donde se permite una pequeña variación de hasta un 3%, en el retardo temporal relativo, de forma que la tasa de muestreo del canal pueda hacerse adaptándose a algún múltiplo de la tasa de muestreo en la simulación de enlace.

"Tap"	Canal A		Canal B		Espectro Doppler
	Retardo relativo (nseg)	Potencia media (dB)	Retardo relativo (nseg)	Potencia media (dB)	
1	0	0,0	0	-2,5	CLASSIC
2	310	-1,0	300	0	CLASSIC
3	710	-9,0	8900	-12,8	CLASSIC
4	1090	-10,0	12900	-10,0	CLASSIC
5	1730	-15,0	17100	-25,2	CLASSIC
6	2510	-20,0	20000	-16,0	CLASSIC

## **CAPITULO VIII**

### **PLANIFICACION Y CONTROL DE REDES UMTS**

#### **8. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE REDES**

##### **8.1 Introducción**

Los retos de los nuevos sistemas de comunicaciones de tercera generación se convierten en retos para las nuevas herramientas de planificación.

La evolución hacia 3G se ha basado en el empleo de diferentes técnicas de acceso, nuevos esquemas de asignación de recursos, estructura jerárquica, antenas inteligentes, coexistencia de nuevos servicios, etc. de modo que la explotación de la red ofrezca nuevas prometedoras posibilidades. Sin embargo todas ellas solo serán correctamente explotadas siempre y cuando hayan sido consideradas en la fase de planificación.

Previamente al desarrollo de las etapas en las que se ha dividido la planificación de los sistemas 3G es conveniente definir los parámetros de calidad que se van a imponer en los mismos y luego explicar dichas etapas, las cuales serán:

- Modelado del entorno
- Demanda de tráfico
- Dimensionado inicial de recursos
- Planificación de coberturas
- Optimización de coberturas
- Planificación de frecuencias
- Optimización de Frecuencias
- Optimización de la red de acceso

##### **8.2 Parámetros de Calidad**

La planificación de cualquier sistema de comunicaciones móviles debe tener como objetivo la consecución de un cierto grado de calidad. Se trata de una magnitud que abarca varias dimensiones:

- 8.2.1 *Calidad de la interfaz radio*, se refiere al grado de cobertura radioeléctrica y se clasifica del modo siguiente: Según la extensión superficial (local, regional, nacional e internacional) su cualificación (calles, carreteras, áreas rurales, interiores de edificios, subterráneos y túneles) y el grado de completitud (porcentaje de ubicaciones y de tiempo)
- 8.2.2 *Calidad de Tráfico*, se expresa mediante el Grado de Servicio Global (GoS) teniendo en cuenta los bloqueos no solo de la interfaz radio, sino también en los circuitos de la ruta final de la red central hasta la estación base y la calidad de cobertura. Cabe mencionar que la primera probabilidad afecta al diseño de la red central y en la planificación radio se tiene la segunda, porque se considera la probabilidad de bloqueo de un canal radio. En aplicaciones de voz y datos con conmutación de circuitos, esta probabilidad permite relacionar la capacidad expresada en número de usuarios simultáneos con los tráficos cursados y ofrecido en Erlangs. En el despliegue inicial de una red celular móvil, ha de darse una mayor prioridad a la cobertura que a la capacidad de tráfico.
- 8.2.3 *Calidad de Disponibilidad*, expresa la aptitud de un sistema para hacer uso del mismo cuando lo requiere el usuario. Se suele expresar por su complementaria, la indisponibilidad, la cual puede deberse a fallos / averías de los equipos o a circunstancias derivadas de la radiopropagación.
- 8.2.4 *Calidad de Fidelidad*, se divide en dos: *calidad del portador* (tasa de error medida en bits BER o de tramas FER y residual RBER) y es función de las características del canal radioeléctrico móvil (pérdida básica por propagación, dispersión de retardo multirayecto y dispersión Doppler) y *calidad final* que depende de la calidad del portador y de las prestaciones de los codecs.
- 8.2.5 *Calidad de Fiabilidad*, se expresa por la continuidad de servicio. El parámetro más importante es el porcentaje de llamadas interrumpidas una vez iniciada. En CDMA, gracias al traspaso con continuidad, la caída de llamadas por fallos de traspaso es prácticamente nula.
- 8.2.6 *Calidad de Señalización*, en CDMA es fundamental la recepción por parte de las estaciones móviles del canal piloto con un nivel adecuado, de forma que les permita la adquisición de la referencia de la portadora para la detección coherente, así como la sincronización temporal necesaria para la correcta recuperación de la información. Por ello, en el enlace descendente se asigna un porcentaje de la potencia total de la estación base al canal piloto.

### 8.3 Modelado del Entorno

La determinación de las zonas de servicio de los sistemas de tercera generación en entornos microcelulares y picocelulares exigen la determinación más exacta de los valores de cobertura radioeléctrica correspondiente a cada uno de los servicios planificados. Para la aplicación de técnicas de cálculo de coberturas avanzadas (trazado de rayos, métodos integrales) es necesario el empleo de bases de datos geográficas, mapas digitales del terreno con resoluciones mínimas a un punto cada 10 metros, lo que para UMTS corresponde a un punto cada 1.5 metros.

## 8.4 Dimensionado Inicial de Recursos

El primer paso del análisis se desarrolla teniendo en cuenta los aspectos relativos al tráfico y la movilidad, además, es importante un análisis geográfico para localizar cruces de calle o carreteras sobre las celdas para estimar la tasa de handover y la carga de señalización.

Los sistemas 3G poseen servicios portadores con gran disparidad de tasa binaria, dentro de los cuales (8,64 y 144 Kbps) están pensados para entornos exteriores vehiculares o peatonales, sin embargo (384 y 2048 Kbps) los mayores están pensados para entornos peatonales de extensión limitada. Esta gran disparidad fuerza a desplegar una estructura celular multicapa y jerarquizada de modo que en cada capa (macro, micro y pico) se desplieguen servicios con requerimientos de calidad de servicio equivalentes para que pueda alcanzarse una planificación óptima.

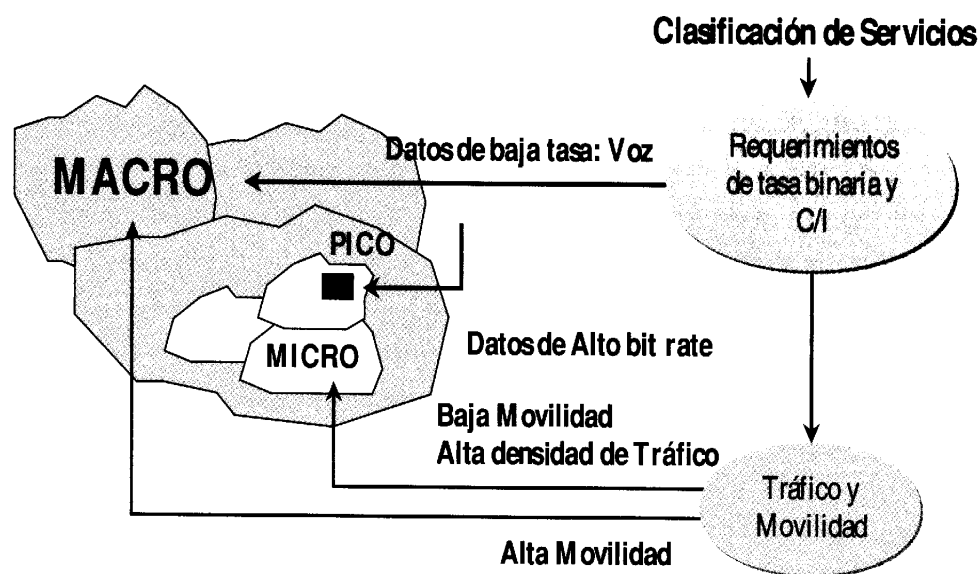


Figura 8.1 Relaciones entre la estructura jerárquica y la segregación de tráfico

El tráfico segregado en capas es la entrada a este proceso de dimensionado inicial. El objetivo es la búsqueda del máximo tamaño de celda posible para una zona dada atendiendo a la restricción de capacidad.

En una red celular debe hacerse un uso lo más eficiente posible de los recursos de espectro radioeléctrico, con el fin de permitir una elevada densidad de tráfico, esta mejora de prestaciones lleva asociada una mayor complejidad en el análisis y diseño de la red, que obliga a recurrir a métodos de simulación para evaluar la capacidad de tráfico del sistema en los que no se consideran los efectos de la mezcla de servicios (característica fundamental en una red 3G) y etapa fundamental para una correcta planificación y dimensionamiento de la misma.

### 8.5 Planificación Radio

En esta fase se obtendrá la topología celular adecuada para proporcionar la cobertura radio adecuada a partir de las distribuciones de los tipos de usuarios, los patrones de movilidad, los servicios ofrecidos, los tipos de área geográfica y la densidad de tráfico.

Para la realización de un balance de enlace es necesario definir los siguientes conjuntos de parámetros:

- Frecuencias de trabajo, ascendente 1950 Mhz y descendente 2140 Mhz
- Velocidad de chip en la interfaz aire de 3.84 Mchip/s
- Anchura de banda de transmisión de 5Mhz
- Caudal de bits variable según el tipo de trafico, 8 kbit/s para voz, 64 kbit/s para datos con conmutación de circuitos y 64, 144 y 384 kbit/s para datos con conmutación de paquetes.
- Relación energía por bit a densidad de interferencia
- Ganancia de traspaso con continuidad (“soft handover”): 5 dB
- Margen log-normal igual a 11.5 dB que corresponde a calidades perimetral y zonal del 90% y 96% respectivamente, con una desviación típica por ubicaciones igual a 9 dB.
- Factor de actividad, expresa el porcentaje de tiempo de habla en una comunicación telefónica, aplicable a las dos comunicaciones por ser transmisiones discontinuas.
- Grado de servicio del 2% como compromiso de cobertura-calidad.

Se utilizan valores genéricos de las características de equipos transmisores y receptores, no obstante son acordes al estado actual y previsible a corto plazo de la tecnología, por lo que son perfectamente representativos y se detallan en la siguiente tabla de parámetros técnicos.

<b>Estaciones base:</b>	
Potencia media total de transmisión:	20W, 43 dBm
Potencia canal piloto:	8% de la potencia destinada a tráfico
Potencia canales para traspaso	65% de la potencia destinada a móviles
Potencia canales de tráfico:	internos
Ganancia antena Tx/Rx:	11,2W; 40,5dBm
Pérdidas cables y conectores:	18 dBi
Factor de ruido receptor:	3 dB
	2 dB
<b>Estaciones móviles:</b>	
Potencia media de transmisión:	21 dBm (voz); 33 dBm (datos)
Ganancia antena Tx/Rx:	0 dBi (efecto del cuerpo del usuario)
Factor de ruido del receptor	8 dB

La configuración de las antenas depende de diversos factores, como son el tamaño de las celdas, el tipo de sectorización, fluctuación del tráfico y las especificaciones de las normas ETSI/3GPP.

En una primera fase de la planificación, se utilizarán diagramas de radiación correspondientes a antenas reales. Dada la banda de frecuencias UMTS y los limitados radios de cobertura urbanos, en este ámbito las antenas son de tamaño reducido, pero en medio rural pueden convivir con antenas de otros sistemas de radiocomunicaciones, debido a la alta resistencia de la tecnología CDMA a las interferencias.

Se utilizarán en las estaciones base antenas directivas configurando tres sectores en función de las necesidades de tráfico y con direcciones adecuadas para asegurar la cobertura prevista. Como ejemplo, en la siguiente tabla se detallan las características eléctricas y mecánicas de las antenas.

Tipo	Polarización dual
Rango de frecuencias	1920-2170 MHz
Impedancia	50 Ω
ROE (Relación de Onda Estacionaria)	<1.4: 1
Ganancia	> 17 dBi
Polarización	Dual +/- 45°
Aislamiento Contrapolar	> 25 dB - Típico 30 dB
Relación Delante/Atrás (F/B)	< 25 dB
Potencia Entregada	> 100 W
Dimensiones (mm) (Alto * Ancho * Largo)	1300 * 234 * 121
Peso (Kg)	4 Kg

La zona cubierta por el enlace ascendente se define por la sensibilidad de la BS mientras que la cobertura radio del enlace descendente queda habitualmente limitada por el máximo tráfico que puede cursar dicha BS, en consecuencia la zona de servicio viene definida por la menor entre la zona de cobertura y la zona de capacidad correspondiente al máximo tráfico cursado por la BS. Esto permite obtener un primer valor de la potencia como aquel que cubre esta zona de servicio.

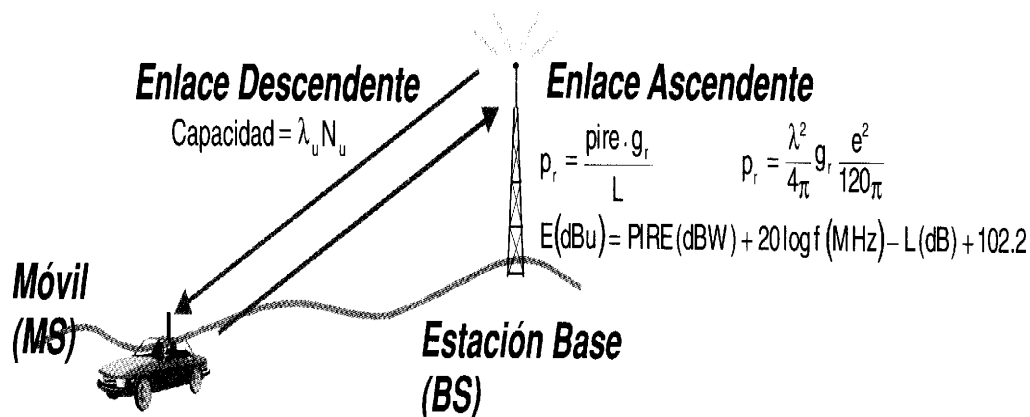


Figura 8.2 Limitaciones de los enlaces ascendentes y descendentes

## 8.6 Planificación de Frecuencia

El mejor procedimiento para la obtención de que canales se deben asignar de modo fijo para un sistema celular de comunicaciones se basa en el cálculo de las matrices de interferencia entre cada una de las BS para el porcentaje de tiempo y espacio que se desee.

En función de esta matriz de interferencia se obtiene la matriz de separación de canales, la cual permite obtener una función de costo muy estable para su aplicación a un procedimiento de optimización.

Mientras que la asignación fija de canal asigna a cada celda un conjunto fijo de canales, y si una nueva llamada no encuentra ningún canal nominal libre, se bloquea, la asignación dinámica es un método fijo que no asume relación fija entre canales y celdas.

El número de frecuencias que proporciona la misma calidad si se recurre a la asignación fija es menor y no tan rígido siempre y cuando las probabilidades de bloqueo sean pequeñas.

Una estrategia ligada a la asignación dinámica es la reasignación en la que se conmutan los canales asignados a algunas llamadas en curso para mantener una separación óptima entre celdas del mismo canal y asegurar que la mayor parte utilicen canales fijos. Con esta nueva estrategia se mejora el funcionamiento de la asignación dinámica para tasas de tráfico elevadas.

Dentro de las estrategias dinámicas de préstamo podemos citar las siguientes:

- *Préstamo simple*, la cual permite a una celda con todos sus canales ocupados pedir prestado uno o más canales libres de sus celdas vecinas siempre que no interfiera con los que esta utilizando para satisfacer una llamada en su zona de cobertura.
- *Préstamos sin bloqueo de canal*, el canal prestado no se bloquea en las celdas del mismo canal y para reducir la interferencia el préstamo solo puede ser realizado de las celdas adyacentes y la transmisión en ese canal solo se realiza con potencia reducida.
- *Préstamo con prioridad*, donde los canales en cada celda se ordenan de modo que los primeros de la lista tienen prioridad para servir llamadas en la propia celda y los últimos para ser prestados.
- *Préstamo de bloqueo mínimo*, se aplica a un canal que no puede utilizarse simultáneamente en celdas cuyos centros estén más cerca de la distancia de reutilización, para poder garantizar que cualquier canal se pueda emplear en cualquier celda.

Dentro de la estrategia de asignación dinámica pura cualquier canal puede asignarse en cualquier celda. La asignación de canales a una celda solamente dura lo que dure la llamada, por ejemplo:

- *Tímida*, el canal se escoge solo si no esta siendo utilizado en ninguna celda situada a menos de la distancia de reutilización.
- *Agresiva*, cuando puede tomarse el canal incluso si esta siendo utilizado en alguna celda situada dentro de la distancia de reutilización, empleando reasignación para la frecuencia utilizada.
- *Educada y agresiva y/o persistente*, inicialmente opera en modo tímido, buscando un canal libre. Si no lo encuentra el algoritmo se vuelve agresivo y escoge uno de los canales usados en las celdas interferentes. El usuario de ese canal perturbado puede buscar en todos los canales provocando nuevas reasignaciones.
- *Asignación dinámica con optimización local*, en esta se escoge el canal candidato como resultado de una optimización donde la función del costo es una medida de la futura probabilidad de bloqueo establecida a través de la minimización de la distancia de reutilización. El conjunto de canales asignables en una celda lo constituyen todos los canales que no se estén utilizando en las dos primeras coronas de celdas que la rodean.

Dentro de las estrategias de asignación híbrida se detalla una mezcla de un esquema fijo (reservados y no reservados) y bien de un esquema de préstamo o de asignación dinámica pura (asignados fijos a la celda y los que se pueden conseguir de una común a todas las celdas).

- *Préstamo con ordenación de canales*, la relación entre el número de canales fijos y los de préstamo varía en función de la carga de tráfico y los canales se ordenan de forma que el primero tiene la máxima probabilidad de ser asignado a la próxima llamada local y el último tiene la máxima prioridad de ser prestado.
- *Préstamo con bloqueo de canal direccional*, efectúa una discriminación de aquellos canales que han de ser bloqueados según direcciones de bloqueo definidas para cada canal en función de la interferencia. Además se aplica el concepto de reasignación cuando otra llamada termina o cuando abandona la celda que tiene un canal nominal libre transfiriendo una de las llamadas en canales prestados al canal liberado.
- *Asignación híbrida con reasignación dinámica*, si la llamada liberada esta usando canales fijos se transfiere dinámicamente una de las que se utilizan canales asignados dinámicamente a ese. Esto libera el canal dinámico garantizando que la mayor parte de las llamadas estén servidas utilizando canales fijos. Las terminaciones de las llamadas en canales dinámicos tienen también lugar cuando un móvil produce un handover hacia una celda con canales fijos libres.

## 8.7 Planificación de Red

La planificación de la topología de red de acceso ha sido tratada en publicaciones anteriores (IEEE International Symposium, Boston USA'98). Esta planificación no puede realizarse de modo independiente a la planificación de la interfaz radio y su objetivo es proporcionar una cierta calidad de servicio.

Necesita dos etapas:

- Dimensionado inicial de todos los equipos e interfaces
- Optimización de la topología.

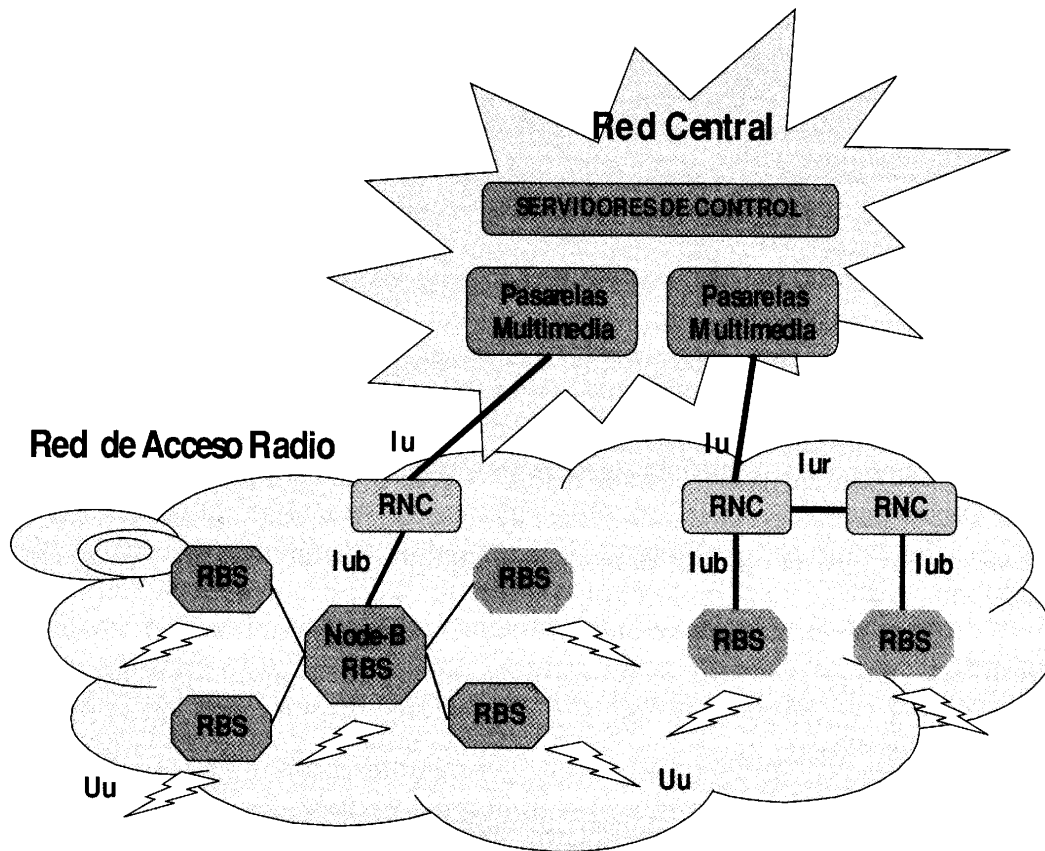


Figura 8.3 Esquema de la red de acceso 3G

### 8.7.1 Dimensionado Inicial

La función principal de los RNC es la de controlar los recursos radio, la movilidad del usuario, implementar los protocolos de acceso y realizar la concentración del tráfico.

De las posibles configuraciones de la topología de la red de acceso cascada, anillo, red o estrella, la última presenta las ventajas de aprovechar el nodo B como Hub de varias RBS y esperar que la multiplexación estadística permita ahorrar recursos.

### 8.7.2 Topología de la red

La red de acceso necesita dos etapas:

- Determinar el número óptimo de concentradores (Nodo B) y controladores (RNC) y facilidades de conmutación, dada una distribución de RBS (número, emplazamiento y tráfico ofrecido) necesarias.
- Determinar en paralelo la topología de interconexión que minimice el costo de los enlaces más relevantes.

El proceso de optimización se debe controlar mediante restricciones y condiciones impuestas en la función de costo, tales como la capacidad de concentradores, controladores y unidades de conmutación y restricciones ambientales.

### 8.7.3 Selección de las Áreas de Búsqueda y Localización

Los procedimientos de búsqueda y señalización causan una sobrecarga por señalización que limita la capacidad total de la red de la interfaz radio (radio canal utilizado para la radiodifusión de mensajes de búsqueda y para la actualización de la localización) y la infraestructura fija (carga de procesamiento en la central de conmutación, MSC y en las bases de datos)

Los sistemas de tercera generación permiten separar el dimensionado de las áreas de localización y de búsqueda. Esto se puede llevar a cabo introduciendo una estrategia inteligente de búsqueda que divide el área de localización en varias sub-áreas de búsqueda de modo que dicho proceso se realiza paso a paso comenzando por una de ellas y aumentando el área de búsqueda paso a paso añadiendo una a una las anteriores sub-áreas.

Se logra ganancia en la señalización cuando el usuario llamado es localizado en algunos de los pasos intermedios antes de que el mensaje de búsqueda sea transmitido por el juego completo de estaciones base perteneciente a toda el área de localización. La eficiencia de esta estrategia está relacionada por la capacidad para predecir la posición del usuario en el interior del área de localización dada, para ello es necesario almacenar información relativa al usuario, posición del mismo en la última iteración con la red, residencia del usuario, lugar de trabajo, etc. Sin embargo el precio que se paga por la estrategia de búsqueda es el retardo introducido hasta que el proceso se completa en un conjunto de pasos y no en una única etapa de búsqueda.

Esta estrategia se puede implementar en el proceso de planificación, planificando las áreas de búsqueda y de localización que emplean el sistema.

## 8.8 Planificación con Antenas Inteligentes

El empleo de antenas inteligentes se ha concebido para poder desplegarlas, tanto por estar basada en CDMA que identifica unívocamente a los usuarios con su código y simplifica el problema de la detección del ángulo de llegada, como por haberse considerado la inclusión de ciertos canales lógicos adaptados al uso de antenas inteligentes.

Básicamente el empleo de estas antenas permite un aumento de la zona de cobertura y de la capacidad vía reducción de la interferencia.

En cuanto al tipo de antenas inteligentes se distinguen entre dos tipos:

- *Antenas de haz conmutado*, radian un conjunto finito de haces estrechos que se seleccionan dependiendo de la posición angular de la estación móvil respecto a la estación base, donde se podrán implementar sin la utilización de ningún tipo de lógica y se realiza un seguimiento a saltos del móvil y un rechazo limitado a aquellas interferencias que no vengan de direcciones correspondientes al haz seleccionado.
- *Antenas adaptativas*, construido por un arreglo de elementos radiantes cuyas excitaciones pueden ser modificadas electrónicamente en función tanto de la dirección de la estación como de un conjunto de interferencias que se deseen cancelar.

Se plantean varias configuraciones objetivo con el uso de las antenas inteligentes, que son:

- *Configuración HSR (High Sensitivity Receiver)*, trata de explotar la ganancia de enlace que proporciona la antena inteligente, debido a ese haz directo que apunta al móvil y cancelar de paso aquellas interferencias que no entren en el haz pincel de la estación base para extender la cobertura celular. Se utiliza habitualmente solo en enlace ascendente y puede plantearse tanto sobre una célula en particular como de modo extensivo sobre toda la red tanto en modo FDD como en modo TDD.
- *Configuración SFIR (Spatial Filtering Interference Reduction)*, es adecuada tanto para los enlaces ascendentes como descendentes. La misión de la antena inteligente es la de proporcionar un incremento de ganancia y cancelar de paso aquellas interferencias que no entren en el haz pincel de la estación base para la mejora de la capacidad.
- *Configuración SDMA (Space División Multiple Access)*, se basa en la fuerte cancelación de interferencias dentro de una célula que se logra con el uso de una antena adaptativa, propiamente dicha simultáneamente en el enlace ascendente como en el descendente. El aumento de capacidad inherente a este hecho es igual al número de interferencias canceladas adecuadamente, lo que se denomina SMG (Spatial Multiplex Gain).

Una antena inteligente puede aplicarse tanto al:

- *Enlace ascendente*, como información del ángulo de llegada del móvil y de los interferentes (limitante para el sistema TDD) como del comportamiento del canal a la frecuencia de señal recibida (limitante para el sistema FDD)
- *Enlace descendente*, la misma información debe extrapolarse para el enlace descendente produciéndose errores que limitan las prestaciones del mismo que también pueden disminuirse utilizando información de varias estaciones base, lo que complica más el procesamiento para la antena inteligente.

Las prestaciones de una antena inteligente están ligadas a las propiedades de dispersión angular de cada uno de los entornos de comunicaciones móviles, recordando que las interferencias no llegan desde una dirección pura sino desde un cono de direcciones cuyo margen angular varía típicamente entre 2 y 10 grados en macroceldas y hasta 25 grados en microceldas.

Los parámetros que caracterizan el funcionamiento de una antena inteligente y que deben utilizarse para planificar un sistema de comunicaciones móviles son:

- *Ganancias de Antena*, solamente el diagrama de radiación de una antena inteligente no es útil para obtener la cobertura debido al proceso adaptativo inherente a su funcionamiento. Son necesarias dos informaciones distintas, por una parte la ganancia máxima garantizada para un cierto porcentaje de tiempo y angular, valor con el cual se realizarían los balances de enlace y por otra parte un diagrama de ganancia no superada para un porcentaje de tiempo y angular para los cálculos de interferencia.
- *SMG (Spatial Multiplex Gain)*, la ganancia de multiplexación espacial o bien el número de interferencias canceladas es además, el incremento de capacidad debido al empleo de la antena inteligente. Se obtiene por simulación obteniendo el número de usuarios que el sistema admite suponiendo un modelo de movilidad y de distribución de los móviles.
- *Exceso de carga de señalización*, únicamente se puede obtener mediante la simulación del sistema, dándole valores de exceso por señalización de handover intra-celda y exceso por señalización para el control de potencia.

En el caso de incluir antenas inteligentes en móviles se deben modificar algunos detalles:

- En el dimensionado inicial de recursos el valor de la densidad mínima
- El balance de enlace se debe evaluar con el valor de la ganancia estadística
- Evaluación de interferencias por simulación y reducción
- Reparto de canales lógicos diferente
- Consideración en el dimensionado inicial el exceso de carga de señalización

### 8.9 Compatibilidad electromagnética entre UMTS y otros servicios en 2 GHz

La decisión ERC / DEC / por parte de la ERC (European Radio communications Committee) asignó las bandas 1900-1980, 2010-2025 y 2110-2170 Mhz a aplicaciones terrestres UMTS. La componente de satélite se había decidido acomodarla dentro de la banda 1980-2010 Mhz y 2170-2200 Mhz. La figura 8.4 muestra gráficamente el reparto de frecuencias en esta banda.

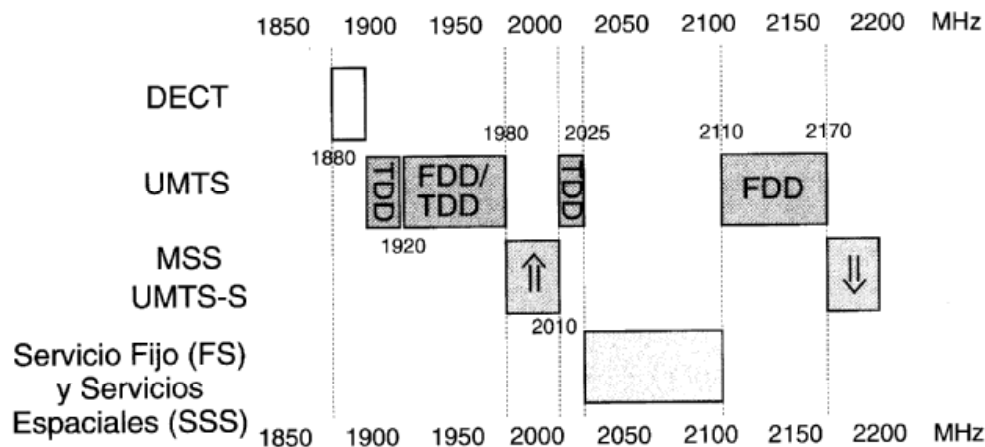


Figura 8.4 Plan de frecuencias en la banda de 2 Ghz

Los posibles escenarios de estudios de compatibilidad entre los diversos servicios en esta banda son presentados en la tabla 8.4 que resume los resultados de los estudios realizados para una canalización mínima de 200 KHz.

Servicios Adyacentes	Mínima separación entre portadoras (MHz)	Posición extrema de la frecuencia central portadora UMTS (MHz)	Limitaciones
DECT con UMTS-TDD	6,2	1903,5	DECT para acceso radio a terminales fijos.
	4,7	1902,0	DECT "convencional"
UMTS-FDD con MSS	2,65	1977,35	Predomina la interferencia UMTS sobre el satélite.
UMTS-TDD con MSS	2,6	1977,4	
MSS con UMTS-TDD	2,6	2012,6	Predomina la interferencia UMTS sobre el satélite.
UMTS-TDD con FS/SSS	2,75	2022,25	
FS/SSS con UMTS-FDD	2,75	2112,75	
UMTS-FDD con MSS	2,9	2167,2	Predomina la interferencia UMTS BS sobre las estaciones móviles de satélite

## 8.10 Medidas de Control Soportadas por los Sistemas UMTS

Las medidas realizadas por el sistema FDD son las soportadas por la red UTRA, como por su equipo de usuario, midiendo parámetros de la capa 1 bajo el control de capas superiores. Son iniciadas por la red UTRA cuando se transmite un “mensaje de control de medida” al equipo de usuario incluyendo un identificador de medida, modo de funcionamiento (inactivo, intra-frecuencia, inter-frecuencia, inter-sistema, volumen de tráfico, calidad, medidas internas), un comando “setup”, “modify” y “release”, el objeto y cantidad de las medidas, la cantidad reportada, el criterio (periódico, por eventos de disparo) y el modo (reconocido o sin reconocimiento). Cuando el criterio de medida se ha cumplido el equipo de usuario debe responder con un “mensaje de informe de medida” a la red UTRA incluyendo el identificador de medida y los resultados.

*8.10.1. Tipos de medidas realizados del Sistema FDD por los terminales de usuario (donde el punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario)*

- CPICH, es la potencia recibida en un código después del desensanchamiento medido sobre los bits piloto del CPICH.
- RSCP, es la potencia recibida en un código después del desensanchamiento medido sobre los bits pilotos del DPCCCH después de la combinación enlace radio.
- ISCP, es la potencia de interferencia de la señal recibida después del desensanchamiento. Solo se incluye en la medida la parte no ortogonal de la interferencia.
- SIR, es la relación señal interferencia, definida como el cociente entre RSCP y ISCP. Debe medirse sobre el DPCCCH después de la combinación RL.
- RSSI, por portadora UTRA, es el indicador de potencia de señal recibida (de banda ancha) dentro del ancho de banda del canal en estudio. La medida se debe realizar sobre la portadora UTRA del enlace descendente.
- CPICH  $E_c/N_0$ , es la energía recibida por chip dividida por la densidad de potencia en la banda medida en el canal CPICH. Tiene un valor idéntico al cociente entre RSCP y RSSI.
- BLER es la estimación del canal de transporte de la tasa de error por bloque. Se basa en la evaluación del CRC de cada bloque después de la combinación del enlace radio. Para canales activos es posible medirlo para cualquier canal de transporte que posea CRC y para inactivos es posible medirlo para el canal de radio búsqueda.
- BER del canal físico, es la tasa de error de bit estimada como el valor promedio antes de la decodificación del canal de los datos del DPDCH después de la combinación RL.
- Diferencias de tiempo observados entre CFN-SFN, SFN-SFN y del terminal de usuario receptor Rx con el transmisor Tx.

### 8.10.2 Tipos de medida realizados del Sistema FDD por la red UTRA

- SRI, es el indicador de potencia de señal recibida dentro del ancho de banda del canal de la portadora ascendente en el punto de acceso de la red UTRA, donde el punto de referencia es el conector de la antena.
- SIR, es la relación señal interferencia definida como el cociente entre RSCP y ISCP. Debe medirse sobre el DPCCH después de la combinación RL. El punto de referencia es el conector de la antena.
- Potencia transmitida por portadora, es la potencia total transmitida sobre una de las portadoras de un punto de acceso de la red UTRA. El punto de referencia es el conector de la antena.
- Potencia transmitida por código, es la potencia total transmitida sobre una portadora, sobre un código de aleatorización y un código de canalización. Las medidas se pueden realizar para cualquier código de canalización transmitido desde el punto de acceso de la red UTRA. El punto de referencia de la medida debe ser el conector de la antena.
- BLER, es la estimación de la tasa de error bloque del canal de transporte y se realiza evaluando el CRC de cada bloque de transporte después de combinar RL en el nodo B.
- BER, es la estimación de la tasa de error del canal físico antes de la decodificación de los datos del canal DPDCH después de la combinación RL en el nodo B.

### 8.10.3 Tipos de medida realizados del Sistema Duplex TDD

- P-CCPCH, es la potencia recibida en el CPICH de la propia celda o de su vecina después del desensanchamiento. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo.
- CPICH RSCP es la potencia recibida en dicho código después del desensanchamiento. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- RSCP, es la potencia recibida en el código de un DPCH después del desensanchamiento. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- “Timeslot” ISCP es la interferencia de la señal recibida después del desensanchamiento para un cierto slot de tiempo. Solo se incluye en la medida la parte no ortogonal de la interferencia. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- RSSI por portadora UTRA, es el indicador de potencia de señal recibida dentro del ancho de banda del canal en estudio para un slot de tiempo específico. La medida se debe realizar sobre la portadora UTRA del enlace descendente. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.

- SIR, es la relación señal interferencia definida como el cociente entre RSCP y ISCP. Debe medirse sobre el DPCH o del PDSCH del mismo slot de tiempo. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- CPICH Ec/No, es la energía recibida por chip dividida por la densidad de potencia en la banda. Tiene un valor idéntico al cociente entre RSCP y RSSI. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- BLER es la estimación de la tasa de error por bloque del canal de transporte. Se basa en la evaluación del CRC de cada bloque.
- BER del canal físico, es la tasa de error de bit estimada como el valor promedio antes de la decodificación de los datos.
- Potencia transmitida por el equipo de usuario sobre una portadora, medida para un cierto slot de tiempo. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- Diferencias de tiempo observados entre SFN-SFN son las diferencias de tiempo entre el reloj de la trama de la célula TDD y el reloj de la célula FDD.
- Diferencias de tiempo observados respecto a la célula GSM.

#### 8.10.4 Tipos de medida realizados del Sistema TDD por la red UTRA

- RSCP, es la potencia recibida en el código de un DPCH, de un PRACH o de un PDSCH después del desensanchamiento. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- “Timeslot” ISCP es la interferencia de la señal recibida después del desensanchamiento para un cierto slot de tiempo. Solo se incluye en la medida la parte no ortogonal de la interferencia. El punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- SRI, es el indicador de potencia de señal recibida dentro del ancho de banda del canal de la portadora ascendente para un cierto slot de tiempo, donde el punto de referencia es el conector de la antena del equipo de usuario.
- SIR, es la relación señal interferencia definida como el cociente entre RSCP del DPCH y del ISCP del mismo slot de tiempo. El punto de referencia es el conector de la antena.
- BLER, es la estimación de la tasa de error bloque del canal de transporte que se realiza evaluando el CRC de cada bloque de transporte de un DCH o de USCH.
- BER, es la estimación de la tasa de error del canal físico antes de la decodificación de los datos del canal DPDCH o del PUSCH.

- Potencia transmitida por portadora, es la potencia total transmitida sobre una de las portadoras del enlace descendente de un punto de acceso de la red UTRA en un slot de tiempo. El punto de referencia es el conector de la antena.
- Potencia transmitida por código, es la potencia total transmitida sobre una portadora, y un código de canalización para un slot de tiempo. Las medidas se pueden realizar para cualquier código de canalización transmitido desde el punto de acceso de la red UTRA. El punto de referencia de la medida debe ser el conector de la antena en el punto de acceso de la red UTRA.
- Desviación del reloj del receptor, Rx, es la diferencia entre el tiempo de llegada de la transmisión del enlace ascendente y el tiempo de llegada de una señal con tiempo cero de retardo de propagación.

## 8.11 Parámetros de Radiofrecuencia medidos para W-CDMA

### 8.11.1 Medidas en el Transmisor (Dominio de la Frecuencia)

*La potencia de canal*, consiste en la medida de la potencia para una señal CDMA en toda la banda ocupada. Ahora bien, debido a la relación de potencia de pico a potencia media que para W-CDMA es extremadamente elevada y variable, es necesario estudiar la función de probabilidad de que una señal alcance una potencia concreta para obtener el valor de factor de cresta que garantice que la señal no se satura en el medidor de potencia.

Este factor de cresta toma un valor típico de 12 dB y alcanza los 18 dB, por lo que los medidores de potencia convencionales fallan y es necesario utilizar técnicas especiales, por ejemplo:

- Método del barrido de frecuencia empleando un analizador de espectros
- Método de la TRF (Transformada Rápida de Fourier) es la señal que se obtiene como un analizador vectorial en el dominio del tiempo, pasado al dominio de la frecuencia mediante la FTT.

*Ancho de banda ocupado*, es la banda de frecuencia ocupada para un porcentaje fijado de potencia transmitida en una banda específica. El porcentaje es típicamente 99% y ayuda a detectar problemas como un incorrecto filtrado de la señal CDMA o la presencia de armónicos.

*Emisiones espurias de banda*, consisten en la medida del ruido de ínter modulación y otras emisiones espurias en banda, mediante un analizador de espectros. Deben ser inferiores a las especificadas para garantizar la no-interferencia con los canales adyacentes. Estas emisiones se clasificaran entre las que proceden de armónicos de las señales presentes y las no armónicas.

*Relación de potencia de canal adyacente*, es la medida de la relación de potencia del canal adyacente y el nivel de potencia media del canal. La interferencia en el canal adyacente se crea típicamente por la intermodulación producida en los dispositivos no lineales.

### 8.11.2 Medidas en el Transmisor (Dominio del Tiempo)

*Magnitud del vector de error, sin codificación y con codificación*, la magnitud del vector error EVM es la magnitud del fasor diferencia entre la señal medida y la señal ideal en función del tiempo una vez compensados los “offset” de tiempo, amplitud, frecuencia, fase y señal continua. La siguiente figura explica los conceptos de amplitud de y fase. Un valor máximo es 12%.

*Rho*, es una medida de la calidad de modulación recibida muy adecuada para sistemas CDMA y se obtiene de la relación entre la potencia generada con la señal original y la potencia total, la primera se mide eliminando los offset de tiempo, frecuencia y fase y realizando la correlación entre la señal medida y la señal ideal de referencia. El resultado es un número de valor unidad si la potencia transmitida coincide con la referencia e indica el porcentaje de potencia útil que disminuirá consecuentemente la capacidad de la celda que lo sufra.

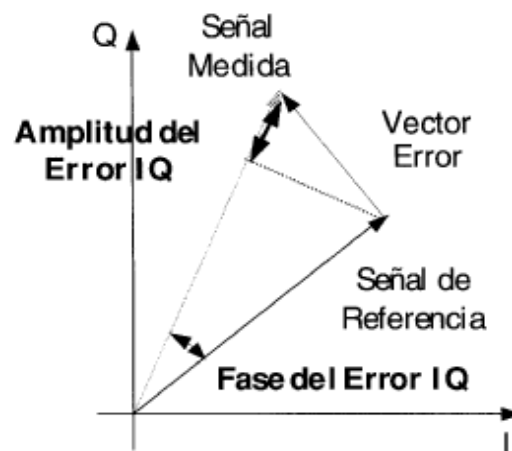


Figura 8.4 Definición de EVM

Esta medida ayuda a detectar los problemas de la cadena de transmisión como filtrados incorrectos en banda base, anomalías en la modulación I/Q, no linealidades en amplitud o fase en amplificadores y filtros, problemas de codificación, distorsiones en los amplificadores de potencia y más específicamente errores en frecuencia, errores de sincronización de tiempo y errores de portadora sobrealimentada en continua.

El error en frecuencia o no garantizar que el transmisor no opere a frecuencia especificada, es difícil de medir puesto que la señal CDMA no es una señal habitual en las que midiendo sus pasos por cero se puede evaluar la frecuencia central, sino que hay que realizar un procesamiento equivalente al de un analizador de espectros. Este error produce una deriva temporal y hasta una pérdida de la referencia temporal de la estación base, de modo que es accesible para los móviles que están conectados a ella pero no lo es para el resto de móviles del sistema. Es el denominado “Efecto Isla”.

El error de sincronización temporal, por el que se pierde la sincronización de las secuencias de código corto que ayudan a distinguir los diferentes sectores de una estación base, produce un “efecto isla” entre los sectores de una misma estación base y también con el resto de las células vecinas.

### 8.11.3 Medidas en el Dominio del Código

Una estación base CDMA posee una serie de canales piloto, de localización de sincronismo y por supuesto de tráfico, asignados cada uno de ellos a códigos diferentes. Una información muy interesante se puede obtener decodificando las señales correspondientes a cada código y observando la potencia relativa que les corresponde. A eso se le denomina potencia en el dominio del código.

La potencia por código es la medida que se obtiene cuando se representa la potencia relativa que le corresponde a cada código. Esta medida puede ser vista como la que produciría un analizador de espectros tanto para los sistemas analógicos como para los basados en acceso múltiple por división de tiempo, TDMA. Se puede detectar fácilmente la falta de canales piloto o de sincronismo, potencias en códigos inactivos, debido habitualmente a problemas de falta de linealidad de los amplificadores del transmisor y que reducen la capacidad de esa celda.

Otra medida relacionada con la potencia por código es la tolerancia temporal del canal piloto, es decir, el “offset” o error entre el código piloto y el resto de los códigos. La estación base se diseña para sincronizar los retardos temporales que sufre cada señal banda base asignada a cada código ya sea por los diferentes trayectos eléctricos o por la intermodulación.

### 8.11.4 Medidas en el Receptor

#### *Tasa de errores por trama*

El parámetro FER (Frame Error Rate) es la figura de mérito habitual de los receptores y caracteriza las tramas de datos recibidas con error respecto al número de tramas transmitidas.

En los sistemas CDMA se prefiere la medida de la FER frente a la BER ya que todos los bits están igualmente protegidos mediante una única codificación convolucional de modo que casi todos los bits son correctos. No hay diferentes niveles de protección y desde el punto de vista de usuario lo que interesa es si la trama se acepta o se rechaza.

La primera medida de FER se obtiene introduciendo la señal CDMA patrón con la referencia temporal y de frecuencia directamente al receptor, de modo que se espera obtener una recepción libre de interferencias. Los errores que se encuentren se deben a mal funcionamiento del receptor. La FER típica es del 1% mientras que la VER es de 0.001.

#### *Medida de sensibilidad*

Es la medida del mínimo nivel de señal que puede ser recibido con un valor aceptable de FER. Es necesario deshabilitar el control de ganancia del receptor y medir de modo preciso la potencia de la señal introducida en el mismo. La sensibilidad de la estación base CDMA suele estar por debajo del nivel de potencia del ruido por lo que su valor práctico está limitado por la figura del receptor de RF.

Como se muestra en la figura 8.5, el procedimiento de medida de la sensibilidad alimenta el receptor bajo prueba con señal de un generador patrón. El receptor recibe señal por las entradas A y B que corresponden a las dos entradas para un funcionamiento con diversidad espacial. El generador suele utilizar una frecuencia de bits de datos predefinidos e idénticos independientemente del nivel de señal.

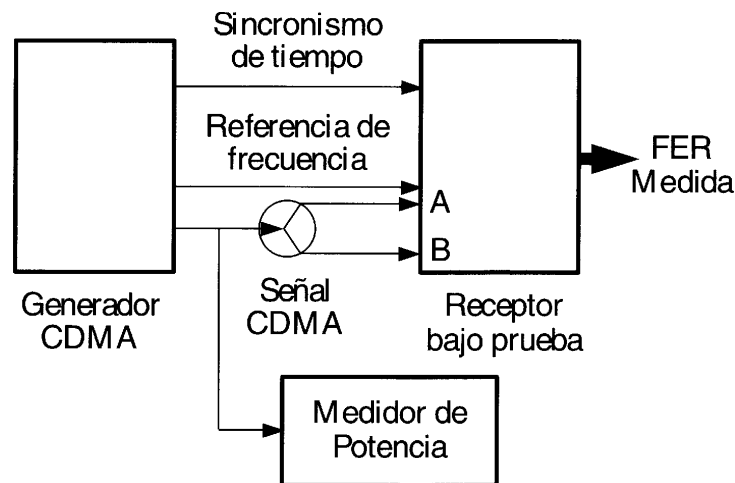


Figura 8.5 Banco de medida de sensibilidad

### *Medida del rango dinámico*

Es la relación entre la señal de mayor nivel y la de menor nivel que pueden ser recibidas correctamente, típicamente con 1% de FER. El rango dinámico para una estación base es 50dB. El valor del rango dinámico de un equipo está limitado por la figura de ruido del receptor y por su linealidad.

### *Inmunidad frente a espurios*

Se mide la capacidad del receptor para rechazar los tonos no deseados. El nivel de inmunidad se fija de modo que se mantenga la FER correcta. Se realizan dos pruebas:

La primera es la de desensibilización por un tono como lo muestra la figura 8.6, justo por fuera del ancho de banda de la señal deseada y se aumenta el nivel de tono hasta llegar al valor límite de FER. Se caracteriza la pendiente de caída de los filtros de frecuencia intermedia del receptor.

La segunda o medida de la atenuación de intermodulación se utilizan dos tonos fuera del canal pero cuyo producto de tercer orden cae en el ancho de banda del canal. Con esta medida se aprecia la linealidad del receptor.

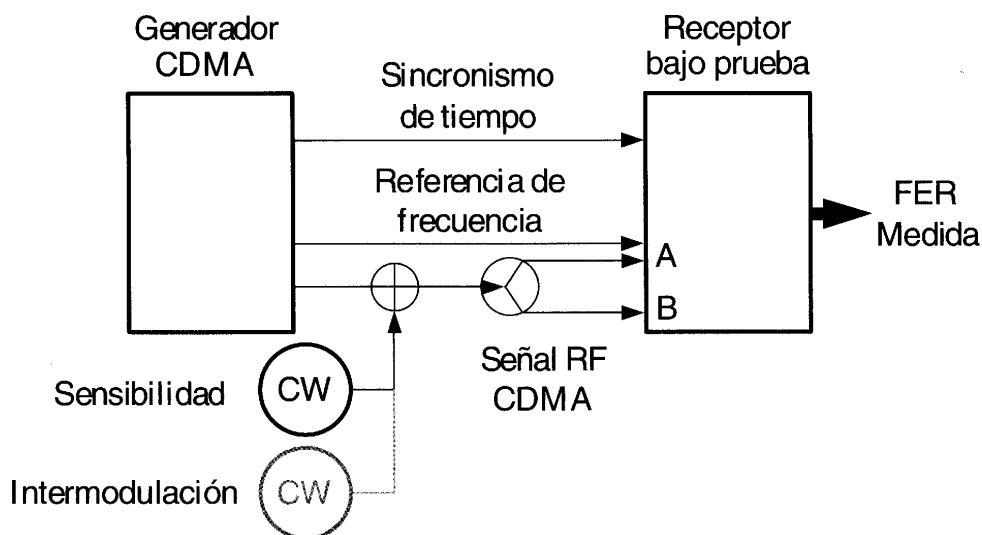


Figura 8.6 Banco de Medida de la inmunidad frente a espurios

*Prestaciones frente a ruido blanco*

La siguiente prueba de FER se realiza en presencia de ruido blanco gaussiano, AWGN (Additive White Gaussian Noise), de modo que se pruebe el funcionamiento de la demodulación en banda base del receptor.

Al banco de la figura 8.7 se le puede añadir el efecto de otros generadores. Los generadores de prueba permiten introducir nuevos transmisores independientes con niveles de ruido diferentes, de modo que se pueda probar el efecto de introducir interferencias producidas por otros canales de tráfico en la señal CDMA recibida.

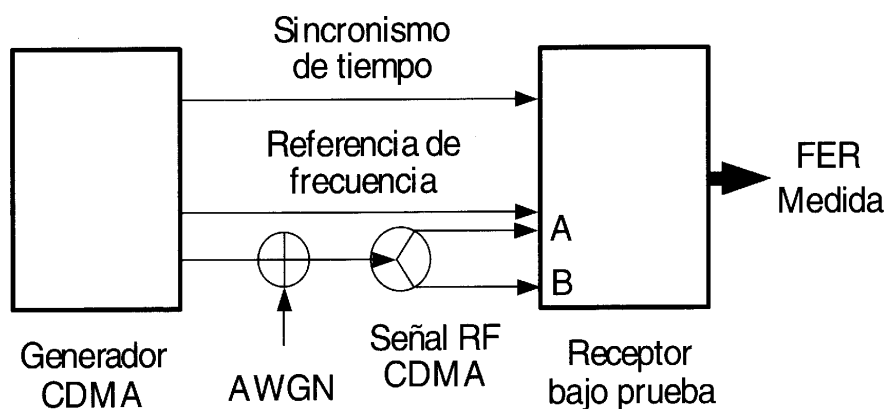
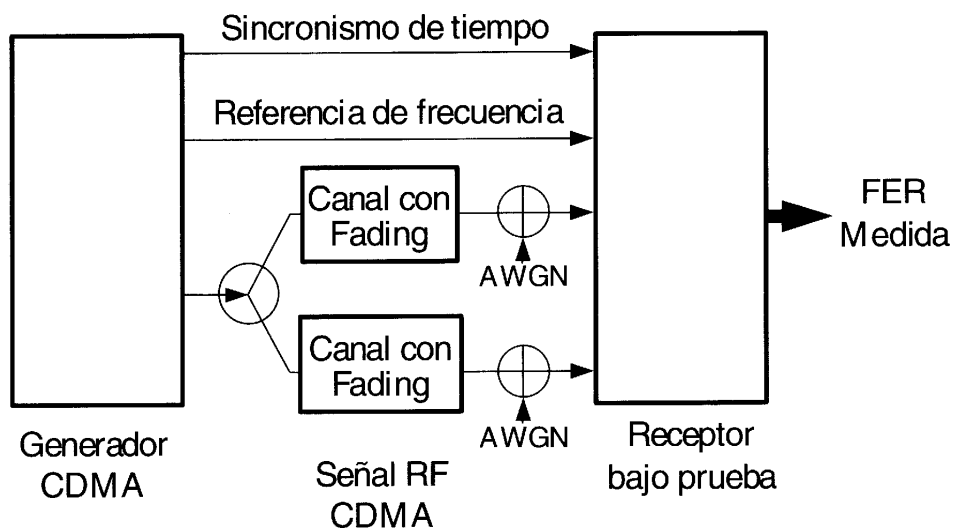


Figura 8.7 Banco de medida para pruebas frente a ruido blanco

*Prestaciones en entornos Multitrayecto con desvanecimientos*

La última de las pruebas a que se somete a los receptores es el funcionamiento en entornos multitrayecto con desvanecimiento.

La figura 8.8 esquematiza el banco de medida en esta situación. Se ha introducido un emulador de canal y una fuente de ruido antes de cada una de las puertas de entrada de diversidad del receptor. Esta prueba es especialmente importante pues permite evaluar el control de potencia del receptor determinado y la inmunidad frente al efecto cerca / lejos.



**Figura 8.8 Banco de medida para pruebas frente a canal multitrayecto con desvanecimientos**

## **CAPITULO IX**

### **INGENIERIA Y TECNOLOGÍA RADIO DEL SISTEMA UMTS**

#### **9. INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA RADIO DEL SISTEMA UMTS**

##### **9.1 Introducción**

En este capítulo se tratan temas de tecnología donde figuran detalles constructivos y de configuración de los nodos B y sus elementos auxiliares tales como antenas, amplificadores de torre, etc. También se describen los conceptos más relevantes de medidas sobre sistemas UMTS.

Entre los aspectos de Ingeniería radio del sistema UMTS se describen herramientas para la planificación y optimización del despliegue de las estaciones radio. Asimismo, se incluyen consideraciones de compatibilidad electromagnética entre operadores y servicios que comparten el espectro de frecuencias, y aspectos constructivos de las estaciones base.

En la disposición particular de los equipos y elementos de RF en la estación base se denomina configuración radio, donde se presentan diferentes posibilidades que deben adaptarse a las necesidades particulares del emplazamiento, mejora de los sistemas radiantes y herramientas de optimización del estado de desarrollo de la red.

En el caso particular de los sistemas WCDMA, en los que la cobertura esta limitada por el nivel de interferencia, al compartir todos los usuarios la misma frecuencia, la elección de la configuración y de las antenas en particular, influye de manera muy importante en la eficiencia

También se muestran los objetivos que se buscan a la hora de desplegar una red de telefonía móvil los cuales son la minimización del impacto medioambiental y el nivel de emisiones.

Finalmente serán descritas las partes integrantes del Nodo B del sistema UMTS, haciendo especial énfasis en los aspectos relativos a su especificación, diseño y construcción que se consideran más importantes o más críticos.

##### **9.2 Tecnología Radio**

El Nodo B es el nombre utilizado en la especificación del sistema UMTS, para el elemento que se conoce en la red GSM como estación base.

Los elementos más numerosos en una red UMTS son, precisamente, los Nodos B, ya que deben asegurar la cobertura en las diferentes zonas previstas para el funcionamiento del sistema. Por este motivo, existirán varios tipos de Nodos B, de forma que puedan adaptarse a todos los posibles escenarios que un planificador se encuentra a la hora de desplegar una red.

Quizá uno de los aspectos más importantes que se introducen en la arquitectura del Nodo B para la 3G es el de flexibilidad, en contraposición con la asignación rígida de portadoras en los sistemas GSM. Esta flexibilidad permite diseñar arquitectura de tipo compartido, como por ejemplo compartición de elementos de canal y amplificadores de potencia entre varios sectores y portadoras. Las principales características a tener en cuenta en un Nodo B son:

- Numero de portadoras y sectores que pueden definirse en la estación base
- Potencia de salida de radiofrecuencia
- Capacidad de elementos de canal
- Mecanismos de redundancia
- Tipos de transmisión soportados por la interfaz Iub
- Características de compatibilidad electromagnética
- Soporte de funciones opcionales dentro de la especificación UMTS, como por ejemplo, los distintos tipos de diversidad de transmisión y de recepción.
- Mecanismos de protección del software
- Características de alimentación, consumo de energía, ambientales, mecánicas, etc.

A modo de ejemplo se describen a continuación las características de los tipos de Nodos B más comunes en una red UMTS.

- *Nodo B de interior para una macrocélula*, consta de un bastidor de dimensiones normalizadas donde se encuentran alojados los módulos que realizan las funciones descritas anteriormente y que puede alojar hasta 6 portadoras con la posibilidad de poder configurar hasta 6 sectores en el mismo emplazamiento.
- *Nodo B de exterior para una macrocélula*, presenta características similares al equipo de interior, añadiendo la utilización de contenedores preparados para soportar las condiciones climáticas de exteriores, sistemas de refrigeración o intercambiadores de calor para mantener el margen de temperatura de funcionamiento de los equipos.
- *Nodo B con utilización de cabezas de RF*, son los que permiten efectuar el control remoto de las unidades de radio y situarlas fuera del bastidor principal, de esta forma, pueden resolverse situaciones donde se carece de espacio físico en el emplazamiento o bien, cubrir zonas donde no se requiere tanta capacidad como la proporcionada por un Nodo B completo. Contiene el transceptor radio, el amplificador de potencia y la unidad de acoplamiento a la antena. La conexión de estas cabezas con la unidad principal se realiza normalmente mediante fibra óptica.

- *Nodo B para microcélulas*, su funcionalidad es similar a la de los equipos de macrocélulas, aunque se diferencian de estos en capacidad y cobertura. Son equipos que pueden trabajar de forma indistinta en interiores o en exteriores, ya que, al operar con niveles de potencia más reducidos, no requieren la utilización de sistemas de refrigeración, haciendo uso únicamente de procedimientos de disipación por convección para mantener el margen de temperaturas de operación del equipo.

Además de los elementos mencionados anteriormente, el Nodo B se complementa con un conjunto de elementos auxiliares necesarios para permitir la transmisión / recepción de la señal de radio, mejorar la cobertura, abaratar el coste de despliegue de la red y permitir diferentes modos de distribución de la señal. Los más importantes son los siguientes:

- *Diplexores*, es un elemento cuya finalidad es permitir la utilización de antenas de banda dual para la radiación de señales en dos bandas de frecuencias. Su utilización permite reducir el impacto visual provocado por la instalación de muchas antenas celulares.
- *Amplificadores de torre*, son elementos que se utilizan para compensar las pérdidas que la señal recibida sufre al pasar por el cable que va desde la antena hasta el bastidor de la estación de base, mejorando la sensibilidad de ésta y ampliando por lo tanto su rango de cobertura. Si el factor de ruido de este amplificador es mejor que el equipo de estación base, también se puede conseguir una mejora adicional, al estar situado en el primer lugar de la cadena de recepción.
- *Repetidores*, es un dispositivo de comunicación que amplifica y filtra bidireccionalmente las frecuencias de radio móvil, permitiendo extender la cobertura de una estación de base a áreas pequeñas que no pueden ser cubiertas desde el emplazamiento de la estación por problemas de propagación y con un costo normalmente inferior al de una estación base. Los repetidores toman, por tanto, la señal transmitida por la estación de base, la amplifican y radian la zona que se pretende cubrir, actuando de forma similar en el sentido ascendente.

Hay dos maneras de alimentar la señal al repetidor desde la estación base:

- Un enlace radio sobre los mismos canales del sistema celular utilizando una antena directiva hacia el emplazamiento de la estación base y,
  - Por un enlace de fibra óptica o cable.
- *Antenas*, las antenas a emplear en la red UMTS serán de varios tipos dependiendo del entorno concreto donde se utilicen según muestra la Tabla 9.1, a semejanza de lo que ocurre en los sistemas 2G. No obstante la novedad más importante en los sistemas UMTS es el posible uso de antenas inteligentes que permitirán variar a lo largo del tiempo la dirección a la que apunta un haz (o varios haces) para su enfoque hacia las posiciones deseadas.

Tipo de antena	Polarización	Ancho horizontal	Banda de trabajo
Panel alta ganancia	Vertical	60°	UMTS UMTS / DCS
Panel para microcélulas	Cruzada (+45°,-45°)	90°	UMTS UMTS / DCS
Colineal	Vertical	Omnidireccional	UMTS
Bi-direccional para microcélulas	Vertical	2 lóbulos de 45°	UMTS UMTS / GSM
Dipolo para microcélulas	Vertical	Omnidireccional	UMTS
Antena de interior para picocélulas	Vertical	Omnidireccional	GSM / DCS / UMTS

**Tabla 9.1 Antenas de Tipo Convencional para UMTS**

- *Antenas de tipo convencional*, la antena de panel para DCS (GSM a 1800 Mhz) y UMTS puede ser realizada de dos formas, empleando una antena de banda estrecha, que cubra las dos bandas DSC y UMTS o mediante una antena dual.
- *Antenas inteligentes*, se les denomina a aquellas que pueden variar la dirección a la que apunta un haz (o varios haces) para apuntar hacia las posiciones deseadas. Esta variación del haz se consigue mediante dos técnicas diferentes: procesado digital de la señal y con hardware RF (conmutadores de alta frecuencia, etc).

Lo habitual es emplear ambos métodos para llegar a una solución de compromiso entre complejidad, prestaciones y costes. La lógica de la antena ha de ser capaz de averiguar donde se encuentra el móvil en cada momento y emplear en la comunicación un haz dirigido hacia esa posición. Es decir, el sistema es capaz de seguir al móvil, delimitando la zona donde se radia señal. Esto hace que tanto en UMTS como en GSM se disminuya la interferencia irradiada en ese sector.

Dentro de la denominación de antenas inteligentes hay dos clases, *la adaptativa de conformación de haz* que emplea un complejo procesado digital de la señal y control electrónico de las antenas y *la de sistema de haces conmutados* que es fijo, entonces, lo que selecciona dinámicamente a lo largo del tiempo es uno de los haces, a base de conmutar al adecuado.

La forma de selección del haz requiere una menor complejidad en cuanto a procesado de señal que la conformación del haz, resultando así un sistema más simple pero con menores prestaciones que el anterior.

Los sistemas radiantes desarrollados en la actualidad son de haces conmutados. Las ventajas más importantes que aportan estas antenas son las siguientes:

- Aumento de la capacidad de red

- Aumento de la cobertura, mejora en la penetración en interiores y relleno de huecos
- Mayor robustez frente a perturbaciones y menor incidencia de los compartimientos no ideales en el control de potencia.

Las antenas inteligentes son especialmente útiles en entornos en que es necesario disminuir la interferencia para mejorar la calidad y poder ofrecer otros servicios o para maximizar la capacidad de la célula.

También son necesarias cuando se desea crecer en capacidad en zonas donde no existe la posibilidad de contratar nuevos emplazamientos, aunque fuese más económico.

### 9.3 Ingeniería Radio

La planificación en UMTS junto con los métodos de simulación y sus características han sido descrita ampliamente en el capítulo anterior y el anexo A respectivamente, por lo que aquí se expone el flujo de actividad que se sigue en este proceso.

Los requisitos de partida para la labor de planificación son, fundamentalmente, los de capacidad y cobertura. Los requisitos de capacidad están definidos por la demanda. Los de cobertura dependen de las áreas geográficas a cubrir; debiendo conjugarse estos aspectos con los criterios económicos y el impacto medioambiental de las instalaciones. Los resultados del proceso de planificación son principalmente el número de estaciones de base, su ubicación y configuración. La diferencia fundamental entre la planificación en UMTS y en GSM radica en que, en la 3G, cobertura, capacidad y calidad están muy relacionadas entre sí y deben considerarse simultáneamente.

Para caracterizar el tráfico ofrecido se estima el número de usuarios en cada zona en función del grado de penetración de cada servicio y de la densidad de población; ésta penetración varía en función de la clase de entorno que se considere. Generalmente, se definen cinco tipos: urbano denso, urbano, suburbano, carretera y rural. Además, por la morfología del terreno, las zonas se clasifican generalmente por su utilización, en zonas de negocios, urbanas peatonales, residenciales, comerciales, industriales y aquellas otras clasificaciones que permitan cierta diferenciación en cuanto a la utilización de los servicios.

A partir de la densidad de población y de la penetración de los distintos servicios se calculan los factores de carga de los enlaces ascendente y descendente, se plantean los balances de enlaces y se obtiene el radio de cobertura de la célula, que determinará la distancia a la que deben situarse las estaciones de base y por tanto, el número de estaciones necesarias.

Para la evaluación del número de emplazamientos necesarios, lo más indicado es estimar que el factor de carga de la célula es el máximo (60%). De este modo se introduce un margen para poder responder a los incrementos de la demanda. Una vez obtenido el número de emplazamientos, es preciso comprobar que, realmente, la red es capaz de soportar el tráfico que se ha estimado, por lo que el proceso de planificación es interactivo.

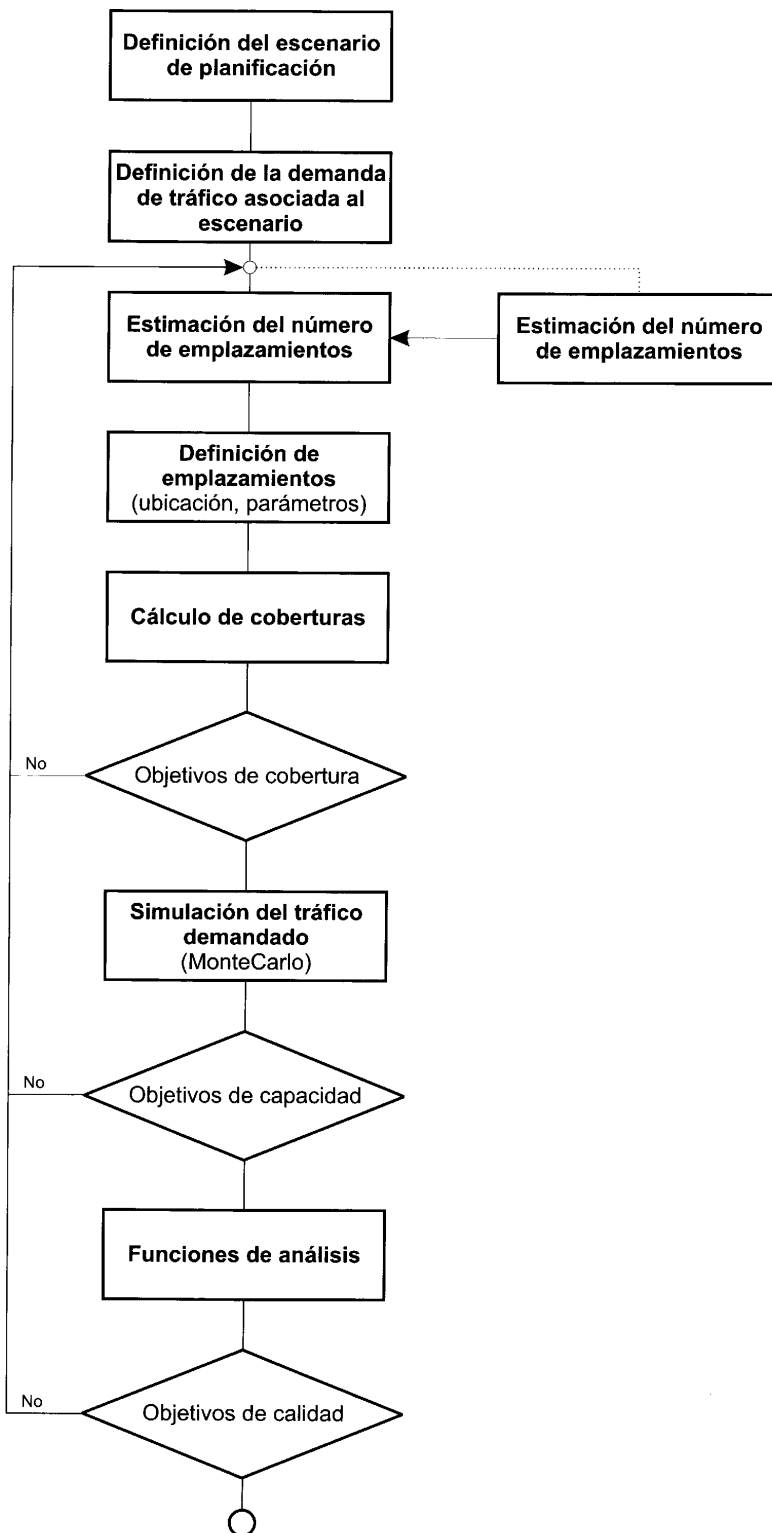


Figura 9.1 Funcionalidades de una herramienta de planificación UMTS

El proceso de planificación en sistemas GDN contempla, normalmente, una fase de simulación de la propagación a partir de una potencia y sensibilidad de la estación de base, supuestas constantes, una vez calculado el balance de enlace para la configuración correspondiente. El objetivo es proporcionar un nivel suficiente de señal en el área de servicio deseada. Una segunda fase permite evaluar el comportamiento del plan de frecuencias y, con herramientas de asignación automática, ayudar a su optimización.

En la planificación de sistemas WCDMA el análisis de interferencia esta intrínsecamente unido al proceso de estimación de la cobertura del servicio. La sensibilidad de la estación de base depende del numero de usuarios y las velocidades de transmisión que demanden, por lo que se requiere su participación en la primera fase.

En general, las herramientas de planificación deben ofrecer un conjunto de funcionalidades que corresponden a los distintos pasos para realizar el proceso de planificación de la red, de forma esquemática tal y como lo muestra la figura 9.1. Estos pasos son los siguientes:

- Definición del escenario de planificación
- Especificación de la demanda de tráfico
- Determinación del numero de emplazamientos necesarios
- Especificación y ubicación de los emplazamientos
- Cálculos de propagación
- Simulación de la carga de tráfico
- Análisis de la planificación

El objetivo de la optimización permite configurar el sistema de forma que se pueda obtener el mejor compromiso entre rendimiento y calidad. Como resultado del proceso de optimización se realizan modificaciones sobre los parámetros del sistema.

El proceso de optimización es de tipo interactivo y esta relacionado con el proceso de planificación y análisis, como se ilustra en la figura 9.2. considerando:

- Optimización de los parámetros físicos tales como altura, orientación, inclinación y tipo de antena.
- Optimización de los parámetros lógicos, como aquellos que no producen una variación física en el hardware del nodo B, tales como los parámetros básicos de frecuencia, configuración, potencia, área de localización, etc. parámetros de selección y reelección de célula.

- Optimización de los algoritmos de gestión de recursos tales como los controles de medidas, algoritmos de traspaso, control de potencia, admisión, congestión, etc.

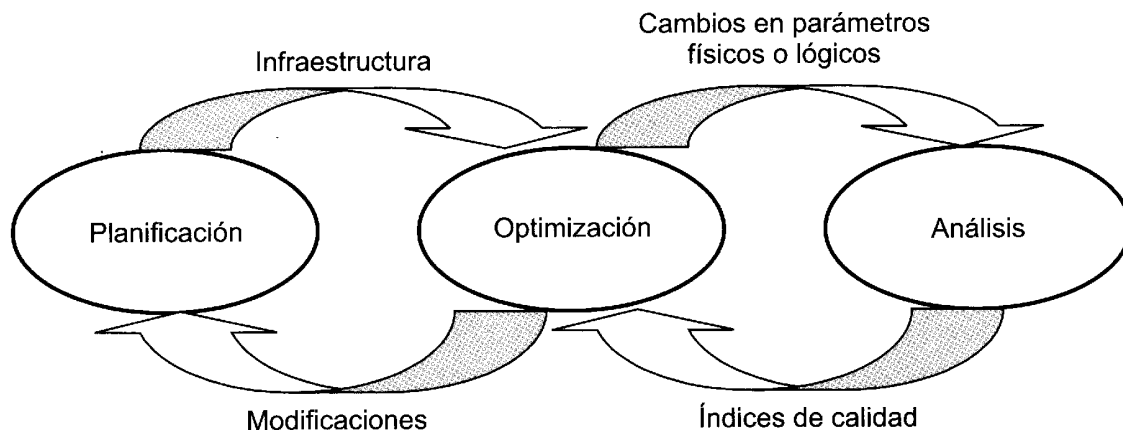


Figura 9.2 Proceso de optimización en la red de telefonía celular

#### 9.4 Configuración de emplazamiento Radio

La disposición particular de los equipos y elementos de RF en la estación de base se denomina “configuración radio”. Existen diferentes posibilidades, que deben adaptarse a las necesidades particulares del emplazamiento y al estado de desarrollo de la red.

En el caso particular de los sistemas WCDMA, en los que la cobertura está limitada por el nivel de interferencia, al compartir todos los usuarios la misma frecuencia, la elección de la configuración y de las antenas en particular influye de manera muy importante en la eficiencia.

En UMTS se emplean distintos tipos de diversidad, tanto en recepción como en transmisión. Las ganancias obtenidas por estos mecanismos permiten reducir los márgenes y mejorar en consecuencia la cobertura. Los mecanismos son los siguientes:

- Diversidad por multitrayecto
- Diversidad por recepción en más de una estación base
- Diversidad en recepción
- Diversidad por multitrayecto en el enlace descendente
- Diversidad de transmisión

El procedimiento en bucle cerrado proporciona mejores resultados que el procedimiento en bucle abierto para los móviles lentos o las estaciones de base con una separación demasiado reducida entre antenas por limitaciones de implantación (alta correlación del desvanecimiento), proporcionando así, algo mas de 2dB de diferencia, con muchos trayectos moderados.

La elección de la antena es especialmente importante en UMTS, ya que las características de su diagrama de radiación influyen en el nivel de interferencia sobre las células vecinas, así como el porcentaje de área en traspaso con continuidad, parámetros que inciden sustancialmente en la capacidad de la red.

En general, las antenas serán sectoriales, de diferente apertura y ganancia en función del numero de sectores definidos. Es importante que la supresión de los lóbulos superiores sea alta, mayor de 20 dB, ya que estos son responsables de la mayor parte de las interferencias sobre otras células.

Las antenas mas adecuadas son las de doble polarización a mas o menos 45 grados, debido a las ventajas propias de la diversidad de polarización ya que requieren menos infraestructura, al integrar dos antenas en una misma base. En los casos de emplazamientos compartidos con otras tecnologías pueden emplearse antenas comunes. Las posibilidades que existen son tres:

- Antenas de doble banda (GDM 1800 y UMTS)
- Antenas de banda ancha (1710 – 2170 Mhz)
- Antenas de triple banda

En la figura 9.3 el esquema de la izquierda representa la utilización de una antena de doble banda con cuatro tiradas de cable. En el centro, la tirada de cable se reduce a dos mediante el empleo de diplexores externos. En el de la derecha, se representa el empleo de antenas de banda ancha UMTS y GSM.

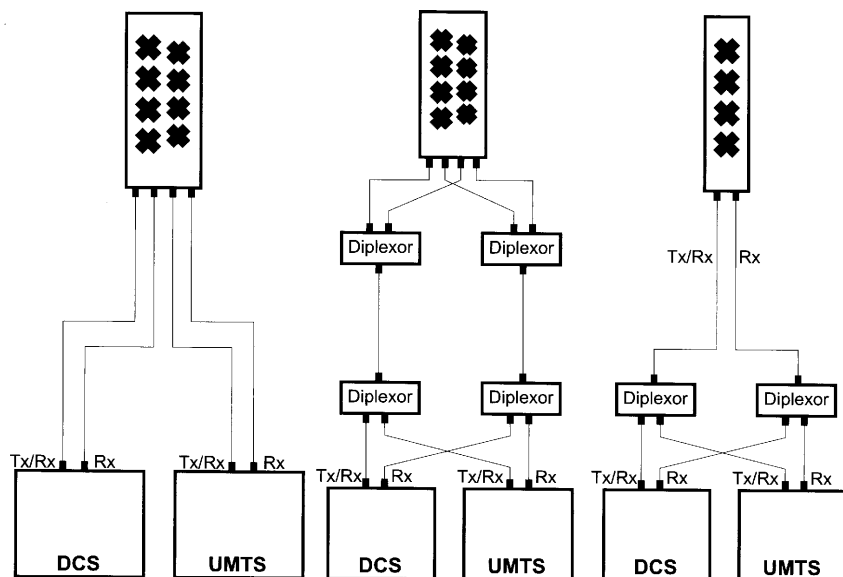


Figura 9.3 Utilización de sistemas radiantes duales UMTS, GSM

## 9.5 Compatibilidad entre Redes y Sistemas

Un sistema CDMA podría funcionar con cualquier separación entre portadoras, pero existe una separación óptima en cuanto a eficiencia espectral, compromiso entre la capacidad del sistema y el número de portadoras que se pueden acomodar en un determinado ancho de banda.

La influencia de las redes de otros operadores UMTS sobre la red propia se puede cuantificar a través de la interferencia de canal adyacente.

La relación de protección de canal adyacente se suele denominar ACIR (Adjacent Channel Interference Ratio). Su valor umbral, que incluye las no idealidades tanto del transmisor como del receptor, según la especificación de 3GPP, es de 33 dB, para una separación de 5 Mhz.

### 9.5.1 Coexistencia de operadores FDD

Dos operadores que utilicen bandas adyacentes pueden interferir entre sí, tanto en el enlace ascendente como en el descendente, reduciendo con ello la capacidad de las células. El primer caso se da cuando un móvil de un operador transmite cerca de la estación base del otro. El caso peor es aquel en que la separación entre el móvil interferente y la estación de base es pequeña y, además, el móvil transmite con su potencia máxima.

La interferencia en el enlace descendente se produce entre estaciones cercanas de operadores distintos, cuando la señal de una estación base interfiere sobre los móviles del otro operador. Si la potencia de la estación interferente es superior a la de la estación propia, se puede crear una zona muerta alrededor de la estación interferida.

Para combatir estos efectos se pueden tomar ciertas medidas: ubicación de las antenas de las micros suficientemente altas para que nunca estén a menos de cierta distancia de los móviles; desensibilización del receptor de la estación de base, para atenuar la señal interferente sin afectara la propia, que usa el control de potencia o reducción de la separación entre portadoras de un operador a 4,4 Mhz para dejar mayor banda de guarda entre operadores adyacentes.

### 9.5.2 Coexistencia de operadores TDD

En TDD se utiliza la misma frecuencia para los enlaces ascendente y descendente, pudiéndose producir interferencia entre dos equipos cercanos. Se pueden distinguir tres casos de interferencia entre dos operadores TDD:

- Interferencia de estación de base móvil idéntica a la existente en un sistema FDD
- Interferencia móvil-móvil cuando otro operador transmite cerca de un móvil propio que en ese momento esta recibiendo.
- Interferencia estación de base de otro operador que esta transmitiendo a la vez que la estación de base propia esta recibiendo.

### 9.5.3 Coexistencia con otros sistemas

El estudio de la coexistencia de sistemas radioeléctricos en emplazamientos comunes o que dan servicio a zonas similares requiere de un análisis de la generación de productos de intermodulación y de su influencia sobre la calidad de cobertura.

En un sistema de comunicaciones móviles, los productos de intermodulación pueden proceder de dos fuentes: el transmisor de la estación base, cuando varias portadoras se aplican al mismo amplificador y el receptor del móvil donde la señal pasa por varias etapas activas. En general este último tipo de intermodulación suele ser el dominante.

Por otra parte, también se puede producir intermodulación cuando dos móviles o dos estaciones de base funcionando en FDD o TDD se encuentran muy próximos, afectando a la banda de recepción de otras estaciones de base o móviles cercanos.

Las especificaciones 3GPP definen la atenuación de intermodulación (IMD) como la relación entre la potencia de salida de la señal deseada y la potencia de salida del producto de intermodulación. Sin embargo, a efectos prácticos es imposible separar las contribuciones de la intermodulación y la interferencia de canal adyacente en una medida real, por lo que la IMD queda reducida a un concepto meramente teórico. El valor de relación de protección adyacente (ACIR = 33dB) definido por el 3GPP tiene ya en cuenta los efectos de la intermodulación.

### 9.5.4 Servicios espaciales (2025 – 2110 Mhz)

Puede haber interferencias con la banda superior del TDD (2025 Mhz) o con la del enlace descendente FDD (2110 Mhz). La separación mínima con los canales UMTS adyacentes debe ser 2.75 Mhz por lo que los primeros canales UMTS libres de interferencia se sitúan en 2022.25 Mhz y 2112.75 Mhz.

### 9.5.5 Interferencias entre los modos FDD y TDD

Las bandas de TDD y FDD (enlace descendente) son continuas, con frontera entre ambas en la frecuencia de 1920 Mhz, lo que posibilita que aparezcan interferencias entre los modos FDD y TDD. Donde pueden considerarse tres casos:

- Interferencia entre estaciones base, cuyo caso se plantea en emplazamientos compartidos FDD-TDD, donde deben utilizarse antenas diferentes con aislamiento mutuo de 30 dB, aconsejando finalmente compartición de emplazamientos entre ellos.
- Interferencia entre un móvil y una estación base
- Interferencia entre móviles donde conviene planificar las coberturas de FDD y TDD de forma que no coexistan a poca distancia móvil de ambos modos.

## 9.6 Impacto Medioambiental

Uno de los objetivos que se buscan a la hora de desplegar una red de telefonía móvil es la minimización del impacto ambiental, donde son considerados aspectos como el ruido generado por los equipos, los componentes utilizados en los refrigerantes, el consumo eléctrico y el impacto visual, son asuntos sobre los que se debe trabajar con el fin de minimizarlos en lo posible y adaptarlos al entorno.

El aspecto que se hace un mayor énfasis es el relativo al impacto visual, dado el gran número de estructuras y torres necesarias para dar soporte a una red de telefonía móvil. Es necesario minimizar dicho impacto, lo que se consigue adaptando las antenas al entorno en que se sitúan, cuidando, en especial, los lugares con paisajes vistosos o monumentos arquitectónicos.

Un parámetro que permite la cuantificación de este impacto es la fragilidad visual, definido como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él. La siguiente figura 9.4 describe el procedimiento de evaluación de la fragilidad visual.

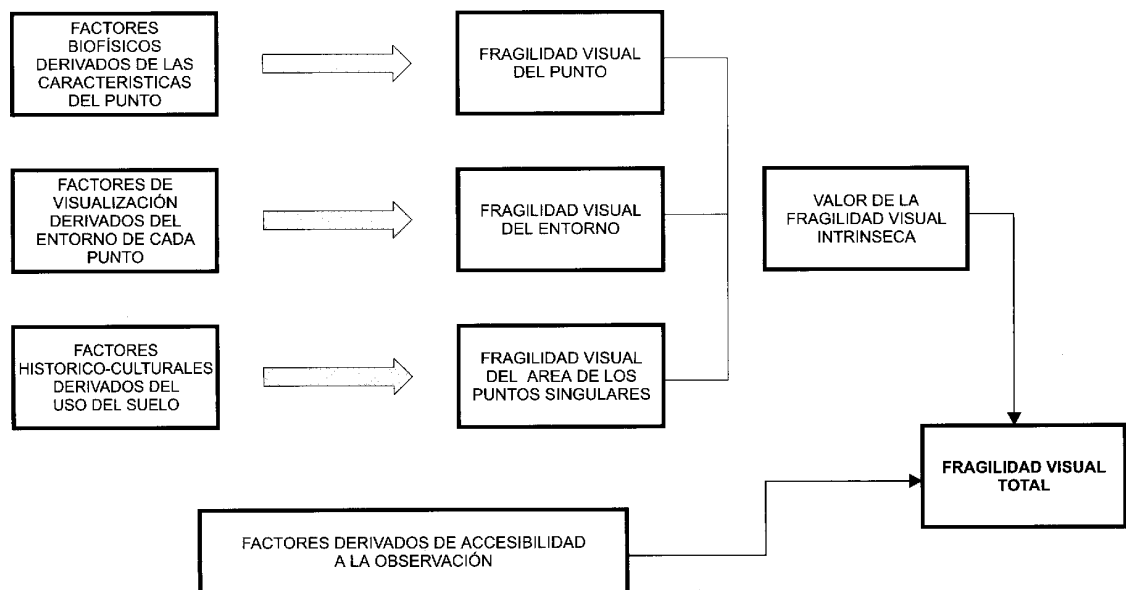


Figura 9.4 Evaluación de la fragilidad visual

Los elementos que intervienen en la evaluación de la fragilidad visual son los siguientes:

- Factores biofísicos, como los terrenos, vegetación y orientación.
- Factores de visualización, derivados de la configuración del entorno de cada punto.
- Factores histórico-culturales que tienden a explicar el carácter y forma de los paisajes en función del proceso histórico que los ha producido.

Con la suma ponderada de los factores antes mencionados se obtiene la fragilidad visual intrínseca, a la que hay que añadir la variable que mide la accesibilidad a la observación, donde se consideran, por una parte las alturas de las torres y por otra la distancia y accesibilidad visual desde carreteras y núcleos de población obteniéndose el índice de fragilidad visual total.

Los métodos genéricos que se utilizan, usualmente, para la reducción del impacto en los paisajes son los siguientes:

- Integración, con el fin que se transforme en un motivo mas del paisaje
- Camuflaje como grado máximo de integración.
- Ocultación como actuación tendente a reducir la visibilidad del proyecto.

## 9.7 Niveles de Emisiones

Los fenómenos de radiación electromagnética acontecen de forma espontánea en la naturaleza. El sol, es por ejemplo, una fuente de radiación electromagnética. La luz no es mas que radiación electromagnética. El empleo de la palabra radiación para referirse a la propagación de los campos electromagnéticos solo pone de manifiesto que se propagan en forma de ondas y por tanto, son radiados desde una fuente. De hecho radiación significa transmisión de energía en forma de ondas a través del espacio o a través de un medio material y el empleo de esta palabra no tiene ninguna relación con radiactividad ni implica peligros para la salud.

Las radiaciones se clasifican, según la frecuencia, en ionizantes y no ionizantes. Según el principio de la dualidad de la Física, la radiación electromagnética puede interpretarse como un fenómeno de propagación de ondas, pero también como propagación de partículas, denominadas fotones. Los fotones no tienen masa pero si una energía que es proporcional a su frecuencia. Las ondas electromagnéticas interaccionan con la materia transfiriendo parte de su energía. Si la energía de los fotones es suficientemente elevada estos pueden ionizar las moléculas del material sobre el que inciden. Existen unos umbrales de ionización por debajo de los cuales no es posible arrancar un electrón y por tanto no se modifica la estructura de la materia. Dado que la energía es proporcional a la frecuencia, esto significa que por debajo de una cierta frecuencia no es posible ionizar la materia. En este caso se dice que las radiaciones son “no ionizantes”. Cuando la frecuencia es suficientemente alta como para que la energía asociada a los fotones pueda ionizar la materia, se dice que las radiaciones son “ionizantes”. Son radiaciones ionizantes las que se conocen como rayos ultravioleta, rayos x, o rayos gamma liberados por materia radiactiva. La frecuencia de estas ondas electromagnéticas es mas de 10 millones de veces superior a la frecuencia de las ondas electromagnéticas empleadas en los sistemas de radiocomunicaciones, entre los que se encuentra la telefonía móvil.

Dicho de otra forma, la energía de los fotones asociados a la radiación electromagnética empleada por los sistemas de comunicaciones móviles es 10 millones de veces inferior al umbral necesario para poder ionizar un átomo y por tanto se puede afirmar rotundamente que este tipo de radiación es “no ionizante”.

Existe otra forma de interacción de las ondas electromagnéticas con la materia, que produce los denominados efectos térmicos. La temperatura de la materia es una medida del grado de agitación o movimiento de los átomos y moléculas que la forman. La interacción radiación no ionizante-materia aumenta el grado de movimiento de los átomos y moléculas y por tanto eleva la temperatura de la materia. Este es el principio básico del funcionamiento de los hornos de microondas.

La ionización de los efectos térmicos o de calentamiento son las dos formas en que la radiación electromagnética actúa sobre la materia, esto es, cuando se manifiesta la transferencia de energía de la onda a la materia.

### 9.7.1 Efectos en el cuerpo humano

El cuerpo humano esta constituido en un 70% por agua, por tanto, no es extraño que sea posible calentar el cuerpo humano mediante la radiación de ondas electromagnéticas. Ahora bien, para determinar si esto es perjudicial hay que hacer notar que depende de la temperatura alcanzada. Es conocido que por encima de los 40 grados centígrados el tejido humano se destruye. Por otra parte, también se sabe que la recuperación de ciertas dolencias musculares y articulares se ve favorecida por la aplicación de calor que induce ligeros aumentos de temperatura. Existen también aparatos de rehabilitación que producen este ligero aumento de temperatura mediante la aplicación de un campo electromagnético externo.

El cuerpo humano tiene mecanismos de termorregulación cuya misión es mantener la temperatura dentro de unos márgenes. Se han observado por tanto respuestas inducidas en el cuerpo por el aumento local de la temperatura por la aplicación de ondas electromagnéticas. El efecto mas conocido es un aumento local del riesgo sanguíneo en la zona afectada.

Algunos mecanismos de funcionamiento del cuerpo humano se basan en electromagnetismo. La transmisión de impulsos en los tejidos nerviosos o la permeabilidad de las membranas celulares a ciertos elementos químicos son fenómenos gobernados, en parte, por las leyes del electromagnetismo. Seria por tanto factible interferir sobre estos mecanismos mediante la aplicación externa de campos electromagnéticos. Sin embargo no existe ninguna evidencia científica de que esto se produzca a las frecuencias y con los niveles de potencia empleados por los sistemas de comunicaciones móviles.

### 9.7.2 Normativas

Las normativas fijan los niveles de exposición a la radiación electromagnética emitida por antenas que no deben ser superados para que pueda considerarse esta exposición como inocua. Estos niveles se fijan introduciendo un factor de seguridad sobre los valores que se consideran inocuos. La existencia de estas normativas es antigua, ya que el empleo de ondas electromagnéticas para fines industriales o para las telecomunicaciones data de principios de siglo. Desde hace mas de treinta años existen normativas sobre los niveles máximos de exposición, los cuales dependen de la frecuencia, por cuanto el grado de penetración y

absolución del cuerpo humano en función de ella. La determinación de los niveles máximos de exposición se realiza a partir de los efectos térmicos. El establecimiento de un factor de seguridad para los niveles máximos de exposición a la radiación electromagnética requiere los siguientes pasos:

- Fijar un nivel de flujo de energía adicional que el organismo pueda sin que su funcionamiento quede perturbado.
- Relacionar la necesidad de disipación de energía con la energía absorbida por el cuerpo. Esta energía absorbida depende de la frecuencia, la intensidad y la constitución física del cuerpo ya que no todos los tejidos (grasa, músculos, etc) absorben por igual. El parámetro que caracteriza la energía absorbida es la denominada “tasa específica de absorción” o SAR (Specific Absorption Rate). El consejo generalizado es que una SAR inferior a 4 W/Kg en el contexto de la actividad metabólica del cuerpo humano supone una disipación de calor comparable a la de una actividad física moderada, y por tanto dentro de los márgenes de actuación de los mecanismos de termorregulación del organismo.
- Finalmente, se establece la relación entre el SAR y la densidad de flujo de potencia del campo electromagnético incidente.

Sobre este valor determinado se aplica un coeficiente de seguridad, es decir, se reduce en un factor adicional. Las normativas internacionales aplican normalmente un coeficiente igual a 50 por lo que se comprueba que es inocuo.

Como conclusión del final del proceso, es posible definir un nivel de exposición que resulte inocuo para el organismo humano, es decir, que la disipación de la energía absorbida por la incidencia del campo electromagnético no implique un sobre esfuerzo para los mecanismos de regulación de temperatura del organismo.

Las antenas tienen un comportamiento direccional que concentra la radiación en ciertas direcciones en detrimento de otras. La radiación se dirige hacia el frente de la antena, ligeramente inclinada entre 2 y 6 grados respecto del horizonte hacia abajo. La radiación de una antena directiva hacia su espalda es unas 200 veces inferior que la radiación hacia el frente. Lo mismo puede decirse de la radiación hacia el suelo.

La densidad de flujo de potencia en un punto del espacio depende de la potencia radiada, la dirección de la antena y la distancia. La variación de la densidad de potencia radiada es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Deben también considerarse las características de direccionalidad de la antena. Para una misma distancia fuera de la dirección del máximo de radiación de la antena la densidad de potencia decae rápidamente.

Los niveles de densidad de potencia radiada por una estación de base se ajusta a la normativa y resultan muy inferiores a los que se establece como valores de referencia.

Por todo ello, se concluye que tanto para los sistemas de 2G y 3G no se ha demostrado que existe ningún riesgo para las personas por la colocación de estaciones de base con estos criterios.

# **BIBLIOGRAFÍA**

1. **“Comunicaciones Móviles de Tercera Generación”** (ISBN 84-931836-0-1)  
Hernando y Luch, José Maria y Cayetano. Telefónica Móviles de España, S.A.  
Segunda Edición, Plaza Independencia 6, 28001 Madrid - España 2001.
2. **“Las Comunicaciones Móviles del Futuro”** (ISBN 88-85404-28-6)  
Muratore, Flavio. Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A. (CSELT)  
Primera Edición, Vía G. Reiss Romoli, 274 – 10148 Torino – Italia 2000.
3. **“Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación”** (ISBN 84-932521-0-7)  
Calvo Ramón, Miguel. Fundación Airtel Vodafone.  
Primera Edición, Universidad Politécnica de Madrid – España 2002.
4. **“Comunicaciones Móviles de Tercera Generación – UMTS”** (ISBN 8-4607697-7-1)  
Martínez, Carlos. International Thompson Editores Spain Paraninfo S.A.  
Primera Edición, Magallanes 25, 28015 Madrid – España 2003.
5. **“GPRS – General Packet Radio Service”** (ISBN 84-931836-3-6)  
Hernando y Luch, José Maria y Cayetano. Telefónica Móviles de España, S.A.  
Primera Edición, Plaza Independencia 6, 28001 Madrid - España 2002.
6. **“La Red GSM”** (ISBN 84-283-2701-7)  
Tisal, Joachim. International Thompson Editores Spain Paraninfo S.A.  
Segunda Edición, Magallanes 25, 28015 Madrid – España 2000.
7. **“Fundamentos de Telecomunicaciones”** (ISBN 84-283-2820-X)  
Huidobro, José Manuel. International Thompson Editores Spain Paraninfo S.A.  
Primera Edición, Magallanes 25, 28015 Madrid – España 2001.

# **ANEXO A**

## **Simulación**

Miguel Calvo Ramón

Ramón Martínez Rodríguez Osorio

Matilde Sánchez Fernández

La evaluación de las prestaciones de los sistemas de comunicaciones y la optimización de los mismos se basa fundamentalmente en su modelado, bien en términos de formulaciones analíticas, cuya evaluación se apoya en el uso de programas CAD matemático, o bien apoyados en simuladores que reproducen, mediante programas de ordenador, con el grado de detalle deseado (dentro de ciertos límites), el comportamiento de los sistemas.

En general el modelado analítico resulta complejo si no se usan modelos realistas. El uso de simuladores está limitado por la carga computacional que presentan por lo que es fundamental elegir cuidadosamente las técnicas de simulación y complejidad del modelo a implementar, en función de los resultados que se busquen.

En las etapas finales de desarrollo de los sistemas la evaluación de sus prestaciones se realiza sobre maquetas hardware de los mismos. Obviamente ello resulta costoso en los sistemas de comunicaciones y solo es abordable por los fabricantes y operadores y ya en la fase pre-operacional de los sistemas.

En este anexo (Información en CD-ROM) se presentan las técnicas de simulación utilizadas y la implementación de algunos simuladores sencillos desarrollados para estudiar diversos aspectos del funcionamiento de UMTS. Tienen una orientación fundamental didáctica y pretenden ayudar a una mejor comprensión de diversos aspectos complejos del sistema, más que ser herramientas de diseño o planificación.

Se incluyen simuladores de enlace y de sistemas en los apartados 2, 3 y 4. El apartado 5 ilustra un ejemplo de cómo usar los resultados de la simulación de sistema para evaluar la capacidad mediante un modelo sencillo de manejar y cuyos parámetros se extraen de los resultados de simulación. El apartado 6 detalla el proceso de búsqueda, la generación y propiedades de los códigos de los canales de sincronización. Finalmente se ha incluido en el apartado 7 una sencilla aplicación para la representación de coberturas de las antenas de los satélites.

Los simuladores descritos están incorporados en el CD-ROM de simulación adjunto a la tesis para que puedan ser usados por el lector de una manera sencilla e interactiva.

# **ANEXO B**

## **Especificaciones Detallas del Interfaz Radio**

Miguel Calvo Ramón

## 1. ESPECIFICACIONES DETALLADAS DEL INTERFAZ RADIO UTRA FDD

Las normas que contienen las especificaciones detalladas son las indicadas en los siguientes apartados. Estos documentos pueden consultarse desde:

[http://www.3gpp.org/3G\\_Specs/3G\\_Specs.htm](http://www.3gpp.org/3G_Specs/3G_Specs.htm).

### 1.1 Serie 25.200

#### 1.1.1 25.201 *Physical layer – general description*

Esta norma describe los documentos generados por 3GPP TSG RAN WG1. Proporciona también una descripción general de la capa física de la interfaz radio UTRA.

#### 1.1.2 25.211 *Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD)*

Esta norma describe las características de los canales físicos y de transporte de la capa 1 de UTRA en modo FDD. El propósito del documento es formar parte de la descripción completa de la Capa 1 de UTRA y servir de borrador para las especificaciones técnicas (TS).

#### 1.1.3 25.212 *Multiplexing and channel coding (FDD)*

Esta norma describe las características de multiplexión y codificación de canal en el modo FDD de UTRA.

#### 1.1.4 25.213 *Spreading and modulation (FDD)*

Describe el proceso de dispersión y modulación en la Capa Física de UTRA trabajando en el modo FDD.

#### 1.1.5 25.214 *Physical layer procedures (FDD)*

Este documento especifica y establece las características de los procedimientos usados en la capa física de UTRA FDD.

#### 1.1.6 25.215 *Physical layer – Measurements (FDD)*

Este documento 3GPP es una Especificación de Telecomunicación (TS) que describe las medidas realizadas por la UE y por la red para dar soporte al funcionamiento en modo de reposo y en modo de conexión en UTRA FDD.

### 1.2 Serie 25.300

#### 1.2.1 25.301 *Radio Interface Protocol Architecture*

Este documento proporciona un resumen y descripción general de la arquitectura de protocolos de la interfaz radio UE-UTRAN. Los detalles de los protocolos radio se especifican en otros documentos.

### **1.2.2 25.302 Services provided by the Physical Layer**

El documento es una especificación técnica de los servicios proporcionados por la capa física de UTRA a las capas superiores.

### **1.2.3 25.303 Interlayer Procedures in Connected Mode**

El documento pretende proporcionar una visión de los diferentes estados y transiciones de un terminal UMTS cuando está en modo conexión. Incluye información de los procedimientos entre capas que se requieren.

### **1.2.4 25.304 UE procedures in Idle Mode**

Describe los procesos de la UE en modo de reposo y la división funcional entre el estrato de acceso y el de no-acceso en la UE. La UE está en modo de reposo cuando la conexión de la UE está cerrada en todas las capas, por ejemplo no hay una conexión MM ni una conexión RRC.

El documento presenta también ejemplos de procedimientos entre capas relacionados con procesos en modo de reposo y describe las funcionalidades en modo de reposo de un UE dual UMTS/GSM.

### **1.2.5 25.321 Medium Access Control (MAC) Protocol Specification**

El alcance de este documento es la especificación del protocolo MAC.

### **1.2.6 25.322 Radio Link Control (RLC) Protocol Specification**

El alcance es la descripción del protocolo RLC.

### **1.2.7 25.331 Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification**

El objetivo de esta especificación es describir el protocolo de Control del Recurso Radio del sistema radio de 3GPP. Contiene también la información que debe transportarse entre un RNC fuente y un RNC objetivo relativa a una reubicación de SRNC.

## **1.3 Serie 25.400**

### **1.3.1 25.401 UTRAN Overall Description**

Este documento describe la arquitectura global de UTRAN incluyendo las interfaces internas, la interfaz radio y la interfaz Iu.

### **1.3.2 25.410 UTRAN Iu Interface: General Aspects and Principles**

Este documento es una introducción a las Especificaciones Técnicas de la serie 25.41x que definen la interfaz Iu para la interconexión del RNC a la Red Básica.

### **1.3.3 25.411 UTRAN Iu interface Layer 1**

Este documento especifica las normas que permiten implementar la Capa 1 de la interfaz Iu. No es objeto del documento la especificación de los requisitos de retardo ni de Operación y Mantenimiento (O&M).

### **1.3.4 25.412 UTRAN Iu interface signalling transport**

Este documento especifica las normas para los protocolos de transporte de datos de usuario y los protocolos de señalización requeridos para establecer portadores de transporte del plano de usuario.

### **1.3.5 25.413 UTRAN Iu Interface: RANAP Signalling**

Especifica la señalización entre la CN y UTRAN sobre el interfaz Iu.

### **1.3.6 25.414 UTRAN Iu interface data transport & transport signalling**

Este documento especifica las normas de los protocolos de transporte de datos de usuario y los protocolos de señalización requeridos para establecer portadores de transporte en el plano de usuario.

### **1.3.7 25.415 UTRAN Iu interface user plane protocols**

Esta norma define los protocolos que se usan para el transporte y control sobre la interfaz Iu.

### **1.3.8 25.420 UTRAN Iur Interface: General Aspects and Principles**

Este documento es una introducción a las especificaciones técnicas de la serie TSG RAN TS 25.42x que definen la interfaz Iur. Esta es una interfaz lógica para la interconexión de dos RNC de UTRAN.

### **1.3.9 25.421 UTRAN Iur interface Layer 1**

Este documento especifica las normas que permiten implementar la Capa 1 de la interfaz Iur. No son objeto del documento la especificación de los requisitos de retardo ni los de O&M.

### **1.3.10 25.422 UTRAN Iur interface signalling transport**

Este documento especifica las normas para los protocolos de transporte y los asociados de señalización a usar para establecer portadores de transporte del plano de usuario.

### **1.3.11 25.423 UTRAN Iur Interface: RNSAP Signalling**

Este documento especifica los procedimientos de señalización de la capa de red radio entre los RNC y UTRAN.

### **1.3.12 25.424 UTRAN Iur interface data transport & transport signalling for Common Transport Channel data streams**

Este documento debe proporcionar una descripción del transporte de datos y señalización del Canal Común de Transporte en la interfaz Iu de UTRAN.

### **1.3.13 25.425 UTRAN Iur interface user plane protocols for Common Transport Channel data streams**

Este documento debe proporcionar una descripción de los protocolos del plano de usuario del Canal Común de Transporte de la interfaz Iu de UTRAN.

### **1.3.14 25.426 UTRAN Iur & Iub interface data transport & transport signalling for DCH data streams**

El objetivo de esta especificación técnica es describir los portadores de transporte de las secuencias de datos DCH en las interfaces UTRAN Iur e Iub. También se especifica el plano de control correspondiente. La capa física de los portadores de transporte no es objeto de esta especificación técnica.

### **1.3.15 25.427 UTRAN Iur & Iub interface user plane protocol for DCH data streams**

Este documento debe proporcionar una descripción de los protocolos del plano de usuario para las secuencias de datos de los Canales Dedicados de Transporte en las interfaces Iur e Iub de UTRAN.

### **1.3.16 25.430 UTRAN Iub Interface: General Aspects and Principles**

Este documento es una introducción a la serie TSG RAN TS 25.43x de las especificaciones técnicas UMTS que definen la interfaz Iub. Esta es la interfaz lógica para la interconexión de los componentes Nodo B y RNC de UTRAN.

### **1.3.17 25.431 UTRAN Iub interface Layer 1**

Este documento especifica las normas que permiten la implementación de la Capa 1 de la interfaz Iub. No es objeto de este documento la especificación de los requisitos de retardo de transmisión y de O&M.

### **1.3.18 25.432 UTRAN Iub interface signalling transport**

Este documento especifica el transporte de señalización usado a través de la interfaz Iub relacionado con la señalización NBAP (Parte de Aplicación del Nodo B). La señalización de control de red radio entre el Nodo B y la RNC a través de la Iub se realiza usando NBAP.

### **1.3.19 25.433 UTRAN Iub Interface: NBAP Signalling**

Este documento especifica el protocolo NBAP que debe usarse sobre la interfaz Iub.

### **1.3.20 25.434 UTRAN Iub interface data transport & transport signalling for Common Transport Channel data streams**

Este documento proporciona una descripción del Transporte de Datos y de Señalización en las secuencias CCH sobre la interfaz Iub entre el RNC y el Nodo B de UTRAN.

### **1.3.21 25.435 UTRAN Iub interface user plane protocols for Common Transport Channel data streams**

Este documento debe proporcionar una descripción de los protocolos del plano de usuario para el CTH sobre la interfaz Iub.

### **1.3.22 25.442 UTRAN Implementation Specific O&M Transport**

Este documento especifica el transporte de la señalización de O&M entre el Nodo B y la Plataforma de Gestión en el caso de que el transporte sea a través del RNC.

## **1.4 Serie 25.100**

### **1.4.1 25.101 UE Radio transmission and reception (FDD)**

Especifica las características en RF del modo FDD de UTRA.

### **1.4.2 25.103 RF parameters in support of Radio Resource Management**

Describe los parámetros de RF y los requisitos para la Gestión del Recurso Radio.

### **1.4.3 25.104 BTS Radio transmission and reception (FDD)**

Establece las características en RF mínimas de la Estación Base para el modo FDD de UTRA.

### **1.4.4 25.141 Base station conformance testing (FDD)**

Especifica los procedimientos de prueba y los requisitos de conformidad de los transceptores de las estaciones base de UTRA que operan en FDD.

### **1.4.5 25.113 Base station EMC**

Cubre los aspectos de compatibilidad electromagnética asociados a las estaciones base y equipos asociados a estas.

## 2. ESPECIFICACIONES DETALLADAS DEL INTERFAZ RADIO UTRA TDD

Las normas que contienen las especificaciones detalladas pueden consultarse desde:

[http://www.3gpp.org/3G\\_Specs/3G\\_Specs.htm](http://www.3gpp.org/3G_Specs/3G_Specs.htm).

### 2.1 Serie 25.200

#### 2.1.1 25.201 *Physical layer – General description*

Esta especificación describe los documentos generados por el TSG RAN WG1 de 3GPP. También proporciona una descripción general de la capa física del interfaz radio de UTRA y también de TD-SCDMA.

#### 2.1.2 25.221 *Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (TDD)*

Describe las características de los canales de transporte y físicos de la Capa 1 de UTRA en modo TDD y de TD-SCDMA.

#### 2.1.3 25.222 *Multiplexing and channel coding (TDD)*

Describe la multiplexación, codificación de canal y entrelazado de la Capa física de UTRA TDD y TD-SCDMA.

#### 2.1.4 25.223 *Spreading and modulation (TDD)*

En este documento se establecen las características de la codificación de batido y de la modulación en UTRA TDD y TD-SCDMA.

#### 2.1.5 25.224 *Physical layer procedures description (TDD)*

Describe los procedimientos que se realizan en la Capa Física de UTRA TDD y en TD-SCDMA.

#### 2.1.6 25.225 *Physical layer – Measurements (TDD)*

Esta especificación contiene la descripción de las medidas que se realizan en el UE y en la red como soporte al funcionamiento en modo idle y en modo conexión de UTRA TDD.

### 2.2 SERIE 25.300

#### 2.2.1 25.301 *Radio Interface Protocol Architecture*

Proporciona una descripción y visión globales de la arquitectura de protocolos de la interfaz radio de UTRA TDD y TD-SCDMA. Los detalles de los protocolos se proporcionan en otros documentos.

#### 2.2.2 25.302 *Services provided by the Physical Layer*

Este documento es una especificación técnica de los servicios que proporciona la capa física de UTRA a las capas superiores.

### **2.2.3 25.303 Interlayer Procedures in Connected Mode**

Este documento presenta los procedimientos entre las capas así como una descripción de los diferentes estados y transiciones cuando un terminal está en modo conexión.

### **2.2.4 25.304 UE procedures in Idle Mode**

Este documento describe los procesos generales en modo idle del terminal. También describe la división funcional entre los estratos de acceso y de no acceso en el terminal de usuario. El terminal está en modo idle cuando la conexión del terminal está cerrada en todos los niveles por ejemplo cuando no hay ni una conexión de Gestión de Movilidad MM ni de Control de Recursos Radio RRC.

También presenta ejemplos de procedimientos entre capas relacionados con los procesos en modo idle y describe la funcionalidad de este modo en terminales duales UMTS/GSM.

### **2.2.5 25.321 Medium Access Control (MAC) Protocol Specification**

El objetivo es la descripción de la especificación del protocolo MAC.

### **2.2.6 25.322 Radio Link Control (RLC) Protocol Specification**

El objetivo es la descripción de la especificación del protocolo RLC.

### **2.2.7 25.331 Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification**

El objetivo es describir el Control de Recursos Radio del sistema radio de 3GPP. También describe la información a transportar en contenedores transparentes entre el RNC fuente y el RNC objetivo en relación con una reubicación de SRNC.

## **2.3 Serie 25.400**

### **2.3.1 25.401 UTRAN Overall Description**

Describe la arquitectura completa de UTRAN incluyendo las interfaces internas y las interfaces radio e lu.

### **2.3.2 25.410 UTRAN lu Interface: General Aspects and Principles**

Es una introducción a las Especificaciones Técnicas de la serie 25.41x en las que se define la interfaz lu para la interconexión del Controlador de Red Radio (RNC) con la Red Central (CN).

### **2.3.3 25.411 UTRAN lu interface Layer 1**

Especifica la implementación de la Capa 1 de la interfaz lu. No son objeto de especificación en este documento ni los requisitos de retardo ni los de Operación y Mantenimiento O&M.

### **2.3.4 25.412 UTRAN lu interface signalling transport**

Especifica los protocolos para el transporte de los datos de usuario y de la señalización asociada para establecer los portadores de transporte en el plano de usuario.

### **2.3.5 25.413 UTRAN Iu Interface: RANAP Signalling**

Especifica la señalización entre CN y UTRAN sobre la interfaz Iu.

### **2.3.6 25.414 UTRAN Iu interface data transport & transport signalling**

Especifica los protocolos para el transporte de los datos de usuario y de la señalización asociada para establecer los portadores de transporte en el plano de usuario.

### **2.3.7 25.415 UTRAN Iu interface user plane protocols**

Define los protocolos a usar para transporte y control sobre la interfaz Iu (los denominados Iu User Data Streams).

### **2.3.8 25.420 UTRAN Iur Interface: General Aspects and Principles**

Es una introducción a la Serie de Especificaciones Técnicas 25.42x que definen la interfaz Iur. Esta es una interfaz lógica para la interconexión de dos RNC.

### **2.3.9 25.421 UTRAN Iur interface Layer 1**

Especifica las normas para implementar la Capa 1 de la interfaz Iur. No son objeto de este documento ni la especificación de los requerimientos de retardo ni los de Operación y Mantenimiento O&M.

### **2.3.10 25.422 UTRAN Iur interface signalling transport**

Especifica los protocolos para el transporte de los datos de usuario y de la señalización asociada para establecer los portadores de transporte en el plano de usuario.

### **2.3.11 25.423 UTRAN Iur Interface: RNSAP Signalling**

Especifica los procedimientos de señalización de la capa de red entre RNC.

### **2.3.12 25.424 UTRAN Iur interface data transport & transport signalling for Common Transport Channel data streams**

Proporciona una descripción del Transporte de Datos y del Transporte de Señalización de los Canales Comunes de Transporte en la interfaz Iur entre dos RNS

### **2.3.13 25.425 UTRAN Iur interface user plane protocols for Common Transport Channel data streams**

Proporciona una descripción de los protocolos del plano de usuario para los Canales Comunes de Transporte en la interfaz Iur.

### **2.3.14 25.426 UTRAN Iur & Iub interface data transport & transport signalling for DCH data streams**

Su objetivo es especificar los portadores para el DCH en las interfaces Iur e Iub. También se

especifican el correspondiente Plano de Control de la Red de Transporte. No es objeto de esta especificación la Capa Física de los portadores de transporte.

### **2.3.15 25.427 UTRAN Iur & Iub interface user plane protocol for DCH data streams**

Proporciona una descripción de los protocolos del plano de usuario para los Canales Dedicados de Transporte en las interfaces Iur e Iub.

### **2.3.16 25.430 UTRAN Iub Interface: General Aspects and Principles**

Es una introducción a la Serie 25.43x de Especificaciones Técnicas que definen la interfaz Iub. Esta es una interfaz lógica para la interconexión de Nodos B y Controladores de Red Radio (RNCs).

### **2.3.17 25.431 UTRAN Iub interface Layer 1**

Especifica las normas para implementar la Capa 1 de la interfaz Iub. No son objeto de este documento ni la especificación de los requerimientos de retardo ni los de Operación y Mantenimiento O&M.

### **2.3.18 25.432 UTRAN Iub interface signalling transport**

Especifica el transporte sobre la interfaz Iub de la señalización entre Nodo B y RNC que se basa en NBAP (Node B Application Part)

### **2.3.19 25.433 UTRAN Iub Interface: NBAP Signalling**

Especifica las normas de NBAP para uso sobre la interfaz Iub.

### **2.3.20 25.434 UTRAN Iub interface data transport & transport signalling for Common Transport Channel data streams**

Proporciona una descripción del Transporte de Datos y Transporte de Señalización de los CCH sobre la interfaz Iub

### **2.3.21 25.435 UTRAN Iub interface user plane protocols for Common Transport Channel data streams**

Describe los protocolos del plano de usuario para los Canales Comunes de Transporte sobre la interfaz Iub.

### **2.3.22 25.442 UTRAN Implementation Specific O&M Transport**

Especifica el transporte de la señalización de O&M entre el Nodo B y la Plataforma de Gestión cuando este transporte se enruta a través del RNC.

## **2.4 25.100 Series**

### **2.4.1 25.102 UE Radio transmission and reception (TDD)**

En este documento se establecen las características mínimas de radiofrecuencia que deben tener los Equipos de Usuario funcionando tanto en el modo TDD de UTRA como en TD-SCDMA.

### **2.4.2 25.103 RF parameters in support of Radio Resource Management**

Esta especificación describe los parámetros de radiofrecuencia y los requisitos para la Gestión del Recurso Radio RRM.

### **2.4.3 25.105 BTS Radio transmission and reception (TDD)**

Este documento establece las características mínimas que deben tener en radiofrecuencia las BTS (Base Transceiver Stations) de UTRA TDD y TD-SCDMA.

### **2.4.4 25.142 Basestation conformance testing (TDD)**

Especifica los procedimientos de prueba y los requisitos de conformidad de las BTS de UTRA que operen en modo TDD.

## **2.5 Aspectos Relacionados con la Red Central**

### **2.5.1 23.108 Mobile Radio Interface Layer 3 specification Core Network Protocols stage 2**

Especifica los procedimientos utilizados en el interfaz radio para el Control de Llamada (CC), la Gestión de la Movilidad (MM) y la Gestión de la Sesión (SM).

### **2.5.2 23.110 UMTS Access Stratum; Services and Functions**

Este documento proporciona la base de la especificación detallada de los protocolos que controlan el flujo de información, tanto de control como de datos de usuario, entre el Estrato de Acceso y las partes de UMTS fuera de este estrato. Las especificaciones detalladas se proporcionan en otras especificaciones.

### **2.5.3 23.022 Functions related to Mobile Stations (MS) in idle mode and group receive mode**

Proporciona una visión general de las tareas que realiza una estación móvil en modo "idle", es decir cuando esta conectada pero no tiene asignado un canal dedicado porque no está realizando ni recibiendo una llamada, o en modo de recepción de grupo, es decir recibiendo una llamada de grupo o una llamada de difusión sin tener una conexión dedicada. Describe también las correspondientes funciones de red.

#### **2.5.4 24.007 Mobile Radio Interface Signalling Layer 3 - General Aspects**

define la arquitectura de la Capa 3 y de sus subcapas sobre el interfaz entre la MS y la red. Define también el formato básico de los mensajes y la gestión de errores que aplican los protocolos de la Capa 3.

#### **2.5.5 24.008 Mobile Radio Interface Layer 3 specification; Core Network Protocols - Stage 3**

especifica los procedimientos usados en el interfaz radio para el Control de Llamada (CC), la Gestión de la Movilidad (MM) y la Gestión de la Sesión (SM).

#### **2.5.6 24.011 Point-to-Point (p-t-p) Short Message Service (SMS); Support on Mobile Radio Interface Layer 3**

Especifica los procedimientos usados sobre el interfaz radio por las funciones de señalización de capa 3 SMC (Short Message Control) y SM-RL (Short Message Relay) tanto en conmutación de circuitos como en conmutación de paquetes.

#### **2.5.7 24.012 Short Message Cell Broadcast; Support on Mobile Radio Interface Layer 3**

Describe This document describes como se proporciona el Servicio de Difusión en Celda de Mensajes Cortos (SMSCB) sobre el interfaz radio.

#### **2.5.8 23.060 General Packet Radio Service (GPRS) Service description; Stage 2**

Proporciona una visión general de la arquitectura GPRS y una visión más detallada de la arquitectura de protocolos MS-CN.

#### **2.5.9 24.022 Radio Link Protocol (RLP) for Data and Telematic Services on the (MS-BSS) Interface and the Base Station System - Mobile-services Switching Centre (BSS-MS-C) Interface**

Especifica el protocolo RLP (Radio Link Protocol) para la transmisión de datos sobre las redes móviles públicas 3GPP.

#### **2.5.10 24.010 Mobile Radio Interface Layer 3 - Supplementary Services Specification -General Aspects**

Se proporciona la especificación de los servicios suplementarios en la capa 3 de la interfaz radio. Los detalles se proporcionan en otros documentos.

### **2.5.11 24.080 Mobile radio Layer 3 Supplementary Service specification-Formats and coding**

Contiene la codificación de la información necesaria para proporcionar la operación de los servicios suplementarios de la capa 3 del interfaz radio.

## **2.6 Aspectos Relativos al Terminal**

### **2.6.1 21.111 USIM and IC Card Requirements**

Define los requerimientos del USIM (Universal Subscriber Identity Module) y de la tarjeta IC (UICC) para 3GPP. Estos requisitos se basan en los requisitos de servicio y de seguridad definidos para 3GPP.

### **2.6.2 23.038 Alphabets & Language specific information**

Define los requerimientos de lenguaje, incluyendo la codificación de caracteres, para los terminales 3GPP

### **2.6.3 23.040 Technical realisation of SMS Point to Point**

Describe el servicio de mensajes cortos punto a punto (SMS).

### **2.6.4 23.041 Technical realisation of Cell Broadcast Service**

Describe el servicio punto a multipunto de difusión en celda (CBS).

### **2.6.5 23.042 Compression algorithm for SMS**

Describe el algoritmo de compresión para los servicios de mensajes de texto.

### **2.6.6 27.005 Use of Data Terminal Equipment - Data Circuit terminating Equipment (DTE - DCE) interface for Short Message Service (SMS) and Cell Broadcast Service (CBS)**

Define tres protocolos para el control de las funciones SMS en un terminal móvil desde un terminal remoto a través de una interfaz asíncrona.

### **2.6.7 27.007 AT command set for 3G User Equipment (UE)**

Especifica y recomienda un perfil de comandos AT para controlar las funciones y servicios de red de un equipo móvil (ME) desde un equipo terminal (TE) a través de un adaptador de terminal (TA).

### **2.6.8 27.010 Terminal Equipment to User Equipment (TE-UE) multiplexer protocol**

Define un protocolo de multiplexado entre una estación móvil y un terminal de datos externo para establecer varios canales (por ejemplo para SMS y datos simultáneamente).

### **2.6.9 27.103 Wide Area Network Synchronisation**

Proporciona una definición de los protocolos de sincronización.

### **3 ESPECIFICACIONES DEL INTERFAZ RADIO UWC-136.**

Los documentos mencionados pueden encontrarse en la dirección: <http://ftp.tiaonline.org/uwc136/>

#### **3.1 TIA/EIA-136-000 List of Parts**

Proporciona el alcance que pretenden las normas TIA/EIA-136 y las partes de las que constan.

#### **3.2 TIA/EIA-136-0XX Miscellaneous Information**

##### **3.2.1 TIA/EIA-136-005 Introduction, Identification and Semi-permanent Memory**

Proporciona una explicación de los términos y de la definición de identidades y su selección.

##### **3.2.2 TIA/EIA-136-010 Optional Mobile Station Facilities**

Enumera las características opcionales de los terminales móviles.

##### **3.2.3 TIA/EIA-136-020 SOC, BSMC, and Other Code Assignments**

Proporciona una lista de los códigos de operador y de fabricantes de estaciones base así como identificadores de protocolos de capas superiores específicos de portadoras y asignaciones al servicio de transporte para difusión.

#### **3.3 TIA/EIA-136-1XX Channels**

##### **3.3.1 TIA/EIA-136-100 Introduction to Channels**

Proporciona el modelo de referencia de protocolos, las definiciones de canales lógicos y la proyección de los mensajes de capa 3 a través de la capa 2 hasta la capa física.

##### **3.3.2 TIA/EIA-136-110 RF Channel Assignments**

Proporciona la asignación de canales de RF a los móviles y a las estaciones base.

##### **3.3.3 TIA/EIA-136-121 Digital Control Channel Layer 1**

Describe el Canal Digital de Control (DCCH) en capa 1, incluyendo las estructuras de trama y las descripciones de canales y subcanales.

##### **3.3.4 TIA/EIA-136-122 Digital Control Channel Layer 2**

Describe los puntos de acceso al servicio, los protocolos y los procedimientos de ARQ del Canal Digital de Control en la capa 2. También los requerimientos de supervisión de la calidad del enlace radio.

### **3.3.5 TIA/EIA-136-123 Digital Control Channel Layer 3**

Proporciona la descripción del Canal Digital de Control en capa 3 incluyendo el diagrama de estados del terminal móvil, detalles de procedimientos tales como la itinerancia inteligente, el conjunto de mensajes de capa 3, la descripción de los elementos de información y la información de temporización.

### **3.3.6 TIA/EIA-136-131 Digital Traffic Channel Layer 1**

Describe el Canal Digital de Tráfico en la capa 1 incluyendo la estructura de canal los formatos de los intervalos para voz y datos, la modulación y la codificación de canal.

### **3.3.7 TIA/EIA-136-132 Digital Traffic Channel Layer 2**

Describe el Canal Digital de Tráfico para la capa 2 fundamentalmente la información de supervisión.

### **3.3.8 TIA/EIA-136-133 Digital Traffic Channel Layer 3**

Describe el Canal Digital de Tráfico para la capa 3 incluyendo la transmisión discontinua, el traspaso asistido por el móvil, la información de tarificación, los formatos de la señalización de control del terminal móvil, el control de potencia y el soporte para antenas inteligentes.

### **3.3.9 TIA/EIA-136-140 Analog Control Channel**

Describe la Identificación, el procesado de la llamada, los formatos de señalización y los requisitos para el canal de control analógico.

### **3.3.10 TIA/EIA-136-150 Analog Voice Channel**

Incluye descripciones de las características de modulación, tarificación, control del terminal móvil y formatos de señalización para el Canal Analógico de Voz.

## **3.4 TIA/EIA-136-2XX Minimum Performance**

### **3.4.1 TIA/EIA-136-210 ACELP Minimum Performance**

Detalla las prestaciones mínimas de vocoder ACELP de la estación base.

### **3.4.2 TIA/EIA-136-220 VSELP Minimum Performance**

Detalla las prestaciones mínimas de vocoder VSELP.

### **3.4.3 TIA/EIA-136-230 US1 Minimum Performance**

Detalla las prestaciones mínimas de vocoder US1 de la estación base.

#### **3.4.4 TIA/EIA-136-270 Mobile Stations Minimum Performance**

Presenta definiciones, métodos de medida y prestaciones mínimas de los terminales móviles que operan con portadores 136+.

#### **3.4.5 TIA/EIA-136-280 Base Stations Minimum Performance**

Presenta definiciones, métodos de medida y prestaciones mínimas de las estaciones base que operan con portadores 136+.

#### **3.4.6 TIA/EIA-136-290RF Minimum Performance Requirements for 136HS Outdoor and 136HS Indoor bearers.**

Detalla las prestaciones mínimas en RF para las estaciones base y terminales móviles que operan con portadoras 136HS Outdoor y 136HS Indoor.

### **3.5 TIA/EIA-136-3XX Data Services**

#### **3.5.1 TIA/EIA-136-310 Radio Link Protocol-1**

Especifica un protocolo de enlace radio (RLP1) que proporciona funciones de recuperación frente a errores que permiten a la capa 3 el transporte asíncrono de datos sobre la interfaz TDMA utilizando un canal digital de tráfico de velocidad mitad o completa o doble o triple, tal como se especifican en TIA-136-131, 132 y 133.

#### **3.5.2 TIA/EIA-136-320 Radio Link Protocol-2**

Especifica un protocolo de enlace radio (RLP2) que permite a las funciones de capa 3 transportar datos en forma isosíncrona sobre la interfaz TDMA utilizando un canal digital de tráfico de velocidad mitad o completa o doble o triple, tal como se especifican en TIA-136-131, 132 y 133.

#### **3.5.3 TIA/EIA-136-330 Packet-Data Service - Overview**

Proporciona una visión del servicio de datos en modo paquete GPRS-136. proporciona también el modelo de red de referencia y los protocolos de la estación móvil, los tipos de canales y las opciones. Además se proporciona una visión de los portadores 136+ de 30 kHz.

#### **3.5.4 TIA/EIA-136-331 Packet-Data Service - 136+ Physical Layer**

Especifica la capa física de 136+ a 30 kHz incluyendo los formatos de los intervalos, la estructura de trama, la modulación y la codificación de canal.

#### **3.5.5 TIA/EIA-136-332 Packet-Data Service - 136+ Medium Access Control**

Proporciona la especificación de la capa MAC para transmisión de datos en modo paquete de 136+ a 30 kHz incluyendo los PDU de MAC, la gestión de transacciones, la recuperación de errores y el control de acceso aleatorio.

### **3.5.6 TIA/EIA-136-333 Packet-Data Service - Logical-Link Control**

Define el protocolo de Control de Enlace Lógico (LLC) que debe usarse para la transferencia de paquetes de datos entre la estación móvil MS y el Nodo de Soporte Servidor de GPRS (SGSN).

### **3.5.7 TIA/EIA-136-334 Packet-Data Service - Subnetwork –Dependent Convergence Protocol**

Proporciona una descripción del protocolo SMDCP. El usuario de los servicios proporcionados por SMDCP es un protocolo de PDP en la estación móvil MS o el Repetidor en el SGSN.

### **3.5.8 TIA/EIA-136-335 Packet-Data Service - Radio Resource Management**

Especifica la gestión del recurso radio en un sistema GPRS-136. Se describen las entidades utilizadas: RRME (Radio Resource Management Entity) y BME (Broadcast Management Entity).

### **3.5.9 TIA/EIA-136-336 Packet-Data Service - Mobility Management**

Describe la gestión de movilidad en GPRS-136 y funciones tales como el seguimiento de la localización y la confidencialidad de la identidad de usuario.

### **3.5.10 TIA/EIA-136-337 Packet-Data Service - Tunneling of Signaling Messages**

Especifica los procedimientos que proporcionan coordinación entre los servicios de conmutación de circuitos controlados en el MSC/VLR y los servicios de conmutación de paquetes controlados en el SGSN.

### **3.5.11 TIA/EIA-136-340 Packet-Data Service - 136HS Outdoor Overview**

Proporciona una descripción del portador 136HS Outdoor a 200 kHz.

### **3.5.12 TIA/EIA-136-341 Packet-Data Service - 136HS Outdoor Physical Layer**

Proporciona la especificación de la capa física del portador 136HS Outdoor a 200 kHz incluyendo los formatos de intervalos, la estructura de trama, la modulación y la codificación de canal.

### **3.5.13 TIA/EIA-136-342 Packet-Data Service - 136HS Outdoor RLC/MAC**

Proporciona la especificación de la capa RLC/MAC del portador 136HS Outdoor a 200 kHz incluyendo los bloques RLC, los PDU del protocolo MAC, la gestión de transacciones, la recuperación de errores y el control de acceso aleatorio.

### **3.5.14 TIA/EIA-136-350 Data-Service Control**

Proporciona una descripción de los comandos usuario-red y las respuestas que se utilizan para el acceso al servicio de datos asíncrono, fax y otros servicios sobre el protocolo RLP 1

### **3.5.15 TIA/EIA-136-360 Packet-Data Service - 136HS Indoor Overview**

Proporciona una visión general del portador 136HS Indoor a 1.6 MHz.

### **3.5.16 TIA/EIA-136-361 Packet-Data Service - 136HS Indoor Physical Layer**

Contiene la especificación de la capa física del portador 136HS Indoor a 1.6 MHz incluyendo los formatos de los intervalos, la estructura de trama, la modulación y la codificación de canal.

### **3.5.17 TIA/EIA-136-362 Packet-Data Service - 136HS Indoor RLC/MAC**

Proporciona la especificación de la capa RLC/MAC del portador 136HS Indoor a 1.6 MHz incluyendo los bloques RLC, los PDU MAC, la gestión de transacciones, la recuperación de errores y el control del acceso aleatorio.

## **3.6 TIA/EIA-136-4XX Voice Coders**

### **3.6.1 TIA/EIA-136-410 ACELP**

Proporciona una descripción de la codificación de voz y de canal de tipo ACELP que usa el codec EFR (Enhanced Full Rate) de TIA. Consiste en un codificador de voz de 7.4 kbit/s y dos codificadores de canal de tipo FEC: uno a 5.6 kbit/s y otro a 6.5 kbit/s.

### **3.6.2 TIA/EIA-136-420 VSELP**

Describe un codificador de voz que es una variante de CELP (Code Excited Linear Predictive Coding) denominado Vector-Sum Excited Linear Predictive Coding (VSELP).

### **3.6.3 TIA/EIA-136-430 US1**

Proporciona una descripción de un codificador de voz para el canal 136+ 8-PSK DTC. Consiste en un codificador de canal de 7.75 kbit/s.

## **3.7 TIA/EIA-136-5XX Security**

### **3.7.1 TIA/EIA-136-510 Authentication, Encryption of Signaling Information / User Data, and Privacy**

Proporciona información acerca de la autenticación para el Canal Digital de Control, para el Canal Analógico de Voz, para el Canal Analógico de Control y para el Canal Digital de Tráfico. También proporciona una descripción del encriptado de los mensajes de señalización y de privacidad para los mensajes de voz y datos en los sistemas TIA/EIA-136.

### **3.7.2 TIA/EIA-136-511 Messages Subject to Encryption**

Describe los mensajes que se encriptan tal como se indica en TIA/EIA-136-510.

### **3.8 TIA/EIA-136-6XX Teleservice Transport**

#### **3.8.1 TIA/EIA-136-610 R-DATA/SMDPP Transport**

Describe el transporte de los mensajes de teleservicio.

#### **3.8.2 TIA/EIA-136-620 Teleservice Segmentation and Reassembly (TSAR)**

Describe la segmentación y ensamblaje de los teleservicios (Teleservice Segmentation and Reassembly o TSAR). TSAR Proporciona un mecanismo de entrega que no restringe la longitud por las limitaciones que puedan imponer la interfaz radio o las capas de red.

#### **3.8.3 TIA/EIA-136-630 Broadcast Teleservice Transport - Broadcast Air-Interface Transport Service (BATS)**

Describe el transporte de un teleservicio de difusión.

### **3.9 TIA/EIA-136-7XX Teleservices**

#### **3.9.1 TIA/EIA-136-700 Introduction to Teleservices**

Hace una introducción a los teleservicios sobre TIA/EIA-136 incluyendo la torre de protocolos, el transporte y los identificadores de capas superiores.

#### **3.9.2 TIA/EIA-136-710 Short Message Service – Cellular Messaging Teleservice**

Describe los procedimientos, el conjunto de mensajes y los elementos de información necesarios para proporcionar el servicio de mensajes cortos en sistemas TIA/EIA-136.

#### **3.9.3 TIA/EIA-136-720 Over-the-Air Activation Teleservice (OATS)**

Describe un teleservicio diseñado para dar soporte a la activación sobre el interfaz radio (Over-the-Air Activation u OTA). Proporciona intercambio de datos entre una estación móvil y un centro de servicio al cliente o CSC.

#### **3.9.4 TIA/EIA-136-730 Over-the-Air Programming Teleservice (OPTS)**

Describe un teleservicio diseñado para proporcionar descarga de información (por ejemplo desde una base de datos) a un terminal móvil.

#### **3.9.5 TIA/EIA-136-750 General UDP Transport Service (GUTS)**

Describe un servicio de transporte UDP general entre un servidor de teleservicios y un terminal móvil.

#### **3.9.6 TIA/EIA-136-760 Charge Indication Teleservice (CIT)**

Describe un teleservicio diseñado para proporcionar al usuario de un terminal móvil información de tarificación de una llamada.

## **4 ESPECIFICACIONES DEL INTERFAZ RADIO DECT**

### **4.1 DECT MAC Layer**

**Título:** Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 3: Medium Access Control (MAC) layer

**Ubicación:** <http://webapp.etsi.org/publicationstemp/6092.htm>

Especifica la capa 2a de la torre de protocolos de DECT. Define tres grupos de servicios MAC: el servicio de control de los mensajes de difusión, el servicio de control de mensajes no orientados a conexión y el servicio de control multiportador. También especifica los canales lógicos que usan estos servicios y como se multiplexan y se proyectan sobre SDU (Service Data Units) que se envían a la capa física.

### **4.2 DECT Data Link Control Layer**

**Título:** Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 4: Data Link Control (DLC) layer

**Ubicación:** <http://webapp.etsi.org/publicationstemp/6093.htm>

Especifica la capa 2b de la torre de protocolos de DECT. Se especifican dos planos para esta capa DLC denominados plano de control (o plano C) y plano de usuario (o plano U). El primero se relaciona con los aspectos de señalización y proporciona un servicio punto a punto fiable usando un protocolo de acceso al enlace que realiza una transmisión con protección frente a errores de los mensajes de la capa de red. También proporciona un servicio de difusión punto a multipunto. El plano U se relaciona con la información de usuario y contiene los procedimientos relacionados con las aplicaciones. Se definen servicios en modo conmutación de circuitos y en modo conmutación de paquetes con un amplio abanico de prestaciones desde "sin protección y con bajo retardo" para voz hasta "muy protegido con retardo variable" para aplicaciones de red de área local.

### **4.3 DECT Network Layer**

**Título:** Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 5: Network (NWK) layer

**Ubicación:** <http://webapp.etsi.org/publicationstemp/6094.htm>

Especifica la capa 3 de la torre de protocolos DECT. Contiene los siguientes grupos de funciones: entidad de control de enlace, LCE (Link Control Entity), entidad de control de la llamada, CC (Call Control), entidad de servicios suplementarios independientes de llamada, CISS (Call Independent Supplementary Services), entidad de servicios de mensajes orientada a conexión, COMS (Connection Oriented Message Service), entidad de servicio de mensajes no orientada a conexión, CLMS (Connectionless Message Service) y la entidad de gestión de la movilidad, MM (Mobility Management).

#### **4.4 DECT Identities and Addressing**

**Título:** Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 6: Identities and addressing

**Ubicación:** <http://webapp.etsi.org/publicationstemp/6095.htm>

Especifica las identidades y estructura de direcciones de la interfaz DECT. Hay cuatro categorías de identidades: la parte fija, FP (Fixed Part), la parte portable, PP (Portable Part), las identidades relacionadas con la conexión y las entidades relacionadas con el equipo.

#### **4.5 DECT Security Features**

**Título:** Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 7: Security features

**Ubicación:** <http://webapp.etsi.org/publicationstemp/6096.htm>

Describe la arquitectura de seguridad, los tipos de algoritmos criptográficos que se requieren, la forma de usarlos y los requisitos para integrar la arquitectura de seguridad en el interfaz radio DECT.

#### **4.6 DECT Radio Test Specification**

**Título:** Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Approval test specification; Part 1: Radio

**Ubicación:** <http://webapp.etsi.org/publicationstemp/5481.htm>

Especifica las pruebas radio a realizar a los equipos DECT. Cubre las pruebas de los parámetros de radiofrecuencia, los elementos de seguridad y aquellos protocolos que facilitan las pruebas en radiofrecuencia y el uso eficiente del espectro.

# ACRONIMOS

2G	Second Generation, segunda generación
3G	Third Generation, tercera generación
3GPP	Third Generation Partnership Project, asociación para el proyecto de la tercera generación
4G	Fourth Generation, cuarta generación

## **A**

ACCH	Associated Control CHannel, canal asociado de control
ACH	Access CHannel, canal de acceso
ACI	Adjacent Channel Interference, interferencia de canal adyacente
ACK	ACKnowledgement, acuse de recibo
ACPR	Adjacent Channel Power Ratio, relación de potencia de canal adyacente
ACTS	Advanced Communications Technologies and Services, tecnologías y servicios avanzados de comunicación
AICH	Acquisition Indication CHannel, canal de indicación de adquisición
AKA	Authentication and Key Agreement algoritmo principal de autenticación
ALCAP	Access Link Control Application Part, unidad de acceso a la aplicación del control de enlace
AM	Amplitude Modulation, modulación en amplitud
AN	Access Network, acceso red
ANSI	American National Standard Institute, instituto nacional americano de estandarización
AoCC	Advice of Changing, tasación
AoCI	Advice of Changing Information, información-tarificación
API	Application Programming Interface, interfaces comunes en las aplicaciones
APN	Access Point Name, número de punto de acceso
APT	Asia-Pacific Telecommunity, telecomunicaciones Asia- Pacífico
ARI	Access Right Identity, identidad de derechos de acceso
ARQ	Automatic ReQuest for retransmission, petición de retransmisión automática
ASIC	Application Specific Integrated Circuits, procesadores de propósito general
ATM	Asynchronous Transfer Mode, modo de transferencia asíncrono
AuC	Authentication Centre, centro de autenticación
AUTN	Muestra ("token") de autenticación de la red
AWGN	Additive White Gaussian Noise, ruido blanco gaussiano aditivo

## **B**

BAIC	Barring of All Incoming Calls, restricción de todas las llamadas entrantes
BAOC	Barring of All Outgoing Calls, restricción de todas las llamadas salientes
BCA	Borrowing Channel Assignment, estrategias de préstamo
BCCH	Broadcast Control CHannel, canal unidireccional de difusión
BCH	Broadcast CHannel, canal de difusión
BCO	Borrowing with Channel Ordering, préstamo con ordenación de canales
BDCL	Borrowing with Directional Channel-Locking, préstamo con bloqueo de canal direccional
BER	Bit Error Rate, tasa de bits erróneos
BG	Border Gateway, margen de pasarela
B-ISDN	Bandwidth-ISDN, ISDN de banda ancha
BLER	Block Error Rate, tasa de error por bloque
BMC	Broadcast Message Control, control de mensaje de difusión
BMC	Broadcast/Multicast Control, control de difusión/multidifusión
BMS	Basic "Midable" Sequence, secuencia básica de "midamble"

BOIC	Barring of All Outgoing International Calls, restricción de todas las llamadas internacionales salientes
B-O-QAM	Binary FOCET QAM, FOCET QAM binaria
BPSK	Binary Phase Shift Keying, modulación binaria antipodal
BRAT	Basic RATE Adaptation, servicio de adaptación de tasa básico
BS	Base Station, estación base
BSC	Base Station Controller, controlador de estación base
BSS	Base Station System, sistema de estación base
BSSMAP	Base Station System Management Part, unidad de gestión de la estación base
BTS	Base Transceptor Station, estación base transceptora

## C

C	Conditional, condicional
CATV	Cable TV
CAMEL	Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic
CBS	Circuit Bearer Services, conmutación de circuitos
CBWL	Channel Borrowing Without Locking, préstamo sin bloqueo de canal
CC	Calling Control, control de llamada
CCH	Control CHannel, canales de control
CCCH	Common Control CHannel, canales de control común
CCDF	Complementary Cumulative Distribution Function, función distributiva complementaria acumulativa
CCPCH	Common Control Physical CHannel, canal físico común de control
CCTrCH	Compound Code Transport CHannel, canal compuesto de transporte codificado
CD	Call Deflection
CDMA	Code Division Multiple Access, acceso múltiple por división de código
CDMA TDD	CDMA Time Division Duplex, tecnología duplex por división del tiempo
CFB	Call Forwarding on mobile subscriber Busy, desvío por cliente ocupado
CFN	Conexión Frame Number, número de trama de conexión
CFNRc	Call Forwarding on mobile subscriber Not Reachable, desvío por imposibilidad de localizar al abonado
CFNRy	Call Forwarding on No Replay, desvío por cliente que no contesta
CFU	Call Forwarding Unconditional, desvío incondicional
CI	Common Interface, interfaz radio
C/I	Carrier/Interference relación portadora- interferencia
CIR	Carrier Interference Ratio, relación portadora interferencia
CISS	Calling Independent Supplementary Services, servicios suplementarios independientes de llamada
CK	Code Key, clave de cifrado
CLIP	Calling Line Identification Presentation, identificación del número llamante
CLIR	Calling Line Identification Restriction, prohibición del identificador de la línea llamante
CLMS	Connectionless Message Service, servicio de mensajes no orientados a conexión
CLASS	Classic Profile, perfil clásico
CMC	Connectionless Message Control, control de mensaje no orientado a conexión
CN	Core Network, red básica o central
CoLP	Connected Line Presentation, presentación del identificador de la línea conectada
CoLR	Connected Line Identification Restriction, prohibición del identificador de la línea conectada
COMS	Connection Oriented Messages Service, servicio de mensajes orientados a conexión
CP	Compact Packaging, empaquetado compacto
CPCH	Common Paquet CHannel, canal común de paquetes
CPICH	Common Pilot CHannel, canal piloto común
CPICH	Primary Common Control Physical, control físico primario común
CRC	Cyclic Redundancy Code, código de redundancia cíclico
CS	Circuit Switched, circuito conmutado

CS-1	Capability Set – 1, conjunto de capacidades 1
CTC	Common Traffic Channel, canal común de tráfico
CTCH	Common Traffic CHannel Canal común de tráfico
CUG	Closed Used Group, grupo cerrado de usuarios
CW	Calling Waiting, llamada en espera

## D

DC	Dedicated Control, control dedicado
DC	Data confidentiality, mecanismos de integridad
DCA	Dynamic Channel Assignment, asignación dinámica de canales
DCA	Dynamic Channel Allocation, asignación dinámica pura
DCCH	Dedicated Control CHannel, canal de control dedicado
DCH	Dedicated CHannel, canales dedicados
DCS-1800	Digital Cellular System-1800, sistema digital celular en la banda de 1800 MHz
DDPCH	Dedicated Physical Data CHannel, canal físico dedicado de datos
DDSF	Delay Doppler Spread Profile
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications, sistema digital de telecomunicaciones sin hilos
DI	Data Confidentiality, mecanismos de confidencialidad
DI	Data Integrity, datos de integridad
DL	Down Link, enlace descendente
DLC	Data Link Control, control enlace datos
DPCCH	Dedicated Physical Control CHannel, canal físico de control dedicado
DPCH	Dedicated Physical CHannel, canal físico dedicado
DPDCH	Dedicated Physical Data CHannel, canales físicos de datos dedicados
DPRS	DECT Packet Radio Service, servicio de paquetes radio DECT
DPSK	Differential Phase Shift Keying
DRA	Direct Radiation Array, con arrays de antenas
DRNS	Drift RNS, velocidad RNS
DS	Direct Sequence, secuencia directa
DS-CDMA	Discrete Sequence – CDMA, CDMA de secuencia discreta
DSCH	Downlink Shared CHannel, canal compartido descendente
DSP	Doppler Spread Profile, perfil de dispersion Doppler
DSP	Digital Signal Processor
DTAP	Direct Transfer Application Part, unidad de aplicación de transferencia directa
DTCH	Dedicated Traffic CHannel, canal dedicado de tráfico
DTX	Discontinuous Transmission, transmisión discontinua
DUP	Data User Part, unidad de datos de usuario
DwPTS	Downlink PilotTemporal Special, intervalos temporales especiales

## E

$E_c/N_0$	Ratio of Energy per Modulating bit to the Noise Spectral Density, relación de energía modulación de bit a densidad espectral ruido
$E_b$	Energía recibida por bit
ECT	Explicit Call Transfer, transferencia de llamadas
EDF	Edificio de Difracción Final
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution, servicio de datos de alta velocidad por conmutación de circuitos
EIR	Equipment Identity Register, registro de identidad de equipos
eMLPP	enhanced Multi Level Precedence and Pre-emption service, asignación de prioridad y de recursos asignados a una llamada en el momento de su establecimiento
$E_o/I_o$	Energía por bit a interferencia ruido

ERC	European Radiocommunications Comité, comité europeo de radiocomunicación
ES	Ending Specification, sistema final
ESA	European Space Agency, agencia europea del espacio
ESC	Escape, escape
ESN	Electronic Serial Number, número de serie electrónico
ETSI	European Telecommunications Standards Institute, instituto europeo de estandarización de telecomunicaciones
EUIC	Enhanced User Identity Confidentiality, mejora de la confidencialidad de la identidad del usuario
EVM	Error Vector Magnitude, magnitud del vector de error

## F

FACH	Forward Access CHannel, canal de acceso directo
FAUSCH	Fast Uplink Signalling CHannel, canal rápido ascendente de señalización
FBI	FeedBack Information, información de realimentación
FCA	Fixed Channel Allocation, asignación fija de canal
FDD	Frequency Division Duplex, duplex por división de frecuencia
FDMA	Frequency División Múltiple Access, acceso múltiple por división de frecuencia
FEC	Forward Error Correction, corrección adelantada de errores
FER	Frame Error Rate, tasa de errores por trama
FFT	Fast Fourier Transformer, transformada rápida de Fourier
FH	Frequency Hopping, saltos de frecuencia
FREL	Frame Relay, retransmisión de tramas
FIR	Finite Impulse Response, respuesta de impulso finita
FSW	Frame Synchronization Word
FM	Frequency modulation, modulación en frecuencia
FP	Fixed Part, parte fija
FPGA	Field Programmable Gate Array
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunication System, futuro sistema público de comunicaciones móviles terrestres
FS	Fixed Service, servicio fijo
FSS	Fixed Satellite Service, servicio fijo por satélite
FSW	Frame Synchronization Word, palabra de sincronización de trama
FSWI	Frame Switching, conmutación de tramas
FT	Fixed Termination, terminación radio fija

## G

G	Guard, intervalo de guarda
G/T	Gain/ Time, ganancia/ tiempo
GAP	General Access Profile, perfil de acceso genérico
GC	General Control, control general
GCC	Geo Control Centre, centro de control de tierra
GEO	Geoestacionarios
GHG	Secuencias jerárquicas generalizadas de Golay
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
GGSN	Gate GSN, puerta GSN
GGSN	Gateway GPRS Support Node, nodo GPRS de soporte de pasarela
GMM	Global Multimedia Mobility Communications System, sistema global de comunicaciones móviles multimedia
GMSC	Gateway MSC, pasarela MSC
GoS	Grade of Service, Grado de Servicio

GPRS	General Packet Radio Service, servicio general de radiocomunicación por paquetes
GPS	Global Positioning System, sistema global de posicionamiento
GR GPRS	Register, registro GPRS
GRAN	Generic Radio Access Network, red de acceso radio genérica
GSM	Global System for Mobile Communications, sistema global de telecomunicaciones móviles
GSM-NSS	GSM Network Switching Subsystem, subsistema de conmutación de red
GSN	GPRS Support Nodes, nodos de soporte
GTD	Geometrical Theory of Diffraction, teoría geométrica de la difracción
GTP	GPRS Tunneling Protocol, protocolo de tunelaje de GPRS

## H

HCA	Hybrid Channel Assignment, asignación híbrida de canal
HLR	Home Location Register, registro general de abonados
HN	Home Network , red doméstica
H-HO	hard HandOver, traspaso duro
HO	HandOver
HOLD	Call HOLD, retención de llamada
H-PLMN	Home PLMN, PLMN origen
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data, circuito conmutado de datos de alta velocidad
HSR	High Sensitivity Receiver, receptor de alta sensibilidad

## I

IDSF	Input Delay Spread Function
IK	Integrity Key, clave de integridad
IMEI	International Mobil Equipment Identity, números de identificación de los terminales móviles
IMSI	International Mobile Subscriber Identity identidad del abonado móvil internacional
IMT-2000	International Mobile Telecommunication- 2000, red internacional telecomunicaciones móviles
IMT-DS	Direct Sequence-IMT, IMT de secuencia directa
IMT-FT	Frequency and Time-IMT, IMT de frecuencia y tiempo
IMT-MC	MultiCarrier-IMT, IMT de multiportadora
IMT-SC	Single Carrier-IMT, IMT de portadora única
IMT-TC	Time and Code-IMT, IMT de Tiempo y código
IMUI	International Mobile User Identity, identidad internacional del usuario móvil
IN	Intelligent Network, red inteligente
IP	Internet Protocol, protocolo de Internet
IP-M	Multicast IP, IP Multicast
IPR	Intellectual Property Rights, derechos de propiedad intelectual
IS	Interin Standard, norma interina
ISCP	Interference Signal Code Power, potencia de interferencia de la señal recibida
ISDN	Integrated Services Digital Network, red digital de servicios integrados
IST	Information Society Technologies, tecnologías de la sociedad de información
ISUP	ISDN User Part, unidad de usuario RDSI
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication section, Unión Internacional de Telecomunicaciones
IuCS	Iu Circuit Switched, interfaz Iu para conmutación de circuitos
IuPS	Iu Packet Switched, interfaz Iu para conmutación de paquetes
IWU	IntertWorking Unit, unidad de interconexión
IWF	IntertWorking Function, función de interconexión

**L**

LA	Location Area, área de localización
LAC	Link Access Control, subcapa de control de acceso al enlace
LAN	Local Area Network, red de área local
LCC	Lost Calls Cleared, llamadas eliminadas
LCD	Long Constrained Delay data bearer services
LCE	Link Control Entity, control de enlace
LCH	Lost Calls Held, llamadas retenidas
LES	Land Earth Station, estaciones terrenales
LODA	Locally Optimised Dynamic Assignment, asignación dinámica con optimización local
LOS	Line of Sight, línea de visión directa
LLC	Logical Link Control, enlace lógico de control
LLME	Lower Layer Management Entity, gestión de la capa inferior

**M**

MAC	Medium Access Control, capa de control de acceso al medio
MAP	Maximun A posteriori Probability, máxima probabilidad a posteriori
MAP	Mobile Application Part, parte de aplicación móvil
MBC	Multi Bearer Control, control multiportadora
MC	MultiCarrier, multiportadora
MDT	Mapas digitales de Terreno
ME	Mobile Equipment, equipo móvil
MexE	Mobile Execution Enviroment, entorno de ejecución móvil
MF	Multi-Frequency, multi-frecuencia
ML	Maximun Likelihood, regla de máxima verosimilitud
MM	Mobile Managment, gestión de la movilidad
MMI	Man Manchine Interface, interface hombre- máquina
MNP	Mobile Number Portability, número móvil de portabilidad
MOE	Minimun Output Energy, mínima energía de salida
MPTY	MultiParTY, multiconferencia
MRC	Maximal Ratio Combining, combinador de relación máxima
MS	Mobile Station, estación móvil
MSC	Mobile-Services Switching Centre, centro de conmutación de servicios móviles
MSC	Mobile Swiching Centre, central de conmutación
MSS	Mobile Satellite System, sistema móvil satélite
MT	Mobile Terminal, terminal móvil
MTP	Message Transfer Part, unidad de transferencia de mensaje
MTU	Maximum Transmission Unit, unidad máxima de transmisión

**N**

No	Densidad espectral de potencia de ruido e interferencia
NACK	No ACK, transparente
NADC	North American Digital Cellular, sistema digital celular Norteamericano
NAT	Network Address Translation, traducción de dirección de red
NGEO	No Geoestacionarios
N-ISDN	Narrow-ISDN ISDN de banda estrecha
N-LOS	Non Line of Sight, línea de visión no directa
NNI	Network Network Interface, interfaz común entre redes
NPDU	Network PDU, red PDU

NSS	Network Subsystem, subsistema de red
Nt	Notify, de notificación
NWK	NetWorK red capa

## O

OCQPSK	Orthogonal Complex QPSK, QPSK ortogonal compleja
OCCCCH	ODMA Common Control CHannel, canal común de control ODMA
ODCCH	ODMA Dedicated Control CHannel, canal de control dedicado ODMA
ODCH	ODMA Dedicated CHannel, canal dedicado ODMA
ODMA	Oportunity Driven Múltiple Access, acceso múltiple según oportunidad
ODTCH	ODMA Dedicated Traffic CHannel, canal de tráfico dedicado ODMA
ODSF	Output Doppler Spread Function
OMAP	Operation and Maintenance Application Part, parte de aplicación de funcionamiento y mantenimiento
OQPSK	Offset – QPSK, QPSK compensada
ORACH	ODMA Random Access CHannel Canal acceso aleatorio ODMA
OSI	Open System Interconection, sistema abierto de interconexión
OVSF	Ortogonal Variable Spread Factor, ortogonales con factor de expansión variable

## P

PA	Paging Area, área de alerta
PACCH	Packet Associated Control CHannel, canal de control asociado por paquetes
PAGCH	Packet Access Grant CHannel
PAN	Personal Area Network, red de área personal
PARK	Portable Access Rights Key, llaves de derechos de acceso
PBS	Packet Bearer Services, conmutación de paquetes
PCCC	Codificadores agrupados en paralelo convolucionales componentes de memoria
PCCH	Paging Control CHannel canal de control de búsqueda
P-CCPCH	Primary Control Physical CHannel, canal físico primario de control común
PCH	Paging CHannel, canal de búsqueda
PCPCH	Physical Comun Packets CHannel, canal físico común de paquetes
PCS	Personal Communication System, sistema personal de comunicaciones
PCU	Packet Control Unit, unidad de control de paquetes
PDC	Personal Digital Cellular, sistema celular digital personal
PDCP	Packet Data Convergence Protocol, protocolo de convergencia de datos en modo paquete
PDN	Packet Data Network, redes de paquetes de datos
PDP	Packet Data Protocol, protocolo de paquetes de datos
PDP	Power Delay Profile, perfil retardo- potencia
PDSCH	Physical Downlink CHannel, canal fisico compartido descendente
PDSCH	Primary Dedicated Synchronization CHannel, canal dedicado primario de sincronización
PDTCH	Packet Data Traffic CHannel, canal de paquetes de datos de tráfico
PDU	Protocol Data Unit, unidad de datos de protocolo
PFM	Precompensated Frequency Modulation, frecuencia precompensada
PHS	Personal Handy phone System, sistema personal de teléfono
PHY	PHYSical layer, capa física
PICH	Paging Indicator CHannel, canal indicador de página
PICH	Pilot CHannel, Canal Piloto
PIN	Personal Identifier Number, numero personal de identificación
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
PLL	Physical Link subLayer, subcapa de enlace físico

PLMN	Public Land Mobile Network, red móvil terrestre pública
PMF	Frequency Modulation precompensated, modulación en frecuencia precompensada
PN	PseudoNoise, pseudoruido
PNCD	Pseudo Noise Code División, División mediante códigos pseudoaleatorios
PNCH	Packet Notification CHannel, canal de notificación de paquetes
PP	Portable Part, parte portable
PPCH	Packet Paging CHannel, canal de radiobúsqueda de paquetes
PRACH	Physical Random Access CHannel, canal físico de acceso aleatorio
PRM	Protocol Reference Model, modelo de referencia de protocolo
PS	Packet Switched, circuito de paquetes conmutado
PSCH	Physical Synchronization CHannel, canal físico de sincronización
P-SCH	Primary Synchronization CHannel, canal primario de sincronización
PSTN	Public Switched Telephone Network, red telefónica pública conmutada
PTM	Point To Multipoint, servicios punto a multipunto
PTM-G	PTM Group Call, grupo de llamadas PTM
PTM-M	PTM Multicast, Multicast PTM
PTP	Point To Point, punto a punto
PTP-CLNS	PTP ConnectionLess NS
PTP-CONS	PTP Connection Orientated Network Service
PUSCH	Physical Uplink Shared CHannel, canal físico compartido ascendente

## Q

Q-O-QAM	Quaternary Offset QAM, QAM cuaternaria compensada
QoS	Quality of Service, calidad de servicio
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying

## R

RA	Routing Area, área de encaminamiento
RA	Rural Area, area rural
RACE	Reasearch and Development in Advance communicatioons technology in Europe, investigación y desarrollo en tecnología avanzada de comunicaciones en Europa
RACH	Random Acces CHannel, canal de acceso aleatorio
RAN	Radio Access Network, red de acceso radio
RANAP	Radio Access Network Application Part, parte de aplicación de acceso radio a la red
RAVE	Unprotected Rate Adaption for V series equipment
RBER	Residual Bit Error Rate, tasa residual de error de bit
RBS	Radio Base Station, estación base radio
RDSI	Red digital de servicios integrados
RDSI-BA	RDSI de banda ancha
RF	Radio Frequency, radiofrecuencia
RFL	RadioFrequency subLayer, subcapa de radiofrecuencia
RISC	Reduced Instruction Set Computers, dispositivos de conjunto reducido de instrucciones
RL	Radio Link, enlace radio
RLC	Radio Link Control, control de enlace radio
RNC	Radio Network Controller, controlador de red radio
RNC-ID	RNC IDentifier, identificador del RNC
RNS	Radio Network Subsystem, subsistemas radio de red
ROE	Relación Onda Estacionaria
RRC	Radio Resource Control, control del recurso radio
RRC	Raised Root Cosine, raíz de coseno alzado

RS	Reed Solomon
RSCP	Received Signal Code Power, potencia recibida en un código
RSSI	Received signal Strength Indicator, indicador de potencia de señal recibida
RTCH	Random Traffic CHannel, canal de tráfico aleatorio
RTPC	red telefónica pública conmutada
RTT	Round Trip Time, tiempo de propagación de ida y vuelta
RTT	Radio Transmisi3n Technology, tecnologa de transmisi3n radio
RX	Receptor, receptor

## S

SAN	Satellite Access Network, acceso sat3lite
SAP	Service Access Point, puntos de acceso al servicio
SB	Simple Borrowing, pr3stamo simple
SCC	Satellite Control Centre, centros de control de sat3lites
SCCC	concatenaci3n en serie de dos codificadores componentes convolucionales
SCCP	Signaling Connection Control Part, unidad de control de se1alizacion de conexi3n
S-CCPCH	Secondary Common Control Physical CHannel, canal secundario f3sico de control com3n
SCH	Sincronizaton CHannel canal de sincronizaci3n
SCCH	Sincronizaton Control CHannel canal de control de sincronizaci3n
SDCCH	canal dedicado de control aut3nomo
SHCCH	Shared Control CHannel canal de control compartido
SDMA	Space Divisi3n Multiple Access, acceso m3ltiple por divisi3n de espacio
SDO	Standard Developer Organization, organizaciones de desarrollo de est3ndares
SDR	Software Defined Radio, t3cnicas de software radio
SDU	Service Data Unit, unidades de datos de servicios
SF	Spread Factor, factor de ensanchamiento
SF	Spreading Factor, factor de dispersi3n
SFIR	Spatial Filtering Interference Reduction
SFN	System Frame Number, n3mero de trama del sistema
SGSN	Serving GPRS Support Node, nodo GPRS de soporte de servicio
SHO	Soft/Softer Handover, traspaso de continuidad
SIM	Subscriber Identity Module, m3dulo de identidad de abonado
SIR	Signal Interference Relation, relaci3n se1al interferencia
SMG	Spatial Multiplex Gain, ganancia multiple espacial
SMS	Short Message Service, servicios de mensajes cortos
SMS-C	SMS Centre, centro de mensajes cortos
SN	Serving Network, red de servicio
SNDCP	SubNetwork Dependent Convergence Protocol, protocolo de convergencia dependiente de la subred
SNIR	Signal Noise Interference Ratio, relaci3n se1al-ruido interferencia
SNR	Signal Noise Ratio, relaci3n se1al a ruido
SPNP	Support of Private Numbering, soporte de numerizaci3n privada
SR	Shift Register-sequences, secuencias de registro de desplazamiento
SRAN	Satellite Radio Access Network, red de acceso radio sat3lite
SRAT	Secondary RATE adaptation, servicio de adaptaci3n de tasa secundario
SRI	Signal Received Indicator, indicador de potencia recibida
SRNS	Serving RNS, servidor RNS
SS	Spread Spectrum, espectro ensanchado
S-SCH	Secondary Synchronization CHannel, canal secundario de sincronizaci3n
SS7	Signaling System number 7, sistema de se1alizacion n3mero 7
SSS	Space Services, servicios espaciales

Storms Software Tools for the Optimisation Of Resources in Mobile Systems, herramientas software para la optimización de recursos en sistemas móviles  
 S-HO Soft HandOver, traspaso balndo  
 SW-CDMA Satellite Wideband CDMA, CDMA satellite de banda ancha

## T

TA Terminal Adaptor, adaptador de terminal  
 TC Transaction Capabilities, capacidades de transacción  
 TCH Traffic CHannels, canales de tráfico  
 TCP Transmission Control Power, control de potencia de transmisión  
 TCP Transmission Control Protocol, protocolo de control de la transmisión  
 TDD Time-Division Duplex, sistema dúplex por división de tiempo  
 TDMA SC Time Division Multiple Access Single Carrier, multiple acceso por división del tiempo con una única portadora  
 TDMA Time Division Multiple Access, múltiple acceso por división del tiempo  
 TD-SCDMA Time División and Space Code División Múltiple Access, CDMA por división de tiempo y espacio  
 TE Terminal Equipment, equipo terminal  
 TFC Time Frequency Control, campo de control de tiempo y frecuencia  
 TFCI Transport Format Combiner Indicator, indicador de formato de combinación de transporte  
 TFI Transport Indicator Format, indicador formato de transporte  
 TH Time Hopping, saltos de tiempo  
 TLLI Temporary Logical Link Identity, identidad de enlace lógico temporal  
 TMSI Temporary Mobile Subscriber Identity, identidad temporal del usuario móvil  
 TMUI Temporary Mobile User Identity, identidad temporal del usuario móvil  
 TN Transit Network, red de tránsito  
 TPC Transmission Power Control, transmission de potencia de control  
 TrCH Transport CHannel, canal de transporte  
 TRUP TRansparent UnProtected, servicio transparente no protegido  
 TS Time Slot, intervalos temporales principales  
 TTA Telecommunications Technology Association, Asociación de la tecnología de telecomunicación  
 TTI Transmission Time Interval, intervalo de tiempo de transmisión  
 TU Typical Urban, urbano típico  
 TUP Telephone User Part, unidad de usuario móvil  
 TV Television, televisión  
 TVTF Time Variable Transfer Function, función variable de transferencia de tiempo  
 TX Transmisor, transmisor

## U

UDD Unconstrained Delay data bearer services  
 UDI Unrestricted Digital Information, información digital sin restricciones,  
 UDP User Datagram Protocol  
 UE User Equipment, equipo de usuario  
 UHF Ultrahigh Frequency, frecuencia ultra-alta  
 UL Up link, enlace ascendente  
 UICC UMTS Integrated Circuit Card, tarjeta de circuito integrado UMTS  
 UICC USIM Integrated Circuit Card, tarjeta de circuito integrado USIM  
 UIM User Identity Module, módulo de identidad de usuario  
 UIT Unión Internacional para las Telecomunicaciones, Unión Internacional de Telecomunicaciones  
 UL Up Link, enlace ascendente  
 UMTS Universal Mobile Telecommunication System, sistema universal de telecomunicaciones móviles

UMTS/3GPP	Universal Mobile Telecommunication System / Third Generation Partnership Project
UMTS-FDD	Universal Mobile Telecommunication System – Frequency Division Duplex
UpPTS	Uplink Pilot Temporal Special, piloto especial ascendente temporal
UPT	Universal Personal Telecommunications, comunicaciones personales universales
USCH	Uplink Shared CHannel, canal compartido ascendente
USIM	User Services Identity Module, modulo de identidad de usuarios de servicio
USSD	Unstructured Supplementary Service Data
UT	User Terminal, terminal de usuario
UTD	Uniform Theory of Diffraction, teoría uniforme de la difracción
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access, acceso radio universal terrestre
UTRAN	Universal/UMTS Terrestrial Radio Access Network, red de acceso radio terrestre universal
UUS	User to User Signalling, señalización usuario-usuario
UWC	Universal Wireless Communication, sistema de comunicación universal sin hilos

## **V**

VHE	Virtual Home Environment, entorno de hogar virtual
VLR	Visitor Location Register, registro de visitantes
VPLMN	Visited PLMN, PLMN visitada
V RAVE	Unprotected Rate Adaptation for V series equipment, adaptación de tasa no protegida

## **W**

WAP	Wireless Application Protocol, protocolo de aplicación sin hilos
WBX	Walfish-Bertoni-Xia, método de Walfish-Bertoni-Xia
W-C/TDMA	Wideband Code/ TDMA, TDMA de código de banda ancha
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access, banda ancha CDMA
WOCD	Walsh Orthogonal Code División, division por códigos ortogonales de Walsh
WRC	World Radio Conference, asamblea mundial de radiocomunicaciones
WSI	Wireless Strategic Initiative, iniciativa estratégica sin hilos
WSS	Wide Sense Stationary, estacionario en sentido amplio
WSSUS	Wide Sense Stationary with Uncorrelated Scattering, variables aleatorias gaussianas estadísticamente independientes
WLAN	Wireless Local Access Network, red de acceso local sin hilos
WLL	Wireless Local Loop Bucle de abonado local sin hilos

## **X**

XRES	respuesta del usuario esperada
------	--------------------------------