

## Capítulo 4

### Contenido

<b>SISTEMAS Y ESTÁNDARES DE TERCERA GENERACIÓN .....</b>	<b>94</b>
OBJETIVOS DEL CAPÍTULO .....	94
4.1 EVOLUCIÓN HACIA LA TERCERA GENERACIÓN [5].....	94
<i>Sistemas 1G</i> .....	94
Conmutación de circuitos.....	95
<i>Sistemas 2G</i> .....	95
Sistemas 2.5G .....	96
Conmutación de paquetes .....	96
<i>Sistemas 3G</i> .....	96
<i>Rutas de migración a 3G [4], [5]</i> .....	97
<i>Europa</i> .....	98
<i>Estados Unidos</i> .....	98
<i>Japón</i> .....	99
4.2 EDGE.....	99
<i>GPRS mejorado</i> .....	100
<i>Beneficios para el suscriptor</i> .....	101
4.3 IMT-2000 – EL ESTÁNDAR GLOBAL 3G .....	101
<i>Características</i> .....	102
<i>Servicios</i> .....	102
<i>Requerimientos de espectro</i> .....	103
<i>Interfases de radio</i> .....	103
4.4 UMTS [10], [11] .....	104
<i>Cobertura</i> .....	105
<i>Tasas de transferencia de datos</i> .....	105
<i>Utilización del espectro</i> .....	106
<i>Servicios</i> .....	106
<i>Cambios evolutivos en UMTS</i> .....	107
<i>Arquitectura 3G UMTS-R3</i> .....	107
Nuevas interfases .....	108
El controlador de la red inalámbrica – RNC .....	110
El Nodo B .....	110
<i>Arquitectura 3G UMTS-R4</i> .....	110
El MGW o <i>Media Gateway</i> .....	112
MSC Server.....	112
Nuevas interfases .....	112
<i>Arquitectura 3G UMTS-R5</i> .....	112
Cambios y componentes adicionales.....	113
IMS – <i>IP Multimedia Subsystem</i> .....	114
HSS – <i>Home Subscriber Server</i> .....	114
Nuevas interfases .....	114
<i>Terminales móviles</i> .....	115
Interoperabilidad y <i>roaming</i> global .....	115
El equipo del usuario.....	115
<i>Aspectos económicos</i> .....	115
4.5 HSDPA .....	116
Instalaciones.....	116
4.6 CDMA 2000.....	116
CDMA2000 1× .....	117
CDMA2000 3× .....	117
CDMA2000 1×EV-DO .....	117
CDMA2000 1×EV-DV .....	118
GLOSARIO .....	119

REFERENCIAS .....	124
-------------------	-----

## Sistemas y estándares de tercera generación

### Objetivos del capítulo

En este capítulo se estudian los sistemas de telefonía móvil de tercera generación. Se presenta una visión general de la evolución de las redes de telefonía celular, con servicios de voz y capacidad restringida para la transmisión de datos, hacia la tercera generación, con integración de voz y datos, altas tasas de transferencia y mayor eficiencia en el uso de los recursos. También se revisa el estándar global IMT-2000 y los sistemas que siguen este estándar, particularmente UMTS.

Después de estudiar el capítulo el estudiante deberá:

- Tener una visión general de la evolución de los sistemas de telefonía móvil.
- Identificar los cambios importantes en la ruta de migración desde la primera hasta la tercera generación.
- Entender la tecnología de EDGE
- Conocer lo esencial sobre el estándar IMT-2000.
- Conocer las características y funcionamiento de los sistemas 3G, en general, y de UMTS en particular.
- Aprender la importancia de CDMA2000.
- Entender el significado de la convergencia de tecnologías y la importancia que tiene para la telefonía móvil.

### 4.1 Evolución hacia la tercera generación [5]

En los 60 años que han transcurrido desde cuando AT&T inició el servicio de MTS (*Mobile Telephone System*) en St. Louis (EU) el 17 de junio de 1946 (véase Capítulo 1), la telefonía móvil ha crecido más que cualquier otra tecnología de comunicaciones en la historia. Promovida por los avances en tecnología de comunicación digital en combinación con la demanda por servicios y una extraordinaria acogida por los usuarios, en el primer semestre de 2006 registraba un número superior a 2,400 millones<sup>1</sup> de suscriptores en el mundo.

El progreso ha producido varias generaciones en los sistemas de telefonía celular. El cuadro de la *Fig. 4.1* muestra las características principales.

### Sistemas 1G

La primera generación (1G), de principios de la década de los 80, emulaba los sistemas convencionales de telefonía fija pero en un ambiente inalámbrico con ventajas de movilidad y acceso personal. El propósito era la telecomunicación de voz, con señales

---

<sup>1</sup> Estadísticas de GSM, en el sitio [http://www.gsmworld.com/news/statistics/pdf/gsm\\_stats\\_q2\\_06.pdf](http://www.gsmworld.com/news/statistics/pdf/gsm_stats_q2_06.pdf)  
En contraste, al 18 de septiembre de 2006, el uso de Internet a nivel mundial se registró en 1,086 millones de usuarios (<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>)

analógicas y conmutación de circuitos. Por la naturaleza analógica del sistema, el método de acceso al medio debe ser FDMA, por división de frecuencias.

	1G	2G	2.5G	3G
<b>Tipo de señal</b>	analógica	digital	digital	digital
<b>Conmutación</b>	circuitos	circuitos	paquetes	paquetes
<b>Servicios</b>	voz	mensajes	internet	multimedia
<b>Tasa de transferencia de datos</b>	-	14 kbps	144 kbps	384 kbps a 2 Mbps
<b>Método de acceso</b>	FDMA	TDMA, CDMA	TDMA, CDMA	CDMA

*Fig. 4.1 Generaciones de telefonía móvil y sus características*

### Conmutación de circuitos

La conmutación de circuitos es la técnica de transmisión utilizada por la telefonía fija, en la cual para brindar el servicio se ejecutan tres pasos de rigor:

- primero la red debe establecer un circuito entre quien origina la llamada y el destinatario, conectando los tramos necesarios en las centrales telefónicas mediante la conmutación.
- Una vez establecido el circuito se realiza la comunicación por el circuito dedicado; este circuito es exclusivo entre las dos partes por el tiempo de duración de la llamada.
- Cuando se termina la comunicación, el sistema desconecta el circuito para que los enlaces puedan ser utilizados por otros suscriptores.

Esta técnica ofrece una comunicación confiable y de buena calidad pero tiene el gran inconveniente que desperdicia recursos valiosos: el ancho de banda y la capacidad instalada de los canales que son exclusivos para los usuarios que están conversando y mientras tanto no se pueden compartir con otros suscriptores.

### Sistemas 2G

Los sistemas de segunda generación (2G) son de comienzos de la década de los 90 y presentan cambios importantes respecto a la generación anterior: el propósito sigue siendo la transmisión de voz, pero se amplían los servicios para incluir transmisión de mensajes cortos de texto o datos. Para atender la creciente demanda en el número de suscriptores los sistemas son digitales, pero la técnica de transmisión continua siendo por conmutación de circuitos. El método de acceso principal es TDMA que permite mayor concentración de usuarios por celda y transmisión de datos digitales. Unos sistemas utilizan CDMA que provee algunas ventajas interesantes.

## Sistemas 2.5G

El crecimiento de Internet impulsa la demanda por la comunicación de datos y la convergencia de servicios en la telefonía móvil digital. A finales de los años 90 están disponibles a los usuarios servicios digitales con tasas de transferencia de datos hasta de 144 kbps, derivados de sistemas inalámbricos diseñados para usar Internet con las redes de telefonía móvil. Estos sistemas complementarios, como HSCSD y GPRS para GSM, son digitales y orientados a la conmutación de paquetes y constituyen lo que se ha denominado 2.5G.

### Conmutación de paquetes

En las redes de conmutación de paquetes, los mensajes de datos se segmentan en bloques (paquetes) que viajan por la red en forma independiente seleccionando la ruta más conveniente y, lo más importante, compartiendo los canales de comunicación con paquetes de otros mensajes. No es necesario para iniciar la transmisión establecer primero una ruta dedicada, pero para agilizar la transmisión de los paquetes se pueden utilizar circuitos virtuales que además aseguran que los paquetes llegan a su destino en orden.

Esta técnica de transmisión es la utilizada por los protocolos de Internet y es la más adecuada para la transmisión de datos; es mucho más eficiente en el uso del ancho de banda. Sin embargo, estos sistemas 2.5G no son redes de conmutación de paquetes simples; en realidad, los datos se envían como paquetes pero sobre redes de conmutación de circuitos. Recordemos que, por ejemplo en el caso de HSCSD o GPRS (que usan conmutación de paquetes), estos sistemas funcionan sobre GSM (que utiliza conmutación de circuitos), de manera integrada. Las redes inalámbricas que utilizan conmutación de paquetes exclusivamente son las redes de telefonía móvil de la tercera generación, 3G.

## Sistemas 3G

La visión por 3G comenzó en 1992 y surgió de un estándar global (IMT-2000), con la visión de usar las mismas frecuencias en todo el mundo y usar una red digital basada en conmutación de paquetes que entregue ancho de banda por demanda a tasas de transferencia variables hasta 2 Mbps. Con estas especificaciones se puede ofrecer contenido multimedia a la estación móvil. Pero para realizar ésta visión de 3G se requieren nuevas redes de conmutación de paquetes y la asignación de nuevas frecuencias en el espectro.

La visión ha encontrado varios obstáculos. Por un lado, los Estados Unidos han rehusado asignar el espectro requerido para los servicios de 3G (2000 MHz). Además, los proveedores de servicios establecidos quieren aprovechar al máximo la infraestructura que han instalado y los proveedores de equipos dominantes quieren beneficiarse de sus líneas de productos existentes. Esto ha conducido en que hay por lo menos tres rutas diferentes hacia 3G. Las perspectivas de negocios para los fabricantes de dispositivos móviles de banda dual, tri-banda y demás son excelentes por la demanda que ha resultado por la diversidad de sistemas.

## Rutas de migración a 3G [4], [5]

Por diversas razones, el mundo de la telefonía móvil evolucionó por tres rutas distintas, en tres regiones diferentes: Europa, los Estados Unidos y Japón. Todos iniciaron con sus propios estándares analógicos, que era apropiado para la época porque nadie esperaba que su teléfono celular operara en otros países. Pero a medida que el mundo se digitalizó la situación se ha complicado. La Fig. 4.2 muestra las rutas de migración a 3G.

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) tuvo la idea que sería ideal si sólo existiera una tecnología digital operando a nivel mundial, que permitiera que un teléfono celular funcionara en cualquier lugar del planeta (donde haya servicio). La UIT, con el apoyo de las naciones miembro, inició un programa llamado el *International Mobile Telephone* o IMT-2000<sup>2</sup>. El propósito del programa ha sido desarrollar un estándar digital, único, aplicable a todo el mundo. La asignación de frecuencias para IMT-2000 está entre 1885 y 2200 MHz con algunas extensiones. Desafortunadamente, al cambiar los sistemas analógicos a tecnología digital en 2G, las bandas de frecuencia se segmentaron y esto ha sido un obstáculo en la migración a 3G.

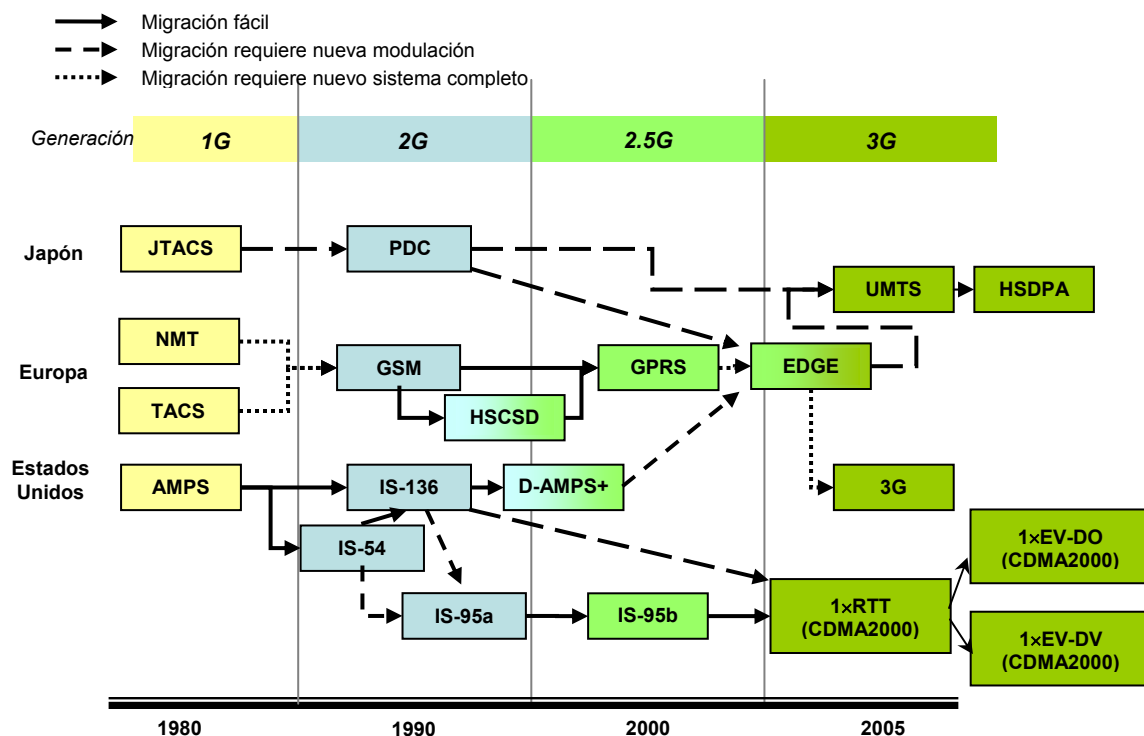


Fig. 4.2 Rutas de migración a 3G

<sup>2</sup> El “2000” inicialmente tenía tres significados: 1) el año en que el programa debería comenzar; 2) la banda de frecuencias de operación y 3) la máxima tasa de transferencia de datos en kbps. Por ahora, la fecha de iniciación se ha corrido y sólo el tiempo dirá si se logran los otros dos objetivos.

## Europa

Europa fue pionera en el desarrollo de la telefonía móvil y a principios de los años 80 habían instalado sistemas en, por lo menos, ocho países; el NMT 450 que operaba en los países escandinavos era el sistema (analógico) más avanzado de su época. Sin embargo los diversos sistemas eran incompatibles entre sí.

Cuando migraron a tecnología digital, los europeos tuvieron el buen sentido de acordar una tecnología única para todos los países. Esa tecnología fue GSM, basada en TDMA. Mientras se daban las condiciones para los sistemas 3G, Europa desarrolló unas etapas intermedias (2.5G) en esa dirección. Una de esas primeras etapas ha sido GPRS, descrito en el Capítulo 3. GPRS instala una red de conmutación de paquetes sobre el sistema GSM existente. La conmutación de paquetes es más eficiente que la conmutación de circuitos y permite dar servicio a más usuarios simultáneos.

El siguiente paso es el ambiente GSM mejorado para datos, o EDGE (*Enhanced Data GSM Environment, o Enhanced Data rates for Global Evolution*). EDGE ofrece tres veces la tasa de transferencia de datos que GPRS y se estudiará más adelante en la Sección 4.2.

El sistema “oficial” 3G para Europa es UMTS o *Universal Mobile Telecommunications System*. Lo bueno de UMTS es que es un auténtico sistema de conmutación de paquetes, no uno instalado encima de otro de conmutación de circuitos. Lo malo es que funciona en una banda de frecuencia diferente (2000 MHz) a 1G o 2G, lo cual significa un alto costo para actualizar el sistema. Curiosamente, UMTS no se basa en TDMA como GSM, si no en una variedad de CDMA, conocida como CDMA de banda ancha o *Wideband CDMA* (W-CDMA). W-CDMA utiliza la misma tecnología de espectro extendido que usa el CDMA de los Estados Unidos, pero tiene un ancho de banda de 5 MHz, en cambio del 1.25 MHz de ancho de banda del sistema norteamericano. De ahí el apelativo “banda ancha”.

## Estados Unidos

A diferencia de Europa, los Estados Unidos iniciaron con un solo estándar para telefonía celular en 1983, AMPS (véase Capítulo 2) en una banda de frecuencia de 900 MHz. Pero contrario a Europa, cuando pasaron a 2G, los Estados Unidos se diversificó con tres enfoques diferentes. IS-95, cuyo nombre comercial es *cdmaONE*, basado en CDMA; IS-54 basado en GSM TDMA, y *Digital AMPS* o D-AMPS, también llamado IS-136, basado en otra interfase TDMA diferente. Estos tres “estándares” utilizan dos bandas de frecuencia diferentes: 900 MHz y 1900 MHz.

La migración a 2.5G o 3G no va unificar estos sistemas diferentes. Hay dos rutas de migración a 3G distintas en los Estados Unidos y no van a ser compatibles con las de Europa (véase la Fig. 4.2).

La ruta TDMA (IS-54, IS-136, D-AMPS+) migra hacia EDGE, la misma tecnología 2.5G avanzada utilizada en Europa, aunque en unas frecuencias diferentes. Sin embargo, al pasar a 3G, no será a UMTS y no utilizará la banda de 2 GHz.

La ruta CDMA atraviesa por una serie de actualizaciones sobre tecnología CDMA, como se indica en la *Fig. 4.2*. La versión 2.5G se denomina *CDMA2000 1xRTT* (IS-2000) y la versión 3G se conoce como *CDMA2000 1xEV-DO*. Cada una de estas representa una mejora en ancho de banda y/o modulación. Pero estas versiones de CDMA son incompatibles con la W-CDMA utilizada en Europa.

## Japón

El primer país del mundo en instalar un sistema de telefonía celular fue el Japón. Con las dos primeras generaciones el país estuvo aislado con su sistema analógico 1G conocido como JTACS y sistema digital 2G, PDC basado en TDMA. El crecimiento del número de suscriptores en el Japón ha sido vertiginoso desde un comienzo y junto con la ventaja de no tener diversos sistemas incompatibles le permitió al país pasar directamente a un sistema 3G. El Japón es el primer país con un sistema de telefonía móvil 3G. El sistema está basado en W-CDMA similar al utilizado en UMTS. En 2005, el 40% de los suscriptores, aproximadamente, usaban el sistema 3G y se espera que para este año (2006) se hubiera reemplazado totalmente el sistema 2G y se iniciara el cambio a un sistema 3.5G con tasa de transferencia de 3 Mbps.

El objetivo de la UIT es armonizar estos diversos sistemas 3G con la visión original de un estándar mundial único.

## 4.2 EDGE

El *Enhanced Data rates for GSM Evolution* o EDGE es el siguiente paso en la evolución de GSM hacia la tercera generación, permitiendo a estas redes proveer mejores tasas de transferencia de datos y una más eficiente utilización del espectro. Como el nombre lo indica, EDGE se planeó como una mejora a las redes GSM, una actualización más avanzada para los operadores que ya habían instalado sistemas de 2.5G como HSCSD y GPRS.

El plan original consideraba que los operadores de GSM lo implementaran en sus redes mientras construían UMTS (la red 3G) y aprovechaban el espectro licenciado por IMT-200. Como UMTS puede trasladar llamadas a GSM, las dos serían compatibles, inclusive en los dispositivos móviles.

En los Estados Unidos, el grupo UWCC (*Universal Wireless Communications Consortium*) que representa la industria norteamericana de TDMA, adoptó a EDGE para la migración de las redes D-AMPS a 2.5G. El tamaño de un canal en EDGE es sólo 200 kHz, igual que GSM. Aún con la limitación que celdas contiguas en TDMA no pueden reutilizar canales, un sistema EDGE se puede implementar con 600 kHz que es menos de la mitad de lo requerido para CDMA de banda angosta. Esto lo hace muy atractivo para operadores de D-AMPS y EDGE resultó en la ruta de migración a 3G para los sistemas 2G con tecnología TDMA en los Estados Unidos.



## GPRS mejorado

EDGE hereda las características principales de GSM y GPRS, incluyendo la estructura TDMA de 8 usuarios, e inclusive la duración de la ráfaga o *slot* de 577  $\mu$ s. La única diferencia está en el esquema de modulación. En cambio de GMSK, utiliza 8-PSK (8-*Phase Shift Keying*) que introduce 8 niveles por elemento de señal modulada, triplicando<sup>3</sup> la capacidad de transferencia de datos con respecto a GSM.

Manteniendo la misma estructura de ráfaga (*slot*), tramas y multitramas que GSM (véase Capítulo 3), pero con cada “bit” representando 8 estados en vez de 2, la tasa de transferencia máxima por ráfaga se incrementa tres veces, de 21.4 kbps a 64.2 kbps.

Debido a que 8-PSK es más vulnerable a errores que GMSK, EDGE tiene 9 esquemas de modulación y codificación (MCS o *Modulation and Coding Schemes*), cada una diseñada para una conexión con diferente calidad. Se diferencian por la corrección avanzada de error (*Forward Error Correction* o FEC) requerida y el esquema de modulación utilizado. Cuando se usa 8-PSK en una conexión con mucho ruido, el MCS baja automáticamente a GMSK. La tabla de la Fig. 4.3 muestra las características de las nueve esquemas de modulación y codificación (MCS), indicando una capacidad del canal máxima de 473.6 kbps.

EDGE se puede implementar en un sistema GSM, pero representa cambios importantes. Las estaciones base deben ser modificadas; se deben instalar unidades transceptoras compatibles con EDGE y los BSS (*Base Station Subsystem*) deben ser actualizados para soportar el sistema. También se necesitan terminales móviles compatibles con EDGE y software para codificar y decodificar los nuevos esquemas de codificación y modulación y transportar las mayores tasas de transferencia de datos requeridos para implementar los nuevos servicios.

MCS	Capacidad del slot	FEC	Modulación	Capacidad del canal
1	8.8 kbps	143%	GMSK	70.4 kbps
2	11.2 kbps	91%	GMSK	89.6 kbps
3	14.8 kbps	45%	GMSK	118.4 kbps
4	17.6 kbps	22%	GMSK	140.8 kbps
5	22.4 kbps	187%	8-PSK	179.2 kbps
6	29.6 kbps	117%	8-PSK	236.8 kbps
7	44.8 kbps	43%	8-PSK	358.4 kbps
8	54.4 kbps	18%	8-PSK	435.2 kbps
9	59.2 kbps	8%	8-PSK	473.6 kbps

Fig. 4.3 Esquemas de modulación y codificación en EDGE

Cuando se instala EDGE lo más probable es que el operador ya tiene funcionando GPRS e incluso HSCSD. Por esta razón ocasionalmente se habla de E-GPRS (la “E” significa

<sup>3</sup> La explicación se basa en el teorema de Nyquist. Véase el Capítulo 1.

“*enhanced*”, realzado o mejorado) para referirse a EDGE y es común clasificarlo como un sistema 2.75G.

### Beneficios para el suscriptor

Con EDGE el suscriptor paga por el volumen de tráfico (datos transferidos), no por el tiempo de conexión. Puede mantener la conexión activa permanente; si recibe o necesita hacer una llamada, la conexión EDGE se desconecta automáticamente por la duración de la llamada.

Algunos beneficios para el suscriptor son:

- Conectarse a la oficina o cuenta de correo personal; inclusive se puede programar el teléfono para revisar el correo automáticamente con *data sync*.
- Navegar por Internet con el teléfono
- Sincronizar el teléfono y la agenda cuando está fuera de la ciudad
- Bajar tonos de timbre, gráficas y juegos.
- Jugar en línea.
- Enviar y recibir mensajes MMS.
- Utilizar el teléfono como un módem, conectando el computador personal a Internet.
- Suscribirse a servicios móviles que le brindan información personalizada.
- Utilizar aplicaciones en Java que requieren conexión a la red.
- Conversar en línea (*chat*) usando mensajería instantánea con el teléfono.

Para usar EDGE se requiere un dispositivo móvil que lo soporte. Sin embargo, suscriptores que no tienen un teléfono compatible con EDGE, pueden acceder a los servicios porque el sistema es totalmente compatible con GSM, HSCSD y GPRS.

### 4.3 IMT-2000 – el estándar global 3G

IMT-2000 o *International Mobile Telecommunications-2000*<sup>4</sup> es el estándar mundial para comunicaciones inalámbricas de tercera generación (3G), definido por un conjunto de recomendaciones resultado de la colaboración de muchas entidades representativas de la industria de las telecomunicaciones y de organismos de estandarización en los países líderes en tecnología y servicios. Bajo el liderazgo de la UIT, IMT-2000 proporciona un marco de referencia para el acceso inalámbrico global, conectando diversos sistemas basados en redes de comunicaciones, terrestres y satelitales.



Fig. 4.4 Logotipo de IMT-2000

Las actividades de la UIT respecto a IMT-2000 comprenden la estandarización internacional, incluyendo definición de las frecuencias del espectro y especificaciones

<sup>4</sup> Fuente, <http://www.itu.int/home/imt.html>

técnicas para los componentes de radio y de la red, tarifas y facturación, asistencia técnica y estudios sobre aspectos de regulación y política.

## Características

Los sistemas de tercera generación, en conjunto conocidos como IMT-2000, son una familia de estándares compatibles que tienen las siguientes características:

- Utilización mundial
- Utilización por todo tipo de aplicaciones móviles
- Soporte a sistemas de transmisión de datos por conmutación de paquetes (PS) y conmutación de circuitos (CS)
- Altas tasas de transferencia de datos, hasta 2 Mbps, dependiendo de la movilidad y velocidad
- Alta eficiencia en el manejo del espectro

## Servicios

IMT-2000 ofrece la capacidad de proporcionar servicios y aplicaciones de valor agregado sobre la base de un único estándar. El sistema prevé una plataforma para la convergencia de servicios fijos y móviles, voz, datos, multimedia e Internet.

Una de sus estrategias clave es, lograr que los usuarios puedan moverse libremente a través de fronteras, regionales o internacionales, utilizando el mismo número y dispositivo móvil (*global roaming*); también se ocupa de que se ofrezcan servicios por diversos medios (satelital, fijo, inalámbrico, etc.).

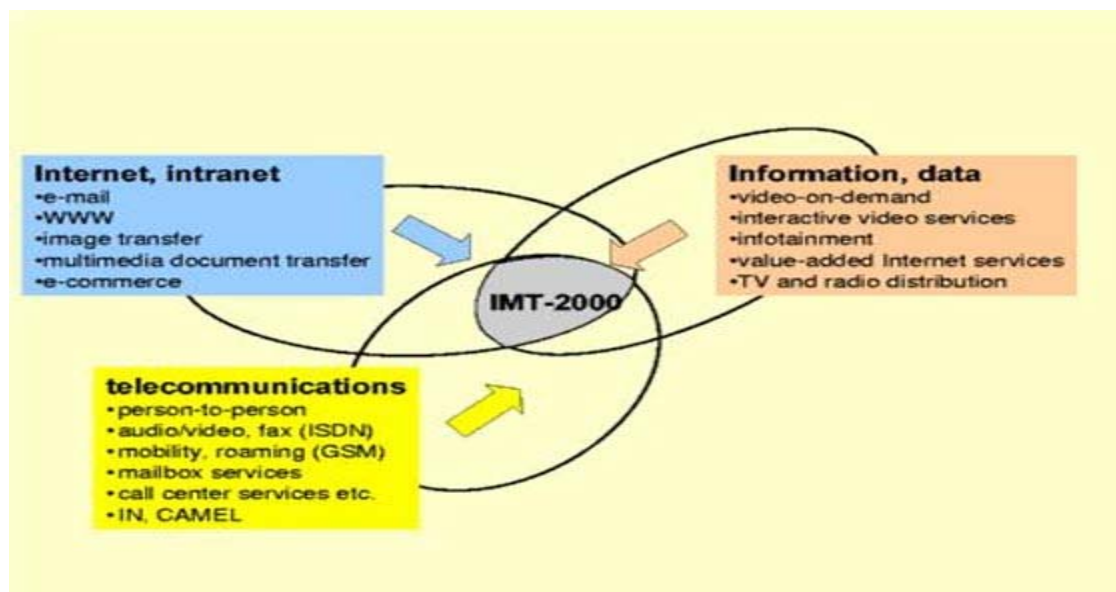


Fig. 4.5 Convergencia de servicios en IMT-2000

El estándar define que se provean los servicios a altas tasas de transmisión; a 2 Mbps, como mínimo, para usuarios estacionarios o de baja movilidad y 384 kbps en un vehículo

en movimiento. En contraste con los sistemas de segunda generación que sólo proveen tasas de transferencia de 9.6 kbps a 28.8 kbps.

Con la adopción del estándar se espera aprovechar la sinergia potencial entre las tecnologías digitales de telecomunicaciones móviles y los sistemas de acceso inalámbricos móviles y fijos.

La *Fig. 4.5* indica como IMT-2000 proporciona la integración de tecnologías de información y telecomunicaciones.

## Requerimientos de espectro

En 1992, la UIT recomendó que en todo el mundo se asignaran las mismas frecuencias para los servicios 3G. Esto permitiría el desplazamiento global de los usuarios (*roaming*), particularmente si todos los operadores utilizaban el mismo estándar, IMT-2000. Sin importar su ubicación, el usuario podría estar seguro que su dispositivo móvil funcionaría.

Estas bandas de frecuencias se definieron de 1885 a 2025 MHz y 2110 a 2200 MHz. Las bandas adicionales están en 806 a 960 MHz, 1710 a 1885 MHz y 2500 a 2690 MHz.

Desafortunadamente, de los principales protagonistas el único país que adoptó las recomendaciones de la UIT fue China. En los Estados Unidos y Canadá estas bandas se utilizan para telefonía móvil de segunda generación e inalámbrica fija. En Europa y Japón solo una pequeña porción de la banda inferior se utiliza para telefonía inalámbrica fija pero la banda superior está disponible. Esto ha presentado dificultades para la implantación del estándar a nivel mundial.

## Interfases de radio

En 1999 la UIT aprobó cinco interfases inalámbricas para IMT-2000. Comprende servicios de valor agregado y aplicación global, desarrollados sobre la base de un estándar único que adapta las cinco interfases de radio basadas en tres tecnologías de acceso, CDMA, TDMA y FDMA:

- *IMT-DS Direct Spread*
  - Conocida también como W-CDMA o UTRA-FDD, utilizada en UMTS.
- *IMT-MC Multi-Carrier*
  - Conocida como CDMA2000, el sucesor de 2G CDMA (IS-95).
- *IMT-TD Time-Code*
  - Esta incluye: TD-CDMA (*Time Division - Code Division Multiple Access*) y TD-SCDMA (*Time Division - Synchronous Code Division Multiple Access*). Las dos han sido estandarizadas por el 3GPP en UMTS como UTRA TDD-HCR (3.84 Mcps *chip rate*, 5 MHz ancho de banda, interfase inalámbrica TD-CDMA) y UTRA TDD-LCR (1.28

*Mcps chip rate*, 1.6 MHz ancho de banda, interfase inalámbrica TD-SCDMA).

- *IMT-SC Single Carrier*
  - Conocida como UWC-136
- *IMT-FT Frequency Time*
  - Conocida como DECT

La Fig. 4.6<sup>5</sup> a continuación muestras las interfases terrestres inalámbricas que comprende IMT-2000.

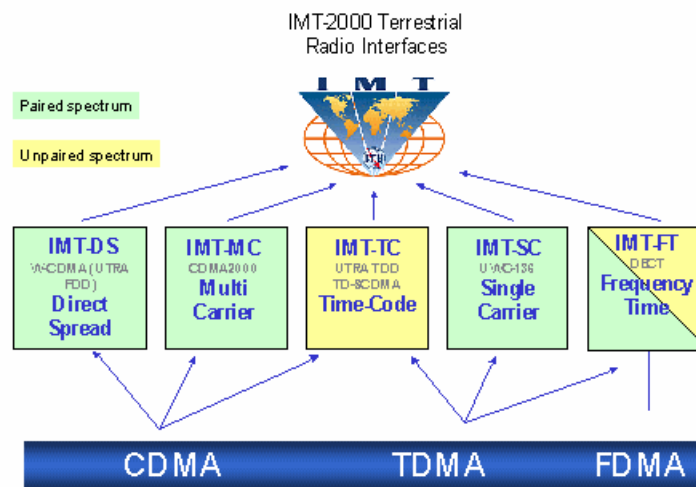


Fig. 4.6 Interfases terrestres de radio en IMT-2000

Las propuestas más importantes de IMT-2000 son UMTS (W-CDMA) como el sucesor de GSM, CDMA2000 como el sucesor de IS-95 y TD-SCDMA (UWC-136/EDGE) como el sucesor de D-AMPS/GSM. Todas estas son 3G, continuación de estándares predominantes anteriores que conducirán, eventualmente, a realizar el objetivo de IMT-2000 de lograr una estandarización internacional y promover la convergencia de servicios. Ya para el presente año 2006, se encuentran registrados más de 351 millones de suscriptores con tecnología 3G en el mundo, que es 14.7% del total de suscriptores de telefonía móvil.

#### 4.4 UMTS [10], [11]

El *Universal Mobile Telecommunications System* o UMTS es una de las tecnologías de tercera generación (3G) para telefonía móvil. Es la alternativa europea al proyecto IMT-2000 de la UIT, se ha estandarizado por la 3GPP<sup>6</sup> y utiliza W-CDMA (*Wideband*

<sup>5</sup> Fuente, UIT <http://www.itu.int/osg/spu/imt-2000/technology.html>

<sup>6</sup> El *3rd Generation Partnership Project* o 3GPP, es un convenio de colaboración establecido en diciembre 1998, entre ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*, una organización de estándares independiente, sin ánimo de lucro, para la industria de telecomunicaciones en Europa), ARIB/TTC (Japón), CCSA (*China Communications Standards Association*), ATIS (*Alliance for Telecommunications Industry Solutions*, Estados Unidos.) y TTA (Corea del Sur). El Proyecto tiene la responsabilidad por la

CDMA) en la interfase inalámbrica. UMTS está diseñado como sucesor de GSM y en algunas regiones se mercadea como 3GSM para acentuar el nexo de la tecnología 3G con el estándar GSM.

## Cobertura

La primera red comercial UMTS a gran escala en el mundo se instaló en el Japón en 2001, operada por NTT DoCoMo, el principal operador de telefonía móvil en ese país. A partir de 2003, la compañía “3” (operador de telefonía móvil con licencias 3G en 10 países) instaló gradualmente redes en Australia, Austria, Hong Kong, Italia y el Reino Unido. En el presente año (2006) “3” tiene más de 10 millones de suscriptores registrados a nivel mundial.

Para el segundo semestre 2006 se registraban más de 74 millones de suscriptores en el mundo usando UMTS, con la mayor concentración en Europa occidental y Asia Pacífico, como se indica en la tabla de la Fig. 4.7 a la derecha. La GSA (*Global Supplier Association*) reporta que para finales de mayo 2006, los servicios 3GSM/W-CDMA están disponibles en 112 redes y 49 países.<sup>7</sup>

<b>Mercado</b>	<b>1er Semestre 2006</b>	<b>%</b>
<i>Europa occidental</i>	36,626,694	<b>49.2</b>
<i>Asia Pacífico</i>	35,673,877	<b>47.9</b>
<i>Europa oriental</i>	825,052	<b>1.1</b>
<i>Oriente Medio</i>	545,831	<b>0.7</b>
<i>USA</i>	400,886	<b>0.5</b>
<i>Cánada</i>		
<i>África</i>	<b>326,976</b>	<b>0.4</b>
<b>Mundial</b>	<b>74,399,730</b>	<b>100</b>

Fig. 4.7 Suscriptores UMTS/W-CDMA

## Tasas de transferencia de datos

UMTS soporta, en su primera versión, una tasa de transferencia de datos hasta 1920 kbps (en versiones posteriores 2048 kbps), aunque en la realidad en las redes instaladas los usuarios obtienen hasta 384 kbps; en el Japón se están preparando instalaciones de 3 Mbps. De todas maneras, esto es mucho más de los 14.4 kbps de un canal de datos, con conmutación de circuitos, en GSM, o múltiples canales de 14.4 kbps en HSCSD. La gráfica de la Fig. 4.8 compara las tasas de transferencia de datos en las tecnologías de la familia GMS.

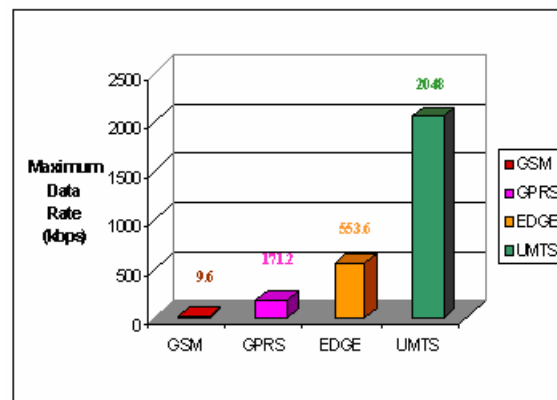


Fig. 4.8 Tasas de datos comparativas

especificación del sistema para la tercera generación (3G) de telefonía móvil aplicable a nivel mundial, dentro del marco del programa IMT-2000 de la UIT..

<sup>7</sup> Fuente, <http://www.gsmworld.com/technology/3g/statistics.shtml>

## Utilización del espectro

En UMTS se combinan la interfase inalámbrica W-CDMA (W-CDMA no es exclusivo a UMTS), algunos elementos centrales de GSM y los codecs de voz de GSM.

UMTS utiliza un par de canales de 5 MHz, uno en la banda de 1900 MHz para el enlace ascendente (específicamente 1885 a 2005 MHz) y otro en la banda de 2100 MHz para el enlace descendente (específicamente, 2110 a 2200 MHz). En comparación, el sistema competidor CDMA2000 usa canales de 1.25 MHz. Los sistemas UMTS/W-CDMA se critican por el requerimiento grande de espectro que ha demorado su entrada en países que no han asignado las bandas de frecuencia requeridas por el sistema (como en los Estados Unidos, por ejemplo).

## Servicios

UMTS ofrece servicios de comunicación, como voz o SMS, y servicios de transmisión, con la capacidad de transferir información entre puntos de acceso. Es posible negociar y renegociar las características de un servicio de transmisión en la sesión o sitio de conexión y durante la sesión o conexión. Se ofrecen servicios orientados a la conexión (OAC) y no orientados a la conexión (NOAC) para comunicación punto a punto o punto a multipunto.

Los servicios de transmisión usan parámetros de calidad de servicio (QoS) como el retardo máximo de transferencia (*maximum transfer delay*), la variación del retardo y el BER (*Bit Error Rate*). Las tasas de transferencia de datos previstas para diferentes escenarios de utilización son:

- 144 kbps, para satélite y exteriores en área rural; alta velocidad vehicular
- 384 kbps, para exteriores en área urbana; peatonal y baja movilidad
- 2048 kbps, picoceldas e interiores

La máxima tasa de transferencia de UMTS es muy superior a la ofrecida por las tecnologías anteriores, como se ilustra en la *Fig. 4.8* anterior.

Estas altas tasas de transferencia de datos permiten ofrecer nuevos servicios. Los servicios de las redes UMTS tienen diferentes clases de QoS para cuatro tipos de tráfico:

- Clase conversacional (voz, juegos de video y telefonía con video)
- Clase de caudal (*streaming*) (multimedia, video por demanda, *webcast*)
- Clase interactiva (navegación por la Web o *web browsing*, juegos en red, acceso a bases de datos)
- Clase de fondo o *background* (*e-mail*, SMS, *downloading*)

En términos sencillos, los servicios más comunes se pueden resumir en los siguientes:

- Voz
- E-mail
- SMS (servicio de mensajes de texto cortos)
- Acceso a la Web por Internet
- Descarga de música y videos



- Juegos interactivos en red
- Televisión en vivo
- Posibilidad de videoconferencia
- Acceso a bases de datos

## Cambios evolutivos en UMTS

UMTS se está desarrollando por el Proyecto de Asociación para la Tercera Generación o 3GPP (véase nota al pie de página #6). Para lograr aceptación mundial, 3GPP ha introducido UMTS en fases y versiones (*releases*) anuales. La primera versión (UMTS Rel. '99), se liberó en diciembre de 1999 y define las actualizaciones y cambios requeridos en las redes GSM existentes. En este documento se identifica como UMTS *Release 3* (UMTS-R3). Para la segunda fase (UMTS Rel. '00), se propusieron cambios y actualizaciones para IS-95 (con CDMA2000) y TDMA (con TD-CDMA y EDGE)<sup>8</sup>. La gráfica de la Fig. 4.9 muestra las fases evolutivas de GSM y UMTS y el incremento de capacidad progresiva.

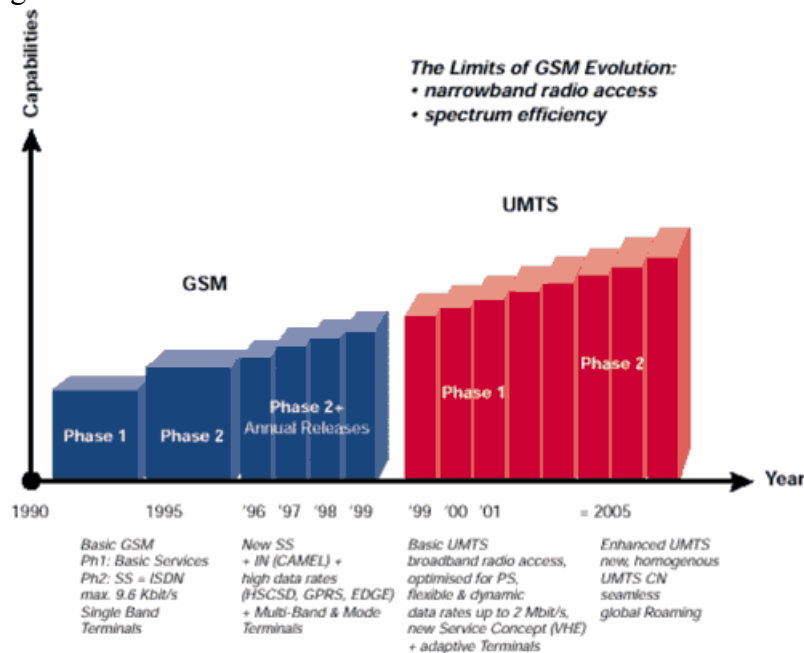


Fig. 4.9 Evolución de GSM y UMTS

## Arquitectura 3G UMTS-R3

UMTS *Release 3* (la primera versión de 1999) es una extensión de las redes GSM existentes que incorpora redes centrales GSM mejoradas en fase 2+ con GPRS. Esto permite a los operadores aprovechar la mayor eficiencia de UMTS, mantener la compatibilidad hacia atrás con la red GSM, proteger su inversión y reducir los riesgos de la nueva implementación. Como se indicó anteriormente, el estándar se implementa

<sup>8</sup> A partir del año 2000 el 3GPP abandonó el concepto de versiones anuales por versiones basadas en contenido con funcionalidades adicionales; así la versión 2000 (*Release 2000*) se abrió en dos versiones, *Release 4* y *Release 5*, con fecha de liberación marzo de 2001 para R-4. En este documento estas versiones se identifican por UMTS-*Release 4* (UMTS-R4) y UMTS-*Release 5* (UMTS-R5), respectivamente.



gradualmente por fases para favorecer a los operadores y minimizar el impacto de la instalación.

En general, una red UMTS está compuesta por tres subsistemas interconectados: la red central o *core network* (CN), la red de acceso inalámbrico (*Radio Access Network* o RAN) y el equipo del usuario o UE (*User Equipment*). En el RAN se introduce una subred de acceso terrestre denominada UMTS *Terrestrial Radio Access Network* o UTRAN que comprende dos nuevos componentes, el RNC (*Radio Network Controller*) y el Nodo B (*Node B*). UTRAN se subdivide en sistemas de redes de radio o *Radio Network Systems* (RNSs), donde cada RNS se controla por un RNC. El RNC se conecta a un conjunto de elementos Nodo B, cada uno de los cuales atiende uno o varias celdas.

Elementos de la red existente, tales como MSC, SGSN y HLR, se pueden extender para adoptar los requerimientos de UMTS, pero RNC, Nodo B y los terminales móviles son nuevos. El RNC se convierte en el reemplazo del BSC y el Nodo B cumple la misma funcionalidad del BTS. Las redes GSM y GPRS se extienden para ofrecer nueva funcionalidad y los nuevos servicios se integran a la red que contiene las interfaces actuales, como A, Gb y Abis, y nuevas interfaces que incluyen Iu, interfaces UTRAN entre el Nodo B y el RNC (Iub) e interfaces UTRAN entre dos RNCs (Iur).

## Nuevas interfaces

UMTS en la fase 1 define cinco nuevas interfaces:

- **Uu**  
Esta es la interfase entre la terminal del usuario (UE) y la red (al Nodo B). Es la interfase inalámbrica W-CDMA de UMTS). En las redes GSM/GPRS, la interfase equivalente es la Um.
- **Iu-CS**  
Esta es la conexión para transportar datos por conmutación de circuitos (por lo general tráfico de voz y señalización entre la UTRAN y la red central de voz. El principal protocolo de señalización es RANAP. La interfase equivalente en redes GSM/GPRS es la A.
- **Iu-PS**  
Esta es la conexión para transportar datos y señalización por conmutación de paquetes entre la UTRAN y la red central de datos GPRS. El principal protocolo de señalización es RANAP. La interfase equivalente en redes GSM/GPRS es la Gb.
- **Iub**  
Esta es la interfase utilizada por un RNC para controlar múltiples Nodos B. El principal protocolo de señalización utilizado es NBAP. La interfase equivalente en las redes GSM/GPRS es la interfase Abis.
- **Iur**

Es la interfase RNC a RNC y no es comparable con ninguna otra interfase en GSM. El principal protocolo de señalización es RNSAP.

Las interfases Iu, Iub e Iur utilizan transmisión ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).

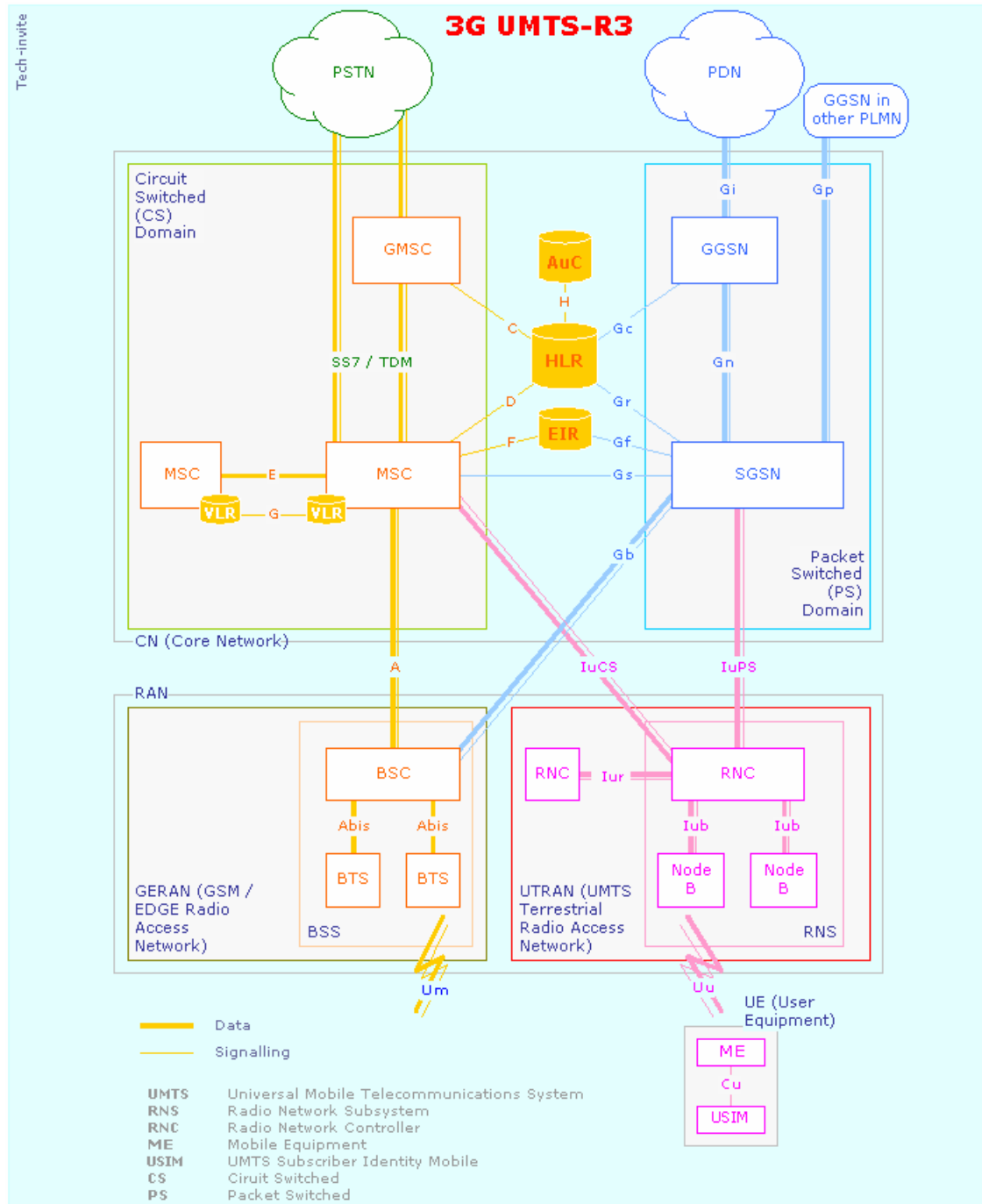


Fig. 4.10 Arquitectura de la red UMTS Release 3<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Fuente, Tech-Invite, SIP/IMS Technical Portal, <http://www.tech-invite.com/Ti-ims-releases.html#fig3>.

El diagrama de la *Fig. 4.10* muestra la arquitectura con los componentes adicionales y las nuevas interfases, necesarios para incorporar UMTS a la red GSM (comparar este diagrama con el de la *Fig. 3.7* del capítulo anterior).

### **El controlador de la red inalámbrica – RNC**

El RNC o *Radio Network Controller* es responsable por el control de los recursos de radio o inalámbricos en su área. Un RNC controla múltiples Nodos B.

En las redes UMTS el RNC provee las funciones equivalentes al BSC, o controlador de la estación base, en las redes GSM/GPRS. La principal diferencia es que los RNC tienen más inteligencia que los controladores correspondientes en GSM/GPRS. Por ejemplo, los RNC pueden gestionar autónomamente los *handovers*, sin involucrar MSCs y SGSNs. Esto no era posible con los BSCs en las redes GSM/GPRS.

### **El Nodo B**

El Nodo B es responsable por el procesamiento relacionado con la interfase inalámbrica y algunas funciones RRM (*Radio Resource Management*) o de administración del recurso inalámbrico.

En las redes UMTS el Nodo B provee funciones equivalentes al BTS (*Base Transceiver Station*) o transceptor de la estación base en las redes GSM/GPRS. Los Nodos B, por lo general se localizan físicamente con los BTS existentes en las redes GSM para reducir el costo de la implementación UMTS. Esto puede tener un efecto perjudicial sobre la calidad de la red UMTS pues los Nodos B no se estarían ubicando en los sitios más adecuados. UMTS opera en frecuencias más altas que GSM/GPRS y por consiguiente el alcance de la señal es menor.

### **Arquitectura 3G UMTS-R4**

Las especificaciones para el *Release 4* están relacionadas con la migración de la red para voz que utiliza conmutación de circuitos a una red central con IP o ATM. La versión también incluye servicios de difusión y servicios de localización asistidos por la red.

La migración a una red central de paquetes para transmisión de voz (voz sobre paquetes o VoP) ofrece mayor eficiencia en el uso de los recursos de la red. Al contrario de lo que ocurre en una red con conmutación de circuitos donde el canal asignado es dedicado, en VoP se comparten los canales con muchos usuarios y cada usuario solamente utiliza lo que necesita.

En el *Release 4* la funcionalidad del MSC (*Mobile services Switching Center*) se segmenta en dos funciones lógicas que se proveen por dos elementos de la red físicamente distintos:

- El MGW o *Media Gateway*
- El servidor MSC

Las funciones de control del MSC ahora se realizan por el servidor MSC. Las funciones de conmutación de portador del MSC ahora se efectúan en el MGW.

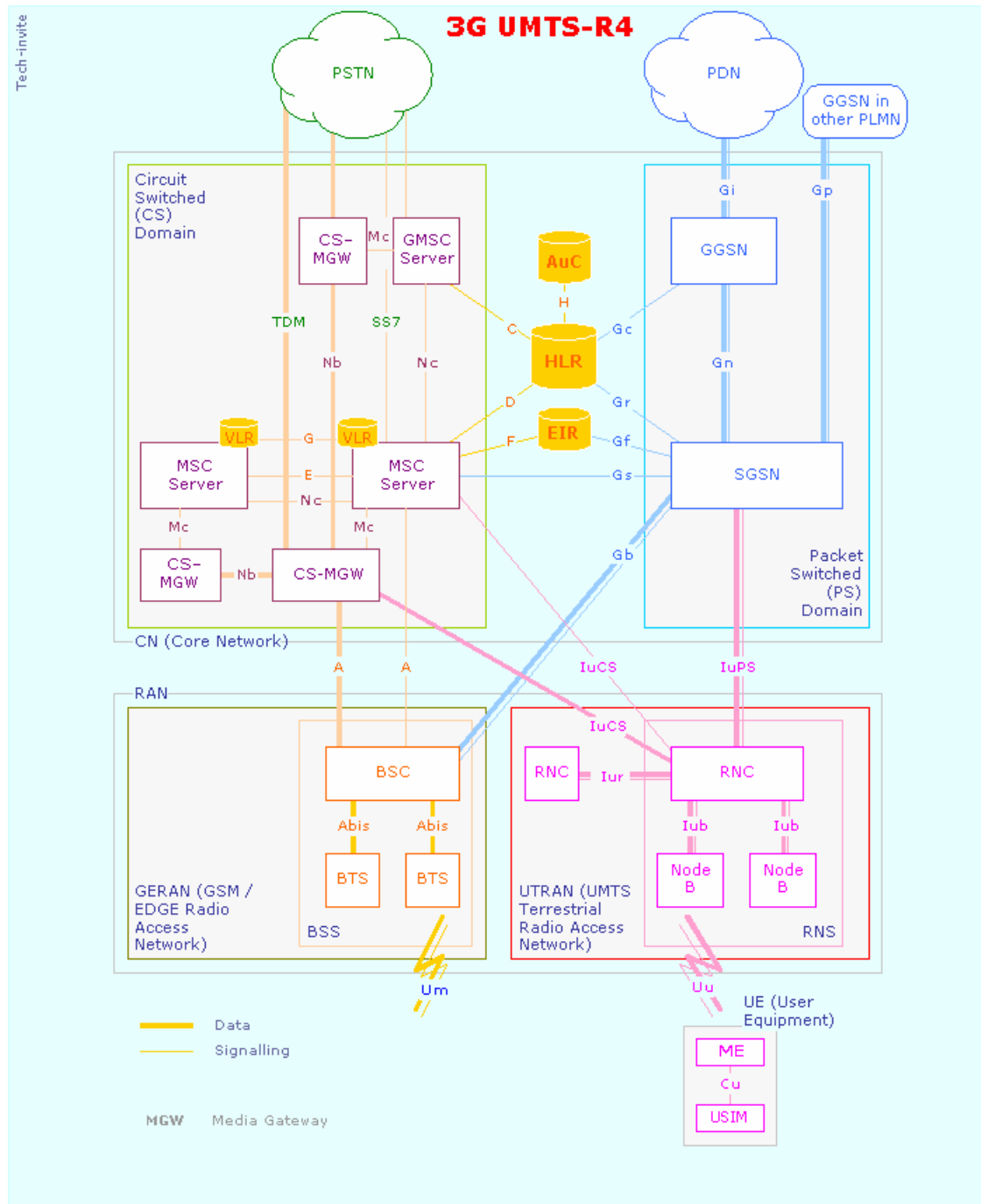


Fig. 4.11 Arquitectura de la red UMTS Release 4<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Fuente, Tech-Invite, SIP/IMS Technical Portal, <http://www.tech-invite.com/Ti-ims-releases.html#fig4>

## El MGW o *Media Gateway*

El MGW es responsable por conmutar el tráfico de usuarios. También se puede utilizar para convertir el tráfico entre dos formatos diferentes. Por ejemplo voz digitalizada de un circuito PCM a VoP.

## MSC Server

En la terminología estándar VoP, esto se conoce como un *Media Gateway Controller*. El 3GPP ha especificado dos clases de *Media Gateway Controller*, el servidor MSC y el *Gateway MSC Server* (GMSC). Este último es un servidor MSC que controla las conexiones a otras redes, por ejemplo a la red pública de telefonía fija (PSTN).

El servidor MSC provee toda la funcionalidad requerida por el MGW para el control de llamadas. También es responsable por la gestión de movilidad y por lo general contiene el Registro de Localización de Visitantes o VLR (*Visitor Location Register*).

Un solo servidor MSC puede controlar múltiples MGW, lo cual es una ventaja para la escalabilidad del sistema; cuando se requiere capacidad adicional se puede incluir otro MGW utilizando el mismo MSC.

## Nuevas interfaces

Las nuevas interfaces requeridas por el *Release 4* son las siguientes:

- **Mc**  
La interfase Mc la utiliza el Servidor MSC par controlar las MGW(s). El protocolo utilizado en esta interfase es una derivación del estándar del IETF, H.248/MEGACO.
- **Nc**  
La interface Nc se utiliza par compartir información de señalización entre múltiples servidores MSC involucrados en una sesión; por ejemplo, una llamada de voz. Esto permite, además, controlar efectivamente las MGW por la duración de la llamada.
- **Nb**  
La interfase Nb se utiliza para transportar datos (en este caso paquetes de voz digitalizada) entre *Media Gateways*. Por ejemplo, un MGW puede estar conectado a la UTRAN y otro MGW conectado a la PSTN, con los paquetes de voz siendo transferidos entre estos, usando Nb.

## Arquitectura 3G UMTS-R5

Las especificaciones del *Release 5* se relacionan con la adición de servicios multimedia por IP utilizando el IMS (*IP Multimedia Subsystem*), el cual permite realizar sesiones multimedia persona a persona con eficacia.

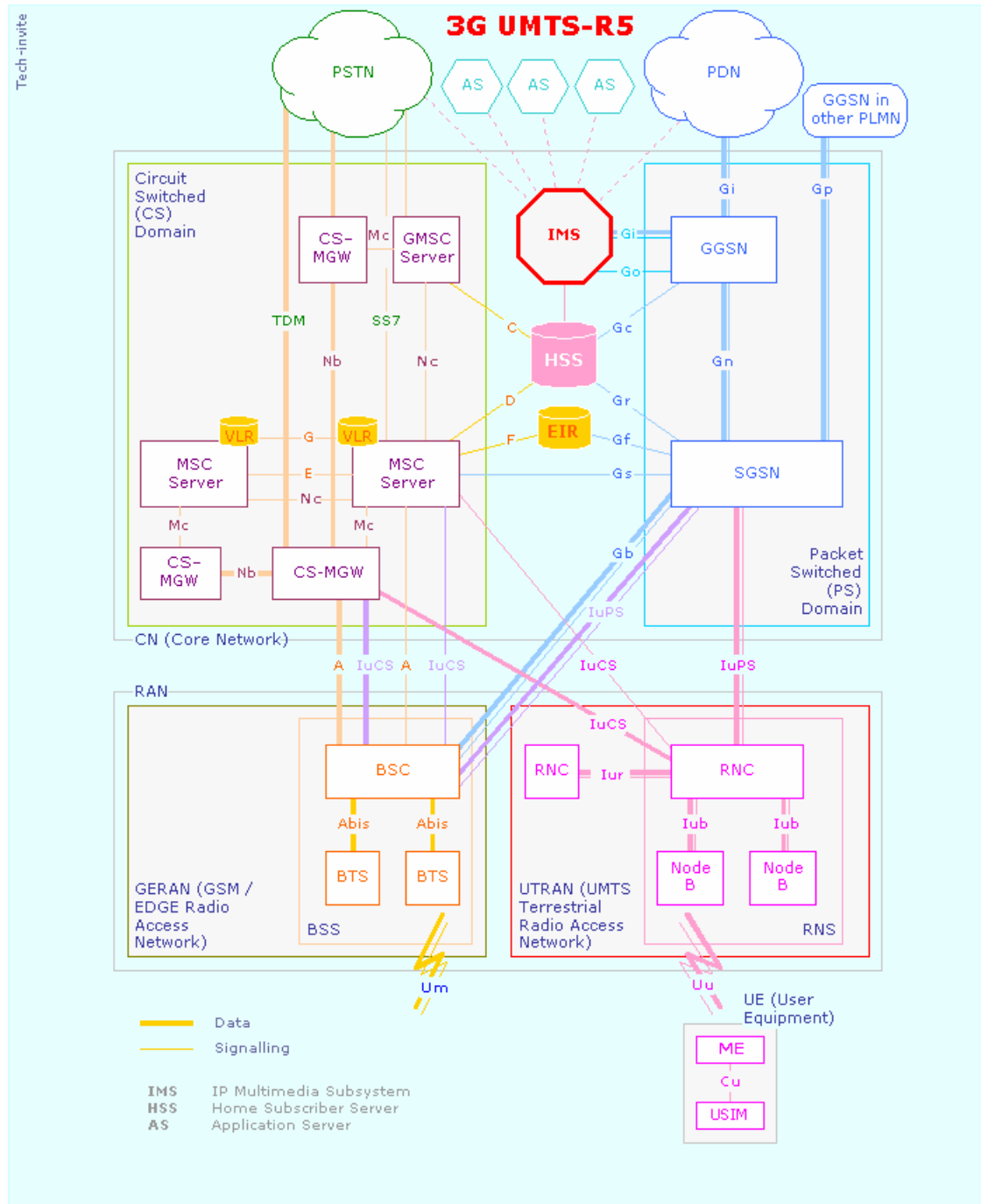


Fig. 4.12 Arquitectura de la red UMTS Release 5 <sup>11</sup>

## Cambios y componentes adicionales

Se adiciona el IMS; reemplaza el Centro de Autenticación (AuC). El IMS tiene acceso a uno o varios servidores de aplicaciones o *Application Servers* (AS) externos a la red.

<sup>11</sup> Fuente, Tech-Invite, SIP/IMS Technical Portal, <http://www.tech-invite.com/Ti-ims-releases.html#fig5>

El *Home Subscriber Server* o HSS, que es parte del IMS, sustituye al HLR (*Home Location Register*).

### **IMS – IP Multimedia Subsystem**

El subsistema multimedia IP es un estándar internacional reconocido que especifica interoperabilidad y capacidad de desplazamiento por redes de distintos operadores (*roaming*). Provee control del portador (o tráfico de usuarios), registro para facturación y seguridad. Adicionalmente, está bien integrado con redes existentes de voz y datos y tiene incorporadas las principales características de la tecnología informática actual para proveer servicios de multimedia. Utiliza una implementación de voz sobre IP (VoIP) basada en SIP (*Session Initiation Protocol*) y opera sobre IP estándar. Soporta sistemas de telefonía móvil existentes con conmutación de circuitos o conmutación de paquetes.

El propósito del IMS no es sólo proveer nuevos servicios si no también todos los servicios, actuales y futuros, que ofrezca la Internet. Así IMS le permite a los WSP controlar que servicios ofrecer y cuanto facturar por cada servicio.

Además, los usuarios deben poder acceder a los servicios mientras se desplazan a otras redes. Para lograrlo, IMS utiliza los protocolos estándar de Internet; una sesión de multimedia entre dos usuarios IMS, o entre un usuario IMS y un usuario en Internet, o entre dos usuarios en Internet, se establece usando exactamente los mismos protocolos e interfaces. Por esta razón IMS verdaderamente combina Internet con el ambiente celular; utiliza tecnologías celulares para proveer acceso extendido, en todas partes donde exista el servicio, con las tecnologías de Internet para proveer servicios atractivos para los usuarios. Estas características hacen del IMS un elemento clave para proporcionar servicios de valor agregado y para la convergencia de las tecnologías de telecomunicaciones e informática.

### **HSS – Home Subscriber Server**

El otro componente nuevo en el *Release 5* es el servidor de suscriptores locales o *Home Subscriber Server* que es parte del *IP Multimedia Subsystem*; es la base de datos central de suscriptores. Usualmente es una base de datos distribuida que sirve las aplicaciones IMS (CSCF) y aplicaciones GSM (HLR). El HSS por lo general soporta múltiples tipos de suscriptores, incluyendo VoIP, WiFi, GSM/GPRS y móviles 3G.

El HSS provee información para localización y enrutamiento a otros nodos en la red para establecer las sesiones. Las funciones incluyen el HLR o *Home Location Register*, el DNS o *Domain Name Server* y bases de datos para acceso a la red y seguridad.

### **Nuevas interfaces**

Las nuevas interfaces utilizadas en el *Release 5* son las siguientes:

- **Go**  
Interfase entre el IMS y el GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)
- **Gi**  
En el *Release 5* se conecta el IMS al GGSN por una interfase Gi. Ésta no es realmente una nueva interfase pues es una interfase GPRS localizada entre el

GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) y la red pública de datos externa (PDN).

También se adicionan interfaces Iu entre el BSC y el CS-MGW (una interfase IuCS), el BSC y el servidor MSC (IuCS) y entre el BSC y el SGSN (una interfase IuPS).

### **Terminales móviles**

Por las características propias del sistema y los servicios que ofrece, el suscriptor debe poseer el equipo adecuado para utilizar la red UMTS. El sistema es compatible hacia atrás y un suscriptor con un equipo móvil (ME) GSM puede hacer uso de los servicios GSM pero para suscribir servicios UMTS debe cambiar el dispositivo móvil.

### **Interoperabilidad y *roaming* global**

Al nivel de la interfase inalámbrica UMTS es incompatible con GSM. Por ejemplo, los terminales móviles vendidos en Europa, desde 2004, son teléfonos de modalidad dual, de tal manera que también pueden funcionar en redes GSM normales. Si un suscriptor UMTS se desplaza a un área sin servicio UMTS, el móvil UMTS automáticamente se cambia a GSM. Si el usuario se sale del área de cobertura de UMTS durante una llamada, esta se transfiere (*handover*) sin interrupción a la red GSM disponible.

### **El equipo del usuario**

En UMTS el equipo del usuario (UE) se basa en los mismos principios que la estación móvil (MS) en GSM: la separación entre el equipo móvil (ME) y el módulo de identidad del suscriptor; el SIM en GSM y el USIM en UMTS.

El equipo del usuario (UE) es el homólogo a varios elementos de la red en muchas funciones y procedimientos. Así con el Nodo B tiene funciones de modulación y demodulación, extensión y des-extensión del espectro, mediciones de radio (BER, SIR, calidad, potencia), control de potencia, FEC (*Forward Error Correction*). Con el RNC tiene funciones de cifrado y descifrado, *handover* (en conmutación de circuitos) y selección de celdas (en conmutación de paquetes), RRC (*Radio Resource Control*) y BEC (*Backward Error Correction*). Con la red central (MSC/VLR/EIR/SGSN) tiene funciones de gestión de la movilidad (localización, registro, autenticación), IMEI (*Internacional Mobile Equipment Identification*) (verificación, *attach* y *detach*), gestión de la sesión, negociación de portador y petición de servicios.

### **Aspectos económicos**

Para los operadores de GSM la migración a UMTS es fácil pero costosa; buena parte de la infraestructura se comparte con GSM, pero el costo de obtener licencias para el nuevo espectro e integrar UMTS en las torres existentes puede tener un costo prohibitivo.

Hay dos factores principales que estimulan a los operadores o proveedores de servicios inalámbricos (WSP o *Wireless Service Providers*) a implementar las redes UMTS:



- La alta tasa de transferencia de datos que permite ofrecer servicios no disponibles en sistemas anteriores, muy atractivos para los suscriptores.
- El menor costo de las comunicaciones de voz. El costo para el operador se reduce significativamente respecto a una red GSM. La capacidad de un Nodo B en UMTS es en promedio ocho veces mayor que para un BTS en GSM, resultando en un menor costo unitario de 1 a 1.5 veces con respecto a GSM.

Estos factores hacen rentable en el tiempo la instalación de la red UMTS para el WSP, a pesar de los altos costos de las licencias por el espectro y de la inversión en la infraestructura de la red UMTS y los sistemas que permitan operarla eficientemente.

## **4.5 HSDPA**

El camino evolutivo 3G tiene una serie de adelantos de tecnología bien definidos. El primero a realizarse busca mejorar el funcionamiento del enlace descendente y se denomina HSDPA o *High-Speed Downlink Packet Access*. Esta tecnología resulta en mayor tasa de transferencia de datos, mejor eficiencia espectral y mayor capacidad para los operadores de GSM. Para los usuarios HSDPA abre un mundo de servicios multimedia, móviles y de banda ancha.

HSDPA es parte del *Release 5* de 3GPP/UTRAN-FDD para especificaciones de W-CDMA. Es una mejora basada en software (protocolo) que incrementa la capacidad de la interfase inalámbrica de las redes W-CDMA dos veces resultando en aumentos de 4 a 5 veces en la tasa de transferencia del enlace descendente. Reduce los tiempos de transmisión entre la red y las terminales de los usuarios y en general el retardo de transmisión en el enlace descendente. La combinación de mayores tasas de transferencia de datos, del orden de 1 Mbps con un tope teórico (en la primera fase) de 14.4 Mbps, junto con mayor eficiencia espectral debe resultar en menor costo en la transmisión de datos. Estos incrementos significativos permiten a los operadores ofrecer nuevos servicios de valor agregado con la convergencia de tecnologías.

## **Instalaciones**

Para finales de agosto del presente año existen 52 redes comerciales HSDPA en operación en 35 países. También se reporta alta disponibilidad y variedad de dispositivos como tarjetas para PC, teléfonos móviles y módulos para computadores portátiles. Se estima que para el final del año 2006 habrá 635,000 conexiones en Europa occidental.

## **4.6 CDMA 2000**

CDMA2000 es una familia de estándares 3G para telefonía móvil que utiliza el esquema de acceso al medio CDMA (véase la *Fig. 4.2* al principio de éste capítulo). En el año 2000, CDMA2000 fue la primera tecnología 3G que se liberó comercialmente como parte del marco general de la UIT, IMT-2000. En el presente año (2006) la base de suscriptores de CDMA2000 es la más grande para sistemas 3G y registra a principios del segundo semestre 276.6 millones de usuarios.

CDMA2000 es compatible con los sistemas de telefonía móvil anteriores como *cdmaOne* desarrollado por *Qualcomm*.

Los estándares de CDMA2000 como CDMA2000 1x, CDMA2000 1xEV-DO y CDMA2000 1xEV-DV están aprobados como interfases de radio por el estándar IMT-2000 y está estandarizado por el 3GPP. CDMA2000 es un directo sucesor de CDMA 2G, IS-95 (*cdmaOne*).

De otro lado, CDMA2000 es un competidor incompatible con el otro estándar principal 3G, UMTS. Está definido para operar en las frecuencias de 400 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1700 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz y 2100 MHz. A continuación se presentarán los diversos tipos de CDMA2000, en orden de complejidad.

### **CDMA2000 1×**

CDMA2000 1x es el estándar inalámbrico central de CDMA2000 y se conoce por varias denominaciones: 1xRTT, IS-2000, *cdma2000*. La designación “1xRTT” (1 por *Radio Transmission Technology*) se utiliza para identificar la versión de CDMA2000 que opera sobre un par de canales de radio de 1.25 MHz. 1xRTT prácticamente dobla la capacidad de voz de las redes IS-95. Aunque tiene capacidad para ofrecer tasas de transferencia de datos mayores, la mayoría de las instalaciones han limitado la máxima tasa de transferencia a 144 kbps. CDMA2000 1xRTT clasifica oficialmente como una tecnología de 3G, pero se considera por algunos como 2.5G (o 2.75G). Esto le ha permitido ser instalada en espectro de 2G en algunos países que limitan los sistemas 3G a ciertas bandas.

Las principales diferencias entre la señalización de IS-95 y la de CDMA2000 1xRTT (o IS-2000) son 64 canales de tráfico adicionales en el enlace descendente que son ortogonales al conjunto original. Además, IS-2000 tiene protocolos de control para el medio y el enlace y control de calidad de servicio (QoS) que no existían en IS-95.

### **CDMA2000 3×**

CDMA2000 3x utiliza un par de canales de 3.75 MHz (la denominación “3x” se deriva de 3x1.25 MHz) para conseguir una mayor tasa de transferencia de datos, del orden de 2 a 4 Mbps. Es parte de lo que la UIT ha denominado IMT-2000 CDMA MC. Esta versión de CDMA2000 no se ha implementado y no se está desarrollando en la actualidad.

### **CDMA2000 1xEV-DO**

CDMA2000 1xEV-DO (*1xEvolution-Data Optimized*, inicialmente *1xEvolution-Data Only*; también se conoce como 1xEV-DO, EV-DO, 1xEV *Phase One*) es una evolución de CDMA2000 1x con capacidad de alta transferencia de datos y en la cual el canal descendente está multiplexado por división de tiempo. Esta interfase estándar de radio 3G se denomina IS-856.

1xEV-DO tiene (Rev. A) el enlace descendente hasta de 3.1 Mbps y el enlace ascendente hasta de 1.8 Mbps en un canal de radio dedicado para transportar paquetes de datos a alta

tasa de transferencia. La Rev. A fue puesta en funcionamiento en el Japón y será instalada en Norteamérica en 2006. CDMA2000 1×EV-DO está bajo el auspicio del 3GPP2, la sociedad que coordina las especificaciones y requerimientos de tecnología CDMA de tercera generación.

EV-DO es totalmente compatible con CDMA2000 1× y *cdmaOne* (IS-95A). Por consiguiente, los usuarios pueden trasladarse entre áreas cubiertas por estos sistemas sin perder la conexión. EV-DO también será soportado por otras versiones que evolucionen de CDMA2000.

Para finales del primer semestre del presente año (2006) CDMA2000 1×EV-DO registraba más de 36 millones de suscriptores <sup>12</sup> en el mundo.

### **CDMA2000 1×-EV-DV**

CDMA2000 1×-EV-DV (*1×Evolution-Data/Voice*) soporta un enlace descendente hasta de 3.1 Mbps y un enlace ascendente hasta de 1.8 Mbps. También permite la operación concurrente de sistemas anteriores como usuarios de voz 1×, usuarios de datos 1×, y usuarios de datos en 1×-EV-DV de alta tasa de transferencia, todos en el mismo canal de radio.

El desarrollo de EV-DV está suspendido indefinidamente.

\*\*\*

---

<sup>12</sup> Fuente, [http://www.cdg.org/worldwide/cdma\\_world\\_subscriber.asp](http://www.cdg.org/worldwide/cdma_world_subscriber.asp)

**Glosario** <sup>13</sup>

<b>1G</b>	First Generation
<b>2G</b>	Second Generation
<b>3G</b>	Third Generation
<b>3GPP</b>	Third-Generation Partnership Project (of ETSI)
▪ <b>A</b>	
<b>AC</b>	authentication center
<b>AMPS</b>	Advanced Mobile Phone Service
<b>AMR</b>	adaptive multirate
<b>ANSI T1</b>	American National Standards Institute Standards Committee T-1
<b>ARIB/TTC</b>	Association of Radio Industries and Business/Telecommunication Technology Committee
<b>AS</b>	Application Server (véase IMS y UMTS-R5)
<b>ATM</b>	asynchronous transfer mode
<b>AuC</b>	authentication center
▪ <b>B</b>	
<b>BEC</b>	backward error correction
<b>BMC</b>	broadcast/multicast control
<b>BSC</b>	base station controller
<b>BSS</b>	base station subsystem
<b>BTS</b>	base transceiver station
▪ <b>C</b>	
<b>CATT</b>	China Academy of Telecommunication Technology
<b>CBR</b>	constant bit rate (data stream)
<b>CCITT</b>	Comité Consultatif International Téléphonique et Telecommunication
<b>CCS7</b>	common control signaling system 7
<b>CDMA</b>	code division multiple access
<b>CDMA2000</b>	3rd Generation Code Division Multiple Access
<b>CM</b>	call management
<b>CN</b>	core network
<b>CODEC</b>	compression/decompression
<b>CRNC</b>	controlling RNC
<b>CS</b>	circuit switched
<b>CSCF</b>	Call Service Control Function
<b>CS-CN</b>	circuit-switched core network
<b>CWTS</b>	Chinese Wireless Telecommunication Standard
▪ <b>D</b>	
<b>D-AMPS</b>	digital amps
<b>DCH</b>	dedicated channel

<sup>13</sup> Adaptación del glosario en <http://www.iec.org/online/tutorials/umts/glossary.html>, Copyright © 2005 International Engineering Consortium

<b>DECT</b>	Digital Enhanced Cordless Telephone
<b>DL</b>	Downlink
<b>DNS</b>	Domain Name Server
<b>DRNC</b>	Drift Radio Network Controller
<b>DRNS</b>	Drift Radio Network Subsystem
<b>DTE</b>	Data Terminal Equipment
<b>DTX</b>	Discontinuous Transmission
▪ <b>E</b>	
<b>EDGE</b>	Enhanced Data rates for GSM Evolution
<b>EIR</b>	Equipment Identity Register
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute
▪ <b>F</b>	
<b>FDD</b>	frequency division duplex
<b>FDMA</b>	frequency division multiple access
<b>FEC</b>	forward error correction
<b>FER</b>	frame error rate
<b>FH</b>	Frequency Hopping
▪ <b>G</b>	
<b>GGSN</b>	gateway GPRS support node
<b>GMM</b>	GPRS mobility management (protocols)
<b>GMSC</b>	gateway MSC
<b>GPRS</b>	general packet radio service
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communication
<b>GSM-R</b>	GSM railway
<b>GsmSCF</b>	GSM service control function
<b>GsmSSF</b>	GSM service switching function
<b>GTP</b>	GPRS tunneling protocol
<b>GTP-C</b>	GTP control
<b>GTP-U</b>	GTP user
<b>GUI</b>	Graphical User Interface
▪ <b>H</b>	
<b>HLR</b>	home location register
<b>HO/HoV</b>	handover
<b>HSCSD</b>	high-speed circuit-switched data
<b>HSS</b>	Home Subscriber Server (véase UMTS-R5 e IMS)
▪ <b>I</b>	
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>IMEI</b>	international mobile equipment identification
<b>IMS</b>	IP Multimedia Subsystem (véase UMTS-R5); es un estándar 3GPP
<b>IMT-2000</b>	International Mobile Telecommunications 2000
<b>IMUN</b>	international mobile user number
<b>IN</b>	intelligent network
<b>IP</b>	Internet protocol
<b>IPv4</b>	IP version 4
<b>IPv6</b>	IP version 6

<b>IS-95</b>	interim standard '95
<b>ISDN</b>	integrated services digital network
<b>ISP</b>	Internet service provider
<b>ITU</b>	International Telecommunications Union
<b>Iu</b>	Interface between RNC and CN
<b>Iu-CS</b>	Interface between RNC and the circuit-switched domain of the CN
<b>Iu-PS</b>	Interface between RNC and the packet-switched domain of the CN
<b>Iub</b>	Interface between Node B and RNC
<b>Iur</b>	Interface between two RNCs
▪ <b>K</b>	
<b>kbps</b>	kilobits per second
▪ <b>L</b>	
<b>LAN</b>	Local-Area Network
▪ <b>M</b>	
<b>MAC</b>	medium access control
<b>MAP</b>	mobile application part
<b>Mbps</b>	megabits per second
<b>MBS</b>	message building system
<b>MC</b>	multicarrier
<b>MC-CDMA</b>	Multicarrier CDMA
<b>Mcps</b>	Mega chips per second (chip rate)
<b>ME</b>	Mobile Equipment
<b>MGCF</b>	Media Gateway Control Function
<b>MGW</b>	Media Gateway (véase UMTS-R4)
<b>MMS</b>	Multimedia Messaging System, una evolución de SMS.
<b>MPLS</b>	Multi Protocol Label Switching
<b>MS</b>	Mobile Station
<b>MSC</b>	Mobile Services Switching Center
<b>MSS</b>	Mobile Satellite System
<b>MT</b>	Mobile Telephone
▪ <b>N</b>	
<b>NMT</b>	Nordic Mobile Telephone
<b>NOAC</b>	No orientado a la conexión
<b>Node B</b>	UMTS base station
<b>NSS</b>	network and switching subsystem
▪ <b>O</b>	
<b>OAC</b>	orientado a la conexión
<b>O&amp;M</b>	operation and maintenance
<b>OAM</b>	operation, administration, and maintenance
<b>OMA</b>	Open Mobile Alliance
<b>OMC</b>	operation and maintenance centers
<b>OSA</b>	open service architecture
<b>OSS</b>	operations support system
▪ <b>P</b>	
<b>PCM</b>	Pulse Code Modulation

<b>PCN</b>	Personal Communications Network
<b>PDA</b>	Personal Digital Assistant (computador de mano)
<b>PDC</b>	Personal Digital Communication
<b>PDCP</b>	Packet Data Convergence Protocol
<b>PDH</b>	Plesiochronous Digital Hierarchy
<b>PDN</b>	Packet Data Network
<b>PIN</b>	Personal Identity Number o Personal Identification Number
<b>PLMN</b>	Public Land Mobile Network
<b>PMR</b>	Private Mobile Radio
<b>PoC</b>	Push to talk over Cellular
<b>PS</b>	Packet Switched
<b>PS-CN</b>	Public Switched Core Network
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network
<b>PTT</b>	Push To Talk
▪ <b>Q</b>	
<b>QoS</b>	Quality of Service (ATM network channels)
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying (or Quaternary Phase Shift Keying)
▪ <b>R</b>	
<b>RAB</b>	Radio Access Bearer
<b>RAN</b>	Radio Access Network
<b>RDSI</b>	Red Digital de Servicios Integrados
<b>RLC</b>	Radio Link Control
<b>RLP</b>	radio link protocol
<b>RNC</b>	radio network controller
<b>RNTI</b>	radio network temporary identity
<b>RR</b>	radio resource
<b>RRC</b>	radio resource control
<b>RRM</b>	radio resource management
<b>RTT</b>	radio transmission technology
▪ <b>S</b>	
<b>SCTP</b>	simple control transmission protocol
<b>SDH</b>	synchronous digital hierarchy
<b>SDO</b>	standards developing organization
<b>SG</b>	Signalling Gateway
<b>SGSN</b>	serving GPRS support node
<b>SIM</b>	subscriber identity module
<b>SIP</b>	Session Initiation Protocol
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>SONET</b>	synchronous optical network
<b>SRNC</b>	serving radio network controller
<b>SRNS</b>	serving radio network subsystem
<b>SS7</b>	Signaling System 7
<b>SSO</b>	Single Sign On
▪ <b>T</b>	
<b>TACS</b>	Total Access Communication System
<b>TC</b>	transcoder

<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>TD-CDMA</b>	Time Division-Code Division Multiple Access
<b>TD-SCDMA</b>	Time Division-Synchronous CDMA
<b>TDD</b>	time division duplex
<b>TDMA</b>	time division multiple access
<b>TETRA</b>	terrestrial trunked radio access
<b>TIA</b>	telecommunications industry association
<b>TPC</b>	transmission power control
<b>Transceptor</b>	Dispositivo transmisor y receptor
<b>TS</b>	Technical Specification
<b>TTA</b>	Telecommunications Technology Association
▪ <b>U</b>	
<b>UDP</b>	user datagram protocol
<b>UE</b>	user equipment
<b>UL</b>	uplink
<b>Um</b>	GSM air interface
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunication System
<b>UNI</b>	user-to-network interface
<b>USIM</b>	UMTS subscriber identity module
<b>UTRA</b>	UMTS terrestrial radio access
<b>UTRAN</b>	UMTS terrestrial radio access network
<b>Uu</b>	UMTS air interface
<b>UWC-136</b>	Universal Wireless Communication
▪ <b>V</b>	
<b>VBR</b>	variable bit rate (data stream)
<b>VHE</b>	virtual home environment
<b>VLR</b>	visitor location register
<b>VMSC</b>	visited MSC
<b>VoIP</b>	Voice over IP
<b>VoP</b>	Voice over Packet
<b>VPN</b>	Virtual Private Network
▪ <b>W</b>	
<b>W-CDMA</b>	Wide-Band Code Division Multiple Access
<b>WiFi</b>	Wireless Fidelity
<b>WLAN</b>	Wireless LAN
<b>WLL</b>	wireless local loop
<b>WSP</b>	Wireless Service Provider



## Referencias

- [1] Stallings, William, “Comunicaciones y redes de computadores”, séptima edición, Pearson Educación, S.A., Madrid, 2004.
- [2] Roldán Martínez, David, “Comunicaciones inalámbricas. Un enfoque aplicado”, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México, 2005.
- [3] Torres Nieto, Álvaro, “Telecomunicaciones y telemática. De las señales de humo a las actividades por Internet”, segunda edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 2002.
- [4] Dornan, Andy, “The Essential Guide to Wireless Communications Applications. From cellular systems to WAP and M-Commerce”, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 2001.
- [5] Weisman, Carl. J., “The Essential Guide to RF and Wireless”, 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 2002.
- [6] Farley, Tom, “Mobile telephone history”, Teletronikk 3-4 2005
- [7] Farley, Tom, “Cellular Telephone Basics”, <http://www.privateline.com/>
- [8] Jenkins, Gareth, “GSM White Paper. Brilliant past, bright future”, Deutsche Bank AG, Global Communications, 18 February 2004, [http://www.gsmworld.com/documents/gsm\\_white\\_paper.pdf](http://www.gsmworld.com/documents/gsm_white_paper.pdf)
- [9] Scourias, John, “Overview of the Global System for Mobile Communications”
- [10] International Engineering Consortium, “Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) Protocols and Protocol Testing”, <http://www.iec.org/online/tutorials/umts/index.html>, Copyright © 2005 International Engineering Consortium
- [11] International Engineering Consortium, “Is UMTS Still a Good Investment?”, [http://www.iec.org/online/tutorials/agilent\\_umts\\_network/index.html](http://www.iec.org/online/tutorials/agilent_umts_network/index.html), Copyright © 2005 International Engineering Consortium