

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



REDES INALÁMBRICAS UMTS DE 3RA
GENERACIÓN PARA SERVICIOS DE TELEFONÍA
MÓVIL

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

RAÚL OMAR ASTOCAZA JUNES

PROMOCIÓN

1995-I

LIMA-PERU

2002

A mis padres quienes han sido siempre,
a la vez, el estímulo y el soporte
para perseverar en el desarrollo personal

**REDES INALÁMBRICAS UMTS
DE 3RA GENERACIÓN PARA SERVICIOS DE
TELEFONÍA MÓVIL**

SUMARIO

En este informe se cubren los aspectos esenciales de las redes inalámbricas de 3ra generación para servicios móviles, la evolución desde los sistemas de 2da generación, el proceso de estandarización y normativo que culminó en la norma IMT-2000. Se presenta una breve introducción a los sistemas de espectro ensanchado WCDMA, para luego realizar una descripción de la arquitectura de la red y de los principales elementos que la componen: la red de acceso radio, el núcleo de red y los terminales. A continuación se describen las características de los servicios y aplicaciones que se encontrarán disponibles en 3G. Posteriormente se muestra el panorama general del sector de telecomunicaciones móviles, a nivel mundial, latinoamericano y las perspectivas a nivel nacional, luego de la entrada en servicio comercial de las primeras redes 3G en el mundo. Finalmente se presenta un informe sobre el aspecto económico en la región en relación al sector de las telecomunicaciones y las consecuencias que esto conlleva para la introducción de las tecnologías en nuestro medio.

INDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES	3
1.1 Introducción	3
1.2 Evolución de los Sistemas Móviles 2G	4
1.3 Proyectos predecesores a los sistemas 3G	10
1.4 Alternativas	13
1.4 Proceso de Estandarización	18
CAPÍTULO II	
INTRODUCCIÓN A WCDMA	31
2.1 Introducción	31
2.2 Espectro ensanchado	32
2.3 Principales parámetros WCDMA	37
2.4 Canales de radio multitrayectoria y Receptor Rake	42
2.5 Control de Potencia	48
2.6 Soft y Softer Handovers	52
CAPÍTULO III	
ARQUITECTURA DEL SISTEMA UMTS	55

3.1	Introducción	55
3.2	Componentes principales	55
3.3	Organización del sistema	56
3.4	Núcleo de Red	59
3.5	Red de Acceso Radio	60
3.6	Terminal Móvil	61

CAPÍTULO IV

NÚCLEO DE RED	63	
4.1	Introducción	63
4.2	Plano de transporte: Conmutación	65
4.3	Plano de transporte: Control	67
4.4	Plano de servicios	68
4.5	Elementos del Núcleo de Red	69
4.6	Fases en la evolución del Núcleo de Red	71
4.7	IP Móvil	80
4.8	Numeración y Direccionamiento	84

CAPÍTULO V

RED DE ACCESO RADIO	89	
5.1	Introducción	89
5.2	Interfaz radio	89
5.2.1	Acceso DS-CDMA	89
5.2.2	Estructura del protocolo	94

5.2.3	Canales del sistema	103
5.2.4	Frecuencias	105
5.2.5	Estructura de tramas	106
5.2.6	Modo FDD	107
5.2.7	Modo TDD	114
5.3	Interfases Ix	117

CAPÍTULO VI

TERMINALES MÓVILES **125**

6.1	Introducción	125
6.2	Nivel Físico	126
6.3	Nivel Aplicación	130
6.3.1	Sistemas Operativos	130
6.3.2	Tecnologías complementarias	131
6.4	USIM	134
6.5	Estado de los terminales en la red	145

CAPÍTULO VII

SERVICIOS Y APLICACIONES UMTS **147**

7.1	Introducción	147
7.2	Categorías de servicios	149
7.3	Servicios básicos	150
7.4	Servicios portadores	151
7.5	Teleservicios	153

7.6	Nuevos paradigmas de servicios	154
7.7	Características de las capacidades de servicios	156
7.8	Ejemplo de utilización de los SCS	158
7.9	Catálogo de servicios 3G	158

CAPÍTULO VIII

SITUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS 3G 161

8.1	Introducción	161
8.2	Mercado Mundial	161
8.3	Mercado Latinoamericano	165
8.4	Mercado Peruano	165
8.5	Análisis económico de la región	166

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 173

ANEXO A: EDGE 176

ANEXO B: REDES LOCALES INALÁMBRICAS 179

ANEXO C: GLOSARIO 185

BIBLIOGRAFÍA 200

PRÓLOGO

En el campo de las Telecomunicaciones, las comunicaciones móviles ocupan un lugar preferencial pues han contribuido enormemente a transformar nuestra sociedad. Si la Internet hizo posible el establecimiento de la sociedad informática, ofreciendo acceso a información cultural o de entretenimiento de cualquier tipo y a cualquier persona, las comunicaciones móviles extendieron éstos conceptos para ofrecerlos, en cualquier momento y en cualquier lugar, haciendo posibles oportunidades de negocio nunca antes vistas.

La evolución de las comunicaciones móviles es a la vez el reflejo y el motor de desarrollo de las necesidades de nuestra sociedad. Los sistemas de comunicaciones móviles, como en general la industria entera de telecomunicaciones, se transforman de acuerdo a las necesidades de la sociedad. En un entorno como el de las telecomunicaciones, que cambia cada vez con mayor rapidez, lograr especificaciones que sean aceptadas universalmente es, evidentemente, una tarea difícil. El IMT-2000 es el resultado de un esfuerzo enorme orientado a unificar los requerimientos tanto de consumidores y fabricantes como de instituciones gubernamentales, sin embargo, su éxito, como el de muchos otros estándares, será determinado por el mercado. En este sentido, la difusión de sus conceptos en los centros de enseñanza, y entre los actores

vinculados al actual negocio de los servicios móviles es de suma importancia pues sobre ellos gravitará el desarrollo futuro inmediato de las telecomunicaciones. Ante esto, nuestro país se encuentra en una situación expectante frente al mercado de las comunicaciones móviles, la baja penetración del servicio celular, las posibilidades de desarrollo económico y el advenimiento de ésta nueva tecnología, junto con la fuerte competencia existente, son indicios de un futuro promisorio en el desarrollo de las comunicaciones móviles y expresan, por tanto, la necesidad de estar preparados para el mismo.

CAPÍTULO I

EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES

1.1 Introducción

El éxito de los sistemas de comunicaciones móviles de Segunda Generación, como el GSM o CDMA, no fue un impedimento para que, apenas dichos sistemas estuviesen siendo implementados, ya se estuviesen estudiando nuevas posibilidades para la siguiente generación de servicios móviles. Las crecientes necesidades de capacidad, calidad y diversidad de servicios estimularon y dieron forma a estos proyectos. El desarrollo de estos nuevos sistemas, auspiciado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, dio como resultado la norma IMT-2000, aprobada en 1999 y concebida para cubrir las necesidades de comunicaciones inalámbricas de la industria para los próximos años, a nivel mundial.

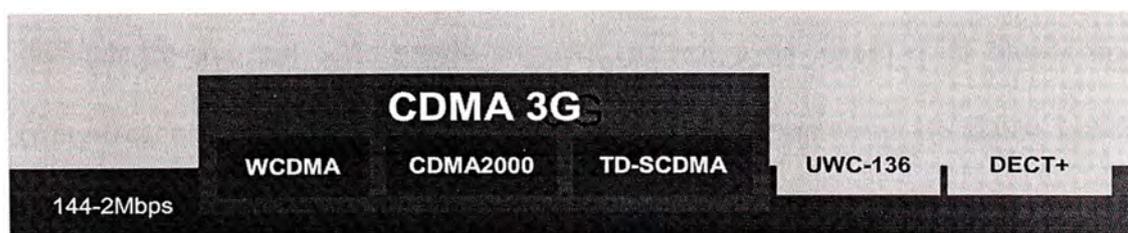


Figura 1.1 Estándar IMT-2000

El carácter universal que conlleva implica evidentemente una gran flexibilidad para permitir el desarrollo evolutivo de los sistemas. De hecho, la norma es el resultado del aporte combinado de diferentes estudios realizados sobre diversas tecnologías, en un proceso que se desarrolló durante varios años, y que recogió los mejores aspectos de cada una de ellas.

1.2 Evolución de los Sistemas Móviles 2G

Hace apenas 15 años los teléfonos móviles eran casi una extravagancia. Hoy, a menudo se obtienen gratis como parte de promociones de marketing de diversos productos. Habiendo resultado uno de los medios principales para el transporte de comunicaciones de voz, ahora asumen nuevos retos en el transporte de datos a alta velocidad, video y tráfico multimedia junto con señales de voz. Las necesidades son impulsadas por la fuerza laboral móvil de la industria. De acuerdo al *Strategic Group*, alrededor de la fuerza laboral en los EEUU es clasificada como móvil (fuera de la oficina al menos un 20% del tiempo).

Las velocidades de acceso en los entornos alámbricos e inalámbricos se definen ya sea como de banda angosta (menor a 64 kbps) o de banda ancha (mayores a 64 kbps). La mayoría de las ofertas existentes de datos móviles caen dentro de la categoría de banda angosta. Esto permite el envío simple de datos, mensajería en ambos sentidos (SMS) y navegación en Internet utilizando el protocolo WAP. En Europa estos servicios son ofrecidos en redes GSM. En

Japón, operan sobre la red i-mode de NTT. En los EEUU, los servicios de datos utilizan CDPD (con una velocidad teórica máxima de 19,2 kbps) o cdmaOne (con una velocidad teórica máxima de 14,4 kbps). También existen un número de redes dedicadas de datos móviles, como ARDIS, Mobitex (BSDW) empleada por Palm.net, BellSouth Mobile Data (RAM) y MCDN de Metricom.

La necesidad de más capacidad de datos para acomodar más suscriptores en forma confiable y para generar mayores ingresos mediante el incremento de los minutos de uso (MOU), los servicios de datos a alta velocidad (384 kbps para usuarios móviles y 2 Mbps para usuarios fijos) para satisfacer las crecientes necesidades de la comunidad de usuarios móviles, el acceso a redes locales corporativas, el acceso inalámbrico a Internet y el roaming global han impulsado los límites de las redes 2G existentes. Las implementaciones 3G propuestas deberán soportar tales necesidades.

Un impulso significativo para 3G lo constituye la demanda de accesos móviles debido a la proliferación del Internet móvil. En los EEUU se espera, según ADVENTIS, que en los próximos años la penetración de Internet alcance el 65%, mientras que predicciones conservadoras (*Strategis Group*) estiman un incremento de la penetración de teléfonos móviles de 40% hoy en día a 50% en el 2004. En Europa las cifras se invierten, la penetración de Internet se estima en 45% para el 2003 y la de teléfonos móviles en 65%. Sin embargo, en ambas regiones, las investigaciones indican que los propietarios de teléfonos móviles son también usuarios de Internet, en un 75% ingresando a Internet en forma

regular (*Yankee Group*), lo cual indica una receptividad potencial para datos móviles. Los datos móviles combinan las demandas de conectividad con las de movilidad conduciendo a una convergencia entre Internet y las comunicaciones inalámbricas. Para el 2004 (*Strategis Group*) en los EEUU la penetración de datos móviles será de 15% entre los usuarios inalámbricos, mientras que el volumen de comercio electrónico inalámbrico alcanzaría los \$21 billones para el 2003 (IDC).

En abril del 2002 se alcanzó la cifra de 1000 millones de suscriptores de telefonía móvil, de los cuales el 71% eran GSM, el 12 % CDMA, el 10% TDMA y el 7% restante PDC. Para el 2005 se estima que el 80% de los 1600 millones de suscriptores conectados serán GSM/WCDMA.

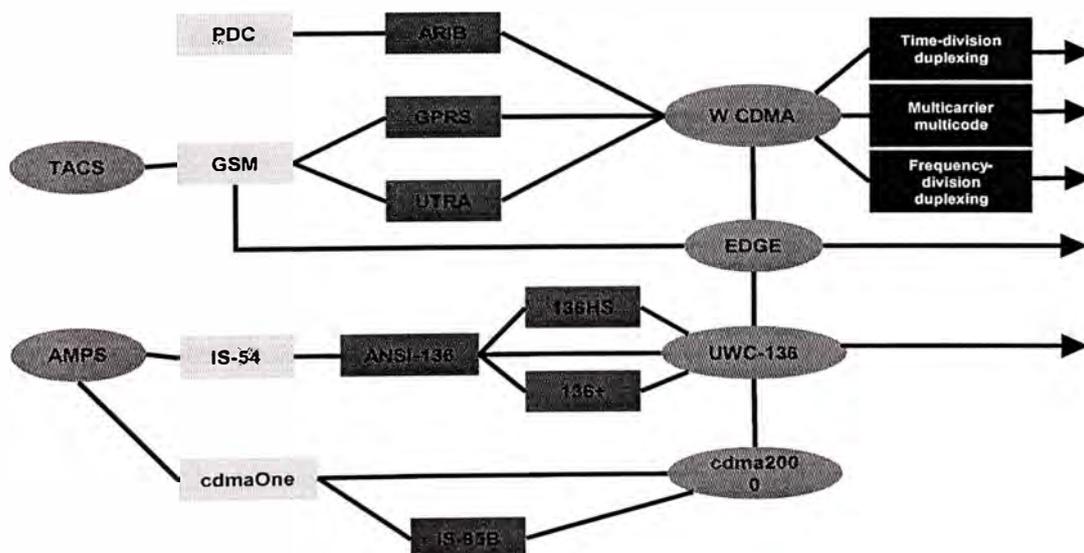


Figura 1.2 Evolución de estándares desde la 1ra a la 2da y a la 3ra generación.

Necesidad de un nuevo sistema

La expansión de las comunicaciones móviles ha estado limitada por dos factores fundamentales, el recurso radioeléctrico y el costo de los sistemas y terminales. El empleo de frecuencias cada vez más elevadas, una serie de innovaciones claves (reutilización de frecuencias, métodos de modulación y codificación, etc.) y sobre todo las posibilidades de fabricación a menores costos abrieron posibilidades de desarrollo de nuevos sistemas.

Adicionalmente al factor tecnológico, otros elementos de carácter normativo, la competencia en el mercado, el crecimiento de la demanda de los usuarios, en cuanto a servicios, capacidad y cobertura, y la mejora en la eficiencia espectral, han contribuido al mismo objetivo. Si bien hubieron mejoras introducidas en los sistemas existentes, como en el caso de GSM, por ejemplo, en donde se introdujo la utilización del control de potencia en el enlace descendente, el salto de frecuencias (SFH), el uso de estructuras jerárquicas de frecuencias, o el codec AMR, estas fueron soluciones a corto plazo, que, por lo demás solamente permitían administrar mejor los servicios existentes, mas no introducir nuevos servicios.

Finalmente fueron estos nuevos servicios los que establecieron la necesidad de una interfaz de aire multimedia, que requieren velocidades de hasta 2 Mbps en ciertos entornos, lo que hace preciso que el ancho de banda de la portadora sea 2 o tres veces superior a este valor.

Requerimientos de 3G

Los requerimientos base establecidos por la UIT para tecnologías 3G son:

- Calidad de voz comparable a la de las redes públicas de telefonía conmutada.
- Tasas de datos de 144 kbps para usuarios en que se desplacen en vehículos a velocidades medias sobre áreas grandes.
- Tasas de datos de 384 kbps para peatones o usuarios que se desplacen a velocidades bajas sobre áreas pequeñas.
- Previsión para soportar tasas de 2 Mbps en sistemas estacionarios
- Soporte de servicios de datos conmutados por circuitos y por paquetes.
- Interfaz de radio adaptativa adecuada para la naturaleza altamente asimétrica de la mayoría de las comunicaciones Internet: capacidad mayor en el enlace de bajada que en el de subida.
- Uso más eficiente del espectro disponible
- Soporte de una amplia variedad de equipos móviles (teléfonos, terminales portátiles, asistentes digitales personales, etc.
- Introducción flexible de nuevos servicios y tecnologías.

Concepto de Tercera Generación

La Tercera Generación es un concepto que actualmente se identifica con las siglas IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications 2000*). Incluye

una componente terrestre y otra por satélite. En la primera, su interfaz de radio se estructura como una familia de cinco tecnologías que se corresponden con cuatro sistemas. Todas ellas ajustándose a unos principios básicos definidos por una serie de recomendaciones de la UIT.

Nombre	IMT-DS Direct Spread	IMT-TC Time code	IMT-TC Multi carrier	IMT-SC Single carrier	IMT-FT Frequency Time
Propuesta	UTRA		MC CDMA 2000	UWC-136	DECT
Tecnología de Acceso	CDMA	CDMA/TDMA	CDMA	TDMA	TDMA/FDMA

Tabla 1.1 Interfases de radio de la componente terrestre IMT-2000.

Por otra parte, desde el punto de vista del núcleo de red, las tecnologías de 3G se agrupan en dos grandes bloques. Uno de ellos constituido por la evolución del núcleo de red GSM/MAP, utilizado por las redes GSM, el otro, por la evolución de la solución ANSI-41, utilizado por los sistemas TIA/EIA-136 e IS-95. Algunas de las diferencias entre ambos son:

Separación entre la identidad del terminal y la del cliente en GSM, lo que no ocurre en ANSI-41.

Definición de una interfaz abierta entre la red de acceso radio y el núcleo de red en GSM, solo recientemente incorporada en ANSI-41.

Algoritmos de autenticación, ANSI Emplea el CAVE (*Cellular Authentication and Voice Encryption*) mientras que GSM emplea el A3/A8, los cuales residen en el SIM.

El sistema de señalización N° 7 es común a ambos, aunque ANSI-41 permite el recurso a X25.

1.3 Proyectos predecesores a los sistemas 3G

Proyecto RACE 1043

Como una continuación de los desarrollos en la especificación de GSM, la Comisión Europea promovió la investigación de un sistema nuevo o la mejora de GSM. El proyecto RACE 1043 se desarrolló en contacto con las Acciones COST 207-231 en colaboración con las Universidades y Centros de Investigación Europeos. A su fin, en 1992, no se había especificado una nueva interfaz, por estar el GSM aún en fase de aceptación, pero se habían mejorado las técnicas de eficiencia espectral, de modulación y propagación. Aprovechando el impulso creado por RACE, la CE decidió promover la investigación competitiva de tres nuevos proyectos que definirían el sistema UMTS: CoDiT, ATDMA y MoNet.

ATDMA

Adaptive TDMA se basaba en una interfaz de aire GSM mejorada con técnicas introducidas en el sistema DECT. Incorporaba el concepto de modulación adaptiva según las condiciones de propagación y el tipo de tráfico y la asignación dinámica de canales para simplificar la tarea de planificación.

Proyecto CoDiT

El CoDiT (*Code Division Testbed*) proponía la interfaz CDMA recientemente introducida en Estados Unidos, con características similares al sistema WCDMA final.

SIG 5

El *Special Interest Group 5* fue formado para comparar el CoDiT y el ATDMA. Sus primeros resultados mostraban que CDMA era superior en entornos de macrocélulas o al combinar servicios, mientras que TDMA tenía ventajas en interiores de edificios y en zonas de tráfico concentrado, incluyendo las transmisiones de datos.

Proyecto Monet

Investigó el uso de ATM y la arquitectura de red inteligente. Introdujo el concepto de red unificada y el de continuidad de servicios, el cual evolucionaría posteriormente al de VHE. Estos conceptos, sin embargo, no fueron considerados viables sino hasta la explosión de Internet

Proyecto FRAMES

Propuesto por la CE y liderado por Siemens, Nokia y Ericsson, FRAMES (*Future Radio Wideband Multiple Access System*) trabajó con dos grupos de investigación que cubrían, por un lado TDMA simple y multiportadora, WTDMA y un sistema híbrido CDMA/TDMA, y por otro CDMA asíncrono, OFDM/CDMA y CDMA síncrono, los cuales devinieron en los modelos FMA1 (TDMA con y sin ensanchamiento) y FMA2 (WCDMA). Ambos lograban velocidades de hasta 2 Mbps sin ventajas claras para uno u otro sistema. Los estudios incluyeron el empleo de antenas adaptivas y de estructuras jerárquicas.

Proyecto RAINBOW

El objetivo de RAINBOW (*Radio Independent Broadband on Wireless*), centrado en el Núcleo de Red y desarrollado en paralelo a los anteriores, era lograr que las centrales de conmutación fuesen derivadas con las centrales de la red fija solamente con un software específico y que fuera compatible con cualquiera de las interfases de aire del sistema FRAMES. Basado en ATM, este proyecto permitió identificar un conjunto de funcionalidades que son independientes de la interfaz de radio y que se reflejaron posteriormente en los foros de estandarización.

Sistema 3G experimental de NTT DoCoMo

Diseñado en 1996 para suceder al PDS en Japón, este sistema basado en DS-CDMA/FDD puede ser considerado como el primer sistema UMTS que incorpora soluciones definitivas. En redes pequeñas de prueba de 3 y 4 estaciones base en Yokosuka y Tokio respectivamente, se hicieron experimentos de capacidad. Se comprobó que el número de receptores Rake necesarios oscilaba entre 2 y 3.

1.4 Alternativas

Alrededor y por encima de las tecnologías de 2da generación, se han desarrollado alternativas de comunicación inalámbrica para cubrir las demandas crecientes, específicamente, de transmisión de datos. En cada caso existen opciones desarrolladas para facilitar la transición a redes de 3G, minimizando la inversión necesaria y maximizando el uso de la infraestructura previa instalada.

En el caso de GSM, que permite tasas de datos de 14,4 kbps, el paso inmediato es la HSCSD, que ofrece un máximo teórico de 57,6 kbps. El paso siguiente es GPRS, que ofrece un máximo teórico de 171,2 kbps y posteriormente EDGE que permitiría teóricamente hasta 384 kbps. Finalmente, suponiendo que el operador haya obtenido una licencia 3G en la banda de 2,1 GHz, migrará a WCDMA.

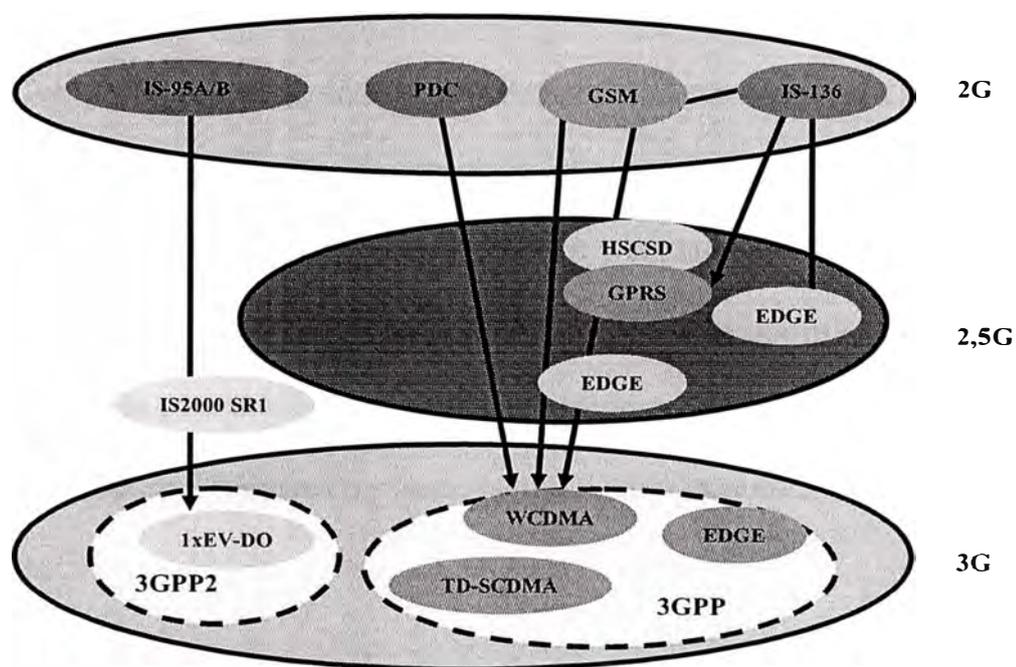


Figura 1.3 Evolución de estándares entre la 2da y 3ra generación.

La migración de las redes TDMA y PDC es menos evidente, siendo lo más probable la migración a GSM/GPRS/EDGE o directamente a alguna tecnología 3G.

En el caso de CDMA, el paso inmediato es CDMA2000 1xRTT con un ancho de banda de 1,25 MHz. Posteriormente el 1xEvolution (1xEV) cuya primera versión ofrece sólo datos (1xEV-DO) y en una versión posterior tanto datos como voz (1xEV-DV). Es posible también la migración a 3xRTT-MC (multiportadores), que ocupa un ancho de banda de 5 MHz.

HSCPD

Como su nombre lo indica (*High-Speed Circuit-Switched Data*), es una tecnología de conmutación de circuitos. Mientras que GSM utiliza un solo intervalo temporal para los canales de tráfico y actualmente ofrece velocidades de hasta 14,4 kbps, HSCSD ocupa varios intervalos temporales de 14,4 kbps. Esta tecnología puede utilizarse para aplicaciones muy sensibles a los retardos, como el video en tiempo real, y suele facturarse por minutos.

GPRS

Este sistema, *General Packet-Radio Service*, está basado en la conmutación por paquetes alcanzando en teoría 171,2 kbps. Por ello, es ideal para aplicaciones como la navegación por Internet, el correo electrónico y otras aplicaciones similares que no necesitan una respuesta en tiempo real. Puede facturarse por número de bytes transmitidos. Al igual que HSCSD, para conseguir velocidades de transmisión elevadas, GPRS emplea varios intervalos temporales. Y, puesto que habitualmente se envían más datos por el enlace descendente, los teléfonos GPRS pueden ocupar varios intervalos temporales en el enlace descendente y un número más reducido en el ascendente. La red de datos GPRS se implementa inicialmente como una capa superpuesta a la red GSM de circuitos conmutados, que seguirá utilizándose para cursar llamadas de voz. Incluye una nueva capa MAC y RLC que permiten que la información

pueda ser enviada a distintas velocidades, entre 9,6 y 21,4 kbps, en forma adaptativa dependiendo de las características del canal.

EDGE

Con EDGE los operadores pueden alcanzar velocidades teóricas de 384 kbps. Tanto HSCSD como GPRS están limitados por el número de intervalos temporales que componen una trama GSM, por lo que la única forma de aumentar aún más la velocidad es enviar más bits en cada ráfaga de datos. Para ello EDGE define un nuevo método de modulación adaptativa, 8PSK, triplicando el caudal de datos permitido por GSM, aunque en la práctica el grado de reutilización de frecuencias de la red limita la mejora que puede obtenerse. La modulación varía de acuerdo con las condiciones de propagación y de interferencia a las que está sometido el móvil.

1xRTT

Dentro de las propuestas de 3G, CDMA2000 se implementa como una capa superpuesta a las redes IS-95 existentes, lo que permite a los operadores seguir utilizando su espectro de frecuencias actual. En la versión inicial de 1xRTT, para ofrecer compatibilidad las tasas de símbolos deben ser de 1,2288 Mcps o múltiplos de ésta. Se requiere la utilización de GPS para sincronización de las estaciones base lo que puede suponer un problema en los interiores de edificios que no cuenten con contacto visual a un satélite GPS.

WCDMA

Este sistema ha sido diseñado específicamente para su utilización en infraestructuras completamente nuevas, en un espectro no utilizado anteriormente (la banda IMT-2000 establecida en 2,1 GHz). Con una tasa de símbolos de 3,84 MCPS, WCDMA exige la instalación de una gran cantidad de equipos nuevos. Sin embargo, gracias a sus 5 MHz de ancho de banda, es más inmune al desvanecimiento que otras tecnologías de banda más estrecha. Al tratarse de un sistema asíncrono, WCDMA no requiere una sincronización precisa con la estación base, lo que supone una ventaja para los sistemas instalados en interiores. Sin embargo, ello añade complejidad a los terminales, lo cual se refleja en la demora en su aparición en el mercado.

Existe también una variante WCDMA de duplexado por división de tiempo (TDD) para las redes 3G con espectro no aparejado, en donde los enlaces ascendente y descendente ocupan la misma frecuencia, que utiliza un canal de 5 MHz.

TD-SCDMA

Este estándar, acceso múltiple por división de códigos con división en el tiempo síncrona, es un sistema TDD propuesto por China, ocupa una anchura de 1,6 MHz y utiliza varios intervalos temporales, CDMA síncrono y nuevos métodos de detección y cancelación de interferencias. Está considerado como una opción de evolución para algunos operadores PCS.

1.4 Proceso de Estandarización

El ámbito mundial y armonizado que se esperaba de 3G descartó el enfoque de que fuera el mercado el que, por selección natural, escogiese la iniciativa mejor presentada al mercado. En su lugar se recurrió a la UIT como foro de debate y que estableciera los requisitos de 3G, en base a los cuales, posteriormente, convocaría un proceso de presentación de soluciones tecnológicas que los satisficieran.

1.4.1 Proceso Normativo de 3G

Los inicios de la normalización de 3G tienen lugar en el seno de la UIT, dentro del sector de radiocomunicaciones (antiguamente denominado CCIR y actualmente ITU-R), en el grupo interino 8/13, establecido conforme a la Decisión 69, adoptada en 1985. Este grupo luego de definir los objetivos generales, estudió las bandas de frecuencias más adecuadas y sus resultados presentados por el CCIR en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones de 1992. En esta conferencia se fijaron las bandas de 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz con carácter mundial para la componente terrestre de los sistemas 3G y las bandas 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz para la componente satelital

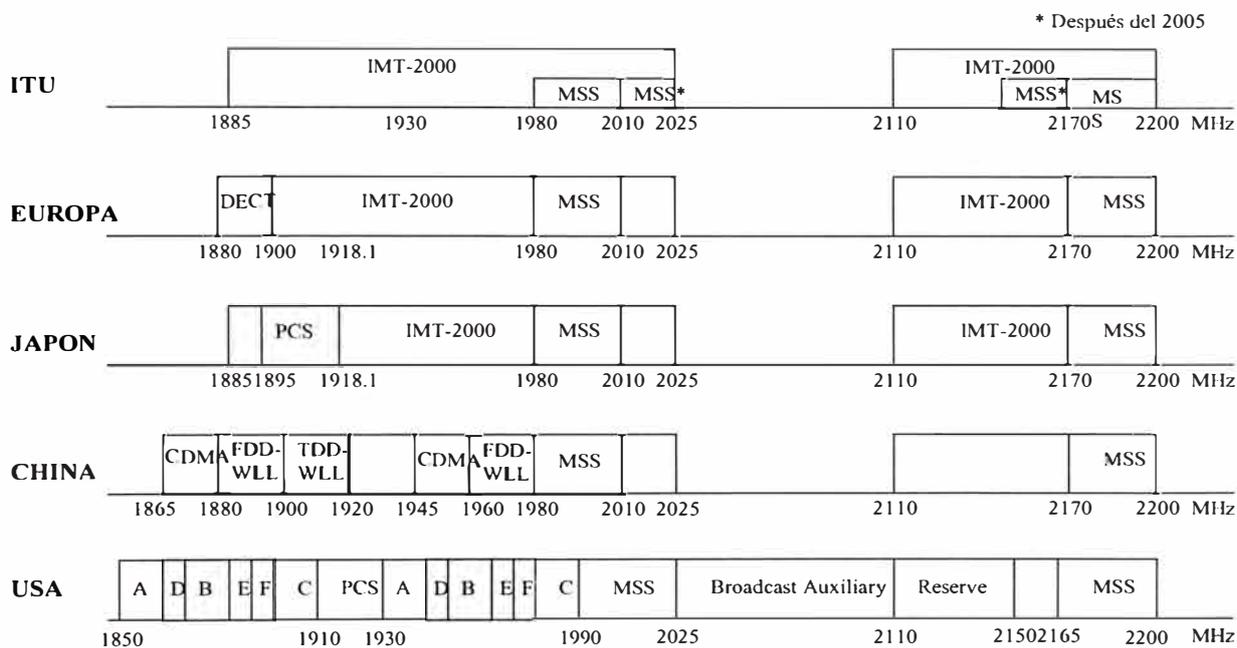


Figura 1.4 Asignación de espectro para UMTS.

La Comisión de Estudio 8 (SG o *Study Group* 8) del UIT-R continuó estos trabajos, estableciendo el Grupo de Tareas Especiales 8/1 (TG o *Task Group* 8/1), en coordinación con la el SG 11 para los asuntos de normalización y el SG 2 para los aspectos de servicios. Como resultado se definen los requisitos de las tecnologías de acceso radio 3G, asimismo se estableció el cambio de nombre a IMT-2000 en alusión tanto a la banda de trabajo como al año en el que debían estar listas las Recomendaciones. También resultó evidente la orientación, más que a una única solución universal, a una familia de tecnologías de acceso radio (RTT) para posibles entornos de aplicación.

En abril de 1997 la UIT convocó a un proceso de presentación de tecnologías candidatas, estableciendo como plazo máximo el 30 de junio de 1998 para la presentación de las candidaturas y el 30 de setiembre del mismo año para la evaluación, respectivamente. La decisión de selección de las propuestas integrantes del sistema IMT-2000 debía terminar en marzo de 1999 plasmada en una recomendación denominada RKEY, seguida de otra posterior más detallada (M.1.457 o RSPC), teniendo como objetivo aprobar la primera versión de RSPC en la Asamblea General de Radiocomunicaciones del 2000. A esta convocatoria se presentaron 6 candidaturas para la interfaz satelital y 10 candidaturas para la terrestre, siendo estas últimas:

DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*), propuesta por el ETSI (ETSI EP DECT).

UWC-136 (*Universal Wireless Communications*), elaborada por el subcomité TR45.3 del TIA con apoyo del UWCC que agrupa a los principales operadores IS-136, constituye la evolución de TDMA, empleando la misma canalización de 30 khz y una variante en banda ancha para datos a alta velocidad (136 HS) que permiten alcanzar hasta 384 kbps en usuarios móviles, con portadoras de 200 kHz, y 2 Mbps en interiores, con portadoras de 1,6 MHz. Esta propuesta incorpora el

esquema de modulación EDGE y el modo paquetes GPRS, desarrollado conjuntamente por el ETSI y el comité T1P1.

Propuestas W-CDMA (*Wideband CDMA*):

- WIMS (*Wireless Multimedia and Messaging Services Wideband CDMA*), propuesta por el subcomité TR46.1 de la TIA. Sin vínculos con sistemas anteriores 2G, presentaba aspectos comunes con las propuestas del ARIB y del ETSI. Contiene componentes TDD y FDD..
- ARIB WCDMA, propuesta por Japón, incluye igualmente modos TDD y FDD.
- WCDMA I, elaborada por TTA Coreano, el ente normativo, se basa en un sistema WCDMA síncrono.

WCDMA II, propuesta asíncrona del TTA

UTRA, (*UMTS Terrestrial Radio Access*), elaborada por el subcomité SMG2 del ETSI. Igualmente con componente FDD y TDD.

NA-WCDMA (*North America WCDMA*), elaborada por el comité T1P1 de EEUU, orientada a la migración de operadores PCS 1900 en 2G.

CDMA 2000, definido por el subcomité TR45.5 de la TIA, incluye componentes TDD y FDD. Asegura la

compatibilidad con los sistemas IS-95 de 2G. Los anchos de banda son múltiplos de la portadora de 1,25 MHz (1X, 3X, 6X, 9X y 12X). Admite dos soluciones para la capa física: multiportadora (los símbolos de modulación se reparten entre varias portadoras de 1,25 MHz) y secuencia directa (símbolos aplicados en una sola portadora)

- TD-SCDMA (*Time Division Synchronous CDMA*), propuesta de China basada en TDD, con anchos de banda de portadora de 1,4 MHz.

En la Tabla 1.2 se muestra la convergencia posterior entre las propuestas, afectando sobre todo las componentes FDD y WCDMA.

Junio 98	Marzo 99
CDMA II	
ARIB WCDMA	UTRA
UTRA	
WIMS	
NA WCDMA	WP-CDMA
CDMA 2000	
CDMA I	CDMA 2000
TD SCDMA	TD SCDMA
UWC-136	UWC-136
DECT	DECT

Tabla 1.2 Evolución de las propuestas IMT-2000.

Debido a esta agrupación se crearon foros de especificación ligados a las dos principales propuestas: el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) para las especificaciones de la propuesta UTRA y el 3GPP2 para las especificaciones de la propuesta CDMA 2000.

Con el propósito de aproximar al máximo las tecnologías IMT-2000, el OHG (*Operators Harmonization Group*) propuso las conclusiones siguientes:

- Las propuestas UWC-136 y DECT no son susceptibles de armonización, permaneciendo sin variación.
- Las demás propuestas se reducirían a tres modos: DS-FDD, MC-FDD y TDD
- El modo DS-FDD unificaría las propuestas FDD, incluyendo la opción CDMA 2000 de secuencia directa. Esto define la velocidad de chip en 3,84 Mcps, así como la inserción de un canal piloto, inexistente hasta entonces en UTRA
- El modo MC-FDD se reserva para la opción CDMA 2000 multiportadora. La velocidad de chip queda en 3,6864 Mcps.
- El modo TDD comprende dos variantes, una de banda ancha a 3,84 Mcps, que agrupa todas las opciones TDD, y otra de banda estrecha, que corresponde a la propuesta china de TD-SCDMA.

Las especificaciones de los tres modos DS-FDD, MC-FDD y TDD serían compatibles con los dos posibles núcleos de red evolucionados de GSM-MAP y ANSI-41

La propuesta OHG fue presentada a mediados de 1999 a los foros 3GPP y 3GPP2 y aceptada por ambos, por lo que en adelante el 3GPP2 paso a ceñirse únicamente a la componente en banda estrecha de CDMA 2000 pasando el resto a unificarse con la UTRA.

Posteriormente la propuesta TDD de China, luego de algunas modificaciones, es incluida dentro de las especificaciones de UTRA, con lo cual se llega al escenario actual, reflejado en la tabla 1.1.

El resultado final es la emisión de la Recomendación RSPC, oficialmente M.1457, “*Detailed specifications of the radio interfaces of IMT-2000*”, la cual fue aprobada en la Asamblea General de la UIT en Estambul, en mayo del 2000. Esta Recomendación incluye también la componente satelital, aunque reconoce la posibilidad de introducir cambios futuros en la misma, al no haber alcanzado el mismo nivel de definición que la componente terrestre.

1.4.2 Proceso Normativo de UMTS

El sistema UMTS se inició como una propuesta europea a la convocatoria de la UIT para las interfases de radio de 3G. El ETSI recibió el encargo de elaborar la propuesta, trabajando el tema en las comisiones

técnicas SMG, responsable de la normativa de GSM, y SMG 2, encargada de la capa física y la ingeniería de radio de GSM. Las propuestas recogidas inicialmente se agruparon de la siguiente manera:

Grupo α : Propuestas basadas en DS-CDMA

- Modo 2 FRAMES/FMA
- WCDMA de Fujitsu
- Wideband DS de NEC
- DS-CDMA de Panasonic (FDI TDD)

Grupo β : Propuestas basadas en OFDMA

- Band Division Multiple Access (BDMA) de Sony
- OFDMA de Telia
- OFDMA de Lucent

Grupo γ : Propuestas basadas en TDMA.

- Modo 1 FRAMES FMA sin ensanchamiento

Grupo δ : Propuestas combinadas TDMA/CDMA

- CTDMA (Code Time Division Multiple Access) de Swiss Telecom
- Modo 1 FRAMES FMA con ensanchamiento.

Grupo ϵ : Propuestas ODMA

- ODMA de Vodafone y Salbu R&D

Finalmente, tras ser analizadas en las reuniones del SMG en Madrid, en diciembre de 1997, y en Paris, en enero de 1998,

prevalecieron las propuestas α y δ . El acuerdo de Paris, definió una solución de compromiso UTRA con una componente FDD empleando WDCMA y otra TDD empleando CDMA/TDMA, y fue esta la que fue presentada a la convocatoria de la UIT.

1.4.3 Foro 3GPP

Luego de la presentación de las propuestas al UIT y la evaluación de las mismas, se hizo evidente que, por las dimensiones globales que alcanzaba el sistema UMTS, se requería un foro de mayor envergadura que el ETSI para agrupar las iniciativas de empresas y operadores de otros continentes. Es así que se constituye el foro 3GPP, agrupando al ETSI, el ARIB y el TTC japoneses, la TTA coreana, el comité T1 de EEUU y el CWTS chino, siendo su objetivo básico elaborar las especificaciones del sistema.

El 3GPP se compone de un grupo de coordinación PCC (*Project Coordination Group*) en el cual, además de sus socios constituyentes, se admite la participación de organizaciones como el GSA, la Asociación GSM, el Forum UMTS, el UWCC y el Forum IPv6. El trabajo técnico se desarrolla en los TSG (*Technical Specifications Groups*), divididos en WG (*Working Groups*) y especializados en temas como RAN (*Radio Access Network*), CN (*Core Network*), T (Terminales) y SA (*Service Aspects*). Recientemente se ha agregado un nuevo TSG, el GERAN

(GSM/EDGE *Radio Access Network*) orientado a continuar los trabajos de la comisión técnica del SMG, responsable de las especificaciones de GSM.

1.4.4 Foro 3GPP2

Creado en forma paralela, a iniciativa del ANSI para elaborar las especificaciones de las propuestas CDMA 2000. Luego de la aceptación de la propuesta OHG, la componente WCDMA 2000 se integró a la componente UTRA FDD en el seno del 3GPP, por lo que el 3GPP2 centra su labor ahora en la componente MC CDMA 2000.

El 3GPP2 se compone de un comité director en el que participan el ARIB japonés, el TIA norteamericano, el TTC coreano, el CWTS chino y el CDG. El ETSI participa en calidad de observador.

1.4.5 Rol del ETSI

Es la organización establecida con el fin de elaborar las Normas Europeas de telecomunicaciones, de carácter voluntario u obligatorio, en el caso de las Directivas Comunitarias. En el caso de 3G, el ETSI se encarga de transponer los documentos 3GPP en normas ETS, en especial las normas armonizadas, encomendadas al ETSI por la Unión Europea bajo la Directiva Comunitaria 1999/5/EC o R&TTE (*Radio and Telecommunications Terminal Equipment*). La transposición de

documentos no se limita únicamente a UMTS sino a las demás tecnologías IMT-2000, conforme a las directivas de la Unión Europea para la convivencia en el espacio radioeléctrico de los sistemas IMTS-2000 UMTS y no UMTS.

1.4.6 Situación de la Especificación UMTS

Las primeras versión definidas por el 3GPP fue la versión 99 fue desarrollada para cubrir las necesidades de implementación de redes UMTS en Japón (servicio FOMA). La versión siguiente, inicialmente la 00 ó 2000, pasó a ser denominarse versión R4.

Las especificaciones se agrupan en varias series:

Serie 21: Requisitos del sistema, de naturaleza transitoria.

Serie 22: Servicios; funciones y plataformas

Serie 23: Nivel 2 de definición de servicios y protocolos

Serie 24: Protocolos de señalización entre los terminales móviles y el núcleo de red

Serie 25: Interfaz de radio UTRA. Se subdivide en:

Serie 25.100: Performance de la interfaz de radio

Serie 25.200: Capa física UTRA

Serie 25.300: Arquitectura y capas 2 y 3 de UTRA

Serie 25.400: Interfaces I_{UX} entre los elementos de la UTRAN

- Serie 26: Codificadores de voz y datos
- Serie 27: Funciones de soporte de aplicaciones de datos
- Serie 28: Reservada para usos futuros.
- Serie 29: Protocolos internos del núcleo de red
- Serie 30: Gestión del proyecto.
- Serie 31: Definición del UIM (*User Identity Module*)
- Serie 32: Operación y mantenimiento, aplicación de la TMN.
- Serie 33: Seguridad
- Serie 34: Especificaciones de pruebas
- Serie 35: Algoritmos de cifrado para autenticación y confidencialidad.

1.4.7 Otros grupos de trabajo

A continuación se mencionan otros grupos que han intervenido en la definición de 3G.

- Asociación GSM, agrupa a operadores, reguladores y fabricantes GSM
- Forum UMTS, integra operadores, fabricantes y proveedores de contenido orientada a facilitar la implementación de sistemas 3G.

- GSA (*Global Mobile Suppliers Association*), asociación de proveedores de equipos GSM.
- OHG (*Operators Harmonization Group*), agrupación de operadores favorables a una armonización de las propuestas IMT-2000
- *Global Standards Collaboration* (GSC) y *Radio Standardisation* (RAST). Agrupación de las principales organizaciones de normalización.
- Mobile Wireless Internet Forum (MWIF) y Foro 3G.IP
- Comité T1, del ANSI norteamericano para elaboración de normas de telecomunicaciones. Contiene seis subcomités, entre los cuales el P1 se dedica a servicios y sistemas móviles inalámbricos.
- *Telecommunications Industry Association* (TIA), acreditada por el ANSI para la elaboración de normas de telecomunicaciones
- *Universal Wireless Communications Consortium* (UWCC), operadores y fabricantes de soluciones TDMA-EDGE
- *CDMA Development Group* (CDG). Consorcio de empresas proveedoras de la tecnología CDMA

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN A WCDMA

2.1 Introducción

La fórmula de Shannon [9] para la capacidad C (bits/s) de un canal con un patrón de ruido blanco gaussiano con densidad espectral de potencia N_0 para una señal de potencia media P y ancho de banda W es:

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{P}{N_0 W} \right)$$

Esta ecuación representa, según el segundo teorema de Shannon, el máximo valor de tasa binaria que se puede transmitir con una probabilidad de error arbitrariamente baja. Según se desprende, es posible aumentar la capacidad:

- Aumentando la relación señal a ruido: $P/N_0 W$
- Aumentando el ancho de banda W utilizado. En este caso la capacidad aumenta asintóticamente hacia el valor $P/N_0 \ln 2$.

Las modulaciones de espectro ensanchado consiguen el aumento de capacidad reduciendo la relación señal a ruido: $P/N_0 W$ y aumentando el ancho de banda. Utilizan modulaciones convencionales, de fase o de frecuencia, cuyas prestaciones dependen de la relación energía por bit/densidad espectral de ruido

E_B/N_o . La relación E_B/N_o necesaria se consigue gracias a la ganancia de procesamiento obtenida en el proceso de desensanchamiento en recepción.

2.2 Espectro ensanchado

Los sistemas de espectro ensanchado SS (*Spread Spectrum*) se caracterizan por que el ancho de banda de las señales transmitidas es mucho mayor que el mínimo necesario para portar la información. El proceso de ensanchamiento utiliza una secuencia de ensanchamiento o firma (*signature*), independiente de la señal de información. Para recuperar la información, el receptor debe disponer de la secuencia firma utilizada.

Este es el principio en el que se basan los sistemas CDMA. Dentro de la misma frecuencia portadora se transmiten simultáneamente diferentes señales, las cuales pueden separarse en el receptor gracias a las propiedades derivadas del ensanchamiento espectral.

Se utilizan varias técnicas espectro ensanchado:

- Por salto de frecuencias FH (*Frequency Hopping*), en las que la frecuencia de la portadora cambia con el tiempo según un patrón establecido
- Por saltos de tiempo TH, (*Time Hopping*), en las que se varía el intervalo de transmisión dentro de una estructura de trama temporal.

- Por secuencia directa DS, (*Direct Sequence*), basadas en la multiplicación de la información por una secuencia digital (*chips*) de velocidad mucho mayor.
- Multiportadora MC, (*Multicarrier*), en las que a partir de cada símbolo se genera un conjunto de chips, cada uno de los cuales modula una subportadora de frecuencia diferente.

Los sistemas WCDMA utilizan la modalidad de secuencia directa.

En la Figura 2.1 se describe el proceso de ensanchamiento para un sistema DS-CDMA. Se asume que los datos son una secuencia de bits una tasa R modulada en BPSK, los bits asumen los valores de ± 1 . Durante el ensanchamiento, cada bit de datos se multiplica, en el ejemplo, con una secuencia de 8 bits de código, llamados chips. Los datos son expandidos a una tasa de $8 \times R$ y transmitidos por el canal inalámbrico.

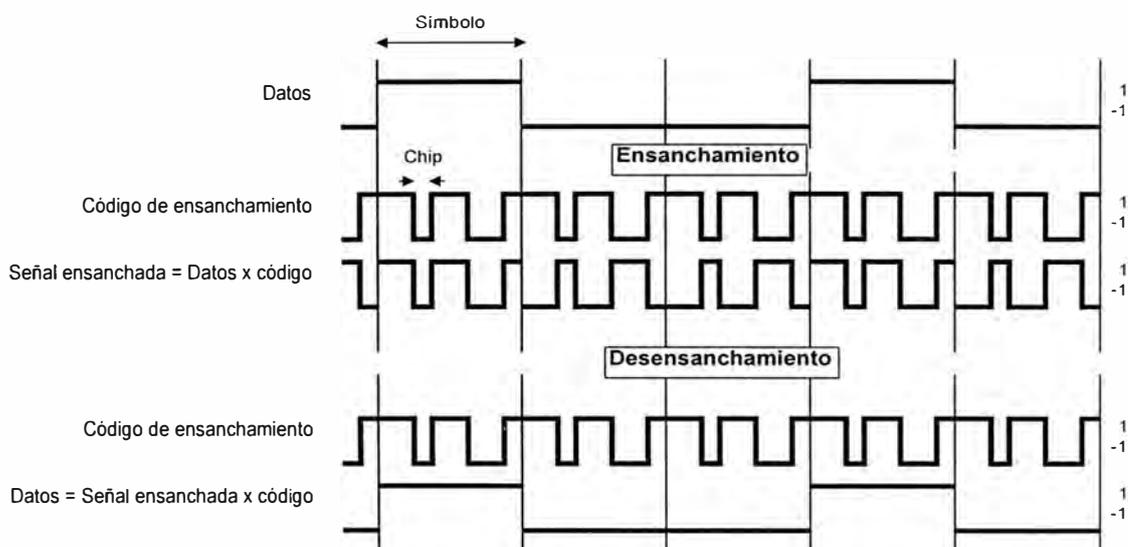


Figura 2.1 Ensanchamiento y desensanchamiento en DS-CDMA.

En el lado del receptor, asumiendo que cuenta con la secuencia de ensanchamiento en perfecta sincronización con el transmisor, se multiplica ésta con la secuencia de chips. El receptor integra el resultado del producto durante el período de un símbolo, obteniéndose la señal original, aún si la mitad de los bits hubiesen sido alterados por interferencias en el canal.

Adicionalmente, los bits que conforman el código de ensanchamiento son seleccionados especialmente, de manera que si se recibe una señal ensanchada con un código distinto, el producto de la señal interferente con nuestro código de ensanchamiento resultará en valores cuasi aleatorios, de modo que la integración resultará en valores alrededor de cero.

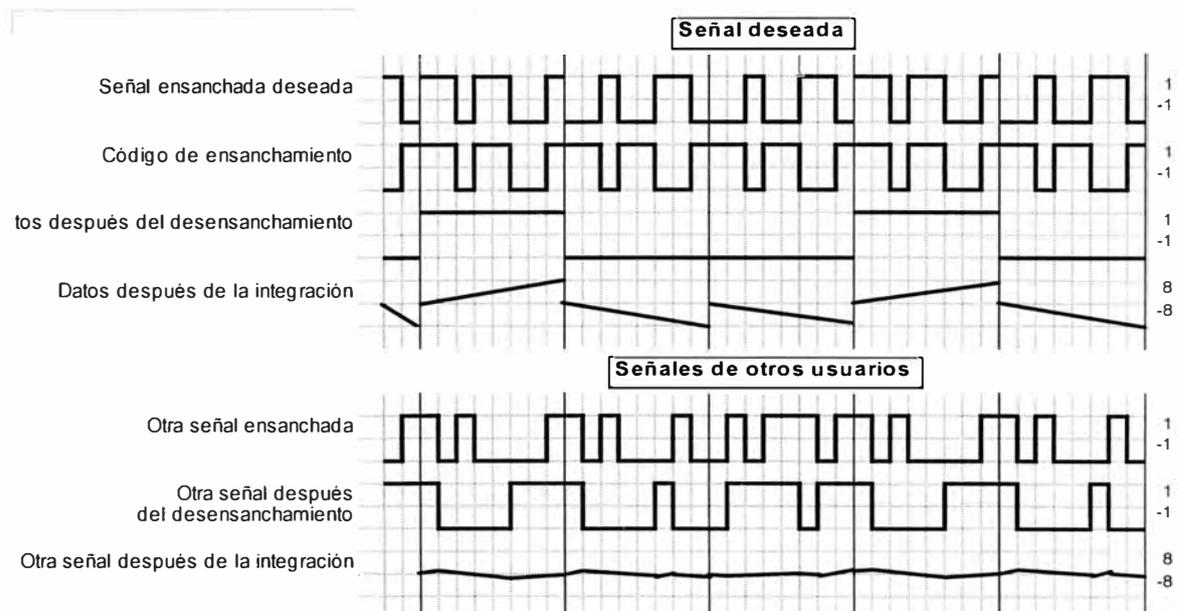


Figura 2.2 Principio de correlación en el receptor CDMA.

Como se puede ver, con la integración en el receptor, la amplitud de nuestra señal ha aumentado en un factor de 8 respecto a la señal proveniente del usuario en otro sistema, es decir la interferencia. Este efecto se denomina, ganancia de procesamiento y es un aspecto fundamental de todo sistema de espectro ensanchado. La resistencia a la auto-interferencia permite reutilizar las mismas frecuencias de portadora en cortas distancias. En el caso real de WCDMA, la tasa de bits para servicios de voz es de 12,2 kbps, ensanchada en una portadora de 3,84 Mbps, tiene una ganancia de procesamiento de $10 \times \log_{10}(3,84 \times 10^6 / 12,2 \times 10^3) = 25$ dB. Luego del desensanchamiento, la potencia de la señal requiere estar a algunos dB por encima de la potencia de ruido y de interferencia. La densidad de potencia requerida respecto a la densidad de potencia de la interferencia E_B/N después del desensanchamiento, para servicios de voz, es típicamente del orden de 5 dB, por lo que la relación señal a interferencia requerida en banda ancha es de solo $5 - 25 = -20$ dB. Es decir, la potencia de la señal puede estar 20 dB por debajo del nivel de potencia del ruido térmico o de interferencia y aún así la señal podría ser detectada. La relación señal a interferencia en banda ancha es conocida también como relación portadora a interferencia C/I. En comparación, una conexión de voz de buena calidad en GSM requiere niveles de $C/I = 9-12$ dB.

Se debe notar, sin embargo, que para tasas de bit de usuario de 2 Mbps, la ganancia de procesamiento es de menos de 2 ($3,84 \text{ Mcps} / 2 \text{ Mbps} = 1,92$), por lo que la resistencia ante interferencia se ve comprometida.

Es importante notar que el ensanchamiento/desensanchamiento de la señal, por sí solo, no provee una mejora a la señal para aplicaciones móviles. De hecho, la ganancia de procesamiento viene a expensas del incremento en el ancho de banda. Los beneficios se deben percibir a nivel del sistema:

La ganancia de procesamiento, junto con la naturaleza de banda ancha, sugiere un patrón de reutilización de frecuencias de 1 entre celdas diferentes de un sistema inalámbrico. Esta característica mejora la eficiencia espectral.

Al compartir muchos usuarios la misma portadora en banda ancha se produce una diversidad de interferencias, es decir, la interferencias de acceso múltiple de los usuarios es promediada y cancelada. Esto provee una mejora de capacidad en relación a los sistemas en los que el diseño se realiza para el peor caso de interferencia.

Los beneficios anteriores dependen del empleo de un control de potencia preciso y de traspasos suaves para evitar que la señal de un usuario bloquee la de otro.

Con una señal en banda ancha, las diversas rutas de propagación de una señal de radio inalámbrica pueden ser resultas con un mayor grado de seguridad que con una señal de un menor ancho de banda. Esto resulta en un mayor contenido de diversidad contra atenuación, mejorando de esta manera el desempeño.

2.3 Principales parámetros en WCDMA

La interfaz W-CDMA ha sido diseñada para soportar tasas de transmisión, típicamente de 384 kbps para cobertura de áreas amplias y de 2 Mbps para cobertura local en servicios multimedia. Los requerimientos de diseño establecen tasas de bits variables para ofrecer ancho de banda bajo demanda, la multiplexación de servicios con diferentes requerimientos de calidad, como transmisión de voz, texto, datos, imágenes y video sobre una única plataforma, requerimientos de retardo compatibles tanto con aplicaciones en tiempo real sensibles al retardo como con aplicaciones en las que el retardo no es un factor esencial, requerimientos de calidad que varían desde tasas de errores de cuadro de 0.1% a tasas de error de bits de 10^{-6} , coexistencia con los sistemas 2G, soporte de tráfico asimétrico en los enlaces ascendentes y descendentes, alta eficiencia en el uso del espectro y soporte a las modalidades FDD y TDD. La versión FDD de W-CDMA, opera en cualquiera de las siguientes bandas apareadas.

Uplink: 1920 - 1980 MHz, Downlink: 2110 - 2170 MHz

Uplink: 1850 - 1010 MHz, Downlink: 1930 - 1990 MHz

En la Tabla 2.1 se resumen los principales parámetros de diseño de un sistema WCDMA, relacionados a la interfaz de aire, y sus principales detalles se indican a continuación.

Método de Acceso Múltiple	DS-CDMA
Método de Duplexación	FDD/TDD
Sincronización de Estación Base	Operación asíncrona
Chip rate	3.84 Mcps
Longitud de trama	10 ms
Multiplexación de servicios	Múltiples servicios con diferentes requerimientos de calidad de servicio multiplexados en una conexión
Concepto Multirate	Multicódigo y factor de ensanchamiento variable
Detección	Coherente usando símbolos pilotos o pilotos comunes
Detección Multiusuario, Antenas Inteligentes	Soportado por el estándar, opcional en la implementación

Tabla 2.1 Principales Parámetros WCDMA.

WCDMA es un sistema de Acceso Múltiple por División de Códigos de Secuencia Directa (DS-CDMA), es decir los bits de información del usuario son expandidos en un amplio ancho de banda multiplexando los datos del usuario con bits cuasi-aleatorios (llamados chips) derivados de códigos de expansión CDMA. A fin de soportar tasas de bits muy altas (de hasta 2 Mbps), se soporta el uso de un factor de expansión variable y conexiones multicódigo.

La tasa de bits de 3.84 Mcps empleada permite anchos de banda por portadora de aproximadamente 5 MHz. Los sistemas DS-CDMA con anchos de banda del orden de 1 MHz, tales como el IS-95, son normalmente conocidos como sistemas CDMA de banda angosta.

Los amplios anchos de banda por portadora inherentes a WCDMA soportan altas tasas de datos de usuario y también tienen ciertos beneficios de performance, tales como mejor diversidad multitrayectoria. Dentro de sus licencias de operación, los operadores de redes pueden implementar varias de estas portadoras de 5 MHz para incrementar capacidad, posiblemente en la forma de capas de celdas jerárquicas. La Figura 2.3 muestra esta característica. El espaciado real entre portadoras puede seleccionarse en pasos de 200 KHz entre 4.4 MHz y 5 MHz aproximadamente, dependiendo de la interferencia entre las portadoras.

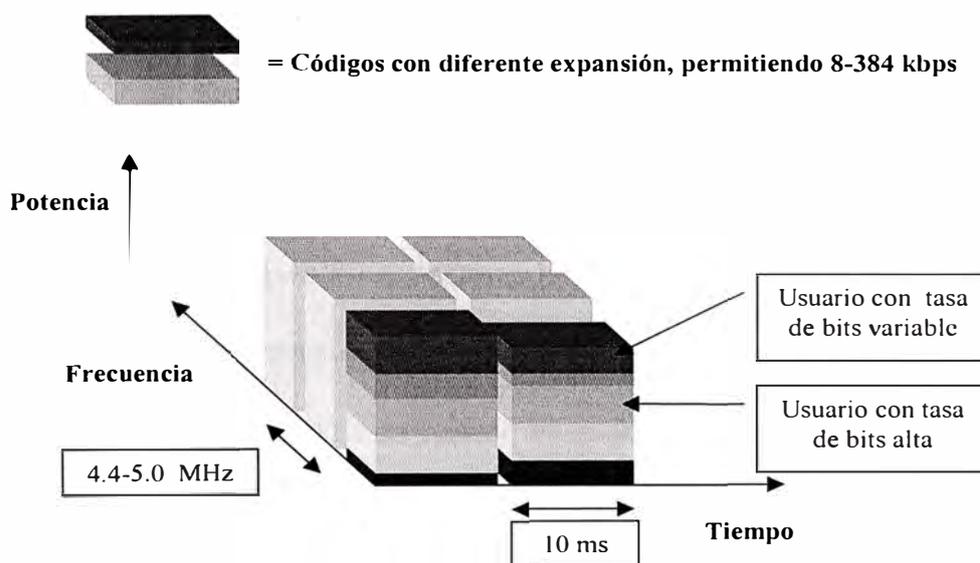


Figura 2.3. Asignación de ancho de banda en WCDMA en el espacio tiempo-frecuencia-código.

- WCDMA permite tasas de datos de usuario altamente variables, es decir ancho de banda según demanda (BoD). A cada usuario se le asignan tramas de 10 ms de duración, durante los cuales la tasa de datos de usuario se mantiene constante. Sin embargo, la capacidad de datos entre los usuarios puede cambiar de trama a trama. Esto también puede apreciarse en la Figura 2.3. La rápida asignación de capacidad de radio será controlada normalmente por la red para obtener el máximo rendimiento para servicios de datos por paquetes.
- WCDMA permite dos modos básicos de operación: Duplexación por División de Frecuencia (FDD) y Duplexación por División de Tiempo (TDD). En el modo FDD se emplean frecuencias de portadoras de 5 MHz separadas para los enlaces ascendente (uplink) y descendente (downlink), mientras que en TDD una sola portadora de 5 MHz se comparte en el tiempo para los enlaces ascendente y descendente. El enlace ascendente es la conexión desde el móvil a la estación base, mientras que el descendente es desde la estación base al móvil. El modo TDD está basado en muchos conceptos del modo FDD y fue tomado en cuenta para aprovechar en los sistemas WCDMA las asignaciones de espectro no apareadas del ITU para los sistemas IMT-2000.

- WCDMA permite la operación de estaciones base asíncronas, de modo que, a diferencia de los sistemas síncronos IS-95, no es necesaria una referencia de tiempo global, tal como el GPS, facilitando la implementación de micro estaciones base y de interiores.
- WCDMA emplea detección coherente en el enlace ascendente y en el enlace descendente basada en el uso de símbolos pilotos o pilotos comunes. La detección coherente ya se empleaba en el enlace descendente en IS-95. El empleo de detección coherente en el enlace ascendente es nuevo y resultará en general en un incremento de cobertura y capacidad en el enlace ascendente
- La interfaz de aire en WCDMA ha sido diseñada de manera que los conceptos avanzados de receptor en CDMA, tales como detección multiusuario y antenas adaptables inteligentes, puedan ser implementadas por los operadores de red como una opción del sistema para incrementar la capacidad y/o la cobertura. En la mayoría de los sistemas de segunda generación no se había tomado la previsión de tales conceptos en el receptor y como resultado o no son aplicables o solo pueden aplicarse bajo severas restricciones con incrementos de performance limitados.

- WCDMA está diseñado para implementarse sobre una red GSM. Por lo tanto se pueden soportar traspasos entre GSM y WCDMA a fin de aprovechar la cobertura GSM durante la introducción de WCDMA.

El receptor de correlación descrito anteriormente es utilizado tanto por los móviles como por las estaciones base. Sin embargo, debido a la propagación multitrayectoria (y posiblemente múltiples antenas receptoras), es necesario usar múltiples receptores de correlación para recuperar la energía de todas las rutas y/o antenas. Esta colección de receptores de correlación, denominados *fingers*, constituye lo que se conoce como el receptor Rake.

2.4 Canales de radio multitrayectoria y Receptor Rake

La propagación de radio en el canal móvil se caracteriza por múltiples reflexiones, difracciones y atenuación de la energía de la señal. Estas son causadas por obstáculos naturales, tales como edificios o colinas, resultando en los que denomina propagación multitrayectoria. Ésta tiene dos efectos importantes:

1. La energía de la señal, perteneciente, por ejemplo a la de un chip de una portadora CDMA, puede llegar al receptor a lo largo de intervalos de tiempo claramente definidos. La energía llega esparcida bajo un cierto perfil de retardo multitrayectoria. El perfil de retardo varía por lo general entre 1 y 2 μs en áreas urbanas y suburbanas, si bien en algunos casos se observan retardos de hasta 20 μs en áreas

accidentadas. La duración del chip a 3,84 Mcps es de 0,26 μs . Si las diferencias de tiempo de los componentes multitrayectoria es de al menos 0,26 μs , el receptor WCDMA podrá separar los componentes multitrayectoria y combinarlos coherentemente para obtener diversidad multitrayectoria. Los 0,26 μs pueden ser obtenidos si la diferencia de longitud entre las trayectorias es de al menos 78 m (= velocidad de la luz / velocidad de chips = $3\text{e}8 \text{ ms}^{-1}/3,84 \text{ Mcps}$). Con una tasa de chips de 1 Mcps, la diferencia de longitud entre las componentes multitrayectorias debe ser de 300 m aproximadamente, los cuales no pueden ser obtenidos en celdas pequeñas. Por lo tanto, es una portadora WCDMA de 5 MHz puede proveer diversidad multitrayectoria en celdas pequeñas, lo cual no era posible en IS-95.

2. Para una cierta posición de retardo en tiempo pueden existir muchas trayectorias con la misma longitud. Por ejemplo, trayectorias con una diferencia de longitud equivalente a media longitud de onda (7 cm aproximadamente a 2 GHz) llegan virtualmente al mismo instante comparado a la duración de un chip, (78 m a 3,84 Mcps). Como resultado, ocurre una cancelación de la señal, denominada atenuación rápida (fast fading), conforme el receptor se mueve a lo largo de cortas distancias. La cancelación de señal puede representarse como la suma de favores que describen el desplazamiento de fase y la atenuación a lo largo de la trayectoria.

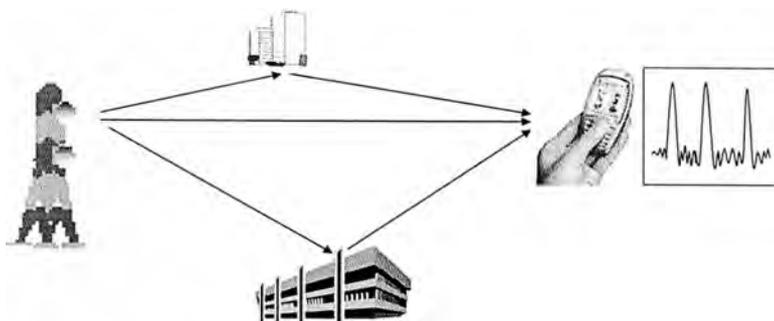


Figura 2.4 Perfiles de retardo por propagación multitrayectoria.

La Figura 2.5 muestra como se reflejaría el patrón de atenuación en la energía de la señal recibida para una posición de retardo particular conforme el receptor se desplaza. Se observa que la potencia de la señal recibida puede caer considerablemente (20-30 dB) cuando ocurre una cancelación de fase entre las reflexiones multitrayectoria. Debido a la geometría que causa el fenómeno de dispersión y atenuación, las variaciones de señal debido a la atenuación rápida ocurren con mucha más frecuencia que los cambios en el perfil de retardo multitrayectoria. Las estadísticas promedio de la energía de la señal recibida en un intervalo corto se describen normalmente bajo la distribución de Rayleigh. Estas atenuaciones dificultan la recepción de los bits de datos, por lo que se requieren contramedidas. En WCDMA se emplean las siguientes:

La energía dispersada en el tiempo es combinada utilizando múltiples *fingers* Rake orientados a las posiciones de retardo con niveles de energía significativos

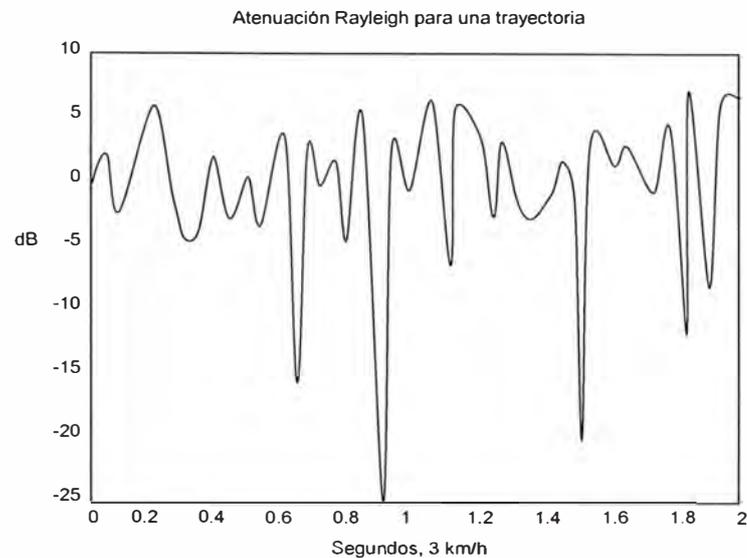


Figura 2.5 Atenuación Rayleigh rápida causada por propagación multitrayectoria.

Se utiliza un rápido control de potencia y la diversidad de recepción inherente de los receptores Rake para mitigar el problema de la potencia de señal atenuada.

Se implementan fuertes protocolos de intercalamiento y retransmisión así como codificación para agregar redundancia y diversidad de tiempo a la señal, ayudando de esta manera al receptor a recuperar los bits de usuario durante las atenuaciones.

La dinámica de la propagación de radio sugiere el siguiente principio para la recepción de señal CDMA:

1. Identificar las posiciones de retardo de tiempo en las cuales llega energía significativa y asignarles receptores de correlación (*fingers* Rake). La escala para adquirir el perfil de retardo de multitrayectoria es del orden de la duración de un chip (típicamente en el rango de $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ de duración de un chip) con una tasa de actualización del orden de algunas decenas de milisegundos.
2. Dentro de cada receptor de correlación, buscar los valores de amplitud y de fase que cambien más rápidamente, debido al proceso de atenuación rápida, y removerlos. Este proceso de seguimiento debe ser muy rápido, con tasas de actualización inferiores a 1 ms.
3. Combinar los símbolos remodulados y ajustados en fase de todos los *fingers* activos y presentarlos al decodificador para posterior procesamiento.

En la Figura 2.6 se ilustra este proceso, representando a los símbolos de modulación (BPSK o QPSK) como favores complejos ponderados. Para facilitar el punto 2, WCDMA utiliza símbolos piloto conocidos que se usan para sondear el canal y proporcionar una estimación del estado momentáneo del canal (valor del favor ponderado) para un *finger* en particular. El símbolo recibido es rotado nuevamente para compensar la rotación de fase causada por el canal. Luego, los símbolos compensados en el canal pueden simplemente ser sumados juntos para recuperar la energía entre todas las posiciones de retardo. Este proceso se denomina *Maximal Ratio Combining* (MRC).

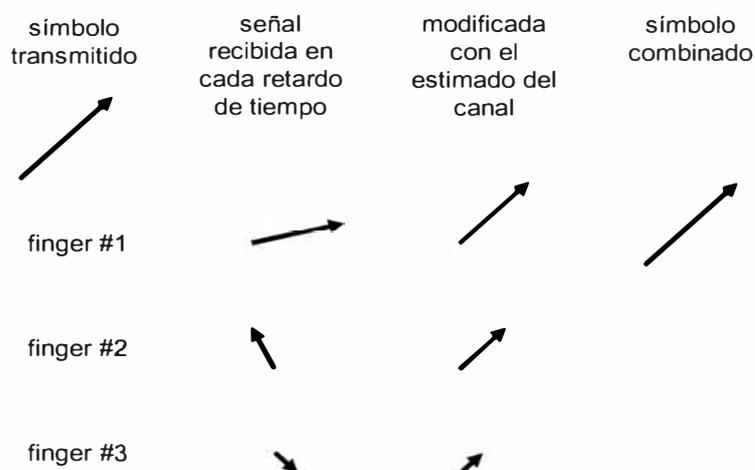


Figura 2.6 Principio MRC dentro del receptor Rake CDMA.

Evidentemente, la complejidad y el coste del receptor aumentan conforme se aumenta el número de trayectos a recuperar. Por ello, es preciso limitar dicho número a una cantidad que permita obtener un porcentaje elevado de la energía de la señal, mas allá del cual la adición de nuevos trayectos suponga un incremento pequeño. Esto se consigue, por lo general, considerando 6 u 8 trayectos. En la Figura 2.7 se muestra el diagrama de bloques de un receptor Rake. Normalmente, los dispositivos a tasa de chips se implementan en ASICs y los que procesan a nivel de símbolos en DSP. Cabe mencionar también que se pueden tener varias antenas, cada una con varios receptores, siguiendo el mismo esquema.

En GSM, como contraste, el tratamiento de la multitrayectoria se basa en la ecualización de la respuesta impulsiva del canal, para intentar reducir en ella el efecto del multitrayecto.

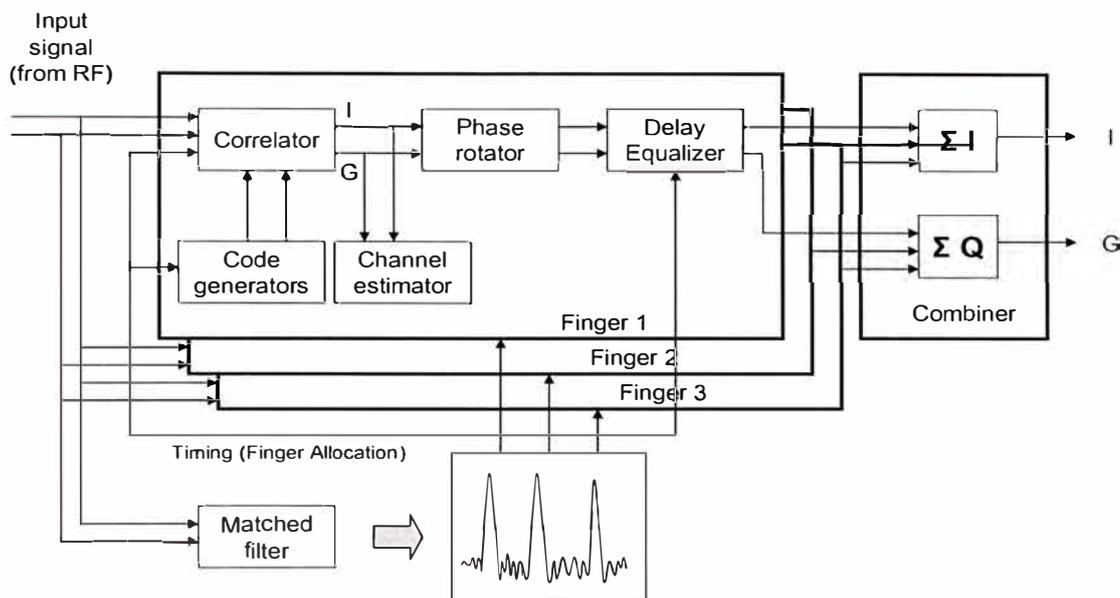


Figura 2.7 Diagrama de bloques del receptor Rake CDMA.

2.5 Control de potencia

Una de las características más importantes en WCDMA es un control de potencia estricto y rápido.

Uno de los esquemas utilizados es el de control de potencia de transmisión en lazo cerrado. Dadas dos estaciones móviles MS1 y MS2 operando a la misma frecuencia bajo diferentes códigos de ensanchamiento. MS1 ubicado en la periferia de la celda y MS2 próxima a ella. Es posible que MS1 sufra una pérdida de trayectoria importante, por lo que transmita a una potencia muy por encima de la de MS2. Este a su turno, intentará elevar la suya afectando el nivel de ruido de toda la celda. Esto es lo que se conoce como el problema cerca-lejos. Para evitar estos escenarios se busca igualar en todo momento la potencia por bit recibida de todas las estaciones móviles.

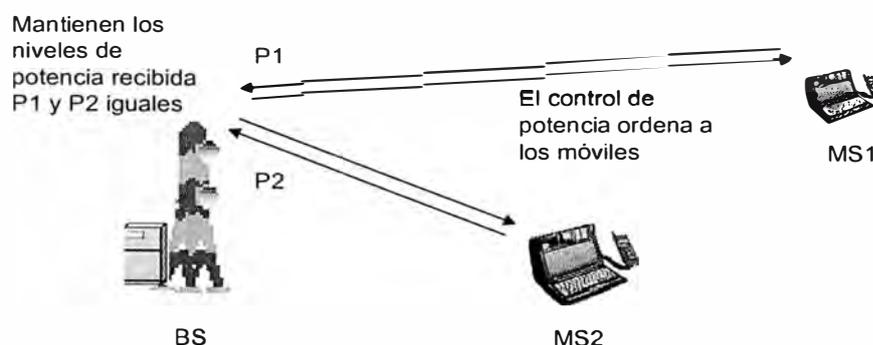


Figura 2.8 Control de potencia en lazo cerrado en CDMA.

Se podrían concebir mecanismos de control de potencia en lazo abierto que intenten estimar la pérdida de trayectoria mediante una señal de referencia en el enlace descendente, sin embargo esto sería ineficiente, debido, principalmente, a que la atenuación rápida no está correlacionada entre los enlaces ascendente y descendente, debido a la separación de frecuencias en el modo FDD. Por esta razón, el control de potencia en lazo abierto es empleado solamente para establecer un valor inicial de la potencia de la estación móvil al inicio de la conexión.

En control de potencia en lazo cerrado, en el enlace ascendente, la estación base realiza frecuentes estimaciones de la relación señal a interferencia (SIR) recibida y la compara con un valor SIR objetivo. Si el SIR medido es superior al SIR objetivo, la estación base comandará a la estación móvil disminuir su potencia, si es inferior le ordenará incrementarla. Este ciclo es ejecutado a una frecuencia de 1,5 kHz para cada estación móvil, actuando de esta manera más rápido que cualquier pérdida de trayectoria y, de hecho, aún

más rápido que la atenuación rápida de Rayleigh para velocidades bajas o moderadas del móvil. De esta manera el control de potencia en lazo cerrado evitará desbalances de potencia entre todas las señales recibidas en la estación base por el enlace ascendente.

La misma técnica de control en lazo cerrado se emplea en el enlace descendente, pero por un motivo diferente. En el enlace descendente no existe el problema cerca-lejos debido al escenario uno-a-muchos. Todas las señales dentro de la celda se originan en la estación base hacia todos los móviles. Sin embargo, es deseable proveer un monto marginal de potencia adicional a las estaciones móviles ubicadas en el borde la celda, debido a que estas sufren de una mayor interferencia proveniente de otras celdas. Adicionalmente, sobre el enlace descendente, se requiere un método para mejorar con potencia adicional a bajas velocidades las señales debilitadas por la atenuación Rayleigh, mientras otros métodos de corrección de errores, basados en intercalamiento y códigos de detección de errores, aún no logren trabajar eficazmente.

La compensación de la atenuación multitrayectoria por control de potencia resulta en un canal libre de atenuación visto desde la estación base receptora, sin embargo, esta mejora se logra a expensas de un incremento en la potencia promedio transmitida. En un instante de alta atenuación, por ejemplo, el móvil se verá obligado a usar una alta potencia de transmisión para compensar el canal, lo cual causará interferencias en otras celdas.

Existe otro esquema de control de potencia, en lazo externo. Según este esquema el SIR objetivo en la estación base se ajusta según las necesidades del enlace de radio individual, buscando un nivel de calidad constante, bajo un BER o FER objetivo. Esto se debe a que, para un FER específico, por ejemplo 1%, el SIR requerido depende de la velocidad del móvil y del perfil multitrayectoria. Estableciendo el SIR para el peor caso, es decir para altas velocidades del móvil, se desperdiciaría capacidad para las conexiones establecidas que se desplazan a bajas velocidades. Debido a esto, la mejor estrategia es dejar flotar el SIR objetivo alrededor de un valor mínimo que logre cumplir el objetivo de calidad establecido. El SIR objetivo cambiará en el tiempo, conforme cambien la velocidad y el entorno de propagación.

El control en lazo externo se implementa usualmente haciendo que la estación base asocie a cada frame de datos de usuario en el enlace ascendente un indicador de confiabilidad del frame, tal como un resultado de verificación del CRC obtenido durante la decodificación de dicho frame de datos de usuario. Si el indicador de calidad del frame indicase al controlador de la red de radio (RNC) que la calidad está disminuyendo, el RNC ordenará a la estación base incrementar el SIR objetivo en una cierta cantidad. La razón por la cual el control de lazo externo reside en el RNC se debe a que esta función debería ser realizada después de una posible combinación de soft handovers.

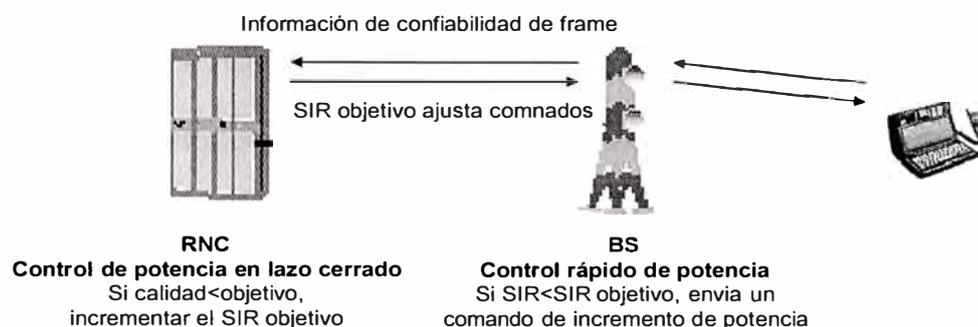


Figura 2.9 Control de potencia en lazo externo.

2.6 Soft y Softer Handovers

Durante un softer handover, la estación móvil está en el área de cobertura común de dos sectores adyacentes de una estación base. Las comunicaciones entre la estación móvil y la estación base tienen lugar concurrentemente vía dos canales de la interfaz de aire, una para cada sector separadamente. Esto requiere del uso de dos códigos separados en la dirección del enlace descendente, de modo que la estación móvil pueda distinguir las señales. Las dos señales son recibidas en la estación móvil mediante procesamiento Rake, de forma similar a la recepción multitrayectoria, excepto por que los *fingers* requieren generar el código respectivo por cada sector para la operación de desensanchamiento.

En la estación base ocurre un proceso similar sobre el enlace ascendente, el canal codificado de la estación móvil es recibido en cada sector, luego enviado al mismo receptor Rake bajo el proceso MRC usual. Durante un softer handover solamente un lazo de control de potencia está activo. El softer handover ocurre típicamente en alrededor del 5-15% de las conexiones.

Durante el soft handover, la estación móvil está en el área de cobertura común de dos sectores pertenecientes a diferentes estaciones base. Al igual que en el softer handover, las comunicaciones entre la estación móvil y la estación base tienen lugar concurrentemente vía dos canales de la interfaz de aire de cada estación base por separado, y ambos canales son recibidos en la estación móvil bajo el procesamiento Rake MRC. Desde el punto de vista de la estación móvil, hay pocas diferencias entre un soft y un softer handover.

Sin embargo, en la dirección ascendente el soft handover difiere significativamente del softer handover: el canal codificado de la estación móvil es recibida desde ambas estaciones base, pero los datos recibidos son enrutados al RNC para ser combinados. Esto se realiza de modo que el indicador de confiabilidad del frame, empleado para el control de potencia en lazo externo, es usado para seleccionar el mejor frame entre los dos posibles candidatos dentro del RN. Esta selección tiene lugar después de cada período de intercalación, es decir, cada 10-80 ms.

Conviene notar que durante el soft handover están activos dos lazos de control de potencia por conexión, uno para cada estación base.

El soft handover ocurre en alrededor del 20-40% de las conexiones. Para proveer conexiones soft handover, los siguientes recursos adicionales necesitan ser provistos por el sistema debiendo ser considerados en la fase de planificación:

Canales receptores Rake adicionales en las estaciones base

- Enlaces de transmisión adicionales entre la estación base y el RNC
- *Fingers Rake* adicionales en las estaciones móviles

Se debe notar también que los soft y softer handoffs pueden ocurrir en combinación entre sí.

Estos tipos de hadover son necesarios para evitar el problema cerca-lejos. Sin ellos se producirían escenarios en los que una estación móvil penetre en una celda adyacente sin que su potencia sea controlada por ella. Esta última situación podría ser solucionada mediante hard handovers rápidos y frecuentes, sin embargo, estos solo pueden ser ejecutados con ciertos retardos durante los cuales se podrían desarrollar escenarios cerca-lejos. Debido a esto, junto con el control de potencia, los soft/softer handovers son herramientas esenciales para mitigar la interferencia en WCDMA.

Además de los soft/softer handovers, WCDMA provee otros tipos de handover

- Hard handovers entre frecuencias, de una portadora a otra, por ejemplo dentro de celdas de altas capacidad con varias portadoras.
- Hard handovers entre sistemas, que ocurren entre sistemas WCDMA FDD y otros sistemas, tales como WCDMA TDD o GSM.

CAPÍTULO III

ARQUITECTURA DEL SISTEMA UMTS

3.1 Introducción

En este capítulo se describirá la arquitectura de la componente terrestre del sistema UMTS. La componente satelital, no habiendo alcanzado el mismo grado de definición que su par terrestre, no formará parte de este informe.

Por otra parte, se puede decir que las redes UMTS se componen de dos subredes; la red de telecomunicaciones propiamente dicha, que transporta la información entre los extremos de una conexión, y la red de gestión, que provee los medios de facturación, provisionamiento, gestión de seguridad, operación y mantenimiento de los elementos de la red. Igualmente, existe una red de transmisión, empleada para enlazar los diversos elementos de red de comunicaciones, la cual tampoco se incluye en esta parte del informe.

En adelante se dará el nombre genérico de red UMTS a la red de telecomunicaciones del sistema.

3.2 Componentes principales

Se puede describir la arquitectura del sistema UMTS en base a los siguientes componentes:

- Núcleo de red (*Core Network*)
- Red de acceso radio (UTRAN)
- Terminales móviles (*User Equipment*)

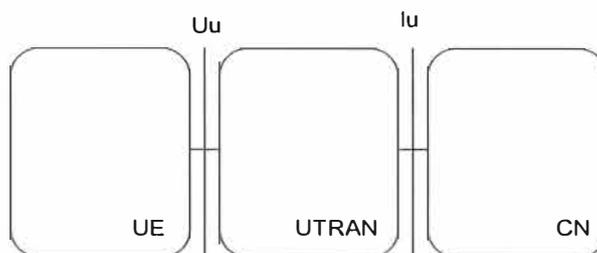


Figura 3.1 Arquitectura a alto nivel del sistema UMTS.

3.3 Organización del sistema

La organización del sistema UMTS según los subsistemas funcionales que lo componen se muestra en el diagrama siguiente:

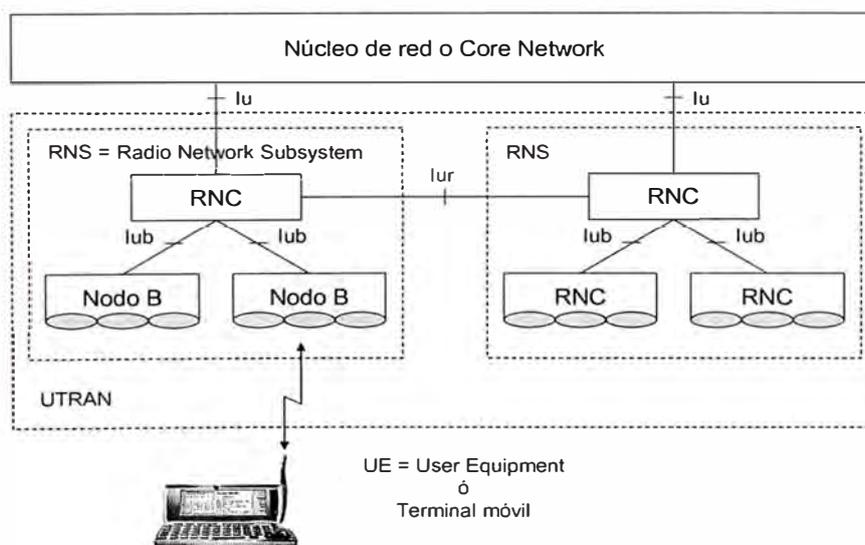


Figura 3.2 Arquitectura general del sistema UMTS.

Otra forma de estructurar el sistema UMTS se obtiene en dividirlo en dos niveles: el ligado y el no ligado al acceso. El primero corresponde a todos los protocolos que requieren la intervención de la red de acceso radio. El segundo abarca a los que conciernen al núcleo de red y el terminal móvil, sin intervención de la red de acceso. La frontera entre ambos niveles la constituyen los puntos de acceso a servicios SAP (*Service Access Points*), que son:

- Control general GC (General Control): permite el acceso a servicios de radiodifusión a todos los terminales móviles presentes en un área geográfica determinada.
- Notificación (Nt): permite el acceso a servicios de aviso hacia y desde terminales móviles específicos.
- Control dedicado (DC): permite el acceso a servicios de establecimiento o liberación de una conexión radio, así como la transferencia de información mediante dicha conexión.

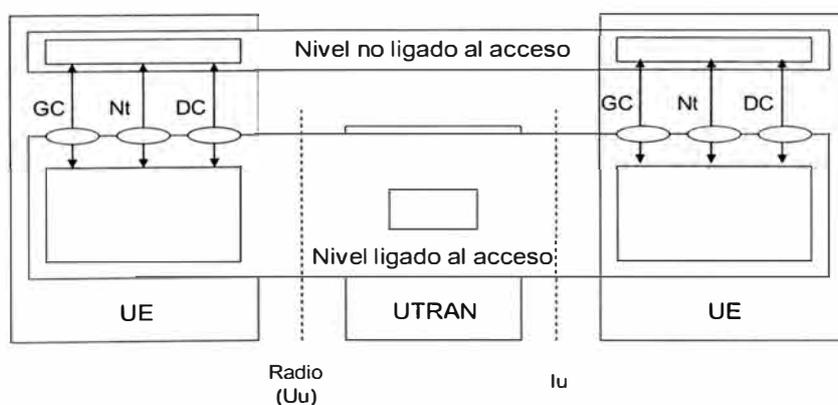


Figura 3.3 División de la arquitectura UMTS en dos niveles.

El Release 2000 del 3GPP, respecto a la arquitectura para una red IP móvil proponía 2 arquitecturas de referencia. La primera basada en tecnologías por paquetes y telefonía IP para servicios móviles inalámbricos simultáneos en tiempo real y no real. La 2da opción soportaba servicios basados en IP y también los servicios soportados con conmutación por circuitos del release 99.

La arquitectura de elementos funcionales se puede presentar en un siguiente nivel, dividiéndola en subredes. En esta forma se aprecia la arquitectura modular del sistema UMTS en el sentido de que es posible tener varios elementos de red del mismo tipo. En principio el requerimiento mínimo para una red operacional completa es tener al menos un elemento lógico de red de cada tipo. La posibilidad de tener varias entidades del mismo tipo permite la división del sistema UMTS en subredes que son operacionales por sí mismas o agrupadas con otras subredes, y que se distinguen entre sí con identidades únicas. Estas subredes se conocen como UMTS PLMN (*Public Land Mobile Network*), normalmente administradas por un único operador.

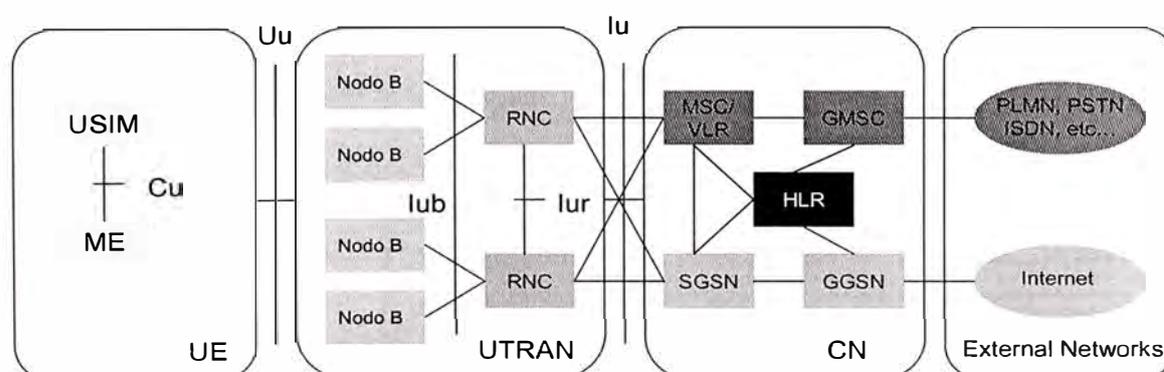


Figura 3.4 Elementos de red en una red UMTS PLMN.

3.4 Núcleo de Red

El núcleo de red incorpora funciones de transporte y de inteligencia. Las primeras soportan el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. El encaminamiento reside en las funciones de inteligencia, que comprenden prestaciones como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfases bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad. A través del Núcleo de Red, el UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte la comunicación no solo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes.

En una primera fase, el Núcleo de Red mantendrá dos dominios, de conmutación por circuitos CS (*Circuit Switched*) y de conmutación por paquetes PS (*Packet Switched*).

Los elementos comunes a ambos dominios son el HLR (*Home Location Register*), el VLR (*Visitor Location Register*), el AuC (*Authentication Center*), el EIR (*Equipment Identification Register*), el SMS-GMSC (*Short Messages Services Gateway MSC*) y el SMC Internetworking MSC (*Short Messages Internetworking MSC*)

En el dominio CS se encuentran el MSC (*Mobile-services Switching Centre*), el U-GMSC (*Gateway MSC*) y el IWF (*InterWorking Function*)

En el dominio PS se encuentra el U-SGSN (*UMTS Serving GPRS Support Node*), el U-GGSN (*UMTS Gateway GPRS Support Node*) y el BG (*Border Gateway*).

En la evolución posterior del Núcleo de Red, se define un dominio IP multimedia IM, destinado a soportar los servicios multimedia UMTS sobre el protocolo IP.

3.5 Red de Acceso Radio

La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el Núcleo de Red. En el caso del UMTS recibe el nombre de UTRAN y se compone de un conjunto de subsistemas de red radio (RNS) cada uno de los cuales comprende un controlador de radio (*RNC Radio Network Controller*) y una o más estaciones base (Nodo B).

El RNC controla los recursos de radio en su dominio, compuesto de uno o más Nodos B a su cargo. El RNC es el punto de acceso a servicio para todos los servicios que la UTRAN provee al CN, por ejemplo gestión de conexiones para el UE. El RNC es responsable por las decisiones de traspaso de llamadas que requieren señalización con el UE. Cada subsistema es responsable por los recursos de su conjunto de celdas

Un Nodo B depende de un solo RNC y cada nodo B tiene una o más celdas. Convierte el flujo de datos entre el RNC y el terminal. También participa en la gestión de recursos de radio.

Los elementos funcionales de la red de acceso radio se comunican entre sí por medio de las interfaces siguientes:

- Interfaz Núcleo de Red-RNC (I_{U})
- Interfaz RNC-RNC (I_{UR})
- Interfaz RNC-Nodo B (I_{U})
- Interfaz radio (U_{U})

3.6 Terminal Móvil

Constituyen el eslabón final en la cadena de comunicación a través de la red UMTS. Mediante ellos los usuarios móviles pueden conectarse con la red re acceso, que a su vez hace lo propio con el Núcleo de Red, puerta de conexión con usuarios de otras redes.



Figura 3.5 Modelos de terminales móviles 3G.

Los terminales móviles UMTS se dividen en dos dominios: el equipo móvil ME (*Mobile Equipment domain*) y el módulo de identidad de usuario (*User Identity Module*).

El ME es el encargado de realizar la transmisión y recepción de la señal radio. También puede contener aplicaciones. Dentro de él se distinguen la terminación móvil MT (*Mobile Termination*), donde se efectúan las operaciones relativas a la interfaz radio, y el equipo terminal TE (*Terminal Equipment*), en el que residen las aplicaciones extremo a extremo.

El módulo USIM consiste en una tarjeta extraíble. Contiene todos los datos y procedimientos para identificar al usuario frente a la red, sin ambigüedades y con seguridad. La separación con el ME implica la independencia de la identificación del usuario, con respecto al equipo móvil empleado. En este sentido, el UMTS europeo continúa la misma filosofía que GSM.

CAPÍTULO IV

NÚCLEO DE RED

4.1 Introducción

La arquitectura del Núcleo de Red UMTS se define dentro de un proceso de evolución que comienza con la tecnología GPRS y culmina con una arquitectura Todo IP.

Se definen dos planos lógicos: el de transporte (funciones de conmutación y control) y el de servicios (aplicaciones ofrecidas a los clientes).

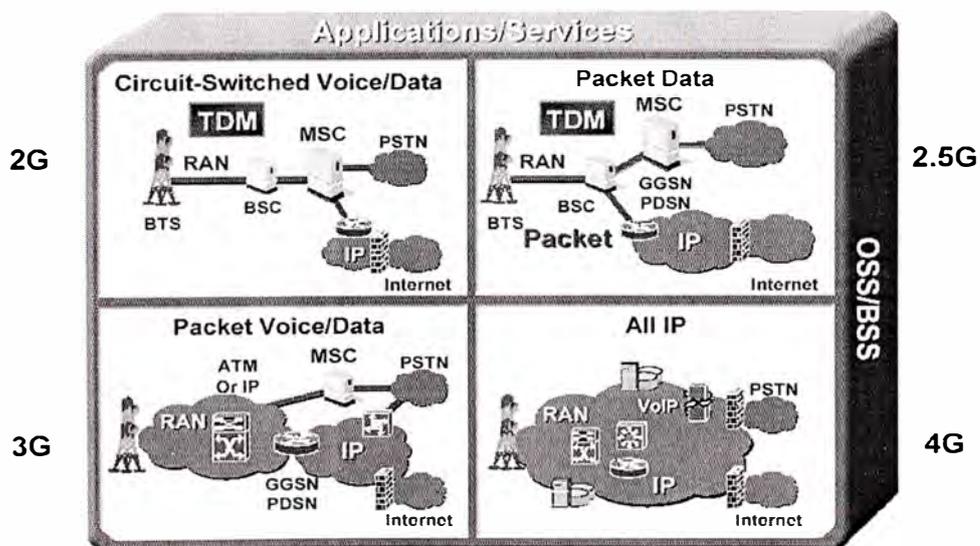


Figura 4.1 Evolución del Núcleo de Red para redes inalámbricas.

En GSM ambos planos se encuentran integrados en el MSC. En UMTS el plano de servicios se independiza del plano de transporte. El resultado es que las aplicaciones son independientes de la red de transporte utilizada, aspecto clave en un mercado competitivo caracterizado por aplicaciones novedosas rápidamente adaptables a sus necesidades.

Esta separación en niveles independientes, característica también de la tecnología IP, facilitará la convergencia de los sistemas 3G e Internet. Sin embargo, dado que las adaptaciones al protocolo IP para soportar los requerimientos de retardo para la transmisión de voz aún están en evolución, inicialmente se empleará ATM. Recién a partir de la R5 se alcanzará el modelo Todo IP.

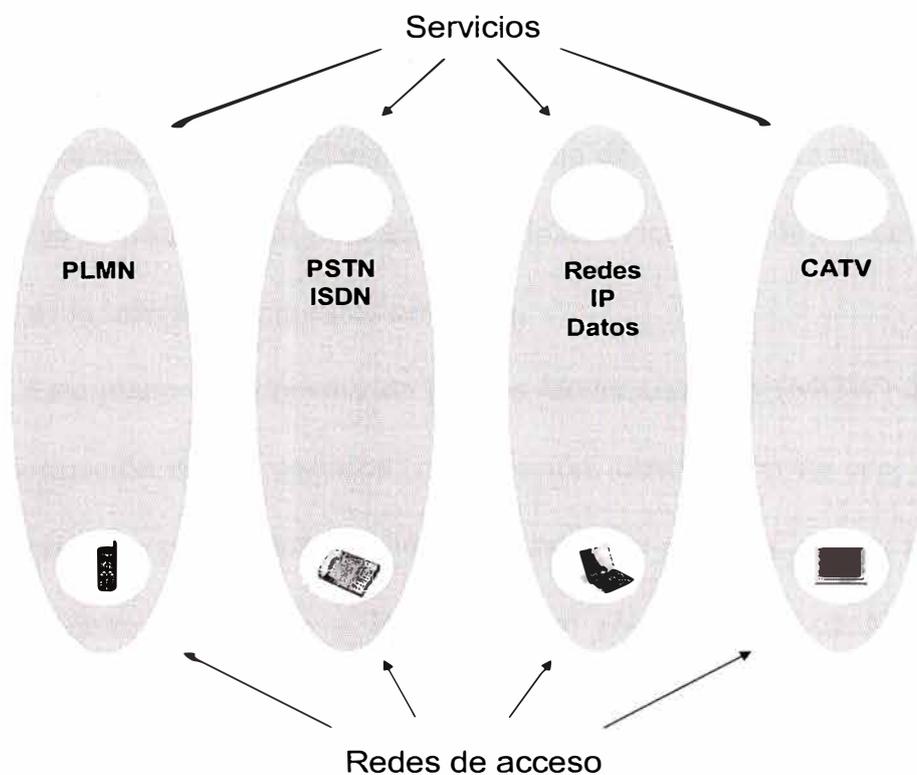


Figura 4.2 Redes actuales de comunicación.

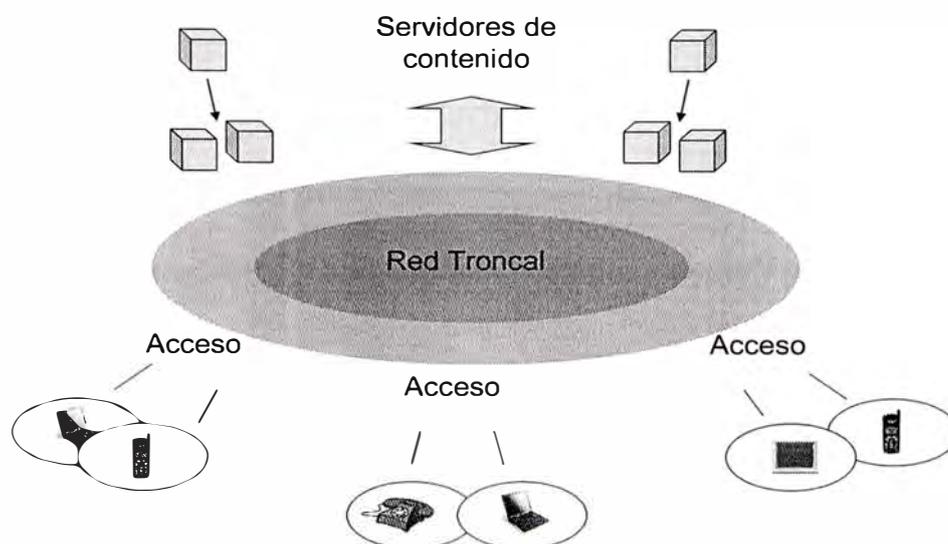


Figura 4.3 Redes multiservicios.

4.2 Plano de transporte: Conmutación

El nivel de transporte o conectividad, se puede contemplar como una capa de recursos distribuidos para la gestión de los flujos de tráfico. El usuario utiliza su terminal móvil para acceder a los servicios que le ofrece la red y este plano es la interfaz hacia estos servicios.

Este plano está constituido por los *Media Gateway* (MGW) que procesan la información de los usuarios (codificación, cancelación de eco, conferencia, conversión de protocolos, gestión de calidad de servicio, etc.) y actúan como conmutadores de acceso a la red troncal (*backbone*). Los MGW también controlan el establecimiento y liberación de las conexiones. En segunda instancia, el plano de transporte incluye la red troncal que interconecta todos los MGW, así como los nodos del plano de servicios.

La gestión de los MGW lo realizan el MSC y GSN mediante el protocolo Megaco/H.248 (*Media Gateway Control Protocol*), diseñado por la IETF. Este protocolo permite al servidor establecer las conexiones o asociaciones en la red troncal e introducir y manipular equipos como transcodificadores o canceladores de eco.

La R5 incluye la funcionalidad del servicio de extremo a extremo en el núcleo de red y proporciona servidores de llamada que permiten a los clientes utilizar voz sobre IP mediante terminales que soporten SIP (*Session Initiation Protocol*). Mediante SIP, los servidores de llamada, al igual que el servidor MSC o el SGSN, controlan los recursos asociados a sus procesos en el MGW.

Los recursos necesarios para establecer, mantener y liberar una llamada o sesión pueden estar distribuidos en múltiples MGWs. Un servidor de llamada podría controlar simultáneamente varios MGW.

En las comunicaciones en modo circuito, el MGW en la frontera con la PSTN realiza la tarea de transcodificación, reduciendo costos de transmisión.

En la frontera con los accesos de radio, el MGW se limita a las funciones de conmutación y conversión entre los distintos protocolos de transporte asociados a cada tipo de tecnología de acceso radio.

Para la red troncal, que interconecta los nodos de la red de ambos planos (Nodos B, RNCs, MGWs, servidores, etc.), se pueden emplear distintas tecnologías de transporte como ATM o IP, que se pueden compartir en el Núcleo de Red y en la red de acceso radio.

4.3 Plano de transporte: Control

El nivel de control consta de diferentes tipos de servidores de red o de llamadas como el MSC, CSN, HLR (*Home Location Register*), SCP (*Service Control Point*), AUC (*Authentication Centre*), EIR (*Equipment Identity Register*), o SMS-C (*Short Message Centre*). Estos servidores controlan la seguridad, la movilidad, el establecimiento y la desconexión de las sesiones, los servicios suplementarios, los servicios de red inteligente, etc.

Los servidores de llamadas se comunican entre sí y con otros elementos de la red mediante protocolos estándar para el control de la movilidad y de las sesión como MAP (*Mobile Application Protocol*), INAP (*Intelligent Network Application Protocol*) y CAP (*Camel Application Protocol*) para acceso a red inteligente, ISUP (*ISDN Service User Protocol*) para la interconexión con la red telefónica fija o GTP (*GPRS Tunnelling Protocol*) para realizar los túnel en los contextos de datos. También manejan el acceso radio mediante los protocolos RANAP (*Radio Access Network Application Protocol*) para UMTS y BSSMAP (*Base Station Subsystem MAP*) para GSM.

La interfaz entre los niveles de conmutación y control, dentro del plano de transporte, intercambia únicamente información de señalización, representada en la Figura 4.4 mediante líneas punteadas. La información de usuario (voz, datos, etc.) y el empleo de recursos como las locuciones, conferencias tripartitas, transcodificación, etc., se manejan en el nivel de conmutación.

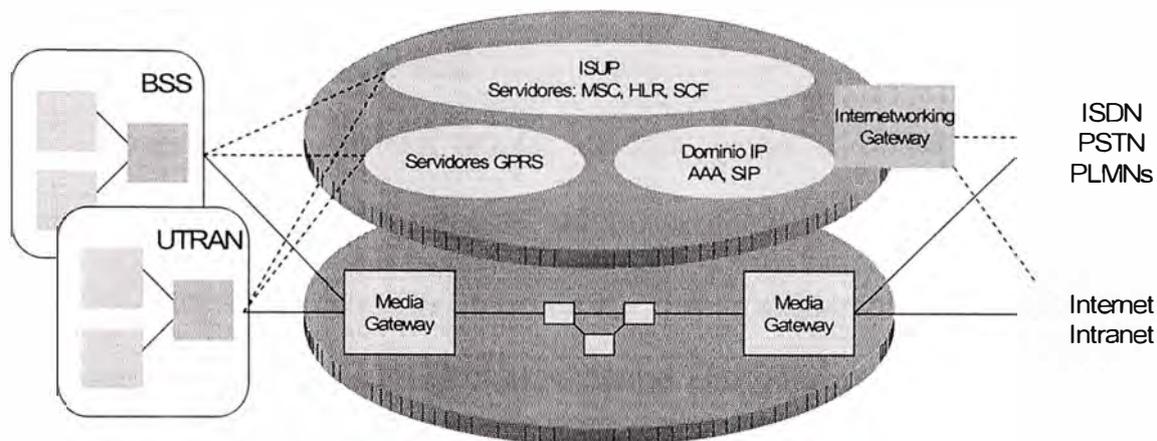


Figura 4.4 División del plano de transporte en conmutación y control.

Los servidores MSC y CSN manejan los recursos asociados en los MGW mediante el protocolo Megaco/H.248.

Dentro del plano de control se distinguen los entornos dedicados a ISUP, a GPRS y al dominio IP. Sin embargo, cuando alcance el modelo Todo IP, los servidores ISUP y GPRS ya no serán necesarios.

4.4 Plano de servicios

Agrupar a los servidores de servicios y aplicaciones. Las aplicaciones residen parcialmente en servidores específicos de aplicaciones en el núcleo de la red y en los terminales, a menudo bajo la forma de agentes o applets de Java.

Los servicios y aplicaciones negocian con la capa de control a través de interfaces de programación de aplicaciones (APIs) estandarizados.

El Núcleo de Red es transparente al diálogo terminal-aplicación para independizar la aplicación del acceso a la misma.

4.5 Elementos del Núcleo de Red

Cada componente del Núcleo de Red realiza distintas funciones. Los servidores de llamadas gestionan las funciones de control y los MGW la conectividad del plano de transporte. Otros elementos complementarios agregan funciones específicas. Entre ellos los más importantes son:

- Servidor MSC. Asume el control de las comunicaciones en modo circuito. Controla el MGW, la movilidad, la autenticación, la recolección y salida de archivos de tarificación y el lanzamiento de servicios a red inteligente. También constituye la interfaz con el centro de mensajes cortos.
- Servidor SGSN (*Serving GPRS Support Node*). Maneja las funciones de control relativas a los servicios de comunicación en modo paquete. Gestiona los recursos asociados en el MGW y administra la sesión, movilidad, la autenticación y tarificación.
- Servidores SIP y H.323. Gestionan el control del servicio de voz sobre IP, así como los servicios multimedia.
- Servidor AAA (*Authentication, Authorization, Accounting*). Realiza las funciones de autenticación, seguridad y tarificación para las comunicaciones en modo paquete.
- MGW. Soporta las funciones en el plano de usuario para la comunicación en modo circuito y en modo paquete. Estas funciones

- incluyen el proceso de la información de usuario (codificación de voz, conferencia tripartita, etc.), la generación de tonos, el establecimiento y desconexión de los circuitos, la provisión de información de tarificación, seguridad, encaminamiento y conmutación, y calidad de servicio.
- GGSN (*Gateway GPRS Support Node*). Constituye el final del túnel en el modo paquete y se sitúa en la frontera entre el Núcleo de Red y el punto de presencia del proveedor de servicios de Internet. Se selecciona, indirectamente, por el usuario final en el establecimiento del contexto PDP (*Packet Data Protocol*). El GGSN realiza el control del túnel de datos, el manejo de las direcciones OIP, la recolección y salida de los ficheros de tarificación, el control de la seguridad, encaminamiento de paquetes y la gestión de la calidad de servicio. También puede incluir funciones específicas para la movilidad IP como el *Foreign Agent* FA.
 - HLR (*Home Location Register*). Es una base de datos que aloja los datos del usuario. Contiene funciones para la administración y el control de los servicios. Se comunica con los MSCs, los GSNs y otros elementos del Núcleo de Red por medio del protocolo MAP.
 - AuC (*Autenticación Centre*). Realiza las funciones de identificación del usuario. Incluye algoritmos para la generación de claves de

autenticación y cifrado. Protege la red impidiendo accesos no autorizados.

- SCP. Contiene la lógica de los servicios de red inteligente tales como redes privadas virtuales o prepago. Comparte tareas con el control de las funciones de conmutación que residen en el servidor MSC.
- EIR. Es una base de datos que contiene las identidades y características de los equipos móviles. A través del protocolo MAP absuelve consultas de los elementos de acceso (servidores MSC y SGSN) para asegurar, entre otras cosas, que el equipo está capacitado para determinados accesos y servicios.
- *Billing Gateway*. Recoge la información generada por los distintos nodos (GSN, MSC, SMS-C, buzón de voz, servidores de aplicación, etc.) y la encamina a los sistemas de gestión y administración del operador, realizando un pre-formateo de los registros. También puede almacenar los registros de información de tarificación que se intercambian con otras redes.
- Ruteadores/Switches. Encaminan y conmutan los paquetes de datos de usuario y los paquetes de datos de señalización.

4.6 Fases en la evolución del Núcleo de Red

La evolución de la arquitectura del Núcleo de Red se divide en tres fases:

R99, R4 del 3GPP

R5 del 3GPP

R5 Modelo Todo IP.

A continuación se describen las características esenciales de cada fase.

4.6.1 R99: Fase inicial de despegue

Esta arquitectura estuvo prevista para las primeras redes UMTS que entraron en servicio comercial durante el 2001 y el 2002. El Núcleo de Red conserva la estructura de la red GSM/GPRS, es decir la separación de los dominios de conmutación de circuitos y paquetes. El Núcleo de Red UMTS basado en GSM/GPRS se adapta a las nuevas interfases de radio UMTS en los nodos U-MSC (I_{U} CS para conmutación de circuitos) y U—SGSN (I_{U} PS para conmutación de paquetes).

La tecnología de transporte de la red troncal es ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), la cual permite la agregación de diferentes tipos de tráfico de voz y datos.

Las arquitecturas ofrecidas por los fabricantes reconocen este hecho y proponen un modelo de evolución en el que, incluso a largo plazo, la red troncal ATM puede seguir suponiendo un soporte eficiente para la transmisión y una base para otras alternativas. Se implementan en las interfases de la red de acceso radio y del Núcleo de Red (Interfases I_{U}).

El nivel de adaptación AAL (ATM Adaptation Layer) del modelo de referencia ATM convierte la información de los protocolos de nivel superior en celdas ATM. Existen diversas categorías de servicio AAL. AAL2 es una capa de adaptación en tiempo real que permite una tasa de transmisión variable y se emplea para el transporte de voz, en general de servicios de clase conversacional que requieren transporte en tiempo real en la interfaz I_U CS (*IU Circuit Switch*). AAL5 es una capa de adaptación para transporte en tiempo no real, insensible al retardo, que se emplea para la transmisión de datos en la interfaz I_U PS (*IU Packet Switch*).

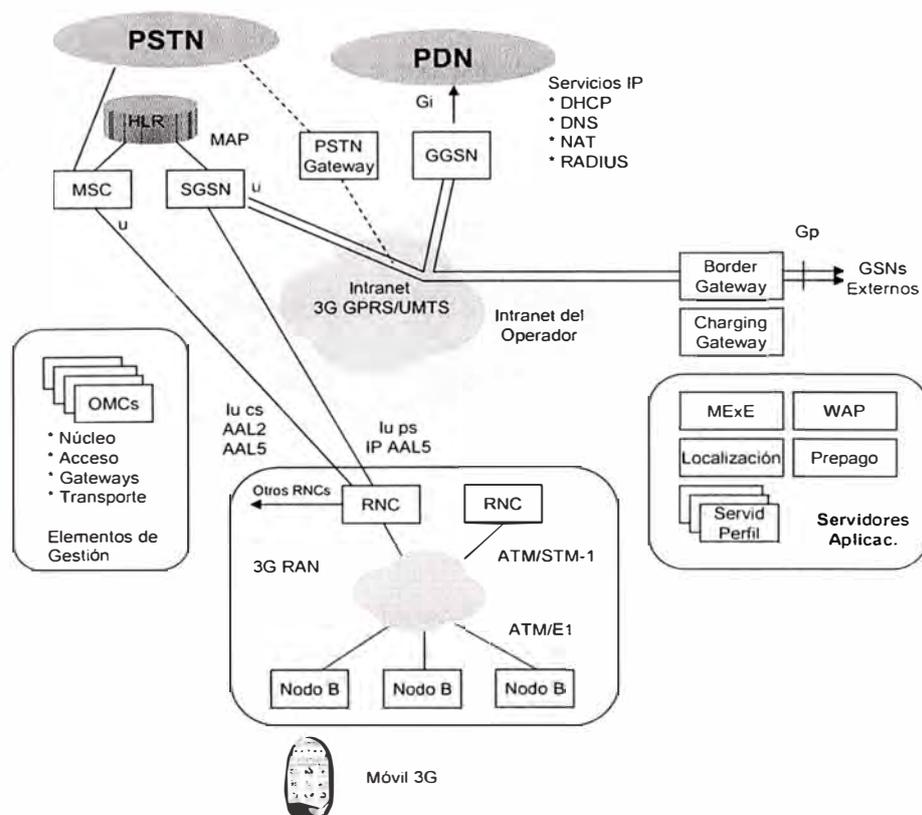


Figura 4.5 Arquitectura basada en la R99.

Los servicios basados en conmutación de circuitos se transportan directamente sobre ATM. Los servicios de datos se pueden transportar sobre IP y éstos, a su vez, sobre ATM. Protocolos como Diffserv y MPLS deben garantizar la calidad de servicio para el transporte sobre IP.

El Núcleo de Red es transparente a la comunicación terminal-servidor de aplicaciones. Los entornos de aplicación se comunican con el Núcleo de Red mediante APIs y permiten su desarrollo independiente.

4.6.2 R5: Fase de Convergencia

Esta arquitectura tiende a la convergencia con el mundo IP. Se agrega un dominio adicional a los existentes CS y PS, el dominio IP Multimedia (IM) que gestiona servicios multimedia IP basados en PS. La comunicación multimedia consiste en la combinación de dos o más componentes como voz, datos, audio, imágenes, gráficos, etc., y podría involucrar a varias entidades y conexiones de red, por lo que requiere de ésta flexibilidad para la gestión de recursos. Los servicios CS se podrían ofrecer a través de PS.

Bajo el principio de independencia del plano de transporte, la tecnología de la red troncal puede ser IP, ATM, STM (*Synchronous Transfer Mode*) o una combinación de éstas. Asimismo, se busca la independencia de la tecnología de acceso, incluyendo redes inalámbricas de área local o las distintas tecnologías de acceso del IMT-2000.

En la Figura 4.6 se muestra la arquitectura de referencia de la R5. En la parte inferior se ubica el dominio CS y en la superior el dominio PS. Algunos elementos se han duplicado para facilitar su comprensión, otros pueden estar agrupados en una única entidad física.

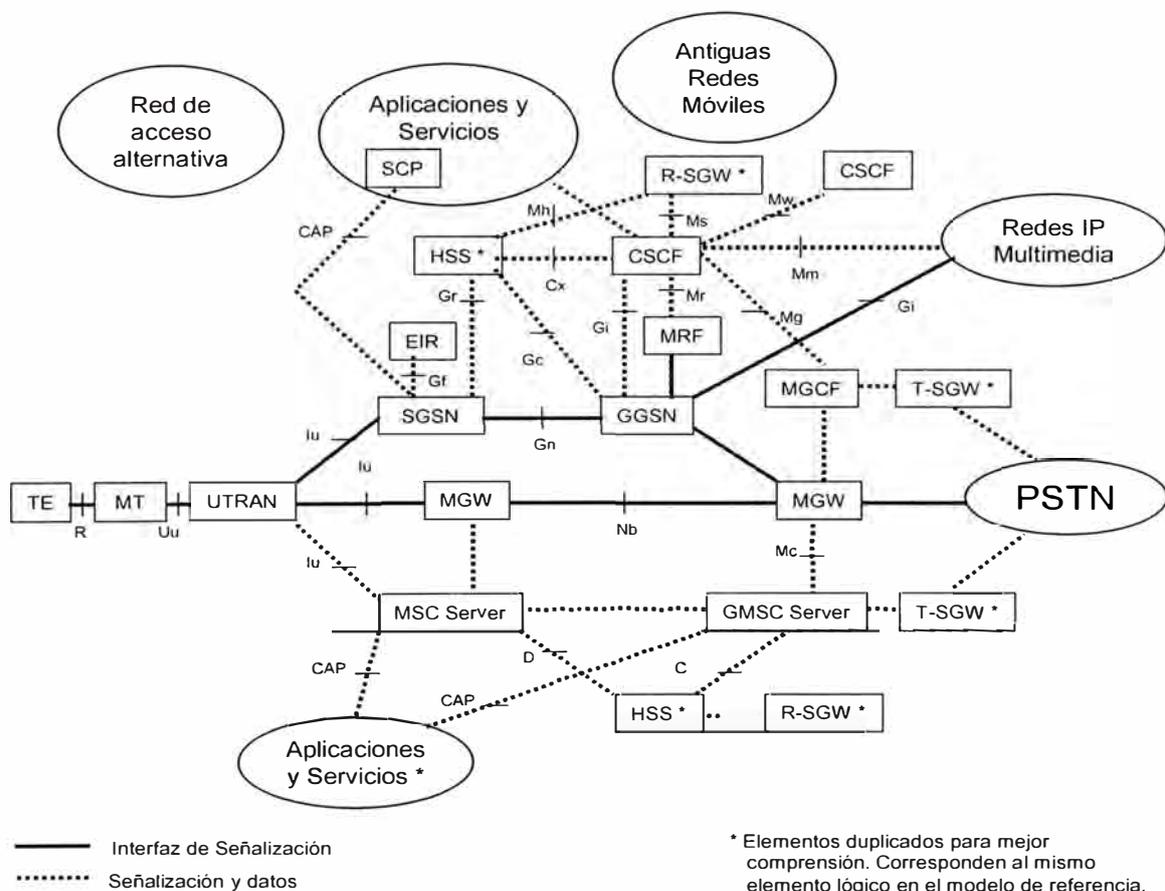


Figura 4.6 Arquitectura de referencia de la R00.

Los elementos funcionales son los siguientes:

- CSCF (*Call State Control Function*). Se compone del *Serving* CSCF y el *Interrogating* CSCF e interactúa con el HSS (el

Nuevo HLR) para obtener información del perfil de usuario. Además, realiza funciones de gestión de numeración (análisis, traducción, portabilidad, etc.). El *Interrogating* CSCF realiza estas funciones en las llamadas entrantes a la red. El CSCF puede interrogar a la red inteligente y se comunica con el MGCF (*Media Gateway Control Function*) y otros CSCFs mediante el protocolo SIP.

- HSS (*Home Subscriber Server*). Es la evolución del HLR con la incorporación de las funciones de control IP multimedia.
- T-SGW (*Transport Signalling Gateway*). Se encarga de traducir la señalización ISUP de la PSTN/PLMN a IP y de enviarla hacia el MGCF
- R-SGW (*Roaming Signalling Gateway*). Traduce IP a SS7. Se define únicamente para la itinerancia con GSM/GPRS.
- MGC (*Media Gateway Control*). Controla el estado de la llamada o sesión sobre el *Media Gateway*.
- MGW (*Media Gateway*). Es el nodo que transporta el tráfico en las fronteras de la red y realiza funciones asociadas como la transcodificación, cancelación de eco, etc. Es controlado mediante el protocolo Megaco H.248.

- MRF (*Multimedia Resource Function*). Gestiona las funciones de llamada o sesión con varios participantes y conexiones.
- Servidor MSC. Administra el control de la llamada y la movilidad en el dominio CS. Contiene la funcionalidad VLR y controla el MGW. La señalización entre estos nodos podrá basarse en IP, ISUP, o en la evolución de ISUP: BICC (*Bearer Independent Call Control*). La señalización hacia el HSS estará basada en MAP y transportada sobre SS7 o IP.
- SCP (*Service Control Point*). Los nodos de la red consultan al SCP mediante CAMEL. La transferencia del protocolo CAP se realizará sobre IP, SS7 sobre ATM o SS7 sobre TDM.

4.6.3 Modelo Todo IP

El objetivo de la arquitectura Todo IP es permitir a los operadores desplegar la tecnología IP en toda la red, incluida la interfaz de radio, para desarrollar los servicios 3G así como garantizar el control de la movilidad, seguridad, tarificación, etc.

El vínculo IP - UMTS se basa en un conjunto de protocolos:

- Protocolos para la movilidad de los terminales basados en IP, (*MIP: IP routing for Mobile/Wireless Hosts Protocol*)

- Protocolos para el control de llamadas de voz sobre, (SIP: *Session Initiation Protocol*)
- Protocolos para el transporte de SS7 sobre IP, (SCTP: *Signalling Control Transfer Protocol*)
- Protocolo para acelerar el proceso de conmutación IP para adaptarlo a la conmutación de circuitos, (MPLS: *Multiprotocol Label Switching*)
- Protocolos para la gestión de calidad de servicio bajo demanda, (Diffserv: *Differentiated Services*, RSVP: *Resource Reservation Setup Protocol*)
- Protocolos para seguridad, (Ipsec: *Internet Protocol Security*)

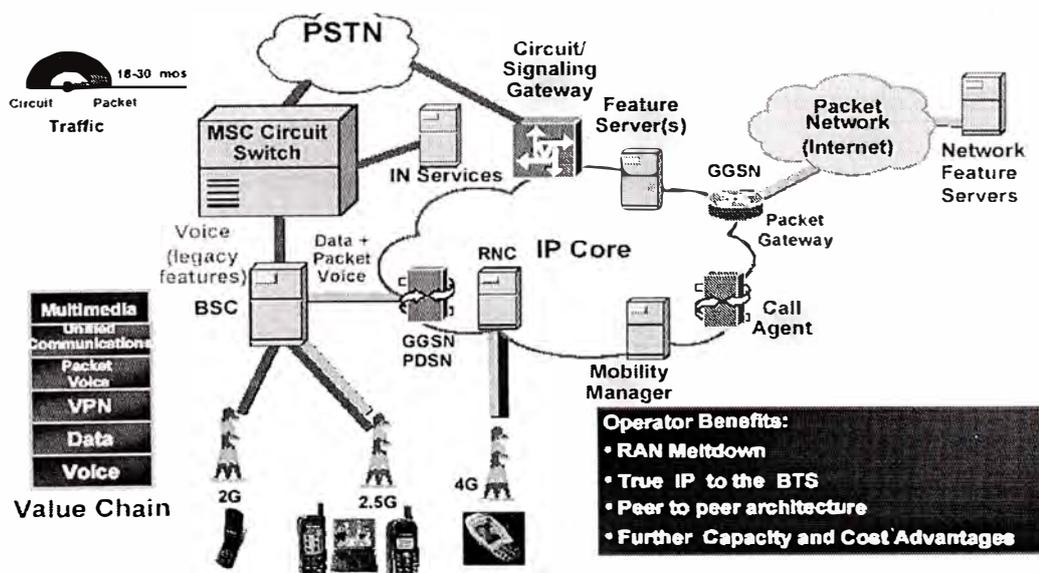


Figura 4.7 Arquitectura de red con IP de extremo a extremo.

El empleo de IP en la red de transporte se ve favorecido por la competitividad, variedad y menor costo de los equipos IP en relación a los de ATM. Así mismo, al ser IP una tecnología de convergencia, permite un crecimiento flexible y facilita el desarrollo de aplicaciones.

Para llegar a esta arquitectura sin embargo se deben definir los estándares para garantizar la calidad de servicio necesaria (IP fue diseñado para el transporte de datos, no de voz), lo cual ATM si cumple. Igualmente la movilidad y la itinerancia deben ser parte de las especificaciones para telefonía IP.

El desarrollo de IP debe satisfacer los siguientes requisitos:

- Calidad de servicio que asegure el ancho de banda y mínimo retardo a aplicaciones críticas, sin depender del nivel de carga de la red, bajo el control de los administradores de la red.
- Eficiencia espectral y obtención de ancho de banda suficiente en la interfaz de radio. Las capacidades portadoras de radio deben optimizarse para transportar voz sobre IP. La ineficiencia espectral se deriva de las cabeceras de los paquetes IP. La compresión de cabeceras no es suficiente para lograr resultados aceptables.
- Desarrollo de nuevas modalidades de tarificación, ya sea por uso (por bits, frames), o por contenido (servicio utilizado).

Del lado de interconexión se debe considerar que en una conexión pueden estar involucrados a la vez varios operadores y proveedores de servicios.

4.7 IP Móvil

El estándar IP Móvil ha sido desarrollado por el IETF para proveer movilidad en el nivel 3 OSI, es decir permitir el desplazamiento de los usuarios entre diferentes redes, fijas o móviles, públicas o privadas, conservando la dirección IP original y manteniendo las comunicaciones existentes.

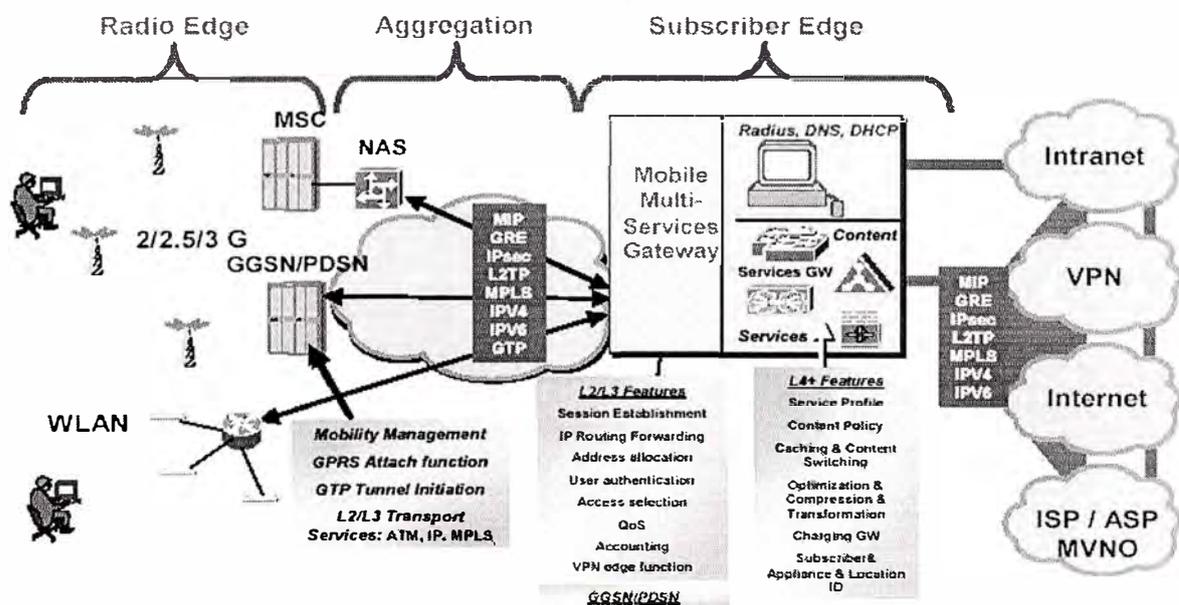


Figura 4.8 Servicios ofrecidos a través de diferentes redes de acceso.

4.7.1 Normas

El estándar fue aprobado por el IESG (*Internet Engineering Steering Group*) en Junio 1996 y publicado en Noviembre 1996.

Los RFC publicados son :

- RFC2002 - *Mobile IP*
- RFC2003 y RFC2004 - *Tunnel encapsulation*
- RFC2005 - *Mobile IP applicability*
- RFC2006 - *Mobile IP MIB*

RFCs asociados

- RFC1701 *GRE Generic Routing Encapsulation*
- RFC2344 - *Reverse Tunneling for Mobile IP*

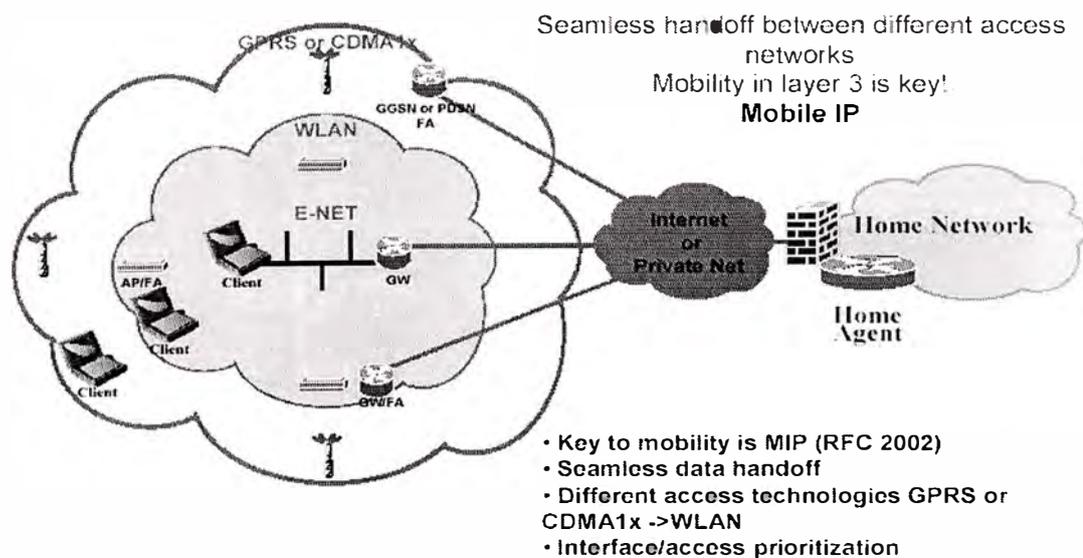


Figura 4.9 Acceso transparente desde diferentes redes de acceso.

4.7.2 Componentes

El acceso mediante IP Móvil involucra a los siguientes elementos:

- Nodo Móvil MN (*Mobile Node*): Clientes IP (laptops, teléfonos celulares, PDAs, etc) que mantienen conectividad con la red empleando su dirección IP local, independientemente de la red a la cual esté conectado.
- Agente Local HA (*Home Agent*): Mantiene una asociación entre la dirección IP local del MN y la dirección prestada (*Care Of Address*) por la red remota. Se implementa en ruteadores y switches de capa 3.
- Agente Remoto FA (*Foreign Agent*): Proporciona un punto de conexión localizable denominado *Care Of Address* (COA) para cada MN visitante. Actúa como un enlace entre el MN y el HA. Se implementa en ruteadores y switches de capa 3.

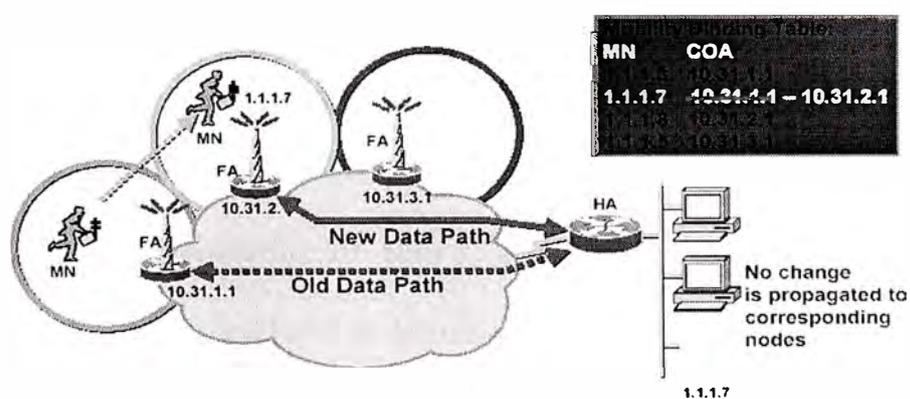


Figura 4.10 Elementos de IP Móvil en entorno de redes inalámbricas.

Los paquetes que tienen como destino al MH en su red de origen son interceptados por un agente encargado para dicho propósito y el HA. Luego son reenviados mediante *tunelling* a la dirección *Care of Address*. Al otro lado del túnel, el FA recibe el paquete y lo reenvía al equipo.

4.7.3 Implementación en UMTS

UMTS incluye la posibilidad de acceder a Internet u otras redes privadas IP desde equipos terminales móviles con el protocolo IP. La función de FA es incluida dentro de las funciones del GCSN.

EL GCSN debe tener al menos una dirección de envío donde finalizará el túnel entre la red local a la que pertenezca el terminal móvil y la red móvil. De esta forma, cada terminal móvil tendrá una dirección IP asignada por su red, a través de la cual será accesible. Para ello, el terminal móvil se debe registrar en su HA el cual se encargará de enviar los paquetes destinados al mismo, haciendo uso del túnel establecido mediante el procedimiento de registro del terminal móvil.

EL GCSN deberá mantener la lista de asignaciones entre “direcciones locales” de los móviles, obtenida durante el intercambio de señalización del protocolo IP Móvil que sigue a la activación del contexto, y los identificadores de terminaciones de túneles TEID (*Tunnel End Identification*).

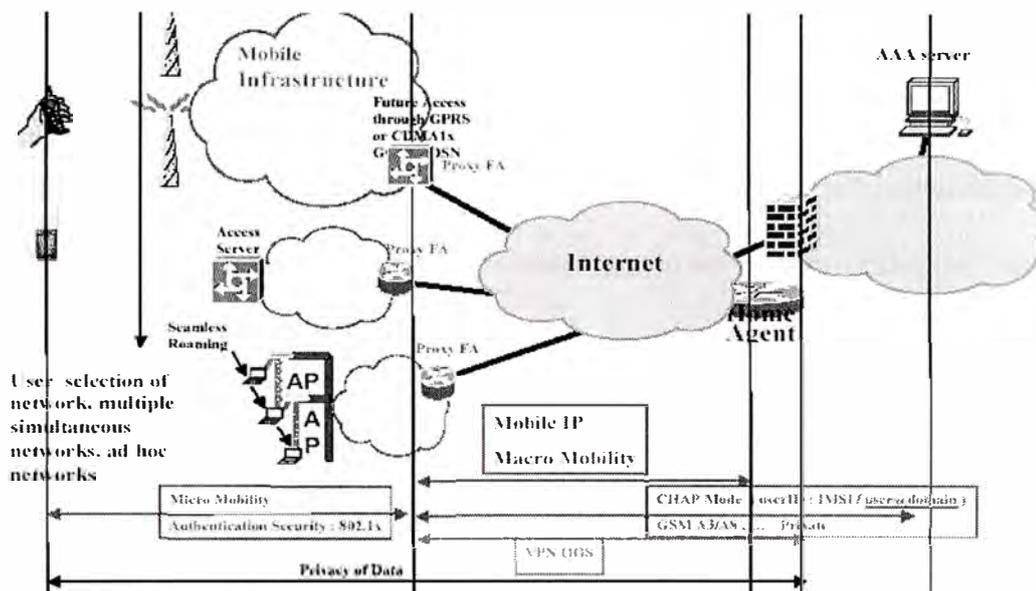


Figura 4.11 Ejemplo de conexión mediante IP móvil.

Adicionalmente, el GCSN informará al SGSN de la dirección correspondiente al contexto activado mediante el procedimiento de modificación de contexto “*GCSN initiated PDP Context modification procedure*”.

Los paquetes originados por el móvil no son encaminados por el túnel, sino directamente a través del FA.

4.8 Numeración y Direccionamiento

UMTS emplea un mecanismo de direccionamiento avanzado el cual permite desvincular las direcciones utilizadas por los usuarios de las

direcciones físicas utilizadas en el Núcleo de Red, además de soportar todos los direccionamientos existentes (E.64, X.121, X.400, numeración PABX, etc.).

En el direccionamiento avanzado se emplean etiquetas para identificar en al usuario llamado, las cuales serán traducidas a direcciones reales en forma transparente para el usuario. Se utilizan procedimientos de resolución de direcciones que permiten la traducción de estas etiquetas en bases de datos en donde estarán registradas las direcciones necesarias para el encaminamiento de la red. Las bases de datos serán accesibles a través de diversos protocolos TCP/UDP (IETF), INAP/CAP (ETSI), etc., permitiendo a los usuarios establecer comunicaciones sin conocer las direcciones físicas que serán utilizadas internamente por la arquitectura de encaminamiento de la red UMTS.

Bajo este mecanismo de traducción de direcciones es posible iniciar una llamada de voz a partir de la dirección de correo electrónico del destinatario.

Las bases de datos de etiquetas son descentralizadas y permiten esquemas de interrogación iterativos en forma recurrente y/o consecutiva.

4.8.1 Identificación de clientes

Se asigna un IMSI (*Internacional Mobile Subscriber Identity*) único por USIM. Por confidencialidad de la identidad del usuario los U-VLRs y U-SGSC pueden asignar TMSIs (*Temporal Mobile Subscriber Identities*), uno para los servicios del U-MSC y otro para los servicios del

U-SGSN (P-TMSI). El TMSI permite no tener que enviar el IMSI en los accesos de radio.

Para direccionar los recursos utilizados en U-GPRS, se utiliza el TLLI (*Temporary Logical Link Identity*). El TLLI permite asegurar la confidencialidad del cliente, siendo su relación con el IMSI conocida en el terminal móvil y en el U-SGSN. El TLLI es generado por el terminal móvil en forma aleatoria o en base al P-TMSI.

Para agilizar la búsqueda de los datos de usuario en el VLR se define una identidad LMSI (*Local Mobile Station Identity*). El LMSI es asignado por el U-VLR en el proceso de registro y se envía al HLR junto con el IMSI. EL HLR no le da uso pero lo envía junto con el IMSI en todos los mensajes enviados al U-VLR relacionados con ese terminal.

El IMSI, de 15 dígitos en total, se compone de tres partes:

MCC: Código de país (*Mobile Country Code*), de 3 dígitos.

MNC: Código de red (*Mobile Network Code*), de 2 a 3 dígitos.

MSIN: Número identificativo del cliente móvil (*Mobile Station Identification Number*), de 9 a 10 dígitos.

El TMSI tiene significación local en el área de cobertura del U-VLR o del U-SGSN, se compone de 4 octetos hexadecimales. La determinación del TMSI para los servicios del U-MSC y U-SGSN se realiza en base a los dos bits más significativos.

4.8.2 Planes de numeración

Cada terminal móvil recibe uno o más números del plan de numeración nacional ISDN. Es posible modificar el IMSI sin cambiar el número ISDN. También se podrá asignar a cada terminal móvil una dirección IPv6, de 128 bits, ya sea de forma permanente o temporal.

El MSISDN (*MS internacional PSTN/ISDN number*), según la recomendación UIT-T E.164, se usa como una dirección GTT en SCCP para encaminar los mensajes al HLR. Se compone de:

- CC: Código de país (*Mobile Country Code*)
- NDC: Código de destino nacional (*National Destination Code*)
- SN: Número de suscriptor (*Subscriber Number*)

El Número de Itinerancia Móvil (MSRN) se utiliza en la terminación de llamadas. El U-MSC solicita al HLR información de encaminamiento. El HLR, que conoce a la central destino, le solicita un número de itinerancia MSRN. La central destino reserva el MSRN durante el establecimiento de la llamada, liberándolo posteriormente. El MSRN tiene la misma estructura que los números ISDN.

4.8.3 Direcciones de nodos

Los U-MSCs, U-GSNs y el resto de nodos son identificados por un número PSTN/ISDN y un SPC (*Signalling Point Code*).

Adicionalmente el SGSN y GGSN son identificados con direcciones GSN, el cual consta de los siguientes campos:

- Tipo de dirección, de 2 bits
- Longitud, de 6 bits
- Dirección, de 4 a 16 octetos, indica la dirección IPv4/v6 del nodo.

4.8.4 Otras direcciones

El IMEI (*Internacional Mobile Equipment Identity*) se compone de 15 dígitos y se compone de los campos:

- TAC Código de Fabricante, de 6 dígitos
- FAC Modelo, de 2 dígitos
- SNR Número de serie, de 6 dígitos
- Libre 1 dígito

El IMEISV (*IMEI Software Versión Number*) incluye un campo que identifica la versión de software del terminal, siendo este el único campo modificable.

El APN (*Access Point Name*) es una referencia a un GGSN. El APN se traduce en la dirección IP del GGSN mediante DNS, consta de dos partes: identificador de red e identificador de operador, con un máximo total de 100 bytes. Por ejemplo, miempresa.pe, miservicio, miempresa.pe, etc.

CAPÍTULO V

RED DE ACCESO RADIO

5.1 Introducción

En este capítulo se describirán las características esenciales de la red de acceso radio, presentando la estructura de capas empleada para definir la interfaz de radio (U_U), así como las demás interfaces (I_{UX}) del RNC.

5.2 Interfaz radio

A diferencia del Núcleo de Red que sigue un enfoque evolutivo a partir de los sistemas 2G, la interfaz de radio en UMTS adopta una técnica de acceso múltiple totalmente diferente al de sus predecesores TDMA/GSM, basado en DS-CDMA (*Direct Sequence-Code Division Multiple Access*).

5.2.1 Acceso DS-CDMA

Como se ha descrito en el capítulo de Introducción a WCDMA, ésta técnica se basa en el empleo de secuencias de ensanchamiento para modular la señal de banda base. Estas secuencias cuentan con características de correlación especiales, se seleccionan según de manera que el producto de una secuencia consigo misma sea mucho mayor que el

producto de esa misma secuencia con una réplica de si misma desfasada en el tiempo o con otra secuencia diferente. Son de dos tipos: pseudoaleatorias y ortogonales. Las primeras tratan de imitar secuencias aleatorias. Como secuencias generales que son, carecen, a diferencia de las aleatorias, de un período infinito de repetición, es decir se repiten al cabo de un tiempo determinado. Asimismo, aunque exhiben buenas propiedades de correlación, el producto entre dos secuencias diferentes no es exactamente cero. Las secuencias ortogonales si cumplen este requisito, sin embargo, esta propiedad se mantiene solo si las secuencias mantienen una sincronización mutua, deteriorándose sustancialmente, y en ocasiones perdiéndose del todo si ocurren deslizamientos temporales entre ellas. Este efecto influye en la transmisión radio, en donde, por efecto de la multitrayectoria, puede recibirse una señal junto con versiones retardadas y atenuadas de la misma señal.

Las propiedades de correlación están ligadas al número de chips que se multiplican. Por lo general, este producto tiene lugar únicamente entre todos los que entran en un símbolo de banda base, de manera que cada símbolo supone una decisión separada de los demás. Esto plantea el problema del manejo de velocidades variables en banda base, es decir cuando varíe la longitud del símbolo, y por ende, el número de chips que entran en la correlación, cuyas propiedades pueden variar para cada valor de velocidad. Para resolver este problema, se emplean secuencias

ortogonales de factor de ensanchamiento variable OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) en donde el período puede variarse de forma que se adapte a la duración del símbolo empleada en cada momento. De esta forma se consigue que la correlación se efectúe siempre sobre el período de la secuencia, consiguiendo mantener estables sus propiedades.

Las secuencias OSVF se obtienen según un esquema en forma de árbol. A partir de una secuencia con factor de ensanchamiento uno (es decir con la misma velocidad que la señal en banda base), se derivan ramas correspondientes a una pareja de secuencias de factor de ensanchamiento dos. De cada una de ellas se derivan a su vez dos secuencias de factor 4, y así sucesivamente. Una propiedad muy importante de dichas secuencias es que una vez utilizada una en concreto, no es posible seleccionar ninguna que pertenezca a alguna rama ligada a dicha secuencia. Por ello, los sistemas que recurren a las secuencias OVSF, como UMTS, deben disponer de algoritmos que asignen las secuencias en forma óptima, procurando aprovechar al máximo el árbol.

Otra característica única de CDMA es que el desacoplo entre comunicaciones no es perfectamente ortogonal, de manera que persiste un residuo de interferencia procedente de las comunicaciones ajenas que coexisten en el espacio radioeléctrico. Cada transmisión aporta una contribución de interferencia, muy similar al ruido blanco. Esto hace que la relación entre las potencias de portadora y la señal interferente

descienda a medida que aumenta el número de transmisiones simultáneas. Una de las consecuencias de este efecto es lo que se conoce como respiración celular: la reducción o el aumento de cobertura de una celda DS-CDMA a medida que aumenta o disminuye su carga de tráfico.

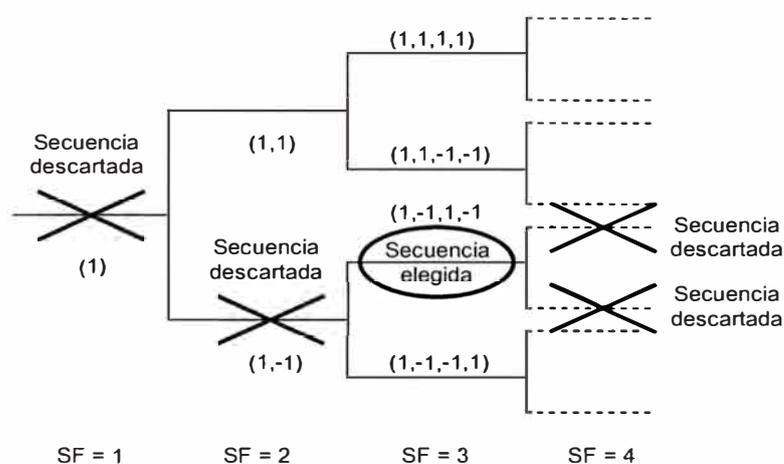


Figura 5.1 Limitaciones en el uso de secuencias OSVF.

También, dado que cada transmisión aporta un nivel de interferencia proporcional a su intensidad, se puede entender la importancia que se concede al control de potencia. Existen dos tipos de control de potencia, en lazo cerrado y en lazo abierto. El primero, más lento y menos preciso, estima las pérdidas de propagación en un sentido suponiendo que son iguales a las del sentido opuesto y ajusta la potencia de este último para conseguir el nivel deseado de recepción. La inexactitud de este método es evidente desde que se emplean frecuencias

distintas para cada sentido. El control en lazo cerrado se basa en la estimación de la relación E_b/N_0 de recepción, el cual se compara con el valor objetivo y, dependiendo de si el resultado está por encima o debajo de dicho valor, se instruye al extremo transmisor para que disminuya o aumente la potencia. Dentro del control en lazo cerrado se puede distinguir el lazo interno, que se encarga de mantener la E_b/N_0 en el valor objetivo, y el lazo externo que se encarga de establecer el valor objetivo según el grado de calidad requerida.

Por otro lado, en el enlace descendente, la multiplicación por la secuencia correspondiente se realiza en dos pasos: primero la multiplicación por una secuencia de canalización (*channelisation*), en la cual se ensancha la banda y que sirve para separar las transmisiones entre usuarios de una misma célula, y luego una segunda multiplicación por una secuencia de aleatorización (*scrambling*), cuya misión es separar las transmisiones entre celdas (secuencia igual para todos los usuarios de una misma celda y diferente de las de las otras celdas).

En DS-CDMA en presencia de multitrayectoria, en la que se reciben diferentes réplicas de una misma señal, afectadas por atenuaciones y retardos distintos, la recuperación de la señal en banda base se realiza multiplicando la señal digital demodulada por la secuencia empleada en la transmisión, una vez alineada en tiempo con la señal recibida. Este es el principio de microdiversidad del receptor Rake.

5.2.2 Estructura del protocolo

La estructura del protocolo en las dos componentes FDD y TDD de la interfaz radio UMTS se muestra en la Figura 5.2. Del total de capas OSI, en el protocolo radio intervienen la capa física (L1), la de enlace de datos (L2) y la red (L3). Asimismo, la estructura se complementa con una división vertical en dos planos, denominados respectivamente de control (C), que contiene los aspectos ligados a la señalización del sistema, y de usuario (U) que se ocupa del transporte de la información de tráfico entre usuarios.

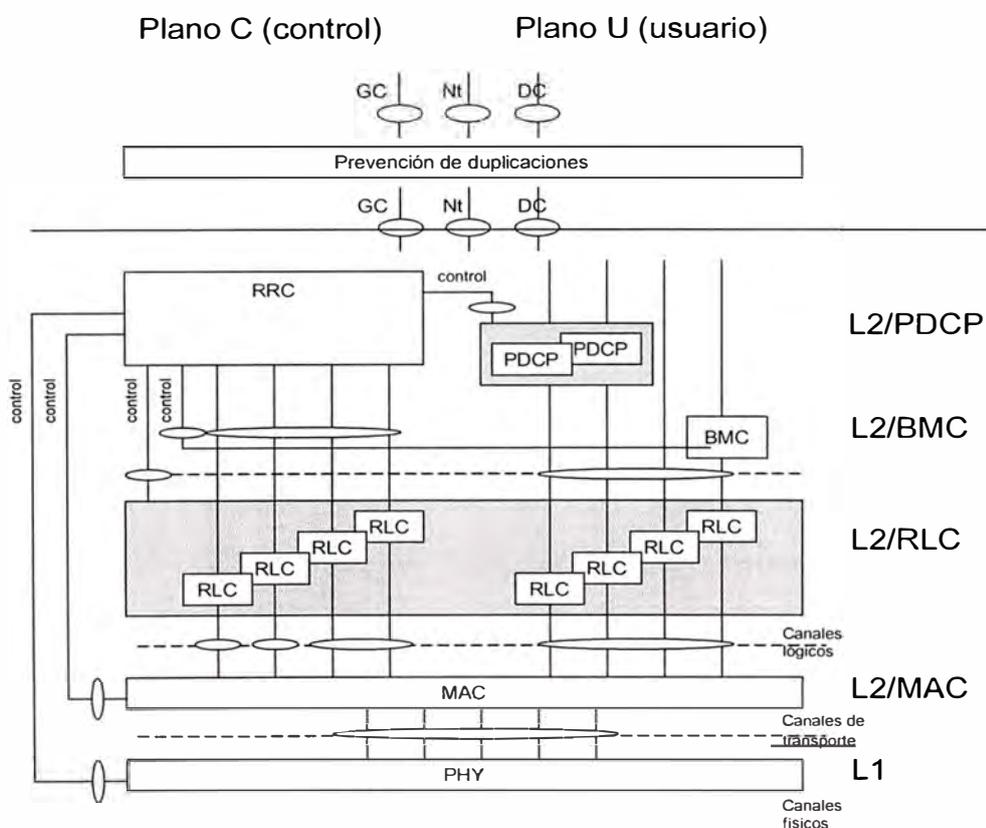


Figura 5.2 Estructura general del protocolo de la interfaz radio.

5.2.2.a Capa física

Se encarga de los procesos necesarios para transmitir la información sobre el medio correspondiente, en este caso el radioeléctrico. En UMTS las funciones asignadas son:

- Ejecución del soft handover y distribución o combinación de las señales asociadas a los procesos de macrodiversidad.
- Detección de errores en los canales de transporte e indicación de los mismos a capas superiores.
- Codificación o decodificación con procedimientos FEC contra errores en los canales de transporte.
- Multiplexación de los canales de transporte y demultiplexación de los canales compuestos codificados de transporte. Estos últimos son el resultado de la multiplexación de varios canales individuales de transporte.
- Adaptación de velocidades (al repertorio de valores discretos disponibles en los canales de transporte).
- Correspondencia entre los canales compuestos codificados de transporte y los canales físicos sobre los cuales se va a transmitir su contenido.
- Ajuste de potencia y combinación de los canales físicos.
- Control de potencia en lazo cerrado.

- Modulación y ensanchamiento del espectro o demodulación y recuperación de la señal banda base de los canales físicos.
- Sincronización en frecuencia y tiempo de las señales.
- Medición de las características de la señal radio, incluyendo la tasa de tramas erróneas, la relación señal/interferencia, el nivel de potencia interferente, etc., así como notificación de los resultados de las capas superiores.
- Procesado de RF de la señal.
- En el caso del modo TDD, la gestión del avance de tiempos de las señales de subida, así como susincronización.

5.2.2.b Capa de enlace de datos

Se encarga de ofrecer, a partir del recurso de transmisión que pone a su disposición la capa física, un servicio de transmisión libre de errores a la capa superior. En UMTS se desglosa, dependiendo según el plano C o U, en las subcapas siguientes, empezando desde la subcapa inferior.

MAC (*Medium Access Control*)

Alberga los protocolos relativos a la gestión del acceso a los recursos por los que los usuarios compiten en un sistema

multiacceso, mediante mecanismos de acceso aleatorio, en el caso del UMTS. Sus funciones concretas son:

- Asignación de la correspondencia entre los diferentes canales lógicos y los canales de transporte asociados. Selección de los formatos de transporte adecuados en cada canal de transporte, según la tasa de transmisión instantánea requerida.
- Multiplexación/demultiplexación de las unidades de paquetes provenientes de o dirigidas hacia la subcapa superior en o desde bloques de transporte que serán o han sido tratados convenientemente por la capa física.
- Conmutación dinámica en la asignación del tipo de canal de transporte (común o dedicado) conforme la información recibida de la subcapa RRC.
- Gestión de las prioridades de los servicios hacia un terminal móvil determinado, asignando los formatos de canal de transporte más rápidos a los flujos más urgentes y los más lentos a los que tienen menores requisitos de retardo.
- Gestión de prioridades entre terminales móviles, cuando se refieren a tráfico con un perfil de ráfagas y canales de tipo común o compartido.

- Cifrado de la información (sólo en el caso del modo transparente RLC).
- Supervisión del volumen de tráfico a disposición de la subcapa RRC:
- Gestión de los parámetros del canal de acceso aleatorio.

RLC (*Radio Link Control*)

Se encarga, en general, de ofrecer un servicio de transmisión de datos para la capa de red. Sus principales funciones son:

- Transferencia de información entre la subcapa RRC y la subcapa MAC. Existen tres modos de transferencia posibles.
 - Transparente: las unidades de información recibidas de la capa superior se transmiten sin añadir ninguna información ligada al protocolo de la subcapa RLC.
 - Sin acuse de recibo: las unidades de información de la capa superior se transmiten, pero sin garantizar la entrega a la entidad destinataria.
 - Con acuse de recibo: las unidades de información se transmiten garantizando su recepción en la entidad destinataria. En el caso de incapacidad para hacer

entrega de los datos correctamente, se notifica de ello al usuario en el extremo transmisor. Se admite que la entrega pueda ser con el mantenimiento de la secuencia de emisión original o sin preservar ésta. En este sentido, se admite que la reconstrucción de la secuencia original sea responsabilidad de capas superiores, de forma que sea posible un ahorro de memoria y espacio en los procesos de la subcapa RLC.

Tratamiento de la información recibida de capas superiores, con el fin de que se pueda transportar sobre las unidades de información manejadas por la subcapa RLC. Se incluye la concatenación de paquetes de capas superiores (reparto de su contenido entre varias unidades de información RLC), en sentido contrario el ensamblaje del contenido de diferentes unidades, y el relleno de espacio sobrante en dichas unidades cuando su capacidad no se utiliza por completo.

Corrección de errores por retransmisión.

Reconstrucción del orden de emisión de paquetes de información enviados desde capas superiores.

Detección de la recepción duplicada de unidades de información.

Detección y corrección de errores

Verificación del número de secuencia de las unidades de información RLC transferidas en una conexión (solo en modo sin acuse de recibo).

Cifrado (solo en modo no transparente),

Control de flujo de la información. Suspensión y reanudación de la transferencia de datos.

BMC (Broadcast/Multicast Control Protocol)

Solo en el plano U. Regula la transmisión de la información relativa a los servicios de difusión general o multidifusión sobre la interfaz radio, siempre bajo el modo transparente o sin acuse de recibo de la subcapa RLC.

PDCP (Packet Data Convegence Protocol)

Al igual que la BMC solo existe en el plano de usuario, y dentro de éste solo es aplicable al dominio del modo paquete. Su función es comprimir los paquetes provenientes de la parte superior, para mejorar la eficiencia espectral (sobre todo con IP) y aislaral resto de protocolos UTRAN de la necesidad de cambios por

causa de la introducción de nuevos protocolos de red en modo paquete.

5.2.2.c Capa de Red

El objetivo es hacer que los paquetes de información alcancen su destino. En UTRAN asume también algunos procesos de control de enlace. Se subdivide en tres subcapas: gestión de recursos de radio RRM (Radio Resource Management), control de llamadas CC (Call Control) y gestión de movilidad MM (Mobility Management). Los elementos de red (Nodo B, RNC) solo manejan la primera de ellas.

RRM (Radio Resource Management)

Difusión de la información proporcionada por la parte no ligada a procesos de acceso radio (Núcleo de Red). Normalmente esta información se repite a intervalos regulares, contiene información proveniente de subcapas y capas superiores a la RRC. Puede ser específica de cada celda o no.

Difusión de información relativa a procesos concernientes al acceso radio

- Establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones RRC entre terminales móviles y la red de acceso radio.
- Establecimiento, reconfiguración y liberación de portadores de acceso radio.
- Asignación, reconfiguración y liberación de recursos radio ligados a una conexión RRC.
- Movilidad de las conexiones.
- Aviso o notificación.
- Control del grado de calidad de servicio requerido.
- Informe de mediciones realizadas por los terminales móviles.
- Control de potencia en lazo abierto.
- Control del cifrado.
- Selección inicial de la celda y reelección en modo reposo.
- Asignación lenta de canales (en TDD).
- Asignación rápida de recursos radio a los canales dedicados de subida.
- Selección y reelección de celda en modo reposo.
- Protección de la integridad, insertando mensajes de autenticación.
- Control de la configuración inicial de la subcapa BMC.

- Asignación de recursos radio para el servicio de radiodifusión celular.
- Configuración de las capas 1 y 2 de los terminales móviles para el servicio de radiodifusión celular.
- Control del avance del tiempo (en TDD).
- Control de admisión.
- Cronoejecución de los paquetes (packet scheduling).
- Control de congestión.

5.2.3 Canales del sistema

En la Figura 5.2 se observan los canales lógicos a través de los cuales la subcapa MAC intercambia información con la subcapa RLC. También se observan los canales de transporte definidos entre la subcapa MAC y la capa física. Finalmente, la capa física transporta la información sobre el medio radioeléctrico en los canales físicos.

Los canales lógicos se definen según el contenido, los canales de transporte según como se transmite. Existe una correspondencia entre ellos, de modo que es posible soportar un mismo canal lógico por medio de varios tipos de canales de transporte. Los canales lógicos se dividen en dos clases, de control y de tráfico. En la Tabla 5.1 se resumen los canales lógicos del sistema UMTS.

Canal lógico	Dirección del enlace	Tipo	Propósito
BCCH (Broadcast Control Channel)	Descendente	Control	Difusión de información del sistema.
PCCH (Paging Control Channel)	Descendente	Control	Envío de información de aviso a los terminales móviles cuando no se conoce su ubicación.
CCCH (Common Control Channel)	Bidireccional	Control	Transferencia de información de control, normalmente con terminales móviles sin conexión RRC o que acceden por primera vez a una celda tras una reelección.
DCCH(Dedicated Control Channel)	Bidireccional	Control	Transferencia de información de control asociada con un terminal móvil específico. Se establece como parte del proceso de establecimiento de una conexión RRC.
SHCCH (Shared Channel Control Channel)	Bidireccional	Control	Transferencia de información de control en el modo TDD entre la red y los terminales móviles, con carácter compartido.
DTCH (Dedicated Traffic Channel)	Bidireccional	Tráfico	Transferencia de tráfico asociada a un terminal móvil específico.
CTCH (Common Traffic Channel)	Bidireccional	Tráfico	Transferencia de tráfico punto-multipunto a todos o a varios terminales móviles

Tabla 5.1 Canales lógicos de la interfaz UMTS.

Los canales físicos corresponden al formato concreto con que se transmite en el medio radio. Igualmente, existe una correspondencia entre los canales de transporte y los físicos. Las características de ambos difieren según el modo FDD o TDD.

Para permitir diferentes conexiones simultáneas con un mismo terminal móvil, los canales de transporte pueden trabajar en forma independiente o multiplexados. En este último caso el canal de transporte

multiplexado recibe el nombre de canal compuesto de transporte CCTrCH (*Coded Composite Transport Channel*).

Los parámetros de constitución de un canal de transporte permiten un elevado número de combinaciones, cada una de las cuales define lo que se denomina un portador radio RAB (Radio Access Bearer). Un RAB se define como un servicio de transferencia de información entre los terminales móviles y el Núcleo de Red, que el nivel ligado al acceso proporciona al no ligado al acceso. Este servicio se desdobra a su vez en una componente de radio (Radio Bearer), dentro de la subcapa RLC de la interfaz de radio, y otra de portador, sobre la interfaz I_U entre el RNC y el Núcleo de Red.

5.2.4 Frecuencias

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1992, decidió la asignación de espectro para los sistemas IMT-2000, dentro los cuales se encuentra UMTS. Posteriormente, el ETSI, según el acuerdo de Paris estableció las componentes FDD y TDD de la siguiente manera:

Componente FDD: Asume las porciones emparejadas de la banda IMT-2000. Es decir, 1920-1980 MHz para el enlace ascendente, y 2110-2170 MHz para el enlace descendente. El ancho de banda disponible es de 60 MHz, correspondiente a 12 portadoras de 5 MHz.

- Componente TDD: Asume las porciones no emparejadas de la banda. Es decir, 2010-2025 MHz y 1900-1920 MHz. El ancho de banda disponible en total es de 35 MHz, correspondiente a 7 portadoras de 5 MHz.

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2000 (WRC 2000) se agregaron otras frecuencias, como figura en la Tabla 5.2, que actualmente son utilizadas para el soporte de redes en servicio y que podrían ser empleadas para 3G, a criterio de las administraciones.

Región 1	Región 2	Región 3
862-890 MHz	806-890 MHz	806-890 MHz
890-942 MHz	890-942 MHz	890-942 MHz
942-960 MHz	928-942 MHz 942-960 MHz	942-960 MHz
	1710-1885 MHz	
	1500-2690 MHz	

Tabla 5.2 Bandas IMT-2000 adicionales identificadas en la WRC 2000.

5.2.5 Estructura de tramas

La organización de las transmisiones de las dos componentes, FDD y TDD, de la interfaz radio UMTS, se realiza de forma similar, aún cuando el significado varía según el modo empleado. Ambas, se estructuran en tramas de 10 ms de duración, compuestas por 15 intervalos

(timeslots) de transmisión. Las tramas se agrupan en supertramas de 72 tramas (720 ms de duración).

Un intervalo de transmisión contiene 2560 chips, lo que se traduce en una tasa de chip de 3,84, tal como se muestra en la Figura 5.3.

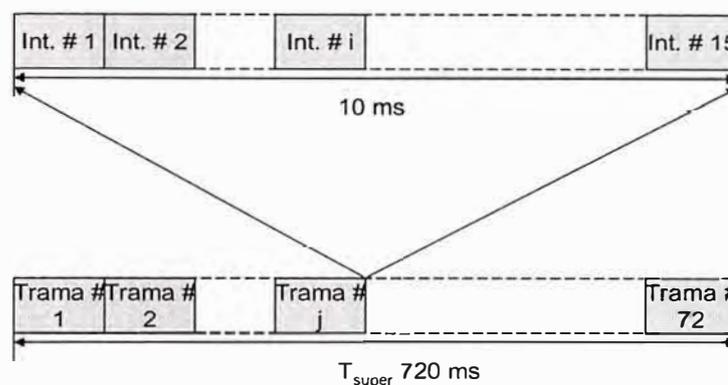


Figura 5.3 Estructura común de las transmisiones UMTS.

5.2.6 Modo FDD

Como sistema DS-CDMA, en FDD los canales físicos se transmiten sobre la misma portadora en el enlace descendente. En el ascendente, cada uno es transmitido desde el terminal móvil correspondiente. Dependiente del tipo de canal, la secuencia correspondiente puede asignarse con carácter dedicado (para uso exclusivo de ese canal durante toda la duración de la conexión) o compartido, de forma que puede ocurrir que en ciertos momentos se utilice para una conexión y el resto para otras. Una asignación con carácter exclusivo no quiere decir que se transmita señal útil

continuamente, ya que la transmisión se verá interrumpida cuando no exista tráfico que enviar (en el caso de la voz, por ejemplo, cuando los detectores de actividad vocal establezcan que no hay señal vocal a transmitir). Sin embargo, siempre se transmitirá señalización, por ejemplo, para el control de potencia.

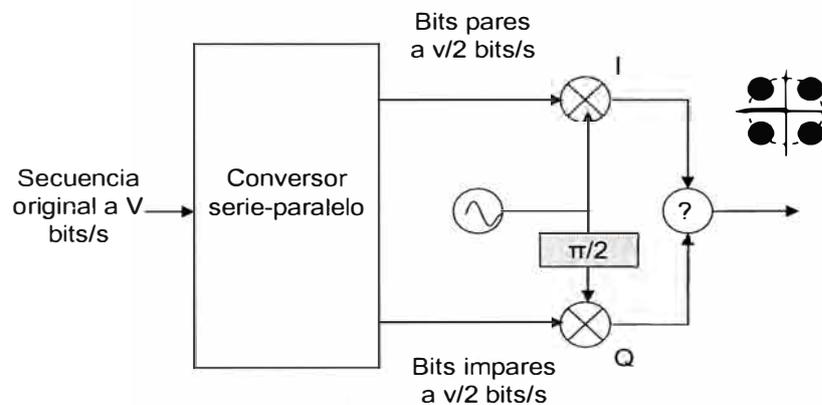


Figura 5.4 Esquema general de un modulador QPSK.

La modulación en el modo FDD difiere ligeramente entre el sentido ascendente y el descendente, aunque en ambos casos se trata de modulación QPSK. Una modulación de este tipo consta de varios pasos: una primera conversión de la secuencia moduladora de serie a paralelo, a partir de la cual se construyen otras dos secuencias de velocidad igual a la mitad de la de entrada, una tomando los símbolos pares de la secuencia original y la otra, con los impares. A este proceso le sigue otro en el que cada una de las secuencias obtenidas modula en amplitud a una

portadora, que se encuentra desfasada 90° con respecto a la del otro camino (fases Q e I respectivamente). Finalmente, ambas señales se suman, produciendo una señal conforme a la modulación QPSK. La Figura 5.4 muestra un diagrama general de un modulador QPSK.

En el caso de DS-CDMA, este procedimiento se combina con el de multiplicación por las secuencias de canalización y aleatorización. El resultado, en el enlace descendente, se muestra en la Figura 5.5. La conversión serie-paralelo se continúa con la multiplicación por las secuencias de canalización y aleatorización, seguidas por la modulación en amplitud de las portadoras en cuadratura, una por la parte real y otra por la parte imaginaria de la secuencia resultante del ensanchamiento, que es compleja (*complex spreading QPSK*), debido a la aleatorización. La velocidad de la señal moduladora es la mitad de la señal en la banda base, es decir, en los canales físicos descendentes cabe el doble de bits que de símbolos.

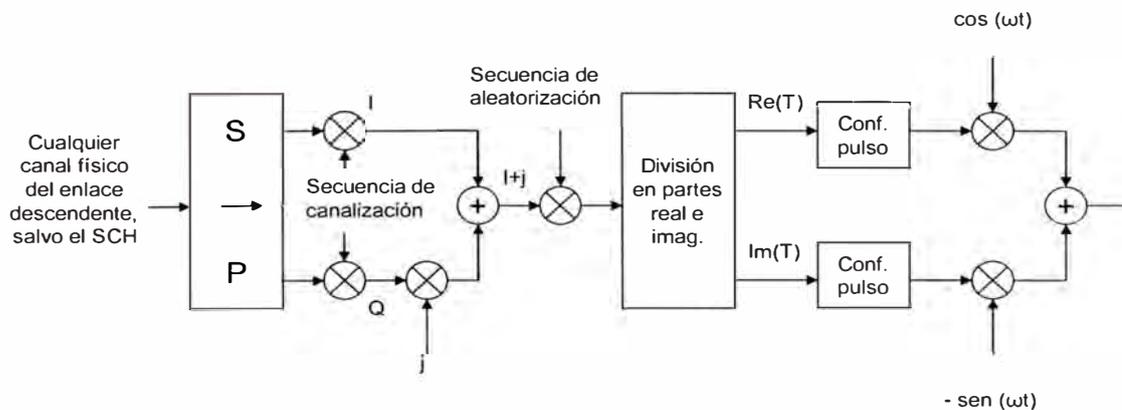


Figura 5.5 Modulación FDD en el enlace descendente.

En el enlace ascendente, en lugar de aplicar a cada camino una parte de la misma señal, se introduce en cada uno de ellos una señal diferente, de modo que se transmiten simultáneamente las dos, cada una sobre una fase diferente (I o Q). Este esquema es conocido como QPSK dual (*dual channel QPSK*). A cambio de la posibilidad de multiplexar dos señales mediante la fase, se pierde la posibilidad de obtener una velocidad de transmisión doble de la de la señal moduladora.

En la Figura 5.6 se muestra la relación entre los canales lógicos, de transporte y físicos en FDD. Se observa que cada canal de transporte corresponde con un canal físico, sin embargo no todos los canales físicos provienen de algún canal de transporte. Esto refleja el hecho de que su funcionamiento no involucra las capas superiores y que no intervienen en las decisiones sobre la información que contienen o el momento de su transmisión.

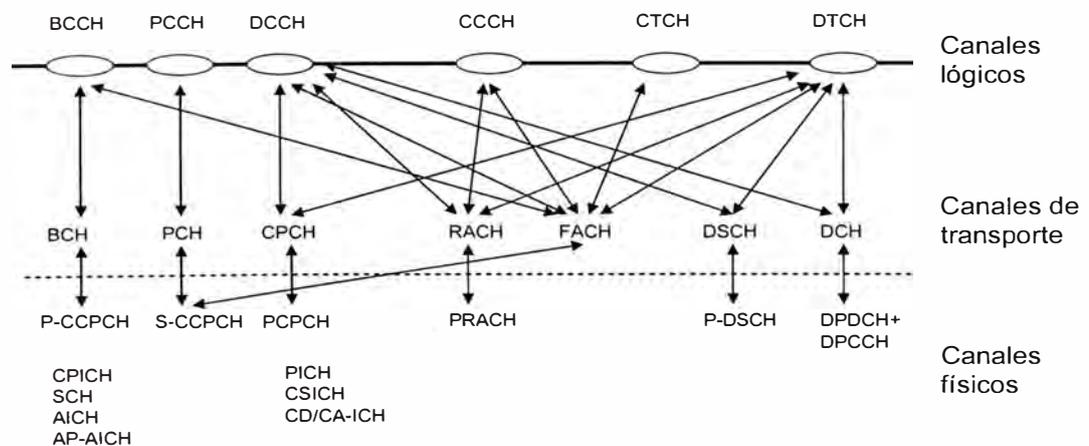


Figura 5.6 Correspondencia entre canales del sistema en el modo FDD.

En la Tabla 5.3 se muestran los canales de transporte, éstos pueden ser dedicados o comunes, según su uso sea exclusivo o compartido. Asimismo, pueden ser unidireccionales o bidireccionales.

Canal	Categoría	Utilización
BCH (Broadcast Channel)	Compartido unidireccional descendente	Difusión de la información de sistema y de cada celda.
FACH (Forward Access Channel)	Compartido unidireccional descendente	Envío de información de tráfico o señalización a terminales móviles cuya situación es conocida por la red.
PCH (Paging Channel)	Compartido unidireccional descendente	Envío de información hacia terminales móviles cuya situación es desconocida para la red.
DSCH (Downlink Shared Channel)	Compartido unidireccional descendente	Canal de asignación compartido por varios móviles.
RACH(Random Access Channel)	Compartido unidireccional ascendente	Canal de acceso aleatorio de los terminales móviles.
CPCH (Common Packet Channel)	Compartido unidireccional ascendente	Canal para la transmisión de paquetes sin asignación exclusiva.
DTCH (Dedicated Channel)	Dedicado y bidireccional	Canal para el envío de datos o señalización hacia un terminal móvil en concreto, al que se encuentra asignado.

Tabla 5.3 Uso y categorización de los canales de transporte FDD.

En la Tabla 5.4 se muestran los canales físicos. A continuación se muestran detalles de los más importantes:

- Canal PRACH: Permite a los móviles efectuar sus solicitudes de acceso aleatorio para solicitar recursos de transmisión. También porta información de tráfico, básicamente mensajes

cortos. No dispone de control de potencia en lazo cerrado, en su lugar el móvil emplea un procedimiento de incremento gradual de potencia (*power camping*) al comprobar que un intento de acceso no ha sido recibido por la red.

Canal físico	Utilización
P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel)	Soporta el BCH
S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel)	Soporta el FACH y el PCH
PDSCH (Physical Downlink Shared Channel)	Soporta el DSCH
PRACH (Physical Random Access Channel)	Soporta el RACH
PCPCH (Physical Common Packet Channel)	Soporta el CPCH
DPDCH (Dedicated Physical Data Channel)	Soporta la parte de tráfico de datos del DCH
DPCCH (Dedicated Physical Control Channel)	Soporta la parte de señalización del DCH
CPICH (Common Pilot Channel)	Transmite un piloto continuo que sirve de referencia de potencia y fase a los terminales móviles.
SCH (Synchronization Channel)	Permite la sincronización de los terminales móviles con las transmisiones de una celda determinada.
AICH (Acquisition Indication Channel)	Notifica la aceptación o rechazo de las solicitudes de acceso aleatorio de los terminales móviles.
AP-AICH (Access Preamble Acquisition Indication Channel)	Similar al AICH pero con respecto a las solicitudes de acceso aleatorio para uso del CPCH.
CSICH (CPCH Status Indicator Channel)	Informa del status de disponibilidad del canal CPCH a los terminales móviles.
CD/CA-ICH (CPCH Collision Detection/Channel Assignment Indicator Channel)	Contiene información sobre la resolución positiva o negativa de la fase de detección de colisiones del CPCH o también de asignación de un CPCH libre durante dicha fase.
PICH (Page Indicator Channel)	Informa a los terminales móviles de si deben o no decodificar el canal de aviso (PCH) por si hubiera un mensaje para ellos en él.

Tabla 5.4 Canales físicos del modo FDD

Canal DCH: Bidireccional, emplea control de potencia en lazo cerrado. En el sentido descendente, multiplexa en el tiempo la parte de datos de tráfico y la de señalización. En el ascendente, las dos partes se envían simultáneamente en el tiempo pero sobre fases diferentes (0° y 90°) de la portadora. Esto último para evitar la generación de señales de interferencia audibles producto de la señalización de control de potencia a 1500 Hz en ausencia de tráfico.

Canal PCPCH: Exclusivo del enlace ascendente, y solo para transmisión en modo paquetes. Posee detección de colisiones.

Canal PDSCH: Asociado a un DCH. Dispone de control de potencia en lazo cerrado. Permite el establecimiento de varias conexiones con diferentes terminales móviles sin necesidad de asignar a cada uno de ellos un canal dedicado. Esto optimiza el uso de secuencias OVSF.

Canal SCH: Permite a los móviles sincronizarse con una celda determinada. También difunde el código empleado por el canal BCH. Emplea una serie de secuencias, entre ellas, una primaria, idéntica para todas las celdas del sistema. Por ello, para reducir las interferencias entre las celdas, los orígenes de tiempo de las transmisiones de las celdas adyacentes se separan entre sí en el tiempo. Este es el único

requisito de sincronización entre las transmisiones de los Nodos B UMTS FDD. Al ser este requisito de poca envergadura, el modo FDD se califica como asíncrono, a diferencia del modo TDD.

En el enlace descendente, se utilizan 8192 códigos de aleatorización divididos en 512 grupos de 16 códigos. En realidad se dispone del triple, pero la tercera parte es suficiente. Cada celda dispone de uno de estos grupos, por tanto, los códigos definen un patrón de reutilización de 512 celdas. La separación de las transmisiones dentro de una misma celda se realiza mediante secuencias OSVF.

En el enlace descendente, las transmisiones dentro de una misma celda, así como entre celdas, se desacoplan mediante secuencias pseudoaleatorias, asignadas de forma descentralizada, según reglas predefinidas. El número de códigos disponibles es muy alto (16 777 216) por lo que la probabilidad de coincidencia en una misma secuencia para dos transmisiones solapadas en cobertura es pequeña.

5.2.7 Modo TDD

En el modo TDD una transmisión se identifica por la frecuencia portadora en que se realiza, el código CDMA empleado y el intervalo de tiempo en que se efectúa. En este modo, la división en intervalos de tiempo tiene un significado de separación de canales.

La modulación sigue siendo QPSK en ambos sentidos, sin embargo, ambos se soportan sobre la misma frecuencia portadora. El reparto entre ellos se realiza asignando cada uno de los 15 intervalos de cada trama a uno u otro sentido. Dicha asignación puede cambiar de trama a trama, ideal para tráfico asimétrico como el de Internet. Sin embargo, pueden darse situaciones de interferencia entre nodos B adyacentes que no sincronicen sus intervalos. El hecho de que los intervalos de tiempo sirvan de frontera entre canales impone la necesidad de sincronismo entre todos los Nodos B de la red, volviendo el modo TDD síncrono. Esta sincronización es factible dentro de una red, pero es difícil de resolver en la frontera entre operadores diferentes.

Los códigos de canalización y de aleatorización son secuencias ortogonales. Los de aleatorización son 128 en total y cada celda dispone de 4. Por tanto el patrón de reutilización es de 32 celdas.

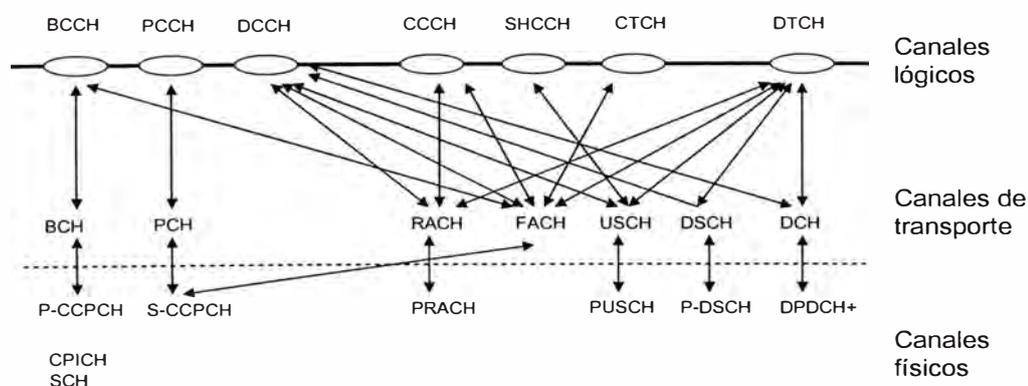


Figura 5.7 Correspondencia entre canales del sistema en el modo TDD.

Tal como se muestra en la Figura 5.7, los canales del sistema son muy similares a los existentes en FDD. Un canal lógico nuevo, el SHCCH (*Shared Channel Control Channel*) correspondiente al canal de transporte USCH (*Uplink Shared Channel*), el cual a su vez es soportado por el canal físico PUSCH (*Physical Uplink Shared Channel*), tiene por misión soportar la transmisión en el enlace ascendente mediante la compartición de recursos entre diferentes transmisiones, al igual que lo hace FDD con el canal compartido descendente. Este canal es necesario debido a la necesidad de sincronizar las transmisiones ascendentes.

El formato de los canales TDD es en base a ráfagas, las cuales contienen campos de datos y de control, ya sea de control de potencia o de peticiones generadas por los móviles sobre la capa física. También se incluyen secuencias intermedias de entrenamiento y un intervalo de guardia.

Dentro de un mismo intervalo de tiempo es posible acomodar varias transmisiones, separadas mediante secuencias diferentes, bajo DS-CDMA. En el enlace ascendente, cada terminal móvil puede enviar hasta un máximo de dos canales físicos simultáneos. En el enlace descendente, el Nodo B puede combinar varios canales simultáneamente. En muchos casos es posible escoger entre transmitir más de una conexión en un mismo intervalo, hacerlo en uno solo pero con un factor de ensanchamiento menor, o incluso emplear varios intervalos disponibles.

Las secuencias intermedias de entrenamiento constan en cierto número de símbolos conocidos de antemano, que le sirven al extremo receptor para estimar la respuesta impulsiva del canal radioeléctrico, de manera que puedan compensarse los efectos del multitrayecto. No se emplea el receptor Rake.

Existen dos tipos de secuencias intermedias: tipo 1 o larga, de 512 chips de duración, y tipo 2 o corta, de 256 chips. El uso de cada una depende del número de respuestas de canal que se desea estimar. Por encima de un umbral, se debe emplear la secuencia larga. La estimación de varios canales es necesaria solo en el enlace ascendente para que el Nodo B diferencie la conexión de cada móvil. En el enlace descendente el móvil estima solo una respuesta impulsiva.

Este modo contempla la combinación futura con ODMA (*Opportunity Driven Multiple Access*) para expandir la cobertura a altas velocidades. Esta técnica contempla utilizar los terminales móviles en una celda como repetidores para cubrir el trayecto radio entre el Nodo B y el móvil en conexión.

5.3 Interfases I_x

Las interfaces I_x conectan los elementos de la UTRAN entre sí y con el Núcleo de Red. La estructura general de los protocolos se organiza en dos niveles: horizontal y vertical.

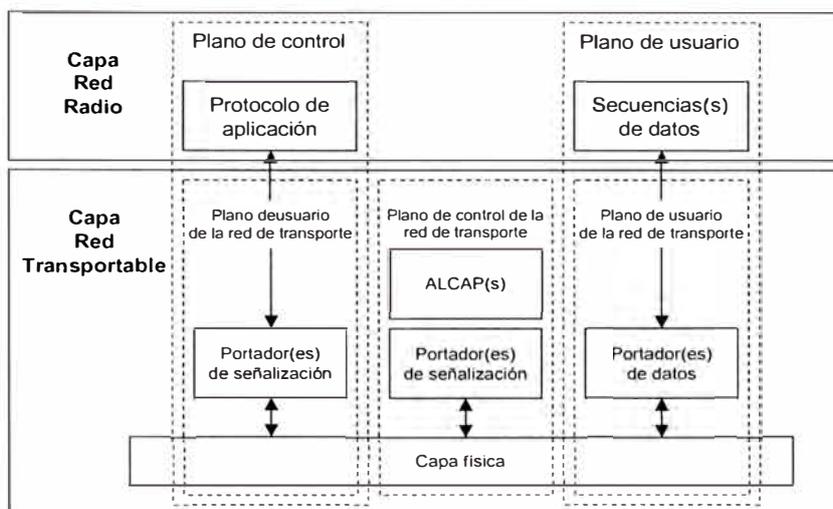


Figura 5.8 Modelo de estructura de protocolos en interfaces de la red UTRAN.

A nivel horizontal se definen los planos de la red radio y de la red de transporte, a fin de independizar la solución de transporte de la red de acceso.

A nivel vertical se definen tres planos: de control, de usuario y de control de la red de transporte. En el plano de control residen los protocolos de aplicación que gobiernan la señalización. En el plano de usuario se encuentran las secuencias de datos de tráfico a transmitir, definidas bajo los protocolos de trama, y los portadores necesarios. El plano de control de la red de transporte tiene como objetivo independizar los protocolos de aplicación del plano de control, de los portadores del plano de usuario. No tienen componente en el plano horizontal de red de radio. En el plano horizontal de la red transportable se compone del protocolo ALCAP (*Access Link Protocol Application Part*), el cual se encarga de establecer los portadores del plano de usuario, a solicitud del protocolo de aplicación del plano de control.

5.3.1 Interfaz I_U

Es el punto de conexión entre el RNS y el Núcleo de Red. Se estructura en tres componentes, correspondientes al dominio de conmutación en modo circuito (I_U CS), en modo paquete (I_U PS) y en el dominio de difusión (I_U BS o *Broadcast*).

5.3.1.a Interfaz I_U-CS

En el plano de control de la red de radio se emplea el protocolo RANAP (*Radio Access Network Application Part*). Por debajo, en el plano de transporte se tienen los protocolos siguientes:

- SCCP (*Sigalling Connection Control Part*)
- MTP3b (*Message Transfer Part 3b*)
- SSCF-NNI (*Service Specific Co-ordination Function-Network to Network Interfaces*)
- SCCOP (*Service Specific Co-ordination Function*)
- AAL5 (*ATM Adaptaton Layer 5*)

En el plano de control de la red de transporte se usa la misma pila, con el protocolo ALCAP Q.2630.1, y reemplazando el SSCP por el Q.2150.1.

En el plano vertical del usuario, se utiliza el protocolo I_U UP (*User Plane*). En el plano de la red de transporte se usa AAL2.

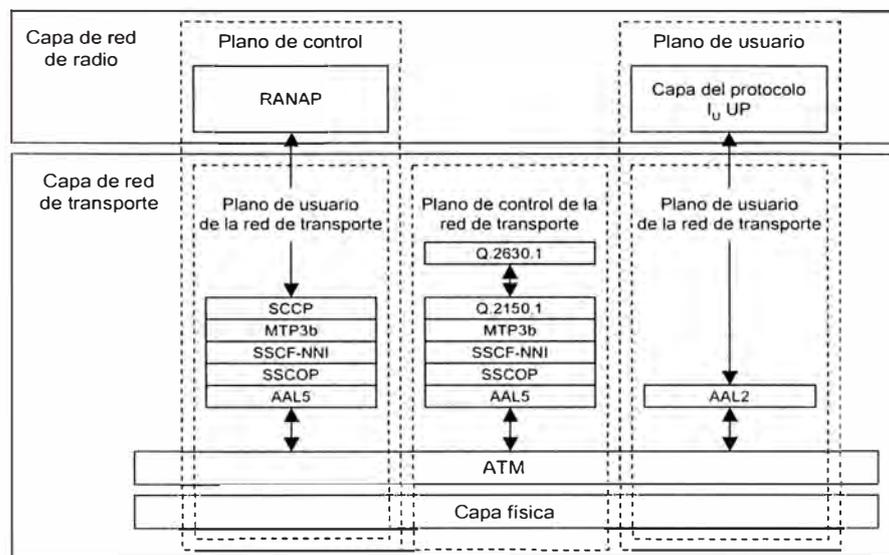


Figura 5.9 Estructura de protocolos de la interfaz I_U CS.

5.3.1.b Interfaz I_U -PS

En esta interfaz, respecto a los portadores del plano de red radio, se ofrecen dos opciones para llevar los mensajes SCCP.

Por un lado se tiene la opción:

- MTP3b (*Message Transfer Part 3b*)
- SAAL-NNI (*Signalling ATM Adaptation Layer – Network Node Interface*)
- ATM (*Asynchronous Transfer Mode*)

Por otro lado se tiene la opción:

- M3UA (*SS7 MTP3 User Adaptation Layer*)
- SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*)

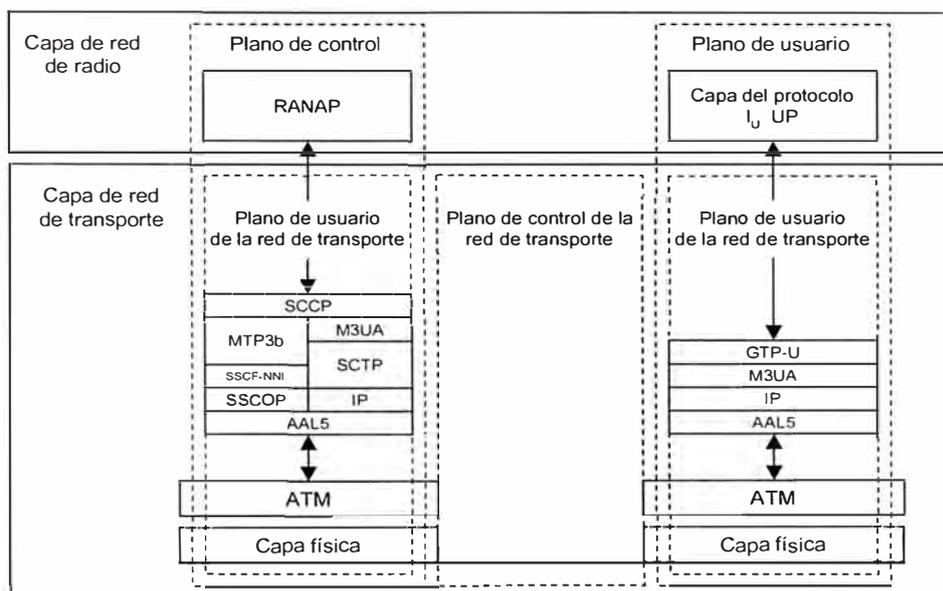


Figura 5.10 Estructura de protocolos de la interfaz I_U PS.

- IP (*Internet Protocol*) / AAL5 / ATM

En el plano de usuario, la pila de portadores es:

- GTP-U (*GPRS Tunnelling Protocol*)
- UDP (*User Datagram Protocol*)
- AAL5 y ATM

5.3.1.b Interfaz I_U-BC

Esta interfaz solo contiene protocolos en el plano de control. En la parte de aplicación, incorpora el SABP (*Service Area Broadcast Control*), mientras que en la parte de transporte se basa en la pila TCP/IP sobre ATM.

Es la interfaz entre dos RNCs. Se encarga de gestionar la movilidad de las conexiones radio dentro de la red de acceso, traspasando las conexiones RRC de un móvil dado desde un RNC servidor hacia un RNC intermedio, en un proceso conocido como reubicación de RNC.

5.3.3 Interfaz I_{UB}

I_{UB} es la interfaz entre un RNC y un Nodo B. El modelo lógico de un nodo B consta de un puerto común de control (enlace de señalización común) y un conjunto de puntos de terminación de tráfico, cada uno de ellos controlado por un puerto de control dedicado (enlace de señalización dedicado). Cada punto de tráfico controla cierto número de móviles con recursos dedicados en el Nodo B, y el tráfico se transporta a través de los puertos de datos dedicados correspondientes. Los puertos de datos comunes que no pertenecen al ámbito de los puntos de terminación de tráfico se utilizan para transportar los canales RACH, FACH, CPCH y PCH.

Los protocolos de la interfaz se muestran en la Figura 5.13. Cabe señalar, en el nivel de aplicación, en el plano de control, el protocolo NBAP (*Node B Application Protocol*), mientras que el usuario hace lo propio con los protocolos de cada trama, los cuales establecen las estructuras de las tramas y los procedimientos de señalización en banda para cada canal de transporte.

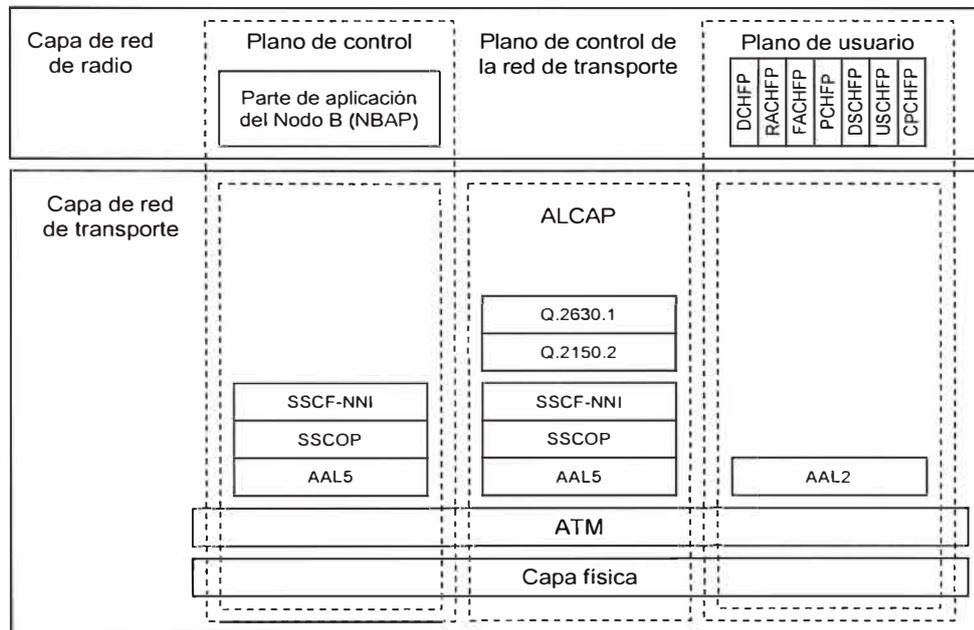


Figura 5.13 Estructura de protocolos de la interfaz I_{UB} .

CAPÍTULO VI

TERMINALES MÓVILES

6.1 Introducción

El concepto de terminal móvil sufre un cambio importante en 3G, para incluir a la transmisión de la voz dentro del marco de un conjunto de capacidades de aplicaciones multimedia en donde la voz es solo un servicio adicional.

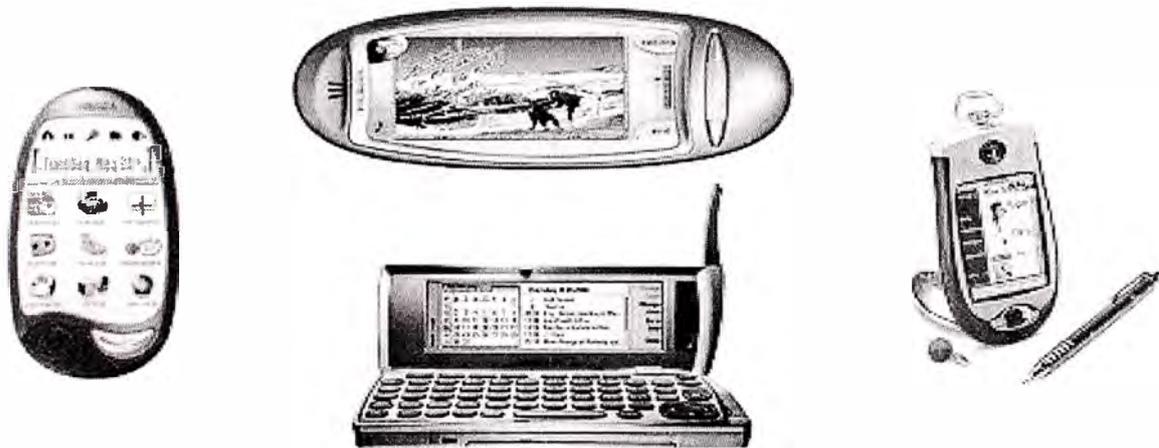


Figura 6.1 Modelos de terminales 3G.

Los servicios existentes previamente en 2G, disponen ahora de mayores anchos de banda y de capacidades de transmisión. Mientras que nuevas aplicaciones, basadas en diversas tecnologías convergerán en un mismo

terminal móvil, cámaras digitales, micronavegadores de Internet, reproductores de MP3 o estándares de comunicaciones entre dispositivos complementarios (*Bluetooth, Home RF*), todas ellas basadas en avances logrados en los campos de almacenamiento de datos, microprocesadores, sistemas operativos y protocolos.

6.2 Nivel Físico

Según el estándar UMTS, el acceso radio en WCDMA especifica la posibilidad de funcionamiento en modo circuitos (direccionamiento por parte del RNC de la conexión hacia el U-MSC) o en modo paquetes (la conexión se establece a través del U-SGSN).

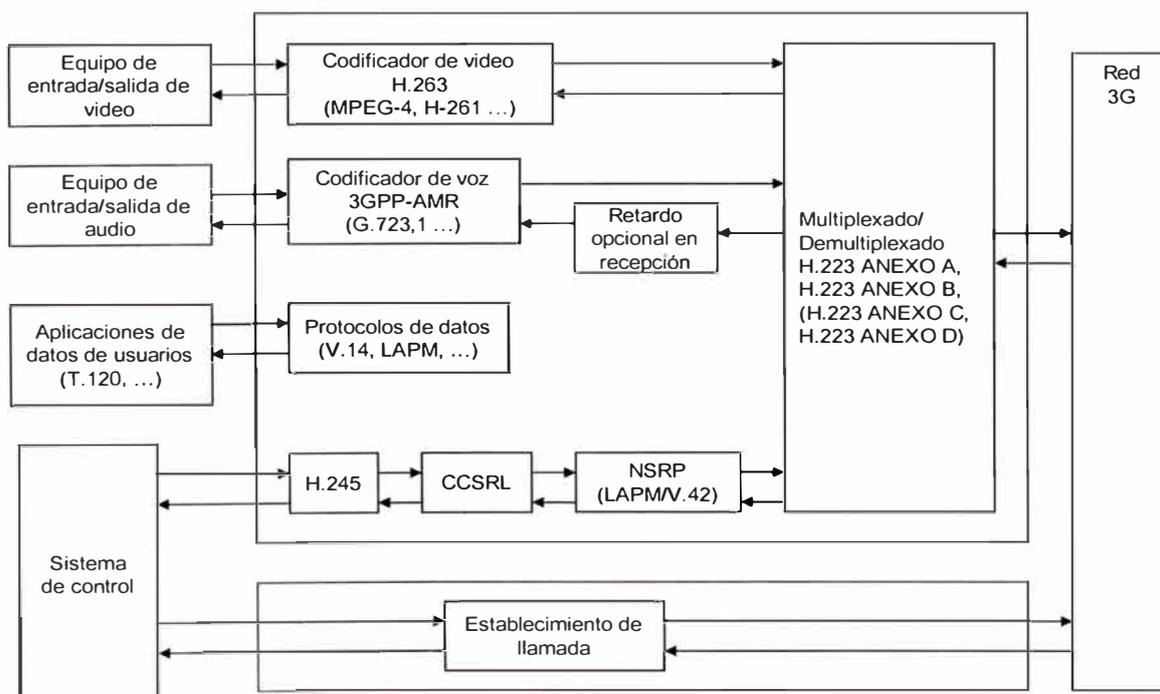


Figura 6.2 Esquema de la norma 3G TS 26.111

Las aplicaciones multimedia: video, audio o datos, estandarizadas por el UIT en la Recomendación UIT-H.324 adaptadas a redes 3G sobre conexiones por conmutación de circuitos definen el “Terminal 3G-324M”, como lo denomina el 3GPP. Para la codificación de voz el 3GPP estandariza el codificador AMR (*Adaptive Multi-Rate*) extraído de la normativa GSM.

6.2.1. Video

Para un videoteléfono, este dispositivo consistiría de una videocámara y una pantalla a colores.

Las codificaciones de video combinan técnicas de redundancia espacial y temporal para minimizar el ancho de banda requerido para la transmisión de la señal de video. La redundancia espacial se obtiene cambiando el dominio de la señal de entrada de tiempo a frecuencia mediante una conversión DCT (*Discrete Cosine Transformation*). La redundancia temporal se logra por comparación de la trama actual con la trama anterior y la estimación de una serie de vectores que, aplicados sobre diferentes áreas de la escena y en combinación con la trama anterior, permiten recuperar la trama original. Adicionalmente a los vectores transmitidos se envía también una estimación del error introducido para compensar este procedimiento.

6.2.1.1. H.261

Este modo de codificación soporta imágenes con formato CFI (*Common Intermediate Format*) y QCIF (*Quarter CIF*). Ofrece buena calidad para velocidades por encima de 64 kbps. Emplea codificación de canal BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) y FEC (*Forward Error Correction*) como método de corrección de errores. El formato CIF es utilizado en sistemas de videoconferencias y soporta señales PAL y NTSC.

6.2.1.2. H.263

Es una extensión del modo H.261 que incluye entradas en formatos sub-QCIF, 4CIF y 16CIF.

6.2.1.3. MPEG

El modo de codificación MPEG-4 Visual (ISO/IEC 14496-2) es un codificador genérico apropiado para entornos móviles y en particular a 3G. Se organiza en perfiles que corresponden con un determinado conjunto de herramientas. Por cada perfil, se definen niveles relacionados con la complejidad computacional del sistema. Entre ellos, el perfil *Simple Visual Profile* es notable por su capacidad de corrección de errores y su baja complejidad.

6.2.2. Audio

Los terminales incorporan sistemas de entrada/salida (micrófono/altavoz) de señal analógica. Esto supone la inclusión de circuitos conversores AD/DA.

6.2.2.1. AMR

El Estandarizado por el EETSI para GSM y adoptado por el 3GPP, este codificador permite mejorar la calidad vocal y optimizar el uso de los recursos de radio por conmutación de circuitos. Existen cuatro tipos de codificaciones para canales de voz:

FR: *Full Rate*

EFR: *Enhanced Full Rate*

HR: *Half Rate*

AMR: *Adaptive Multi-Rate*

Las diferencias radican en la redundancia introducida, que agrega protección a los datos a costa de incrementar la tasa de transmisión y reducir la capacidad efectiva de la red. En AMR, la redundancia introducida se basa en estimaciones de calidad del canal realizadas por la red y el terminal móvil. La directiva de codificación en uno u otro modo es transmitida al terminal mediante señalización dentro de banda en el propio canal de tráfico.

6.2.2.2. G.723.1

Este sistema está diseñado para codificar con tasas reducidas las componentes de audio o voz de servicios multimedia, Existen dos velocidades de codificación en función de la calidad deseada: 5,3 kbps, con el codificador MP-PLQ (*Multiple Maximum Likelihood Quantization*), y 6,3 kbps, con el codificador ACELP (*Algebraic-Code-Excited Linear Prediction*), siendo posible conmutar entre ambas dentro de cualquier trama.

6.3 Nivel Aplicación

6.3.1 Sistemas Operativos

Debido a la incorporación de diversos servicios multimedia, los sistemas operativos de los terminales móviles deberán ser capaces de gestionar estas funcionalidades, aproximándose a los utilizados en los ordenadores convencionales.

La característica anterior de los sistemas operativos era la baja capacidad y compatibilidad entre marcas. Mediante mensajes cortos OTA es posible realizar cierta reconfiguración de los terminales. En UMTS este servicio está estandarizado dentro del MExE.

Algunos de los sistemas operativos empleados en los dispositivos portátiles, como PDAs, son Windows CE, EPOC y Palm OS. Estos

dispositivos incorporan originalmente una interfaz infrarroja IrDA o serial RS-232, sin embargo, las crecientes aplicaciones que soportan precisan de movilidad, además de modularidad, compatibilidad y fácil creación de nuevas aplicaciones. Java, por ejemplo, con el J2ME (*Java 2 Platform Micro Edition*), deviene una opción importante, al ofrecer librerías estandarizadas para aplicaciones de videotelefonía.

6.3.2 Tecnologías Complementarias

A continuación se muestran algunas tecnologías, algunas de ellas ya disponibles en los sistemas 2.5G

WAP (Wireless Application Protocol)

Consiste en el acceso a navegación en Internet desde el terminal móvil, basado en una versión del estándar HTTP adaptada a las pantallas de los terminales móviles. El lenguaje de programación de páginas WAP se denomina WML (*Wireless Markup Language*). Además de la navegación, el protocolo permite el desarrollo de nuevos servicios

En el terminal, la inclusión del micronavegador WAP implica un incremento de 1 MByte, además de la inclusión de la pila de protocolos del sistema.

Entre las capas que componen la arquitectura WAP, la capa de aplicación WAE (*Wireless Application Environment*) define un entorno

de propósito general basado en la combinación del www y diversas tecnologías de comunicaciones móviles. El entorno incluye un micronavegador que soporta el lenguaje WML, una extensión WML Script y una colección de formatos de datos, tales como imágenes. La capa de seguridad, WTLS, se basa en el estándar SSL, utilizado en el entorno web para proporcionar seguridad en la transferencia de datos. Esta componente juega un rol vital en las transacciones de comercio electrónico.

El organismo encargado actualmente de la normalización de esta tecnología es el WAP Forum, siendo la última versión la 1.2, La versión disponible comercialmente es la 1.1.

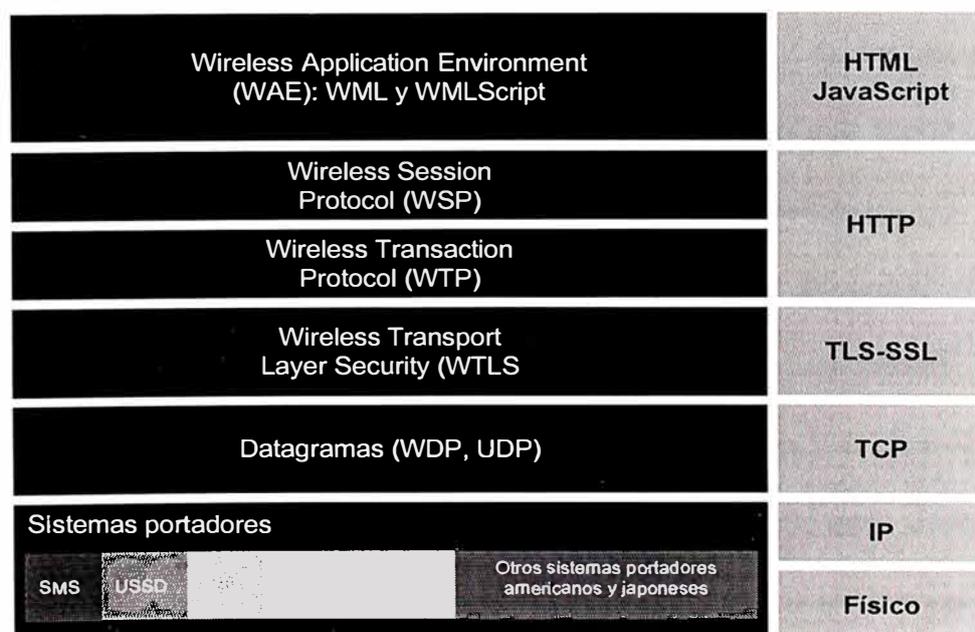


Figura 6.3 Arquitectura de protocolos de la tecnología WAP vs. Internet.

Bluetooth

Esta norma define una tecnología de acceso radio de alcance entre 1 y 100 metros, según el dispositivo, sin necesidad de línea de visión directa, conformando picoredes de hasta 8 dispositivos (1 maestro y 7 esclavos) que pueden estar interconectados entre sí. Se soportarían portadoras de voz y datos con tasas de hasta 1 Mbps.

Bluetooth permite comunicar y centralizar el control de varios dispositivos en un único equipo. Un terminal móvil se convertiría en un dispositivo de mando a distancia, cerradura electrónica, alarma o sistema de programación. Sin embargo, una de sus mejores posibilidades es la de servir de sistema portador a otras tecnologías como WAP.

La frecuencia de operación se encuentra en 2,4 GHz, dentro de la banda ICM (industrial- científico-médica). En la mayoría de los países, estas frecuencias están asignadas de la misma manera, lo que facilita la compatibilidad y estandarización de los dispositivos *Bluetooth*.

El organismo encargado de la normalización es el *Bluetooth SIG* (*Bluetooth Special Interest Group*), consorcio formado en febrero de 1998 por las empresas Ericsson, IBM, Intel, Nokia y Toshiba. Las versiones publicadas son la 1.0B y la reciente 2.0 que incluye modificaciones en las especificaciones de radio para evitar interferencias con otros sistemas.

Media Cards

Siendo la escasez de memoria en los terminales una de las principales dificultades para la creación de nuevas y más complejas aplicaciones, una de las alternativas que se plantean es la creación de tarjetas de memorias en las que se cargarán aplicaciones de cualquier tipo (música, juegos, etc.), perfiles de usuario o personalización de los equipos y que interactuarán con los terminales móviles para aliviar la falta de recursos de almacenamiento en el terminal y el coste que supondría su introducción. Sin embargo, aún no existe una única interfaz normalizada. Cada fabricante posee una interfaz propietaria.

6.4 USIM

La experiencia acumulada en los sistemas de 2G demuestra que el terminal es, por naturaleza, un dispositivo poco seguro, por lo que conviene tanto al, usuario como al proveedor, disponer de una mayor seguridad y de portabilidad entre terminales. En el diseño de GSM se hace uso de tarjetas SIM como dispositivos de procesamiento y almacenamiento de datos del usuario y aplicaciones a través del estándar *SIM Application Toolkit*. Las tarjetas 3G expanden estos conceptos incorporando desarrollos en el hardware (memorias RAM, ROM, Flash y EEPROM más grandes y rápidas, procesadores RISC de 32 bits, etc.) y soportando servicios y funcionalidades anteriormente exclusivas

de sistemas de mayor capacidad (entornos multitarea, lenguajes de alto nivel, interoperabilidad, acceso remoto, etc.)

6.4.1 UICC (*Universal Integrated Circuit Card*)

Consiste en el soporte físico y lógico para un conjunto abierto de aplicaciones entre las que se encuentra la aplicación USIM, que ofrece servicios básicos al terminal y a la red UMTS. Existe también una aplicación GSM para compatibilidad con las tarjetas SIM 2G.

Características Físicas y Eléctricas

Existen dos tipos de tarjeta ID-1 y *Plug-in* UICC, similar a las actuales. Se ha propuesto un tipo más pequeño denominado simplemente *the third size*. Operan a 5V, 3V y 1,8V. El terminal intentará activar la tarjeta empezando con el voltaje más bajo, hasta obtener una respuesta válida. Por compatibilidad con GSM se recomienda evitar el empleo de tarjetas de 5V.

Protocolos de Comunicación

En la Figura 6.4 se muestra la arquitectura de capas. El nivel de transporte adapta mensajes de nivel de aplicación, (ADPUs), a mensajes a nivel de transporte (TPDUs).

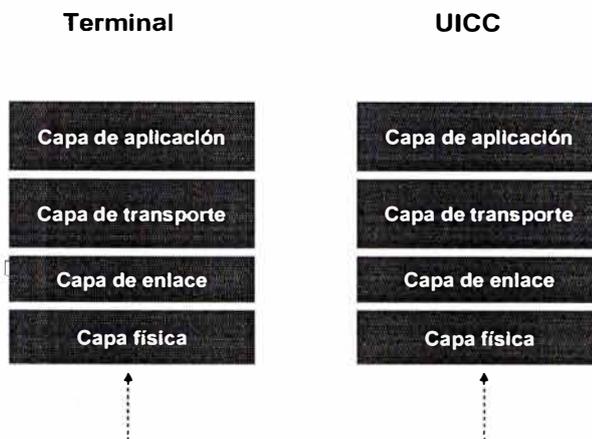


Figura 6.4 Estructura en capas Terminal UICC.

Los protocolos para la capa física entre la tarjeta y el terminal son:

T=0, orientado al carácter, semidúplex y asíncrono, iniciado por el terminal en un esquema maestro-esclavo. Empleado en GSM.

Protocolo obligatorio para el terminal y la tarjeta.

T=1, orientado a bloques de datos, semidúplex y asíncrono, la tarjeta y el terminal operan como iguales alternándose el permiso para transmitir. Protocolo obligatorio para el terminal pero no para la tarjeta.

T=USB, propuesto para ofrecer canales más rápidos de hasta 115 kbps, debido al incremento de capacidad de almacenamiento y a la incorporación de nuevas funcionalidades *SIM Application Toolkit*.

Estructura Lógica

Se basa en un árbol de directorios y ficheros

- **Directorios:** Contienen otros directorios o ficheros y hacen agrupaciones lógicas en base a funcionalidades asociadas. Existen tres tipos: MF, directorio raíz absoluto; DF, directorio; ADF, directorio de aplicación, el cual a la raíz absoluta para el dominio de una aplicación.
- **Ficheros:** Son de tres tipos: transparentes, que almacenan información no estructurada, lineales fijos y lineales cíclicos, que organizan la información internamente en registros sobre los que realizan operaciones completas a nivel de aplicación.

Cada fichero tiene un FID (*File Identifier*) asociado que, junto con el directorio, lo definen unívocamente. Adicionalmente, a cada fichero se le puede asociar una matriz que relaciona cada operación (lectura, escritura, borrado, etc.) con una condición necesaria de acceso (Siempre, Nunca, PIN, clave administrativa, etc.). Por ejemplo, para leer el la agenda se necesita presentar el PIN, o para modificar el IMSI la condición debe ser Nunca.

En la Figura 6.5 se observa la estructura lógica genérica de la UICC. Bajo el directorio raíz existen tres ficheros: EF DIR donde se almacenan las referencias AIDs a las aplicaciones existentes, EF ICCID donde se almacena el identificador único de la tarjeta y EF PL con la lista

de lenguajes preferidos. Asimismo, existe el directorio DF TELECOM donde se almacena la información común a las aplicaciones de la tarjeta y tantos ADs como aplicaciones estén presentes. La aplicación USIM posee su propio directorio.

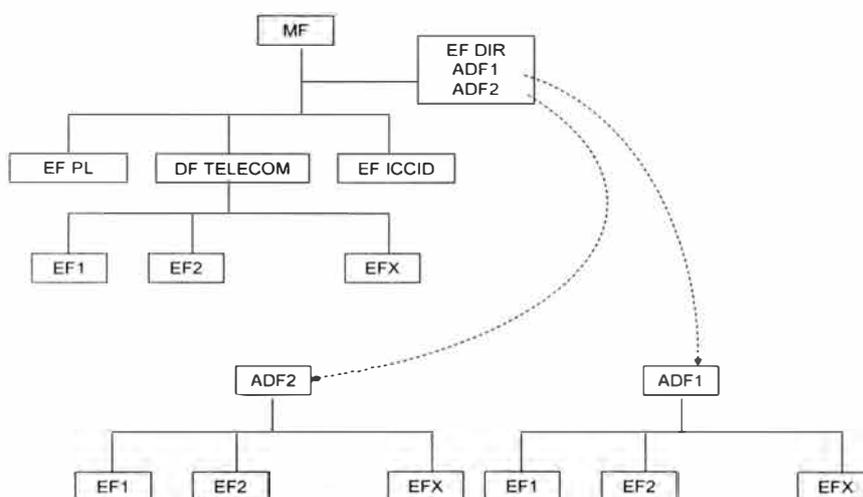


Figura 6.5 Estructura lógica de la UICC

Operaciones

Pueden ser invocadas por el terminal así como remotamente desde el operador para propósitos administrativos sobre los clientes. Las operaciones se basan en el intercambio de APDUs transformadas al protocolo de nivel físico acordado entre la tarjeta y el terminal.

También existen operaciones dependientes de la aplicación, por ejemplo, la solicitud de autenticación depende de la aplicación que se esté ejecutando en la tarjeta (GSM, USIM u otras). Igualmente, los

proveedores pueden proporcionar operaciones propietarias para gestionar funcionalidades no estandarizadas.

Las operaciones típicas, especificadas por el 3GPP son:

- SELECT, STATUS, GET RESPONSE: Operaciones para navegar dentro de la estructura lógica, obtener características de los ficheros y para intercambio de información.

READ BINARY, READ RECORD, UPDATE BINARY, UPDATE RECORD, SEARCH RECORD, INCREASE: Lectura y escritura según el tipo de fichero.

- VERIFY PIN, CHANGE PIN, DISABLE PIN, ENABLE PIN, UNBLOCK PIN: Gestión de la clave personal.

- TERMINAL PROFILE, ENVELOPE; FETCH; TERMINAL RESPONSE: Soporte de comandos preactivos de la fase 2+.

AUTHENTICATE: Genera claves de cifrado e integridad CK e IK, así como la respuesta a la solicitud de la red. Sustituye el antiguo comando RUN GSM ALGORITHM y se comporta como éste en la autenticación dentro de una red GSM.

Estados posibles de la tarjeta

- Inactiva: tarjeta UICC apagada

- Gestión de aplicaciones: se pueden iniciar o finalizar aplicaciones residentes en la tarjeta
- Operación: estado alcanzado luego de que un procedimiento de activación de una aplicación finaliza correctamente.

6.4.2 USIM (*Universal Subscriber Identity Module*)

Corresponde a la aplicación más importante a ejecutarse sobre la plataforma UICC. Consiste en un superconjunto de la tarjeta SIM de la fase 2+, de hecho es compatible con una red GSM/GPRS, con un soporte más adecuado, reforzando la gestión y registro de las llamadas entrantes y salientes, aumento de la capacidad de la agenda, soporte a los servicios SOLSA y el almacenamiento de imágenes en la tarjeta. Ofrece la posibilidad de que terceros desarrolladores creen aplicaciones sobre la USIM apoyándose en la arquitectura abierta y en el estándar USAT (*UMTS SIM Application Toolkit*).

Estructura lógica

Todos los contenidos relacionados con la aplicación USIM se encuentran bajo uno de los ADFs presentes en el MF de la UICC.

Dentro de la estructura, versión evolucionada de la SIM convencional, se ubican los ficheros siguientes:

- EF IMSI: almacena la identidad del cliente
- EF SMS: Registra los SMS recibidos.
- EF APPI: Contiene información sobre la aplicación USIM, fecha y versión presente en la UICC
- EF PSLOGI, EF KeysPS: Soporte al servicio básico de conmutación por paquetes, similares a los que soportan GPRS
- EF KEYS, EF GMSI: Contienen claves de seguridad UMTS.
- EF ICIy EF OCI (*Incomin/Outgoing Call Information*): Reemplazan al EF LAND, registran todas las llamadas entrantes y salientes, con el número, fecha y duración, pudiendo asociarse con el número almacenado en la agenda de la tarjeta.
- EF ICT y EF OCT: Registran los tiempos totales de llamadas entrantes y salientes

Por seguridad el PIN, el código de desbloqueo o la clave de cifrado se encuentran fuera del sistema de ficheros, registrados de manera propietaria por cada fabricante.

Agenda avanzada USIM

Elemento clave para la portabilidad. Los ficheros relacionados se almacenan en el directorio DF PHONEBOOK, el cual puede existir,

según criterio del operador, bajo MF//DF TELECOM de la UICC o bajo el ADF de la USIM. Entre sus características se tienen:

- Compatibilidad 2G al establecer la estructura principal a partir de un fichero igual al EF ADN de GSM.
- Protección de registros de la agenda, marcándolos como ocultos, asignándoles una clave tipo PIN.
- Construcción de grupos de usuarios
- Asociación de más de un número de teléfono a un registro, así como cadenas de caracteres adicionales para, por ejemplo, incluir la dirección de correo electrónico.
- Extensiones mayores a 256 registros.

Para sincronización con otros dispositivos se almacenan parámetros en los ficheros EF UID, EF PSC, EF CC y EF PUID.

Estas funcionalidades se extienden a las demás agendas de la tarjeta: FDN (*Fixed Dialling Numbers*), BDN (*Barred Dialling Numbers*), SDN (*Service Dialling Numbers*)

Seguridad

Los mecanismos de seguridad se basan en una clave K, de 128 bits, conocida únicamente por el AC y la USIM, y unos mecanismos avanzados de intercambio de datos. Los parámetros intercambiados son

RAND y AUTN (formado a su vez por un número de secuencia AQN, un campo de gestión de autenticación AMF y un campo MAC función de los anteriores). La tarjeta genera una respuesta RES, enviada a la red, y calcula los valores de CK e IK, claves de cifrado y de gestión de integridad.

La seguridad se apoya, al igual que en GSM, en el secreto de los algoritmos utilizados y en la clave K. Adicionalmente, se han definido dos funciones de conversión C1 y C2 que construyen los valores RAND, SRES y Kc a partir de los anteriores.

Dentro del UMTS se contempla el envío cifrado del IMSI, en base a un algoritmo secreto implementado en la USIM, y una clave GK controlada por la tarjeta.

Siendo un superconjunto del esquema de GSM, en UMTS es posible realizar la autenticación en una red GSM si el operador acepta esta interacción. La autenticación de tarjetas SIM 2G en una red UMTS es igualmente posible, según criterio del operador.

6.4.3 USAT (*Universal SIM Application Toolkit*)

El *SIM Application Toolkit* se desarrolló para implementar aplicaciones en la tarjeta SIM con el apoyo del terminal como interfaz con el usuario y con la red. Este estándar del ETSI define un conjunto de APDUs a nivel de aplicación que permiten que la tarjeta asuma un rol

proactivo tomando la iniciativa frente al terminal. Sobre estos, comandos se construye un API para el control de los recursos del terminal (emisión de sonidos, envío de mensajes cortos), así como mecanismos de disparo de eventos que puedan ser de interés para las aplicaciones, por ejemplo “*nuevo mensaje corto recibido*” o “*establecimiento de una llamada*”, siendo la logica posible tan compleja como se desee. El aspecto de las aplicaciones es textual o basado en pequeños iconos, con menús interactivos.

En el estándar se definen los grupos de comandos siguientes:

Interacción con el usuario: *Display Text, Get Inkey, Get Input, Play Tone, Select Item, Set Up Menu y Language Notification.*

Interacción con la red: *Send DTMF, Send Short Message, Send SS, Send USSD, Set Up Call y Provide Local Information.*

Interacción con el terminal: *More Time, Pool Interval, Refresh, Set Up Event List, Timer Management, Setup Idle Mode y Run AT Command.*

Interacción con otras tarjetas SIM, si el terminal incorpora el hardware necesario para gestionar más de una tarjeta. Los desarrollos *Dual Slot* se basan en estos comandos: *Get Reader Status, Perform Card APDU, Power On/Off Card.*

Adicionalmente se contemplan nuevos comandos para integración con la tecnología WAP y para el control de canales desde la tarjeta SIM.

Por otra parte, también están definidos protocolos para la administración remota, por parte del operador, de las aplicaciones instaladas en la tarjeta, en base a OTA.

6.5 Estados de los terminales en la red

Además del estado de ocupado (*idle*), desde el punto de vista de la capa RRM (*Radio Resources Management*), los terminales móviles UMTS adoptarán cuatro posibles estados:

- Estado cell_DCH: La red conoce la ubicación del terminal al detalle de la celda en que se encuentra y se recurre a los procedimientos de traspaso para hacer frente a la movilidad del terminal. Se utilizan los canales DCH para transmisión del tráfico. Existe la opción de que se imponga la transición al estado cell_FACH en el caso de que se registre una baja actividad de transmisión.
- Estado cell_FACH: La red conoce la celda en la que se encuentra el terminal. Cuando éste entra a una nueva celda, se activa el procedimiento de reelección de celda. El envío de datos no tiene lugar sobre canales dedicados, aún cuando pueden intercambiarse pequeñas cantidades de datos sobre canales comunes. Si la actividad de transmisión supera un cierto umbral, se produce una transición al

estado cell DCH. Si no se registra ninguna, el cambio es hacia el estado cell PCH

- Estado cell_PCH. La red conoce la celda en la que se encuentra el terminal. Cuando éste entra a una nueva celda, se activa el procedimiento de reelección de celda. No es posible la transmisión en el enlace ascendente. Tanto la reelección de celda como la transmisión de datos requieren el paso al estado cell_FACH. En el primero de los casos, tienen lugar el retorno a cell_PCH tan pronto como ha concluido la actualización. Es posible un cambio al estado URA_PCH vía el cell_FACH, cuando el número de actualizaciones de celda supera cierto umbral.
- Estado URA PCH: La red conoce sólo la UTRAN en la que se encuentra el terminal. Dicha área de registro puede constar de varias celdas. Cualquier actividad en el enlace ascendente requiere del paso al estado cell FACH.

CAPÍTULO VII

SERVICIOS Y APLICACIONES UMTS

7.1 Introducción

Uno de los escenarios comúnmente presentados como modelo de servicios 3G es el siguiente: Un cliente está extraviado en una ciudad extranjera, a punto de llegar tarde a una reunión importante, preocupado por los asuntos a ser tratados en la cita así como por los asuntos dejados pendientes en la oficina en su ausencia. Finalmente inquieto por su propia seguridad personal. Sin taxis o estaciones de metro a la vista, las únicas indicaciones visibles están escritas en un lenguaje desconocido. Entonces el cliente acude a su teléfono celular.



Figura 7.1 Prototipo de servicios 3G

Su terminal 3G, equipado para datos, y convertido entonces en una herramienta poderosa, muestra el mapa del área local, indicando la ruta correcta para llegar a su destino. Indica también que un bus pasaría en cinco minutos dando la opción de adquirir un ticket electrónicamente, o de llamar al taxi más cercano que se encuentre en el área. Al mismo tiempo, le indica que uno de sus colegas se encuentra en un café cercano, a la vez que le informa que en la oficina no hay ningún asunto urgente. El cliente decide reunirse con su colega y asistir juntos a la reunión. Por otra parte, también es posible un escenario menos optimista. Tal vez el mapa del área no se encuentre disponible aún, o que el teléfono esté atestado de mensajes de publicidad indeseada y que la única compañía de taxis que haya establecido un convenio con el operador celular esté disponible en el lapso no menor de 30 minutos. A la vez, el cliente sabe que cada movimiento suyo está siendo registrado y reportado a sus superiores. Finalmente, el terminal visiblemente costoso atrae la atención de las personas alrededor convirtiendo al cliente en la posible víctima de un asalto.

Ambos escenarios son posibles dependiendo de las condiciones de madurez alcanzadas por el operador que brinda los servicios. Esta es una situación que será alcanzada progresivamente, conforme más y más aplicaciones sean probadas y ofrecidas en condiciones reales.

El 3GPP define los servicios de telecomunicaciones como capacidades de comunicación entre usuarios ofrecidas por la red de origen y/o por la red visitada.

UMTS no especifica directamente los servicios, sino mas bien especifica las herramientas de la red que permiten el desarrollo flexible de aplicaciones de usuario. La arquitectura cliente-servidor del sistema facilita esta posibilidad.

7.2 Categorías de servicios

La UIT define para los sistemas IMT-2000 las siguientes categorías:

- Servicios conversacionales: Servicios en tiempo real, generalmente bidireccionales. Exigen bajos y constantes retardos. Ejemplos; voz, videotelefonía, videojuegos, etc.
- Servicios afluentes (*streaming*): Servicios unidireccionales, en los que un usuario humano recibe una secuencia de datos de voz o video. Los retardos bajos no son esenciales, pero sí el que se mantengan constantes. Ejemplo: transmisión de imágenes de video procedentes de cámaras de seguridad.
- Servicios interactivos: Cuando el usuario solicita datos de un equipo remoto. Los bajos retardos, así como una baja tasa de error, son esenciales. Ejemplo: navegación web o consulta de bases de datos.
- Servicios diferidos (*background*): Abarca las conexiones de un usuario, en las cuales envía o recibe ficheros de datos en segundo plano. Ejemplos: correo electrónico, mensajes cortos o descarga de bases de datos

7.3 Servicios básicos

Los servicios que define el UMTS se pueden agrupar en servicios portadores, y teleservicios, además de servicios suplementarios y servicios de usuario final. En la figura siguiente se reflejan sus características principales.

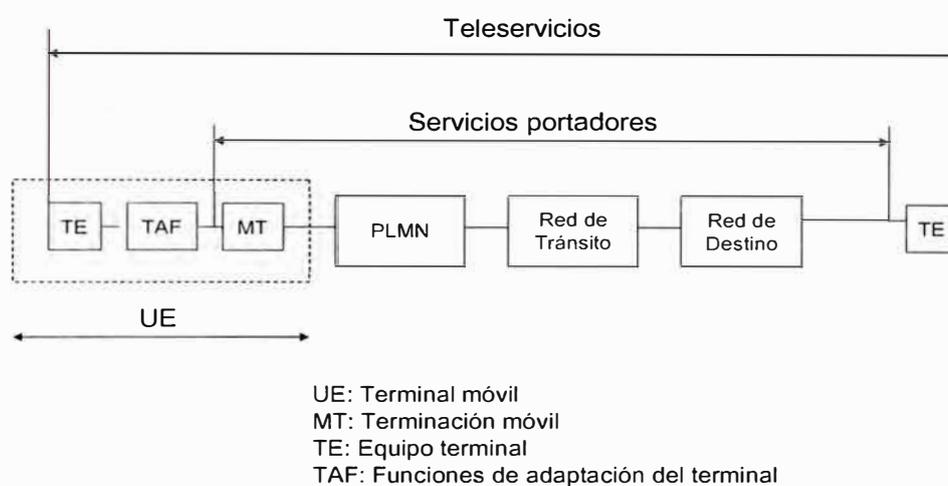


Figura 7.2 Servicios portadores y teleservicios

Los servicios suplementarios son servicios que modifican o complementan a los servicios básicos. No son autónomos sino más bien se asocian a los servicios básicos a los que complementan.

Los servicios de usuario final son los servicios que percibe el usuario ofrecidos tanto por el operador como en modo de aplicaciones del terminal, como por ejemplo, el chat, la videoconferencia, el correo electrónico, etc. Estos servicios no forman parte del estándar, aunque hacen uso de los servicios portadores, de los teleservicios y/o de los servicios suplementarios.

7.4 Servicios portadores

7.4.1 Servicios portadores en conmutación de circuitos

Según la información que transmiten pueden catalogarse en servicios de transferencia de información digital no registrada o UDI (*Unregistered Digital Information*) o de audio (3,1 kHz) mediante interconexión con la ISDN o PSTN.

En estos servicios el establecimiento de la comunicación, punto a punto, ocurre bajo demanda, siendo el tráfico simétrico

7.4.2 Servicios portadores en conmutación de paquetes

Pueden ser punto a punto (PTP), ya sea orientados a conexión (PTP-CONS) o no orientados a conexión (PTP-CLNS), o punto a multipunto (PTM), ya sea en el modo *Point to Multipoint Call Group* (PTM-CG) o *IP Multicast* (IP-M). Ejemplos de estos servicios podrían ser acceso a bases de datos, mensajería, telecomando, difusión de información, despacho, conferencias, etc.

7.4.3 Canales de transporte para acceso en modo paquetes

En la versión R99 no existían mecanismos para ofrecer servicios en tiempo real en modo paquetes, el protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) sería recién introducido en la R00, sin embargo, aún dentro de

R99, es posible ofrecer servicios interactivos y diferidos, en modo paquetes, sobre canales comunes, dedicados y compartidos. La gestión y agrupación de estos canales es controlada desde el RNC, dividiendo la capacidad disponible en la interfaz de aire entre los usuarios de datos, decidiendo el canal adecuado para la transmisión y monitoreando la carga y las asignaciones posteriores de los canales.

En la tabla 7.1 se muestran las características de los canales que permiten la transmisión de paquetes de datos. El RNC selecciona el tipo de canal según el tipo de servicio, retardos, volumen de datos a enviar, carga de los canales, niveles de interferencia, etc.

Parámetro	Canales dedicados	Canales comunes			Canales compartidos	
		FACH	RACH	CPCH	DSCH	USCH
Canales	DCH	FACH	RACH	CPCH	DSCH	USCH
Ascendente o descendente	Ascendente o descendente	Descendente	Ascendente	Ascendente	Descendente	Ascendente (sólo en TDD)
Código	Adecuado a la velocidad máxima binaria	Código fijo por célula	Código fijo por célula	Código fijo por célula	Código compartido entre usuarios de la misma célula	Código compartido entre usuarios de la misma célula
Control rápido de potencia	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Soft Handover	Sí	No	No	No	No	No
Adecuado para	Volúmenes grandes y medios de datos	Volúmenes pequeños de datos	Volúmenes pequeños de datos	Volúmenes pequeños y medios de datos	Volúmenes grandes y medios de datos	Volúmenes grandes y medios de datos
Adecuado para transmisión a ráfagas	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 7.1 Canales adecuados para envío de paquetes de datos

7.5 Teleservicios

El 3GPP cita de forma genérica a los servicios multimedia como teleservicios que se soportarán en UMTS. La R99 solo define, dentro de este conjunto, el servicio de mensajería multimedia, adicionalmente a los servicios preexistentes en GSM.

Los teleservicios en GSM, excepto los de GPRS, están basados en el modo circuitos. Existen teleservicios de voz (incluyen interoperabilidad con redes ISDN y PSTN, así como generación y detección de tonos DTMF), llamadas de emergencia y servicios de mensajes cortos punto a punto (SMS-PP) y de difusión (SMS-CB).

El resto de los teleservicios heredados de GSM se recogen en la tabla 7.2.

Atributo dominante	Categoría de teleservicio		Teleservicio individual		
	Nº	Nombre	Nº	Nombre	
Voz	1	Transmisión de Voz	11 12	Telefonía Llamadas de emergencia	
SMS	2	Servicio SMS	21 22 23	SMS MT/PP SMS MO/PP Servicio de difusión de celda (<i>Cell Broadcast</i>)	
Fax	6	Transmisión de fax	61	Alternar voz y fax grupo 3	Transparente No Transparente
			62	Fax automático grupo 3	Transparente No Transparente
Voz	9	Servicio de llamada en grupo	91 92	Servicio de llamadas de grupo Servicio de difusión (<i>Broadcast</i>) de voz	

Tabla 7.2 Lista de teleservicios en el dominio de circuitos

El servicio de mensajería multimedia permite el intercambio de mensajes multimedia entre usuarios móviles y/o fijos. Se basa en un sistema de almacenamiento y envío, capaz de soportar múltiples formatos de mensajes multimedia e interactuar con otros sistemas de mensajería, como el correo electrónico.

Por su parte, el acceso a Internet/Intranet utiliza uno o más portadores UMTS para acceder a redes externas, no constituye un servicio propiamente dicho. Sin embargo, el estándar establece que UMTS deberá ofrecer acceso a Internet optimizado para la transmisión de tráfico IP, y utilización de protocolos y algoritmos de cifrado sobre la interfaz de radio, así como permitir la interrelación de mecanismos de QoS.

7.6 Nuevos paradigmas de servicios

Uno de los aspectos más interesantes en el diseño de UMTS es la definición del denominado Entorno Personalizado de Servicios PSE (*Personal Service Environment*). En este entorno, las nuevas aplicaciones para UMTS se desarrollan a partir de APIs independientes de la red de transporte. El PSE de un usuario determina el modo en que desea percibir e interactuar con los servicios que tiene suscritos. En UMTS el PSE se materializa por medio del Perfil de Usuario o conjunto de características asociadas a un usuario en particular.

Adicionalmente, también se presenta el concepto de VHE (*Virtual Home Environment*), que implica que, si bien los servicios a proporcionar a los clientes son responsabilidad de la red en la que se encuentra en cada momento, éstos deben ofrecerse de forma independiente de si el usuario es fijo o móvil y con disponibilidad global, cualquiera que sea el operador de la red a la que está conectado el usuario.

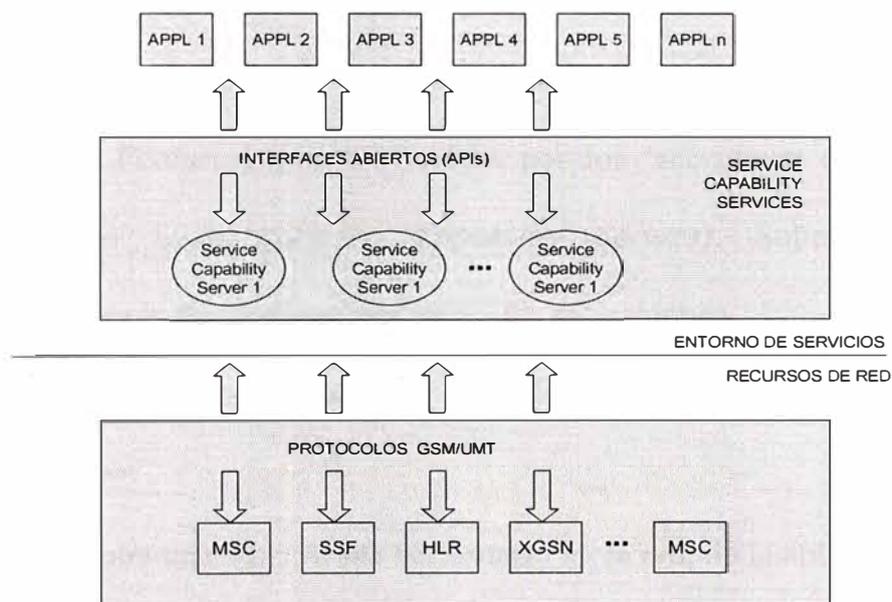


Figura 7.3 Estructura de aplicaciones en UMTS

La aplicación de ambos conceptos se materializa por medio de una combinación de medios situados en la red, por ejemplo CAMEL., y en el terminal (MExE y SIM Toolkit). Una forma de lograr esta independencia de la red y de los terminales es por medio de un conjunto de interfaces abiertas OSA, de forma similar a las que se utilizan en las redes IP.

7.7 Características de las capacidades de servicios

A fin de facilitar el desarrollo e implantación de servicios/aplicaciones 3G se introduce la arquitectura OSA (*Open Service Architecture*), la cual permite a las aplicaciones, mediante ciertos mecanismos, hacer uso de las capacidades de la red, de una manera estandarizada, facilitando la compatibilidad y portabilidad de las mismas.

A través de la interfaz OSA se accede a las funcionalidades de la red, denominadas ‘características de las capacidades de servicios’ o SCFs (*Service Capability Features*) y son ofrecidas por los ‘servidores de capacidades de servicio’ o SCSs (*Service Capability Servers*). Sobre esta base los desarrolladores diseñarán o mejorarán las aplicaciones.

Algunos de los mecanismos definidos en OSA para acceder a los recursos de la red son:

Autenticación, ya sea del usuario en la red, de la aplicación en la red y del usuario en la aplicación.

Autorización. Posterior a la autenticación, permiten delimitar los permisos ya sea de la aplicación en la red, o del usuario dentro de la aplicación.

Registro. Permiten al operador registrar las nuevas características disponibles, no incluidas en el marco de OSA.

- Consulta de SCF. Permiten a las aplicaciones identificar el conjunto de SCF a
- Notificación. Permiten a las aplicaciones activar, desactivar o recibir notificaciones de eventos generados en la red.

Algunas de las funcionalidades no incluidas en el marco de OSA, proporcionadas a las aplicaciones por los SCSs para permitir el acceso a los recursos de la red son:

- Control de sesión, para establecer, modificar o liberar sesiones (desde llamadas de voz hasta conferencias multimedia)
- Seguridad y Privacidad, para recibir de manera segura, cifrada, los datos del usuario (voz, video, etc.) o la propia señalización.
- Traducción de direcciones, para acceder al usuario final, independientemente del tipo de numeración asociada a la red de transporte utilizada (E.164 de los MSISDNs, ASEA de ATM, Ipv4 o Ipv6, X25, etc.).
- Localización de usuario, en el tiempo y en el espacio
- Estado del usuario, ya sea como información de estado (ocupado, apagado, fuera de cobertura, etc) o como notificación de cambios de estado (registración).
- Capacidades del terminal móvil, funcionalidades soportadas por el terminal y la tarjeta USIM.

- Transferencia de información, notifica a la red la existencia de información disponible y pendiente de entrega a un usuario dado
- Gestión del perfil del usuario, permite la configuración del terminal o de los servicios del cliente.
- Tarificación, permite utilizar los recursos de la red para tarificación, así como la notificación de eventos relacionados.

7.8 Ejemplo de utilización de los SCS

El servicio consiste en una suscripción matutina de noticias que el usuario recibe todos los días en su teléfono a las 9:00h.

A la hora del envío de la información, el gestor de aplicaciones se pone en contacto con el servidor de la aplicación, el cual, en primera instancia busca la información en los servidores de soporte y luego lanza la búsqueda hacia el proveedor de contenidos (Internet). Luego localiza al cliente, mediante consultas al HLR/VLR. Finalmente, una vez localizado el terminal, el servidor MExE envía las noticias al usuario vía Java o WAP.

7.9 Catálogo de servicios 3G

En 2G los servicios ofrecidos estaban basados en comunicaciones hombre-hombre. Sin embargo, las posibilidades creadas prevén un incremento en las comunicaciones hombre-máquina y máquina-máquina, lo cual permitirá

niveles de penetración superiores al 100%. Dentro de la variedad de servicios que se prevén en 3G, se puede mencionar los siguientes:

- Servicios básicos,: Voz, fax, SMS, llamadas de emergencia, servicios suplementarios (desvíos , restricciones, etc.), multillamada, voz sobre IP e itinerancia internacional.
- Vídeo y audio
 - Videotelefonía
 - Videoconferencia
 - Vídeo bajo demanda
 - Audio bajo demanda
 - Servicios afluentes de audio y video
- Descarga de imágenes
- Descarga de MP3
- Difusión de radio y televisión
- Juegos
- Mensajería multimedia
- Acceso a Internet/Intranet
- Navegación por voz
- Chat
- Servicios de información, noticias, viajes, clima, tráfico, guías, información bancaria, financiera, loterías, ocio, etc.

- Tele-enseñanza
- Transacciones electrónicas
- Banca móvil
- Medios de pago
- Servicios de entorno personal o personalización del menú
- Servicios orientados a empresas, redes privadas virtuales.
- Servicios de grupo cerrado
- Servicios de telemando, telemetría y telecontrol
- Control de flotas

CAPÍTULO VIII

SITUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS 3G

8.1 Introducción

Como resultado de la introducción de las tecnologías de 3ra generación de telefonía móvil, desde el mes de octubre del 2001 al mes de julio del 2002, es decir, luego de poco más de un año después del lanzamiento de la primera red comercial de 3G, ya existían en el mundo 10 millones de suscriptores empleando productos que incluyen cámaras digitales, pantallas a colores, reproductores de video y MP3 integrados, descarga de juegos, servicios de seguridad, con acceso a servicios diversos de entretenimiento, información, localización y muchos otros más que, aunque incipientes, ya se encuentran disponibles en el mercado. Este proceso ha estado, sin embargo

8.2 Mercado Mundial

El 1º de octubre del 2000 SK Telecom en Corea del Sur lanzó la primera red comercial 3G, utilizando CDMA2000 1X. El 1º de Octubre del 2001 NTT DoCoMo en Japón inició las operaciones comerciales de su servicio FOMA basado en WCDMA. EL 28 de enero del 2002, nuevamente SK Telecom lanzó el primer servicio comercial CDMA2000 1XEV-DO. Otros operadores que ya

han desplegado redes CDMA2000 1X son *Monet Mobile Networks*, *Leap Wireless* y *Western Wireless*, *Verizon Wireless* y *Metro PCS* en Estados Unidos, *Bell Mobility* y *Telus Mobility* en Canadá. En Europa *Zapp Mobile* en Rumania. Se prevee el ingreso de nuevos operadores en Estados Unidos (*Sprint PCS*, *Alltel* y *US Cellular*), Rusia (*Moscow Cellular*), Ucrania (*CST Investid Limited*), Nueva Zelanda (*Telecom New Zealand*), Australia (*Telstra*), Tailandia (*Hutchinson-CAT*) y Vietnam (*Saigon Postel*),

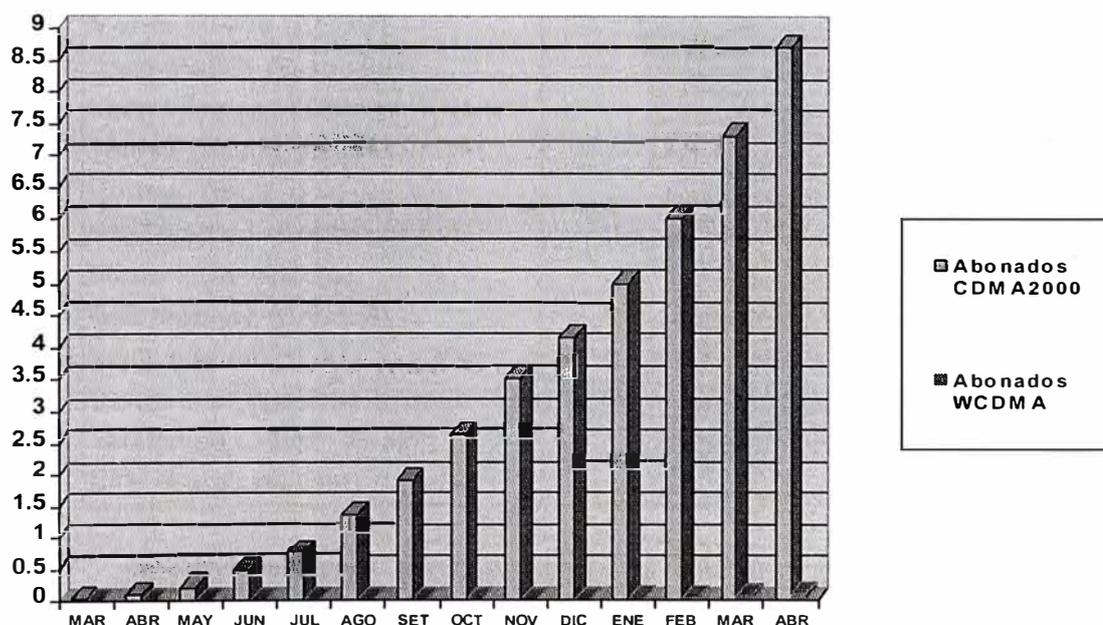


Tabla 8.1 Abonados CDMA 3G (Marzo 2001 – Abril 2002)

En Junio del 2002, en el marco del 3G World Congress, organizado en Hong Kong por el CDG, se ponía en evidencia la clara tendencia manifestada por el mercado hacia el CDMA2000, que a esa fecha cubría el 98% del

mercado de 3G. En Japón, según las cifras de KDDI operador 1XRTT, había logrado captar, en sus tres primeros meses de operación, un millón de clientes, mientras que NTT DoCoMo, con su servicio FOMA soportado en WCDMA, pudo en ocho meses atraer solamente a 112 000 usuarios.

Operadoras	2000	2001	2002	2003	2004
SK Telecom (Corea del Sur)		1 octubre 2000			
KTF (Corea del Sur)		1 mayo 2001			
LG Telecom (Corea del Sur)		1 mayo 2001			
NTT DoCoMo (Japón)			1 octubre 2001		
Monet Mobile (EEUU)			24 octubre 2001		
Zapp Mobile (Rumania)			7 diciembre 2001		
Leap Wireless (Cricket, EEUU)			10 diciembre 2001		
Telesp Celular (Brasil)			12 diciembre		
Verizon (EEUU)			28 enero 2002		
SK Telecom (Corea del Sur)			28 enero 2002		
Metro PCS (EEUU)			1 febrero 2002		
Bell Mobility (Canadá)			12 febrero 2002		
KDDI (Japón)			1 abril 2002		
Centennial Wireless (Puerto Rico)			4 abril 2002		
Telefónica Celular (Brasil)			16 abril 2002		
KTF (Corea del Sur)			8 mayo 2002		

CDMA 2000	WCDMA	CDMA 2000 1XEV-DO
-----------	-------	-------------------

Tabla 8.2 Lanzamientos comerciales 3G

Una de las razones para estas diferencias de aceptación es la mayor variedad de terminales disponibles en CDMA 2000 que en WCDMA y a un precio menor. Los terminales CDMA 2000, disponen de pantallas a color e incorporan cámaras digitales, permiten enviar textos y fotos a cuentas de e-mail

o a otros teléfonos similares, bajar juegos, música, tonos, navegar en Internet, etc. Algunos modelos disponen de chips de localización, basados en la tecnología gpsOne de Qualcomm, que ofrecen un rango de error de 10 metros. Por otro lado, el elemento de transición desde las redes cdmaOne (IS95 e IS95B) ha sido, igualmente, un factor importante, y ahora, en una nueva escala, las redes 1XRTT se complementan con las redes EV-DO, implementadas en las zonas de mayor demanda de servicios alcanzando el nivel de los ofrecidos por WCDMA, teóricamente alcanzando tasas de transmisión de 2.4 Mbps. En Korea, los dos operadores principales SK Telecom y KTF, para la Copa del Mundo celebrada en Junio ya contaban con redes EV-DO, siendo el siguiente paso evolutivo el EV-DV (*Evolution to Data and Voice*) con el cual se deberían alcanzar tasas de 4 Mbps.

Tampoco hay que olvidar, del lado económico, el fuerte costo que tuvieron que pagar los operadores por las licencias de operación del nuevo espectro en 3G para UMTS. Solamente en Europa se pagaron 130 000 billones de euros por las licencias de espectro. Esto establece una fuerte presión inicial para que las implementaciones ofrezcan resultados favorables. Por el contrario, en el caso de CDMA 1XRTT, los operadores de la tecnología cdmaOne pueden implementar redes 2.5G dentro de las mismas bandas de espectro preexistentes en 2G.

8.3 Mercado Latinoamericano

En la región a la fecha se han introducido las primeras redes 1XRTT en Brasil (Telesp Celular en el 2001 y Telefónica Celular en Abril del 2002) y Puerto Rico (*Centennial* en abril del 2002). Se espera el lanzamiento en lo que resta del año 2002 de servicios 3G en Chile (*Smartcom PCS*), Venezuela (*Movilnet*) y República Dominicana (*Centennial*).

8.4 Mercado Peruano

En el caso del mercado peruano, existen 4 operadores (Telefónica Móviles, Bellsouth, TIM y Nextel), cada uno implementando tecnologías 2G distintas (CDMA, TDMA, GSM y i-DEN, respectivamente). Entre todos, brindan el servicio a más de 2 millones de clientes, una tasa de penetración superior a la de la telefonía fija. Sin embargo, este índice de penetración, relativamente alto, en relación al ingreso per cápita existente en el país, ofrece un margen reducido para la asimilación de nuevos segmentos de clientes y, evidentemente, para la introducción de nuevas tecnologías, tales como 3G. Los tiempos de retorno de inversión previstos para las inversiones realizadas, muchas de ellas recientemente producto de la fuerte competencia existente en el medio, sugieren que nuevas inversiones en 3G no serán realizadas a corto plazo, aún cuando no se descarta que, debido al hecho que los operadores presentes pertenecen a corporaciones de ámbito global, éstas se introduzcan por razones estratégicas o de compatibilidad a nivel regional.

8.5 Análisis económico de la región

La telefonía inalámbrica de voz ha resultado en el principal método de comunicaciones en América Latina. Esta región experimenta las tasas de crecimiento más elevadas. Según la UIT, del 2000 al 2001 solamente hubo un incremento de 9 a 19 millones de suscriptores. En países como Venezuela y Perú ya existen más suscriptores inalámbricos que fijos.

Con una población de 500 millones, América Latina posee un vasto potencial, junto con niveles bajos de penetración del servicio, la falta de una infraestructura de telecomunicaciones representa a la vez una limitación y una oportunidad. La demanda acumulada de servicios básicos y los avances en las tecnologías inalámbricas ofrecen un ambiente ideal para la proliferación de servicios móviles. La apertura de los diferentes mercados ha creado un entorno estable y competitivo en el que las inversiones en nuevas tecnologías no requieren un nivel significativo de protección de sistemas legados.

El acceso inalámbrico a Internet y el comercio electrónico crean nuevas oportunidades de negocios. Las singulares características del mercado Latinoamericano deben ser de interés para las empresas tecnológicas emergentes, particularmente para los proveedores de infraestructura digital, soluciones Internet y para los fabricantes de terminales móviles. A diferencia de los Estados Unidos, en América Latina las computadoras personales no han alcanzado su masa crítica. En Estados Unidos el Internet móvil debe competir con una infraestructura multimedia ampliamente extendida, sin embargo en

América Latina, la baja penetración de computadoras personales genera un espacio para el ingreso de servicios de Internet móvil, impulsado también por la rápida evolución de las redes inalámbricas en la región.

Sin embargo, en los últimos meses, la región ha experimentado un descenso en el ritmo de crecimiento de las telecomunicaciones por el impacto de la recesión en los países industrializados, el ataque del 11 de setiembre y la crisis económica y política en la que están sumergidos varios países de la región.

En la década de los 90 los monopolios eran eliminados por la privatización y la liberalización del sector permitía la entrada de nuevos operadores. A partir de allí las experiencias de cada país han sufrido diversas evoluciones. En primer lugar, existe una relación directa entre el desarrollo económico, representado por el producto bruto interno, y el desarrollo de sus telecomunicaciones, representado por el índice de penetración de las telecomunicaciones, lo cual se refleja en la Figura 8.3.

De acuerdo al gráfico, cuanto más avanzada es la economía de un país, más elevada es su teledensidad. Esta relación permite asimismo establecer una brecha entre la teledensidad existente y la que le corresponde según su nivel de desarrollo económico. Si un país se posiciona debajo de la línea promedio se puede inferir que existe una brecha entre la demanda potencial del servicio y la oferta existente.

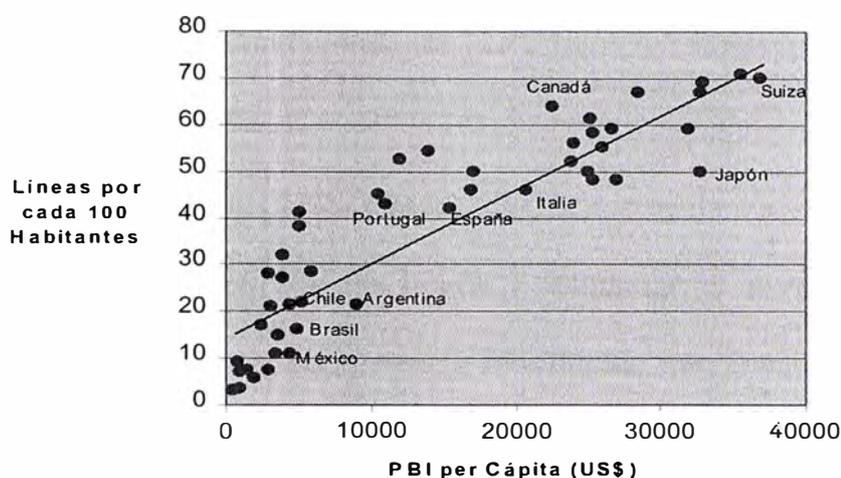


Tabla 8.3 Desarrollo económico y teledensidad.

Fuentes: ITU, Banco Mundial, Análisis BAH

Estos gráficos permiten también medir el impacto de políticas adoptadas, tales como la privatización o la desregulación.

- En una primera fase, en los países emergentes de la región, los operadores monopólicos no conseguían satisfacer la demanda de servicio, esto debido a marcos regulatorios débiles, carencia de políticas de desarrollo e ineficacia en la gestión de las empresas estatales.
- En una segunda fase, durante la privatización, se incrementa la oferta de servicios con la consiguiente reducción de la oferta y la demanda, esto debido al incentivo natural del operador privado de

incrementar ingresos cubriendo segmentos de mercado no cubiertos y a las condiciones de privatización establecidas por la entidad regulatoria.

- Finalmente, en la tercera fase, la desregulación de los mercados de telecomunicaciones tiende a aumentar el nivel de adopción de servicios, la competencia introducida trae consigo la reducción de precios y la masificación de los servicios, ubicando al país en un lugar más próximo al lugar que le corresponde en la línea promedio.

Se puede verificar que, cuanto más agresiva sea la desregulación y más estrictos sean los requerimientos establecidos por el marco regulatorio, mayor será el desarrollo de las telecomunicaciones.

A continuación se muestran los cuadros de análisis para Argentina, Brasil, México y Chile. Las experiencias de los países de la región tienen una evolución similar, aunque difieren según las características de los procesos de privatización (exitosas en Argentina, Brasil y Chile) y de la competencia efectiva (Chile).

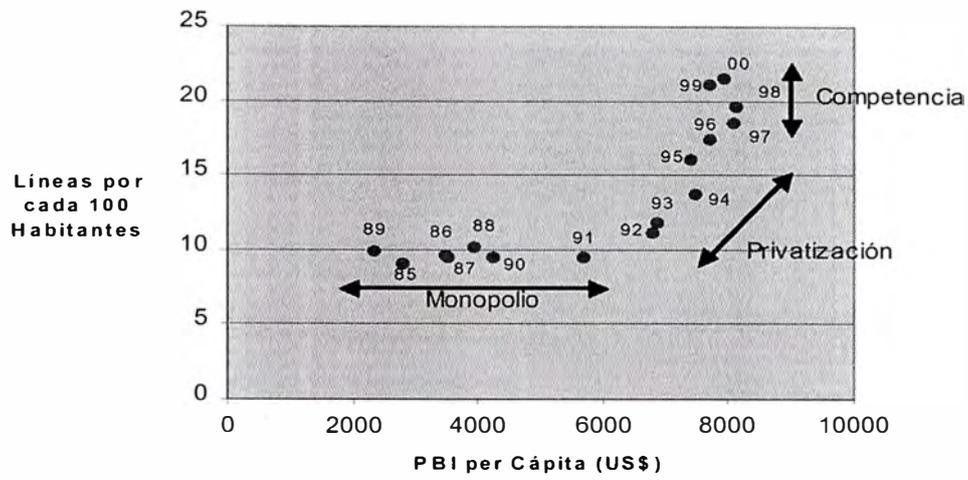


Tabla 8.4 ARGENTINA: Impacto de la privatización y la desregulación.

Fuentes: ITU, Banco Mundial, Análisis BAH

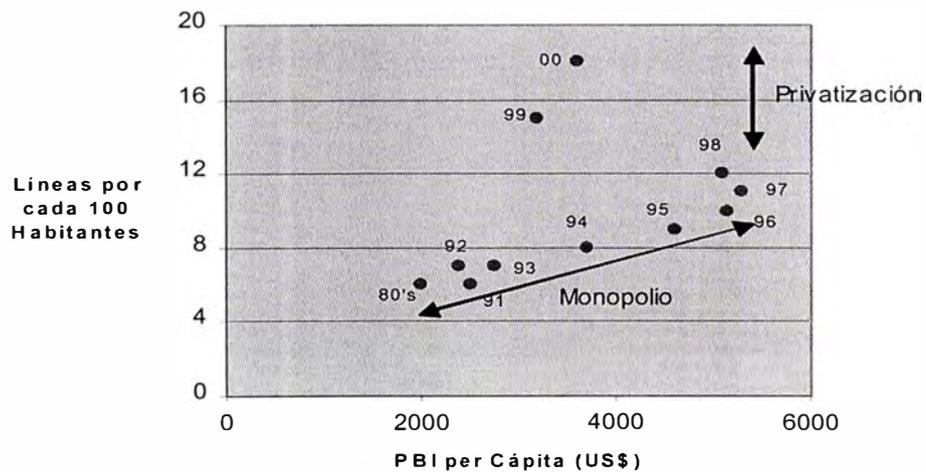


Tabla 8.5 BRASIL: Impacto de la privatización y la desregulación.

Fuentes: ITU, Banco Mundial, Análisis BAH

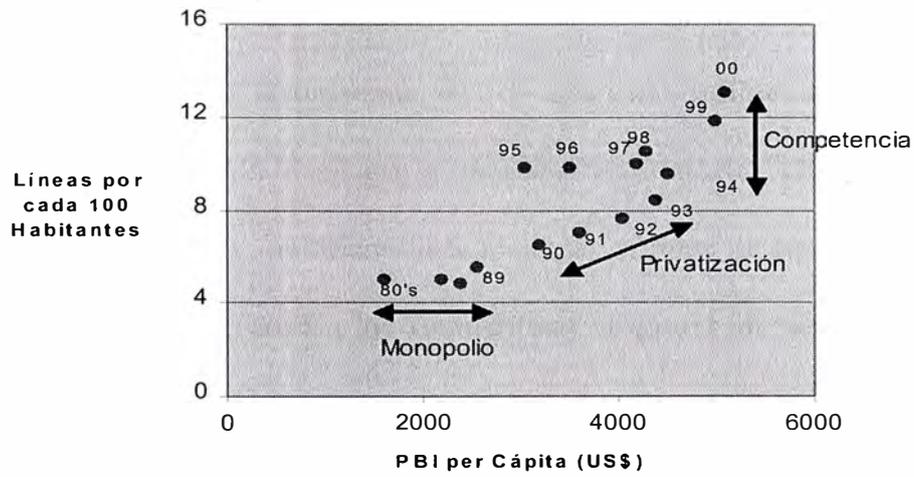


Tabla 8.6 MÉXICO: Impacto de la privatización y la desregulación.

Fuentes: ITU, Banco Mundial, Análisis BAH

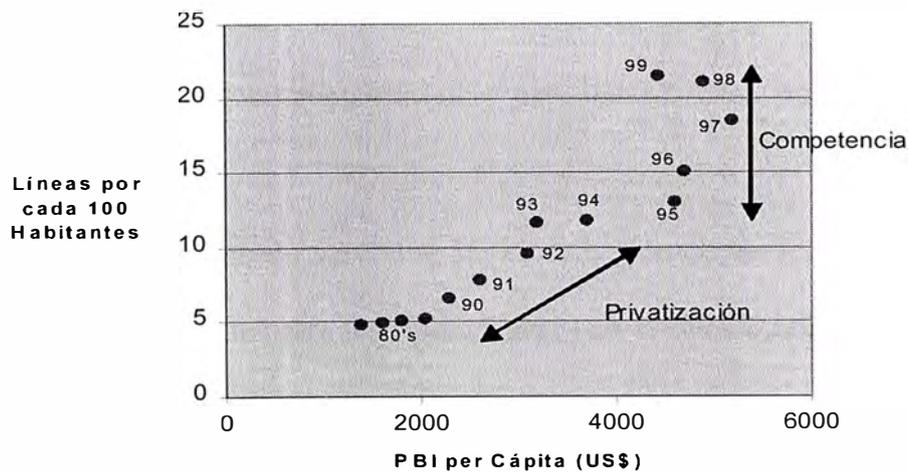


Tabla 8.7 CHILE: Impacto de la privatización y la desregulación.

Fuentes: ITU, Banco Mundial, Análisis BAH

Otro análisis interesante es el que se refiere a la rentabilidad. Modalidades como el Prepago, y medidas regulatorias como “El que llama paga”, permitieron a los operadores alcanzar niveles de penetración elevados, pero conforme se alcanza a los segmentos C y D del mercado, se observa una reducción de ingresos por usuario, la cual tiene un impacto directo en la rentabilidad de los operadores. El ARPU (ingreso promedio por suscriptor) en la región experimenta disminuciones sostenidas, las cuales son más acentuadas en países como Brasil y México que se caracterizan por una concentración de riqueza más elevada.

Las alternativas que se presentan ante los operadores son diversas, reestructurar la cartera de clientes, segmentar el negocio de acuerdo a los segmentos del mercado, involucrar al ente regulador para reducir la presión sobre los márgenes de rentabilidad y estudiar alianzas para reducir el costo unitario de servicio.

La introducción de servicios 3G en la región dependen del cumplimiento de estas premisas por parte los operadores. Los nuevos operadores entrantes en 3G se encontrarán evidentemente en una situación de desventaja al tener que cubrir lo más rápidamente posible sus áreas de cobertura para no verse obligados a establecer desventajosos y costosos acuerdos de roaming con los operadores existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente informe se ha revisado el proceso de evolución de las tecnologías de comunicaciones inalámbricas hacia la 3ra generación y se han descrito las características básicas del sistema UMTS. Asimismo, se han revisado los servicios y aplicaciones que podrían ser implementados sobre estas redes.

Se ha hecho también una breve referencia al proceso de introducción de las tecnologías 3G en el mundo, proceso en el cual se han observado variaciones significativas: inicialmente un período de intensa actividad, durante el proceso de selección y normalización de las propuestas 3G, seguido posteriormente de un período de efervescencia, luego de la aprobación del estándar IMT-2000, durante las licitaciones de las bandas de frecuencias, para luego entrar en un período de incertidumbre, a la espera de los resultados de las primeras implementaciones comerciales 3G en el mundo. Actualmente las tecnologías 3G, pese al gran salto tecnológico que conllevan, se enfrentan a un mercado difícil, económicamente deprimido, y con un elevado índice de penetración, lo cual limita seriamente las posibilidades de inversión de los operadores. Ésto, sumado a las elevadas y aún poco justificadas expectativas despertadas en los consumidores y a la disponibilidad de algunos servicios 3G en las redes 2.5G actuales, resulta en un panorama poco esperanzador para la implementación a corto plazo y en gran escala de redes 3G en el

mundo. Se espera más bien que la introducción de estos servicios continúe en forma progresiva, permitiendo la recuperación de las economías regionales, cerrando el ciclo de vida de las redes 2G y 2.5G ya implementadas, y permitiendo la maduración de la tecnología, toda vez que recién después de la implementación comercial se evidenciarán los temas que deberán ser mejorados o incorporados al estándar, como corresponde a toda tecnología que cubre un mercado en evolución y que, como en este caso, cuenta, por características propias de diseño, con capacidades de evolución.

Eventualmente, esta coyuntura terminará por definirse y dará paso a nuevas y superiores tecnologías. Actualmente se habla ya de una 4ta Generación de comunicaciones inalámbricas, con velocidades de 100 Mbps para la descarga de datos y 20 Mbps para el envío de información, en la cual será posible transmitir a los dispositivos 4G imágenes de alta definición, superiores a los de la televisión analógica convencional actual. Si bien, en Japón ya se están implementando los primeros modelos experimentales, no se espera que éstos sistemas estén disponibles comercialmente antes del 2010.

Por lo pronto, en nuestro medio, la actitud por parte de los operadores es de espera, por un lado, de la adopción y/o definición de una de las variantes del estándar para la región, y por otro, de la mejora de las condiciones económicas en el país. Es probable que las primeras redes 3G serán introducidas en el mercado, inicialmente, por consideraciones estratégicas, dado el carácter regional de los operadores actuales, y posteriormente justificados por planes económicos a largo plazo. Estas redes se concentrarán en las zonas urbanas y residenciales de alto tráfico

y serán ofrecidas a los usuarios con un nivel de uso elevado (clientes empresariales, gubernamentales, turistas, diplomáticos, etc.) como un valor diferenciador respecto a la competencia, y manteniendo las redes 2G actuales como plataforma de uso general y extensión de cobertura.

Evidentemente las condiciones en las que se lancen estos servicios variarán según el mercado. La capacidad de reacción del operador para anticipar las necesidades del mercado y elaborar campañas enfocadas en determinados segmentos, las estrategias de marketing para promocionarlas, las alianzas con proveedores de servicios y contenidos para desarrollarlas, serán factores decisivos para lograr el éxito. Como siempre, será la tecnología la que deberá adaptarse al medio, a la empresa y al mercado. En esto consiste, en realidad, el verdadero reto para los profesionales de las telecomunicaciones: adecuar la ciencia y el conocimiento a las necesidades de la sociedad.

ANEXO A

EDGE

Integración a WCDMA

La red integrada EDGE/GSM y WCDMA es una de las posibilidades de migración de 2G a 3G que permite a las redes GSM evolucionar en forma transparente para el usuario y protegiendo la inversión del operador.

En la combinación GSM/WCDMA la mayoría de los equipos GSM son reutilizados en su evolución a EDGE y WCDMA, la parte central de la red existente evoluciona a una arquitectura superpuesta que soporta tanto EDGE/GSM como WCDMA, utilizando la inversión anterior en GPRS y en diversos elementos de red. Por otra parte, los servicios 3G se soportan por igual tanto en zonas de cobertura EDGE/GSM como en las WCDMA. Evidentemente existirán diferencias en las tasas de transmisión de datos disponibles pero éstas serán minimizadas. La experiencia del usuario final moviéndose entre diferentes tecnologías se ve mejorada con la utilización de EDGE respecto a las demás alternativas disponibles. Además, independientemente del orden de despliegue (WCDMA o EDGE/GSM), los operadores pueden invertir en una u otra red según sus propias necesidades.

El espectro es uno de los activos más importantes del operador, siendo finito y escaso, su precio es determinado por la demanda, como se evidenció en las

licitaciones efectuadas en Europa y Estados Unidos. Los operadores evidentemente persiguen la utilización más eficiente del espectro disponible. En una red integrada EDGE/GSM y WCDMA, con dos redes de acceso radio 3G operando en banda diferentes, la red utiliza los espectros combinados como una sola unidad, administrando aspectos como el hand-off y el balanceo de tráfico, incrementando de esta manera su eficiencia. Esta administración, denominada *Adaptive Traffic Control*, se logra mediante una comunicación inteligente entre EDGE/GSM y WCDMA, lo cual a su vez es posible debido a la interfaz abierta entre el controlador de estaciones base GSM y la red de control de radio de WCDMA. En ambientes de altas velocidades de transmisión se puede conseguir una mejora en la eficiencia troncal del 50% respecto a manejar la red como dos entidades independientes.

Adicionalmente, la infraestructura de estaciones base pueden ser compartidas, en promedio hasta un 80% de las estaciones WCDMA pueden ser compartidas con estaciones GSM existentes. En el caso de macroestaciones base, las coberturas de las estaciones WCDMA y GSM son similares.

La transmisión en la red de acceso radio evolucionará junto con el tráfico y los servicios introducidos en el mercado. La red de transporte GSM evolucionará a una red unificada de conmutación por paquetes para ambas tecnologías GSM y WCDMA. Inicialmente, para ser compatible con WCDMA, GSM empleará ATM antes de disponer de IP en la red de transporte. La operación, mantenimiento e implementación se simplifican con ésta evolución. Esta nueva arquitectura permite

desarrollar y expandir las redes de transporte de voz, transporte de datos y de control de aplicaciones y servicios conforme los diferentes ciclos de evolución.

La gestión de la red también evolucionará para permitir la evolución de toda la red al mismo tiempo, lo que se conoce como *ONE network*. Los sistemas de apoyo existentes serán integrados para proveer un ambiente unificado para la gestión y mantenimiento de la red. Esta integración facilita la implementación del *Adaptive Traffic Control*.

El entorno *ONE network* necesitará inicialmente de dos tipos de terminales multi modo GSM/GPRS/EDGE-WCDMA (Europa principalmente) y GSM/GPRS/EDGE (América). Con el apoyo de la industria y las economías de escala reducirán los costos de integración de tantas modulaciones en un solo terminal. De hecho, otros componentes, tales como pantallas a color, memorias, baterías de alto rendimiento, etc., que son necesarios para desplegar el verdadero potencial de los servicios 3G, tendrán mayor impacto en el costo del terminal.

Tanto GSM como WCDMA están estandarizados en 3GPP. El concepto de *ONE network* hará eficientes las inversiones ya realizadas en GSM como las futuras en EDGE o WCDMA. Estas últimas complementarán lo existente en vez de reemplazarlo. El resultado será una red con capacidad, confiable, con utilización eficiente del espectro. La implementación paralela de EDGE/GSM ofrece a los operadores una opción viable para una inversión flexible en la fase de extensión de cobertura y capacidad, al menor costo posible.

ANEXO B

REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL

El mercado de redes inalámbricas de área local, que cubre la última milla de las soluciones inalámbricas, (en realidad los últimos 100 metros), encuentra como primera competencia las redes por cable telefónico (ADSL), cable coaxial, fibra óptica y otros. Sin embargo, en términos de oportunidad, el segmento más promisorio sigue siendo el inalámbrico.

Por un lado, el cable de cobre, si bien constituye el método de conexión más sencillo, barato y evidentemente más extendido, posee características de atenuación e impedancia que lo hacen inadecuado para transmitir datos a altas velocidades, aún bajo esquemas CSMA/CD con multiplexado por división de frecuencias (FDM) el ancho de banda disponible es menor a 1 Mbps, el cual no es suficiente para aplicaciones como video, el cual, en calidad DVD, puede demandar hasta 19 Mbps. Asimismo existe el riesgo de acoplamiento inductivo entre pares adyacentes en locales con alta densidad de cableado, aunque sigue siendo la solución más adecuada cuando se trata de proveer conectividad a dispositivos no portátiles.

Los argumentos más fuertes a favor de las redes inalámbricas es la movilidad, dentro y fuera del área local, así como el ancho de banda. En entornos inalámbricos las reubicaciones no constituyen más un problema. Ambientes como garajes, patios o

áticos, en donde la presencia de tuberías de agua o de gas, aspersores, calefacción, etc., permiten cableados no sin dificultad. Respecto al ancho de banda, la mayoría de las tecnologías en RF transmiten entre 2,4 y 5 GHz, ofreciendo anchos de banda de hasta 64 Mbps.

Entre los inconvenientes de las redes inalámbricas, por una lado está la variedad de estándares, cada uno con ventajas y desventajas. Por un lado, la industria de HomeRF está solicitando bandas de frecuencia adicionales alrededor de 2,4 GHz. La argumentación indica que, actualmente, los dispositivos HomeRF alcanzan únicamente 1 Mbps, pero que con un ancho de banda adicional de 5 MHz podrían alcanzar velocidades de hasta 10 Mbps. Además, sin anchos de banda adicionales para futuras expansiones, los dispositivos HomeRF se verán obligados a reubicarse en otra banda dificultando la compatibilidad con dispositivos anteriores. Por otra parte, *Bluetooth* y WAP, entre otros, manifiestan su preocupación de que un incremento en el ancho de banda asignado a HomeRF causará interferencias en el resto de la banda de 2,4 GHz, considerando que la mayoría de las tecnologías emplea FH-DSS.

Se presentan también, desde luego, las dificultades tradicionales de transmisión y recepción inalámbricas. En entornos de área local, el área de cobertura puede alcanzar los 500 m², a lo cual hay que agregar la distorsión ocasionada por la distribución de ambientes y la interferencia externa, especialmente en ambientes urbanos.

Especificación	F(GHz)	Tasas máximas de Tx de datos	Modulación	Aplicaciones
IEEE 802.11 FH	2,4	2	Frequency hopping	Redes de datos
IEEE 802.11 DS	2,4	2	Direct Sequence	Redes de datos
IEEE 802.11 HS	5	54	OFDM	Redes de datos de alta velocidad
<i>Bluetooth</i>	2,4	1(10)	Frequency hopping	Voz/Datos a baja velocidad
SWAP	2,4	2	Frequency hopping	Bajo costo
Open Air	2,4	1,6	Frequency hopping	Baja potencias/Corto alcance
HiperLan (BRAN)	5	24	GPSK	Redes LAN de alta velocidad y aplicaciones multimedia

Tabla B.1 Arquitecturas de redes inalámbricas.

Actualmente, *Bluetooth* y *HomeRF* parecen ser las tecnologías dominantes, ambas apuntando al mercado de pequeñas áreas locales de oficinas (SOHO) ofreciendo conectividad entre diversos dispositivos inalámbricos caseros: computadoras personales, teléfonos, electrodomésticos, dispositivos de video, algunos de los cuales, a su vez, tendrán sub-dispositivos tales como cámaras inalámbricas, teclados, mouses o micrófonos, todos ellos interconectados inalámbricamente. Ambos protocolos se basan en tecnologías de espectro expandido, ya sea por saltos de frecuencia (*frequency hopping*) o secuencia directa (*direct sequence*).

Bluetooth fue diseñada originalmente para saltos cortos como reemplazo de cables. Su propósito original era incrementar canales de datos más rápidos que

existían como cableados. A pesar de la intensa publicidad, *Bluetooth* ha requerido de tiempo considerable en lograr cierta aceptación en la industria. Sus principales características son:

- Manejo de voz y datos
- Empleo global
- Capacidad de establecer conexiones temporales de propósito específico
- Capacidad para soportar interferencias de otras fuentes en banda abierta
- Tamaño muy pequeño para facilitar la integración con una variedad de dispositivos
- Consumo de energía despreciable en comparación al de los dispositivos
- Estándar abierto
- Costo muy bajo

Por su parte, SWAP es el protocolo detrás del grupo *HomeRF*. Los dispositivos SWAP tienen un alcance de 50 m, mientras que los *Bluetooth* en su fase inicial solo alcanza 10 m, aunque en una fase posterior alcanzaría los 100 m. Hay que considerar que *Bluetooth* emplea potencias de salida de 1 mW mientras que SWAP utiliza 100 mW.

La principal diferencia entre ellos es que, mientras *Bluetooth* se presenta como un sistema autorregulado e independiente, sin controladores primarios, ya que cualquier dispositivo puede asumir el rol de controlador basado en los requerimientos, HomeRF se basa en un modelo cliente/servidor. Empleando SWAP

como protocolo, HomeRF requiere que un computador actúe como servidor y que los dispositivos periféricos actúen como los clientes. No existe una reestructuración dinámica de los dispositivos adjuntos como si existe en *Bluetooth*.

En este contexto aparece la figura de WAP como enlace entre el entorno de redes inalámbricas de área local y el de Internet móvil, enfocándose en principio en proveer de capacidades de transmisión de datos a los usuarios móviles. A diferencia de las variantes del 802.11, el WAP no se enfoca únicamente en las topologías de picoceldas. WAP se presenta como un integrador universal para proveer datos sobre demanda a los usuarios móviles. Adicionalmente a los servicios disponibles hoy en día, tales como comercio electrónico, transacciones seguras (banca, comercio de acciones, etc.) y de entretenimiento, WAP incluirá servicios de contenido Internet y provisión de datos, bajo un protocolo que pueda funcionar bajo cualquier topología de red inalámbrica, y habilitando servicios multimedia mediante dispositivos inalámbricos, incluyendo a los *Bluetooth* y SWAP.

Actualmente WAP está enfocándose en dispositivos portátiles tales como teléfonos celulares y PDAs, sin embargo se espera que el WAP juegue un rol importante dentro de los dispositivos 3G. Eventualmente la información estará siendo transmitida de dispositivos de mano hacia hogares y oficinas y otros dispositivos inalámbricos portátiles bajo una infraestructura general denominada Internet inalámbrico.

Es poco probable que en a corto plazo se consolide un único protocolo en este sector, es más probable que, por diversos factores, se mantengan vigentes varios de

ellos. En todo caso, su integración a las redes 3G será un tema que deberá ser estudiado a fin de satisfacer el esquema de conexión transparente de los usuarios, ya sea desde una red personal, desde el área de cobertura de un operador celular, o a través de una interfase satelital.

ANEXO C
GLOSARIO

2G	Second Generation Mobile Network
2G+ or 2.5G	Second Generation Enhanced
3G	Third Generation Mobile Network
3GPP	Third Generation Project Partnership
3GPP	Third Generation Partnership Project
3GPP2	Third Generation Project Partnership 2
AAA	Authentication, Authorisation and Accounting (IETF)
ACELP	Algebraic Code Excited Linear Prediction
A-GPS	Assisted GPS
AMR	Adaptive Multirate Codec
ANSI	American National Standards Institute
APEC TEL	Asia Pacific Economic Cooperation Telecommunications Working Group
API	Application Program Interface
ARDIS	Advanced Radio Data Information Service
ARIB	Association of radio Industries and Businesses

ARIB	Association of Radio Industries and Businesses (Japan)
ARPU	Average Revenue per User
ASP	Application Services Provider
ASTE	Advanced Systems and Telecommunications Equipment
ATDMA	Adaptive TDMA
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry
ATM	Asynchronous Transfer Model
AuC	Authentication Centre
AUTN	Authentication Token
AV	Audio-visual
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
BCDF	Broadband Content Delivery Forum
BDMA	Band Division Multiple Access
BRAN	Broadband Radio Access Network
BTS	Base Transceiver System
CAMEL	Customized Applications for Mobil networks Enhanced Logic
CcTLD	Country code Top Level Domain
CD	Compact Disc
CDG	CDMA Development Group
CDMA	Code Division Multiple Access

CDR	Call Data Record
CD-R	Compact Disc - Recordable
CD-ROM	Compact Disc - Read Only Memory
CD-RW	Compact Disc - Read/write Memory
CE	Comisión Europea
CEN	Comité Européen de Normalisation
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardisation
CEPS	Common Electronic Purse
CEPT	Conférence Européenne des Postes et Télécommunications
CEPT ERC	CEPT European Radiocommunications Committee
c-HTML	Compact-HTML
CITEL	Inter-American Telecommunication Commission
CK	Ciphering Key
CLI	Calling line indication
CN	Core Network
CoDiT	Code Division Testbed
CPIM	Common Presence and Instant Messaging
CPP	Calling Party Pays
CPU	Central Processing Unit
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSS	Cascading Style Language

CTIA	Cellular Telecommunications Industry Association
CWTS	China Wireless Telecommunication Standard Group
CXML	Commercial XML
DAB	Digital Audio Broadcasting
DCA	Dynamic Channel Allocation
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name Server
DP	Dynamic Profile
DRM	Digital Rights Management
DS-CDMA	Direct Sequence CDMA
DSL	Digital Subscriber Line
DTX	Discontinuous Transmission
DV	Digital Video
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB Project	Digital Video Broadcast Project
DVB-C	Digital Video Broadcast - Cable
DVB-S	Digital Video Broadcast - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcast -Terrestrial
DVD	Digital Video Disc or Digital Versatile Disc
DxB	Digital Video/Audio Broadcast (DVB and DAB)

EBPP	Electronic Bill Presentation and Payment
EBU	European Broadcasting Union
EbXML	e-business XML
EDGE	Enhanced Data rates for Global Evolution
EDI	Electronic Data Interchange
EDIFACT	Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport
EICTA	European Information and Communications Technology Industry Association
ENF	European Numbering Forum
E-OTD	Enhanced Observed Time Difference
ESA	European Space Agency
ETNO	European Public Telecommunications Network Operators Association
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
FH-DSS	Frequency Hopping Direct Spread Spectrum
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunications System
FRAMES	Future Radio Wideband Multiple Access System
G3G	Global Third Generation
GEO	Geostationary Orbit
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node

GIF	Graphics Interchange Format
GIS	Geographic Information Systems
GMLC	Gateway Mobile Location Centre
GMSC	Gateway Mobile Switching Centre
GNSS	Global Positioning and Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GPSK	Gaussian Phase Shift Keying
GSA	Global mobile Suppliers Association
GSM	Group Special Mobile / Global System for Mobile communications
gTLD	Generic Top Level Domain
GTP	GPRS Tunnelling Protocol
GUI	Graphical User Interface
HDML	Handheld Device Markup Language
HiFi	High Fidelity
HiperLAN	High-Performance Radio Local Area Network
HIPERLAN/2	High Performance Radio LAN Type 2
HMI	Human-Machine Interface
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSDPA	High Speed Download Packet Access
HTML	Hypertext Markup Language

HTTP	HyperText Transfer Protocol
IAB	Internet Architecture Board
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
ICANN	International Corporation for Assigned Names and Numbers
IEC	International Electrotechnical Commission
IEC TC-100	Multimedia Systems and Equipments Standardisation Committee
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IIN	Issuer Identification Number
IM	Instant Messaging
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMPS	Instant Messaging and Presence Services
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT	International Mobile Telecommunications
IMT-DS	Direct Sequence radio interface for IMT-2000
IMT-FT	Frequency Time radio interface for IMT-2000
IMT-MC	Multi-Carrier radio interface for IMT-2000
IMT-SC	Single Carrier radio interface for IMT-2000
IMT-TC	Time Code radio interface for IMT-2000
IN	Intelligent Network
IOTP	Internet Open Trading Protocol

IP	Internet Protocol
IPDR	Internet Protocol Detail Record Organisation
IPSec	Internet Protocol Security
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
IrDA	Infrared Data Association
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISL	Inter-Satellital Link
ISM	Industrial Scientific and Medical
ISM Band	Industrial Scientific & Medical Band
ISO	International Standards Organisation
ISOC	Internet Society
ISP	Internet Service Provider
ISSS	Information Society Standardisation System
IST	Information Society Technologies
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	ITU - Radiocommunications Sector
ITU-T	ITU - Telecommunications Standardisation Sector
J2ME	Java 2 Micro Edition
JPEG	Joint Photographic Expert Group
JTC1 - ISO/IEC	Joint Technical Committee on Information Technology 1

LBS	Location-Based Service
LCD	Liquid Crystal Display
LCS	LoCation-based Services
LEO	Low Earth Orbit
LIR	Local Internet Registry
LMU	Location Measurement Unit
MAC	Media Access Control
MAGIC	Mobile Multimedia; Anytime, Anywhere, Anyone; Global Mobility Support; Integrated Wireless Solution; and Customized Personal Service
Mb	Mega bits
MB	Mega bytes
MCC	Mobile Country Code
MEO	Medium Earth Orbit
MExE	Mobile Station Application Execution Environment
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
MJPEG	Moving JPEG
MMAC	Multimedia Mobile Access Communication systems
MMF	Mobile Manufacturers Forum
MMI	Man Machine Interface
MMS	Multimedia Messaging Service
MNC	Mobile Network Code

MOU	Minutes of Use
MP3	Music Player
MPEG	Moving Picture Expert Group
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MSIN	Mobile Station Identification Number
MSISDN	Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network
MSRN	Mobile Station Routing Number
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
MWIF	Mobile Wireless Internet Forum
NAI	Network Access Identifier
NASA	National Aero Space Agency
NIC	Network Interface Card
NMSI	National Mobile Station Identifier
NO	Network Operator
NTE	Network Terminal Equipment
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OMAP	Open Multimedia applications Platform
OQPSK	Offset QPSK
OS	Operating System

OSA	Open Services Architecture
OSI	Open System Interconnection
OSP	Online Service Provider
OSS	Operation Support System
OTA	Over-The-Air
OTDOA	Observed Time Difference of Arrival
PAMR	Public Access Mobile Radio
PAN	Personal Area Network
PCI	Protocol Connection Identifier
PCIA	Personal Communications Industry Association
PCS	Personal Communications Services
PDA	Personal Digital Assistant
PDC	Personal Digital Cellular
PDS	Pacific Digital System / Personal Digital System
PIM	Personal Information Management
PIN	Personal Identification Number
PKI	Public Key Infrastructure
PLMN	Public Land Mobile Network
PMR	Private Mobile Radio
POI	Point of Interest
PSE	Personal Service Environment

PSO	Protocol Supporting Organisation
PSTN	Public Switched Telephone Network
QOQAM	Quaternary Offset QAM
QoS	Quality of Service
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying
R&TTE	Radio and Telecommunications Terminal Equipment
RACE	Research for Advanced Communications in Europe
RADIUS	Remote Access Dial In User Service
RAINBOW	Radio Independent Broadband on Wireless
RF	Radio Frequency
RIR	Regional Internet Registry
RLC	Radio Link Control
RSS	Radio Sub-System
RSVP	Resource ReSerVation Protocol
RTT	Radio Transmission Technologies
SCF	Service Capability Features
SFH	Slow Frequency Hopping
SGML	Standard Generalised Mark-up Language
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIG5	Special Interest Group 5
SIM	Subscriber Identity Module

SIMPLE	SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging
SIP	Session Initiation Protocol
SLP	Service Location Protocol
SMS	Short Message Service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SP	Service Provider
SSL	Secure Socket Layer
S-UMTS	Satellite-UMTS
SWAP	Shared Wireless Access Protocol
T1	Standards Committee T1 (USA)
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TDOA	Time Difference Of Arrival
TD-SCDMA	Time Division Synchronous CDMA
TETRA	TErrestrial Trunked Radio
TIFF	Tag Image File Format
TLA	Top Level Aggregate
TLD	Top Level Domain
TLS	Transport Layer Security
TOA	Time of Arrival

TSG	Technical Specifications Group
TTA	Telecommunications Technology Association (Korea)
TTC	Telecommunication Technology Committee (Japan)
T-UMTS	Terrestrial UMTS
UCI	Universal Communications Identifier
UDP	User Datagram Protocol
UICC	Universal Integrated Circuit Card
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
URL	Uniform Resource Locator
USIM	Universal Subscriber Identity Module
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
UWC	Universal Wireless Communications
UWCC	Universal Wireless Communications Consortium
VHE	Virtual Home Environment
VLR	Visitor Location Register
VMSC	Visited Mobile Switching Centre
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over IP
VP3	High-quality variable bit rate video.
VPN	Virtual Private Network

VSAT	Very Small Aperture Terminal
VXML	Voice eXtensible Markup Language.
W3C	Worldwide Web Consortium
WAN	Wide Area Network
WAP	Wireless Application Protocol
W-ASP	Wireless-ASP
W-CDMA	Wideband CDMA
WHO	World Health Organization
WIDGET	Wireless Internet Digital Gadget for Electronic Transactions
WIMS	Wireless Multimedia and Messaging Services Wideband CDMA
WLAN	Wireless Local Area Network
WML	Wireless Markup Language
WPKI	Wireless Public Key Infrastructure
XDSL	Digital Subscriber Line
XHTML	extensible Hypertext Markup Language
XML	eXtensible Mark-up Language
XMT	eXtensible MPEG-4 Textual Format
XNS	Extensible Name Service
XSL	Extensible Stylesheets Language

BIBLIOGRAFÍA

- [1] 3GPP, Mandatory Speech Codec Speech Processing Functions, AMR Speech Codec: General Description (3G TS 26.071 version 3.0.1), 1999
- [2] 3GPP, Mandatory Speech Codec Speech Processing Functions, AMR Speech Codec: Frame Structure General Description (3G TS 26.101 version 1.4.0), 1999
- [3] 3GPP, Technical Specification Group Services and Systems Aspects, Codec for Circuit Switched Multimedia Telephony Service: General Description (3G TS 26.110 version 3.0.1), 1999.
- [4] 3GPP, Technical Specification Group Services and Systems Aspects, Location Services (LCS), Service description, Stage 1 (3G TS 22.071 version 3.1.0), 1999
- [5] 3GPP, Technical Specification Group Services and Systems Aspects, QoS Concept (3G TR 23.907 version 1.3.0), 1999.

- [6] Cellular System, IS-95, “Dual-Mode Mobile Station-Base Station Wideband Spread Spectrum Compatibility Standard” PN 3118, EIA, Engineering Department, December 1992 (CDMA systems).
- [7] Cellular System, IS-96, “Recommended Minimum Performance Standards for Mobile Stations Supporting Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Base Stations”, PN-3119, EIA, Engineering Department, December 1993 (CDMA Systems).
- [8] Cellular System, IS-97, “Recommended Minimum Performance Standards for Base Stations Supporting Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations”, PN-3120, EIA, Engineering Department, December 1993 (CDMA Systems).
- [9] Claude Shannon, “Communications in the Presence of Noise”. Proceedings of the IRE, 37:10-21, Enero 1949.
- [10] Cooper, G. and McGillem, C., “Modern Communication and Spread Spectrum”, McGraw-Hill, 1998.
- [11] Dixon, R., “Spread Spectrum Systems with Commercial Applications”, John Wiley & Sons, 1994.
- [12] Frecuencia Latinoamericana – Edición mensual.
- [13] Gartner Group, “Mobile Data Devices Market Report”, Dataquest, 2000.

- [14] Holma H., and Toskala, A., “WCDMA for UMTS, Radio Access For Third Generation Mobile Communications”, Ed. John Wiley & Sons, 2000.
- [15] Holma H., Toskala, A. and Latva-aho, M., “Asynchronous Wideband CDMA for IMT-2000”, SK Telekom Journal, South Korea, Vol.8, No 6, 1998, pp. 1007-1021.
- [16] Lluch, Cayetano, Hernando, José M., “Comunicaciones Móviles de Tercera Generación”, Telefónica Móviles España, 2000
- [17] Network Magazine – Edición mensual.
- [18] RF Design – Edición mensual.
- [19] Saunders, S., “Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems”, John Wiley & Sons, 1999.
- [20] Telecommunications News - Agilent Technologies, Edición Europea
- [21] Viterbi, A., “Principles of Spread Communication”, Addison-Wesley, 1997.
- [22] Viterbi, J.,. “CDMA Cellular Systems”, New York, McGraw Hill, 1995.
- [23] William, C., Lee, Y., “Mobile Cellular Communications – Analog and Digital Systems”, McGraw-Hill, 1989.