

Evolución de los sistemas móviles celulares GSM

Álvaro Pachón de la Cruz.

Departamento Redes y Comunicaciones

Universidad Icesi-I2T.

e-mail: apachon@icesi.edu.co

Fecha de recepción: 26-07-2004

Fecha de aceptación: 29-10-2004

ABSTRACT

This paper presents the cellular systems architecture evolution. It identifies the structural components included in every stage of this evolution, describing their main functions and the additions and/or modifications that they make over the cellular system network architecture.

KEYWORDS

Cellular Systems, Wireless Communications.

RESUMEN

En el artículo se presenta la evolución de las arquitecturas de los sistemas móviles celulares, se identifican los componentes estructurales en cada una de las etapas, se describe su funcionalidad y se muestran las adiciones y/o modificaciones que sobre la arquitectura de la red tienen cada uno de los pasos que han marcado su evolución.

PALABRAS CLAVES

Sistemas móviles celulares, comunicaciones inalámbricas

Clasificación: B.

INTRODUCCIÓN

En este artículo vamos a efectuar un análisis comparativo entre las diferentes arquitecturas de los sistemas móviles celulares GSM. Para hacerlo, es importante contar con un marco de referencia común desde el cual estas arquitecturas puedan ser explicadas y desde donde su proceso evolutivo pueda ser entendido (Ver Figura 1).

Vamos a considerar que la arquitectura de estos sistemas se encuentra compuesta por cuatro bloques básicos: El equipo de usuario, desde donde éste se conecta a la red y a través del cual recibe sus servicios; la red

de acceso, constituida por el subsistema de estaciones base, permite la movilidad del usuario dentro del área de cobertura de la red; el núcleo de la red, constituido por el subsistema de conmutación, responsable por el establecimiento de la trayectoria a través de la cual el intercambio de información tiene lugar; y finalmente, el bloque de las otras redes, redes de cobertura amplia (WAN), con las cuales la red celular se interconecta (RDSI, RTPC, etc.).

En cada una de las fronteras, de cada uno de estos bloques funcionales, debe existir una interfaz que haga posible el intercambio de información.

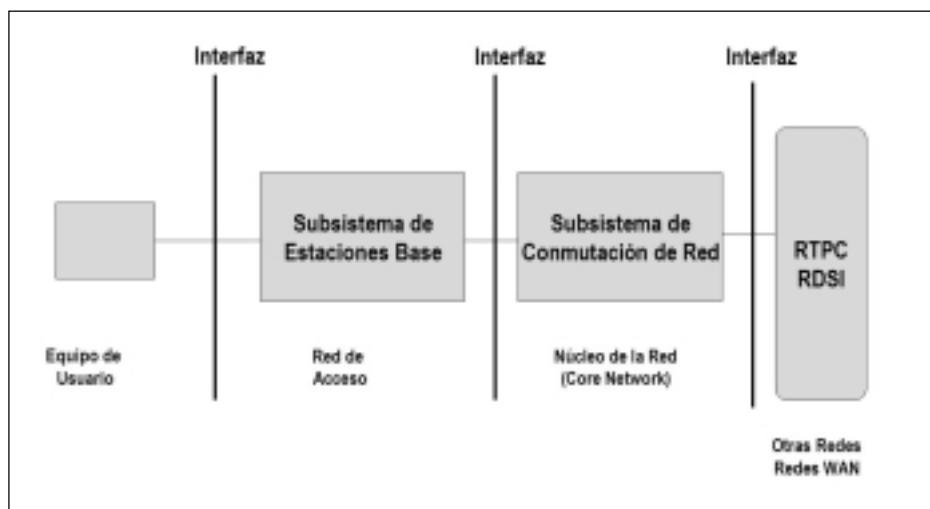


Figura 1. Marco de referencia para el análisis

Es bien sabido que los servicios móviles han evolucionado en generaciones, en cada una de ellas resulta plenamente reconocible un conjunto de características que las definen. La primera

generación fue la de los servicios analógicos, la segunda, la de los servicios digitales, y la tercera, la de los servicios multimedia. En la Tabla 1 se establece una comparación entre ellas.

Tabla 1. Comparación entre diferentes generaciones de servicios móviles.

Criterio	Primera Generación	Segunda Generación	Tercera Generación
Servicios	Voz	Voz y Mensajería Corta	Voz y Datos
Calidad de Servicio (QoS)	Baja	Alta	Alta
Nivel estandarización	Bajo	Fuerte	Fuerte
Velocidad de Transmisión	Baja	Baja	Alta
Tipo de Comutación	Circuitos	Circuitos	Paquetes (IP)

Cada una de las arquitecturas que analizaremos representa a una de estas generaciones: GSM, es una tecnología de segunda generación; GPRS, es una tecnología de generación 2.5, es decir, representa un estado de transición entre la segunda y tercera generación; UMTS, por el contrario, es una tecnología de tercera generación.

Para cada una de las arquitecturas se seguirá el siguiente esquema de presentación: Se identificarán las entidades funcionales, las interfaces entre ellas, los protocolos que operan en estas interfaces, se efectuará una descripción de la interfaz de aire (la interfaz que se encuentra entre el móvil y el subsistema de estaciones base) y los servicios que se ofrecen. Finalmente se presentan los análisis comparativos correspondientes.

2. GSM

En los comienzos de los años ochenta, muchos países en Europa habían desarrollado su propio sistema de telefonía celular análoga que impedía la interoperabilidad más allá de las fronteras de cada país. En 1982, el CEPT (*Conference of European Post and Telecommunications*) estableció un grupo de trabajo para desarrollar

un sistema paneuropeo al que se denominó *GSM-Groupe Spéciale Mobile*. El grupo propuso desarrollar un nuevo sistema inalámbrico móvil con las siguientes premisas: itinerancia (roaming) internacional, soporte para la introducción de nuevos servicios, eficiencia espectral y compatibilidad con la RDSI. En 1989, la responsabilidad por el desarrollo de GSM fue transferida al ETSI-*European Telecommunications Standards Institute* que denominó al proyecto como *Global System for Mobile Communications*. La evolución de GSM ha estado marcada por tres fases de evolución, la fase 1, en la que se produjeron sus especificaciones; la fase 2, en la que se propuso la inclusión de servicios de datos y de fax; y finalmente, la Fase 2+, en la que se realizan mejoras sobre la codificación de voz y se implementan servicios de transmisión de datos avanzados, entre ellos GPRS y EDGE.

GSM es un sistema de commutación de circuitos, diseñado originalmente para voz, al que posteriormente se le adicionaron algunos servicios de datos: servicio de mensajes cortos, un servicio de entrega de mensajes de texto de hasta 160 caracteres y un servicio de datos GSM, que permite una tasa de transferencia de 9.6 kbps.

2.1. Arquitectura de la Red GSM

Una red GSM se encuentra formada por los siguientes componentes que integran la red pública móvil terrestre (*PLMN-Public Land Mobile Network*):

- La estación móvil (*MS:Mobile Station*). Es el punto de entrada a la red móvil inalámbrica. Es el equipo físico usado por el usuario GSM para acceder a los servicios proporcionados por la red.
- El módulo de identidad del abonado (*SIM:Subscriber Identity Module*). GSM distingue entre la identidad del abonado y la del equipo móvil. El SIM está asociado con el abonado, se trata de un chip que el usuario debe introducir en el terminal GSM.
- La estación transmisora-receptora de base o estación transceptor de base (*BTS-Base Transceiver Station*). Se encarga de proporcionar, vía radio, la conectividad entre la red y las estaciones móviles.
- El controlador de estaciones base (*BSC-Base Station Controller*). Se encarga de todas las funciones centrales y de control del subsistema de estaciones base (*BSS:Base Station Subsystem*) que está constituido por el BSC y las BTSs.
- La unidad de Transcodificación (*TRAU-Transcoding Rate and Adaptation Unit*). Se encarga de comprimir la información en el interfaz aéreo cuando se hace necesario. La TRAU forma parte del subsistema BSS. Permite que tasas de datos GSM (8,16,32 Kbps) puedan ser enviadas hacia la interfaz RDSI del MSC que sólo acepta tasas de 64 Kbps.
- El centro de conmutación de servicios móviles o centro de conmutación de móviles (*MSC-Mobile Services Switching Center*). Se encarga de enrutar el tráfico de llamadas entrantes y salientes, y de la asignación de canales de usuario en la interfaz entre el MSC y las BSC.
- El registro general de abonados (*HLR-Home Location Register*). Es una base de datos que contiene y administra la información de los abonados, mantiene y actualiza la posición del móvil y la información de su perfil de servicio.
- El registro de abonados itinerantes (*VLR-Visitor Location Register*). Diseñado para NO sobrecargar el HLR. Guarda localmente la misma información que el HLR, cuando el abonado se encuentra en modo de itinerancia (roaming).
- El centro de autentificación (*AuC-Authentication Center*). Genera y almacena información relativa a la seguridad, genera las claves usadas para autentificación y encriptación.
- Registro de Identidad de Equipos (*EIR: Equipment Identity Register*). Los terminales móviles tienen un identificador único, el IMEI (*International Mobile Equipment Identity*), el EIR se utiliza para mantener una relación de las identidades de los equipos abonados; a través de él resulta posible identificar aquellos usuarios autorizados.

- El GMSC: *Gateway Mobile Switching Center*. Es el punto hacia el cual es encaminada una terminación de llamada cuando no se tiene conocimiento de la ubicación de la estación móvil. Este componente tiene la responsabilidad por el encaminamiento de la llamada al MSC correcto.
- SMS-G. Este término es usado para describir colectivamente a dos Gateways que soportan el servicio de mensajería corta (*Short Message Services Gateways*) descritos en las recomendaciones GSM. El SMS-GMSC (*Short Message Service Gateway Mobile Switching Service*) encargado de la terminación de los mensajes cortos y el IWMSC (*Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Center*) encargado de originar los mensajes cortos.
- Las conexiones originadas o dirigidas hacia otras redes son manejadas por un gateway dedicado, el GMSC (*Gateway Mobile Switching Center*).

En la Figura 2 se muestra la arquitectura del sistema GSM. Sus componentes pueden ser agrupados en tres subsistemas: El subsistema de estaciones base (*BSS: Base Station Subsystem*), el subsistema de comutación y gestión (*SMSS: Switching and Management Subsystem*) y el subsistema de operación y mantenimiento (*OMSS: Operation and Maintenance Subsystem*).

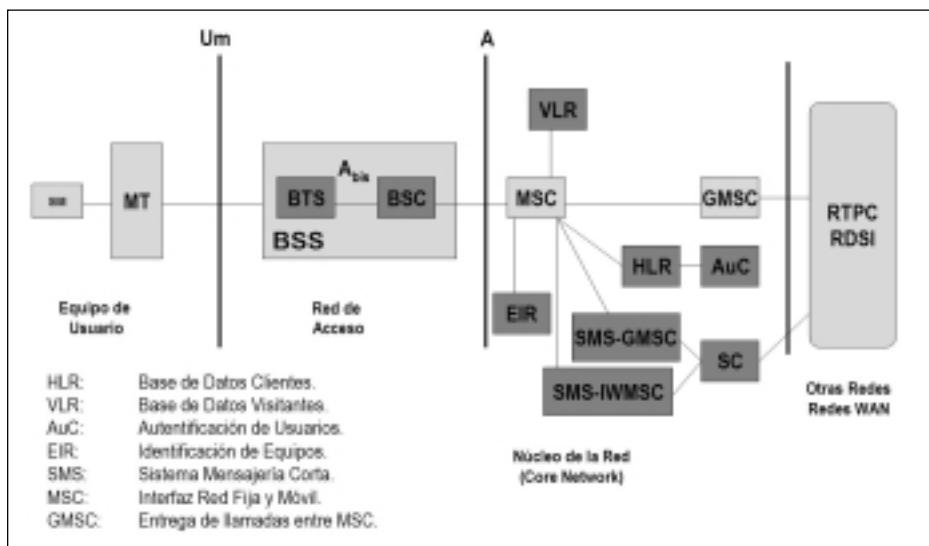


Figura 2. Arquitectura del Sistema GSM.

2.2. Interfaces y protocolos

Entre cada par de elementos de la arquitectura GSM existe una interfaz independiente. Cada interfaz requiere de su propio conjunto de protocolos.

En la Tabla 2 se describen las principales interfaces, los tipos de información y los protocolos de la arquitectura GSM.

Tabla 2. Interfaces GSM

Interfaz	Situada entre	Descripción	Intercambio de información	
			Tráfico Usuario	Protocolo Señalización
A	MSC-BSC	Permite el intercambio de información sobre la gestión del subsistema BSS, de las llamadas y de la movilidad. A través de ella, se negocian los circuitos que serán utilizados entre el BSS y el MSC.	SI (1)	SS7
Abis	BSC-BTS	Permite el control del equipo de radio.	SI	LAPD
B	VLR-MSC asociados	VLR es la base de datos que contiene toda la información que permite ofrecer el servicio a los clientes que se encuentran en el área de influencia de sus MSC asociados. Por lo tanto, cuando un MSC necesite proporcionar información sobre un móvil acudirá a su VLR. Esta interfaz NO debe ser externa (por desempeño, por el volumen de información intercambiado).	NO	MAP/B (2)
C	HLR-GMSC	Es la interfaz utilizada por los gateways GMSC para enrutar la llamada hacia el MSC destino. La GMSC no necesita contar con un VLR, se trata de un nodo que sólo transmite llamadas.	NO	MAP/C
D	HLR-HLR	Permite intercambiar información entre ambas bases de datos, esta información se encuentra relacionada con la posición del móvil y la gestión del servicio contratado por el usuario.	NO	MAP/D
E	MSC-MSC	Permite intercambiar la información necesaria para iniciar y realizar un intercambio Inter-MSC cuando el móvil cambia de área de influencia de un MSC a otro.	SI 64 Kbps	MAP/E, RDSI, ISUP (3)
F	MSC-EIR	Utilizada cuando el MSC desea comprobar el IMEI de un equipo.	NO	
G	VLR-VLR	Utilizada para permitir la interconexión entre dos VLRs de diferentes MSCs	NO	MAP/G
H	MSC-SMS-G		SI	MAP/H
I	MSC-MS	Permite el intercambio transparente de datos entre el MSC y el MS a través del BSS		
Um	BSS-MS	Es la interfaz de radio, se encuentra entre la estación móvil y el BSS.	Voz: 13 Kbps Datos: 9.6 Kbps	LAPDm

En la Figura 3 se muestran los protocolos de señalización entre la estación móvil (MS) y la estación base (BTS), entre la estación base (BTS) y la controladora de estaciones base (BSC) y entre la controladora de estaciones base (BSC) y el centro de conmutación de móviles (MSC).

En el gráfico aparecen tres niveles: CM, MM y RR. El nivel CM-*Communications Management* es responsable por la gestión de las llamadas a solicitudes de los usuarios. El nivel MM-*Mobility Management* es responsable por el mantenimiento de la información de localización del usuario. El nivel RR-*Radio Resource* es responsable por el establecimiento y mantenimiento del enlace entre el MS y el MSC, que corresponden con

el nivel 3 del modelo de referencia OSI. El nivel RR' corresponde con aquella parte de la funcionalidad del nivel RR que es administrada por el BTS. Los protocolos LAPD y LAPm corresponden con el nivel dos del Modelo OSI. El protocolo BTSM (*Base Transceiver Station Management*) es responsable por la transferencia de información de nivel RR al BSC. Los protocolos SCCP (*Signalling Connection Control Part*) y MTP (*Message Connection Control*) hacen parte del sistema de señalización 7 (SS7).

1. La BSC se comunica con el GMSC a través de la unidad de transcodificación (TRAU) que se encarga de efectuar el traslado entre una tasa de 16 Kbps, que recibe del lado de la BTS, a una tasa de 64

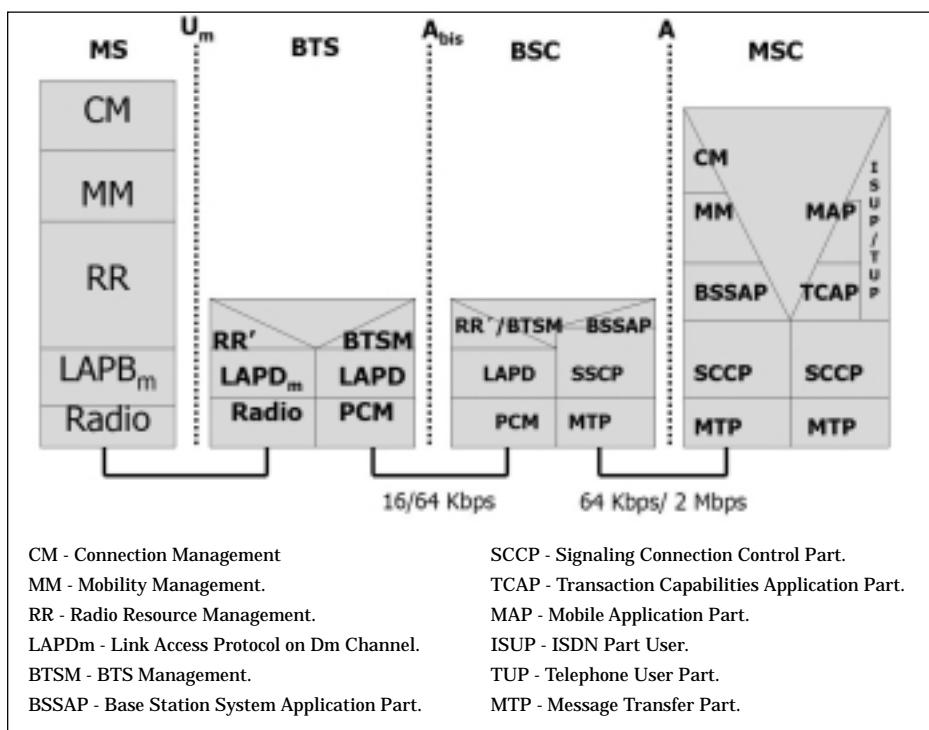


Figura 3. Protocolos sobre las interfaces A, Abis y Um

Kbps, que debe entregar del lado del GMSC.

2. A través de algunas interfaces se transfiere únicamente información de señalización, para hacerlo, se utiliza el protocolo *Mobile Application Part-MAP* del protocolo SS7.
3. El GMSC establece una llamada de tráfico (64 Kbps) en la RTPC a través del protocolo *ISDN User Part-ISUP* que es un protocolo SS7.

2.3. Acceso al medio

GSM utiliza una combinación de TDMA (*Time Division Multiple Access*) y FDMA (*Frecuency Division Multiple Access*). Dos bandas de frecuencias, de 25 Mhz cada una, han sido asignadas a GSM-900, estas bandas son usadas en modo FDD (*Frecuency Division Duplex*). El enlace de subida (uplink, entre el móvil y la estación base), se implementa entre 890 y 915 Mhz. El enlace de bajada (do-

wnlink, entre la estación base y el móvil), se implementa entre los 935 y los 960 Mhz. Cada banda se encuentra dividida en canales portadores de 200 Khz de tamaño. En GSM, el enfoque de TDMA es aplicado a los canales de subida y de bajada, cada canal es dividido en ocho ranuras (slots) en cada una de las cuales se transmite una unidad de información. Este proceso se muestra en la Figura 4. El esquema de modulación usado en una ranura es GMSK-*Gaussian Minimum Shift Keying*, con él, se pueden alcanzar tasas de bits de 270 Kbps aproximadamente. Los datos en una ranura son denominados ráfagas (burst) y alcanzan los 148 bits de longitud, los 8.25 bits restantes son utilizados como guardas en el tiempo. El número de bits que constituyen la cabecera y la cola son constantes. Si un usuario es propietario de una ranura puede alcanzar una tasa máxima de 24.7 Kbps (sin ningún esquema de corrección de errores). Todo esto se muestra en la Figura 4.

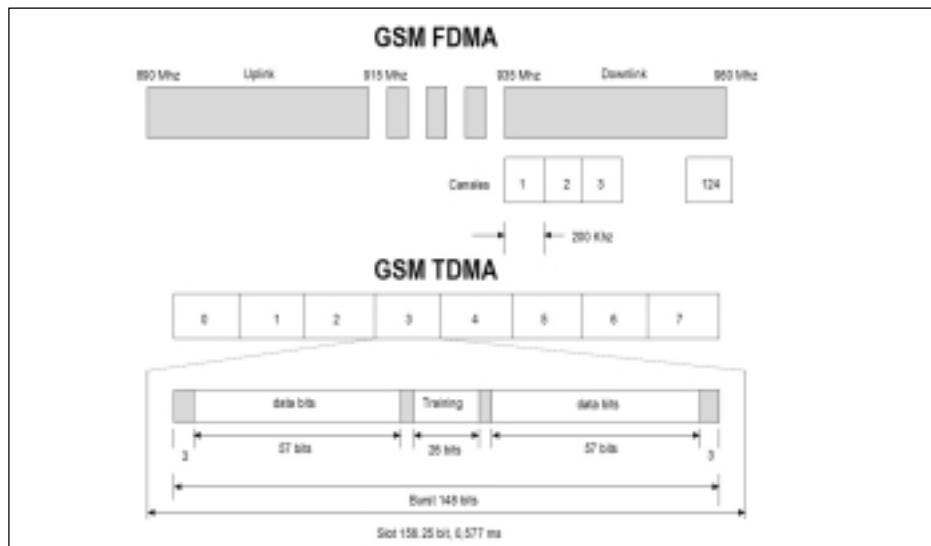


Figura 4. FDMA y TDMA en GSM

2.4. Canales físicos y lógicos

GSM distingue entre canales físicos (las ranuras de tiempo) y canales lógicos (la información portada por los canales físicos). Algunas ranuras de tiempo en una portadora constituyen un canal físico el cual es usado por diferentes canales lógicos para transferir información, tanto de señalización como del usuario. Existen dos tipos de canales lógicos en GSM: Los canales de tráfico (*TCH-Traffic Channels*), que transportan información (voz o datos) del usuario y los canales de control (*CCH-Control Channels*), que transportan señalización y sincronización entre la estación base y la estación móvil. Sus funciones y formas varían según el enlace. En la Tabla 3 se presentan detalles de cada uno de estos canales.

3. GSM/GPRS

GPRS significa *General Packet Radio System*, es una tecnología que provee acceso de radio paquetes sobre la red GSM existente, en este sentido, constituye una extensión de conmutación de paquetes sobre dicha red. Fue introducida para proporcionar un acceso más eficiente de las redes celulares sobre las redes públicas de datos en comparación con aquellos proporcionados por los servicios tradicionales, basados en conmutación de circuitos, que eran ofrecidos por la tecnología GSM tradicional. Esta tecnología permite acomodar, de una forma más eficiente, fuentes de datos que tienen, por lo general, una naturaleza a ráfagas.

Entre sus premisas de diseño vale la pena mencionar las siguientes: Se diseñó como una arquitectura abierta sobre la cual pudieran ser ofreci-

dos servicios IP, la misma infraestructura debería soportar diferentes interfaces de aire, debería permitir la integración de la infraestructura de telefonía y la infraestructura de Internet. Entre los beneficios derivados de su implantación se mencionan: la transmisión de información sobre la red GSM existente para proveer un servicio de datos de alta velocidad que permanezca «siempre activo» (*always on*), reduciendo de esta forma el tiempo empleado en la configuración y liberación de las conexiones.

3.1. Arquitectura de la red GSM/GPRS

GPRS es una red de datos que utiliza la infraestructura de la red GSM para permitir la transmisión de paquetes de datos a tasas que fluctúan entre los 9.6 y los 171 Kbps. Aunque se intenta reutilizar la red GSM existente tanto como sea posible, resulta necesario adicionar algunos nuevos elementos de red, interfaces y protocolos, para manejar este nuevo tipo de tráfico y construir de esta manera una red móvil celular de paquetes. La arquitectura de la red GSM/GPRS se muestra en la Figura 5.

3.1.1. Terminales GPRS del suscriptor

Nuevas terminales son requeridas, los teléfonos GSM existentes no manejan la interfaz de aire extendida, ni los paquetes de datos. Estas terminales deben ser compatibles con la red GSM para poder efectuar llamadas de voz.

3.1.2. Subsistema de estaciones base GPRS

Se necesitan dos nuevas unidades para el servicio GPRS con funciones específicas para soportar los servicios de paquetes de datos: La unidad de control del protocolo (*PCU:Protocol*

Tabla 3. Canales lógicos en GSM

Tipo de canal	Denominación	Descripción
Canales de Tráfico (Traffic Channel-TCH)	TCH/FS	S: Voz (Speech) 9.6: Datos a 9600 bps. 4.8: Datos a 4800 bps 2.4: Datos a 2400 bps.
	TCH/F9.6	
	TCH/F4.8	F: Full Rate. La información de un usuario se envía en una ranura de tiempo, en cada trama.
	TCH/F2.4	
	TCH/HS	H: Half Rate. La información de un usuario se envía en una ranura de tiempo, trama de por medio. Dos usuarios comparten una misma ranura en diferentes instantes de tiempo.
	TCH/H4.8	
	TCH/H.24	
Canales de Control (Control CHannel-CCH)	Canales de Broadcast (Broadcast CHannels) -BCH-	BCCH FCCH SCH Canales de control utilizados para permitir el enganche de los móviles y el monitoreo de las potencias de los móviles en celdas vecinas (MAHO).
	Canales Comunes de Control (Common Control CHannels) -CCCH-	PCH RACH AGCH Estos canales permiten el establecimiento de las llamadas y la asignación de canales de control.
	Canales de Control Dedicados (Dedicated Control CHannels) -DCCH-	SDCCH SACCH FACCH Canales de control bidireccionales utilizados para prestar los servicios de señalización y supervisión al usuario.

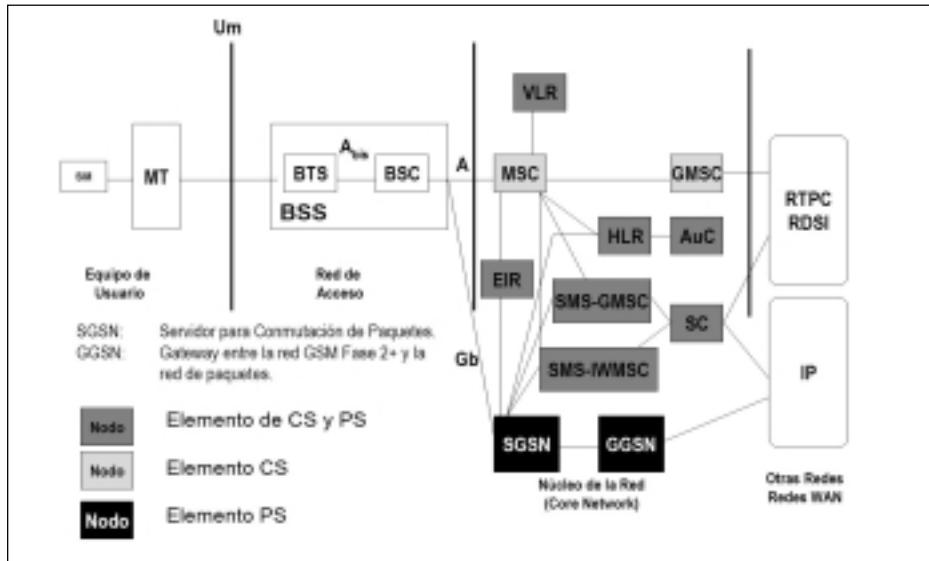


Figura 5. Arquitectura de la Red GSM/GPRS

Control Unit) y la unidad de control de Canal (CCU:Channel Control Unit). La unidad de control del protocolo es responsable por la segmentación LLC, la manipulación del acceso al canal, el reparto de los canales, el tratamiento de las retransmisiones y por la administración de los canales de radio. La unidad de control de canal es responsable por la codificación del canal, la corrección de errores FEC, el intercalado y las medidas de radio. GPRS no establece la forma como se reparten las responsabilidades el BSC y el BTS; este aspecto es, por lo tanto, específico de la implementación. Una nueva interfaz, Gb, conecta los BSC y los SGSN, es necesario entonces un nuevo protocolo, BSSGP. El impacto derivado de la implementación de GPRS sobre el BSS supone la actualización de la interfaz de radio entre la BTS y el móvil. Cada BSC requiere de la instalación de una o más PCUs y de la actualización en software. La BTS también requiere de una actualiza-

ción en software, sin embargo, típicamente no requiere de ninguna expansión hardware. Cuando el tráfico de voz o de datos es originado en la terminal del suscriptor, es transportado sobre la interfaz de aire al BTS, y desde allí hasta la BSC, de la misma forma que una llamada GSM estándar lo hace. Sin embargo, el tráfico es separado a la salida del BSC, el tráfico de voz es enviado al MSC usando GSM estándar y los datos son enviados a un nuevo dispositivo llamado SGSN a través de la PCU con una interfaz Frame Relay.

3.1.3. Nodos de soporte GPRS

La estructura convencional de GSM ha sido extendida con una nueva clase de nodos de red que permiten crear un modo de transferencia de comutación de paquetes de extremo a extremo, los GSN (*GPRS Support Node*) tienen la responsabilidad por la entrega y por el enruteamiento de los paquetes de datos entre el móvil y las redes de datos públicas externas.

El SGSN, por *Servicing GSN*, es responsable por la transferencia de paquetes desde/hacia los móviles en su área de servicio, esta tarea incluye: el enrutamiento de los paquetes, su transferencia, la gestión de la movilidad y del enlace lógico y las funciones de autenticación y facturación. Al igual que en el GSM convencional, toda la información del usuario que se debe conocer en el nodo SGSN, se almacena en el registro GR (*GPRS Register*) que conceptualmente hace parte del registro HLR. El GR almacena el perfil del usuario, la dirección actual de SGSN y las direcciones del protocolo PDP (*PDN Protocol*) para cada usuario GPRS en la PLMN. El SGSN es conectado al subsistema de estaciones base a través de una conexión Frame Relay a la PCU en la BSC.

El GGSN, por *Gateway GSN*, el otro tipo de nodo de soporte a GPRS, actúa como interfaz lógico entre la red troncal GPRS y las redes PDN externas. Convierte los paquetes GPRS provenientes del SGSN al formato PDP apropiado (IP o X.25 por ejemplo), en el otro sentido, las direcciones del PDP de los paquetes de datos entrantes son convertidas a direcciones GSM de los destinatarios y luego los paquetes son enviados al correspondiente SGSN. Para este propósito, la GGSN almacena la dirección del nodo SGSN del usuario y su perfil, consultándolo en los registros HLR/GR. Uno o más GGSNs pueden ser provistos para soportar múltiples SGSNs.

En la red núcleo de la arquitectura de la red GSM/GPRS se deben distinguir tres tipos de elementos: los que soportan exclusivamente a los servicios de

comunicación de circuitos (CS): El MSC y el GMSC; los que soportan exclusivamente a los servicios de comunicación de paquetes (PS): El SGSN y el GGSN; y los que son utilizados para soportar los dos tipos de servicios (PS y CS): El VLR, el HLR, el AuC, el EIR. Estos detalles se muestran gráficamente en la Figura 5.

3.1.4. Terminales GPRS

El término equipo terminal (*TE-Terminal Equipment*) es usado para referirse a una amplia variedad de teléfonos móviles y de estaciones móviles usados en el ambiente GPRS. Existen tres tipos de terminales: Terminales clase A que soportan servicios GPRS y GSM de forma simultánea, terminales clase B, que pueden monitorear canales GSM y GPRS simultáneamente pero que pueden soportar únicamente uno de estos servicios a la vez, y terminales clase C que soportan únicamente un servicio.

3.1.5. Enrutamiento de datos

Uno de los principales requerimientos en una red GPRS es el enruteamiento de paquetes hacia/desde un usuario móvil. Este requerimiento puede ser dividido en dos áreas: El enruteamiento de paquetes de datos y el manejo de la movilidad.

3.1.5.1. Enrutamiento de paquetes de datos

Todos los GSNs se conectan a través de una red troncal (backbone network) GPRS basada en IP. Existen dos clases de redes troncales: *Intra-PLMN IP backbone network* e *Inter-PLMN backbone network*. Una red Intra-PLMN IP backbone network tiene la responsabilidad por proveer la conexión de GSNs que pertenecen

a la misma PLMN, son, por lo tanto, redes IP privadas del proveedor de red GPRS. Una red Inter-PLMN backbone network tiene la responsabilidad por conectar nodos GSNs que pertenecen a diferentes PLMNs. Se necesita, por lo tanto, un acuerdo de itinerancia (roaming) entre los dos proveedores de red para instalar este tipo de red troncal, es necesario instalar pasarelas fronterizas BG (Border Gateways) entre cada PMNL para garantizar la itinerancia. La Figura 6 ilustra este aspecto.

3.1.5.2. Manejo de la movilidad

El área de servicio de un SGSN se encuentra distribuida de forma jerárquica, un SGSN puede atender varias áreas de localización (*LA-Location Area*), que pueden a su vez estar constituidas por una o varias áreas de enrutamiento (*RA-Routing Area*) que se encuentran compuestas de una o varias celdas. La operación de GPRS es parcialmente independiente de la

red GSM. Sin embargo, algunos procedimientos comparten elementos de red con las funciones GSM para incrementar la eficiencia y hacer un uso óptimo de los recursos GSM libres. Una estación móvil tiene tres estados en el sistema GPRS: activo, en espera (standby) y libre (idle), este modelo de tres estados es único en la red de paquetes, GSM utiliza un esquema de dos estados: Activo y libre. En el estado activo los datos son transmitidos entre la estación móvil y la red GPRS, en este estado el SGSN conoce la localización de la celda en la cual se encuentra la MS. En el estado de espera, el SGSN conoce únicamente el área de enrutamiento. En el estado libre, la MS no tiene el contexto GPRS activado y ninguna red pública de commutación de paquetes ha sido asignada. Cuando una estación móvil que se encuentra en el estado de activo o de espera se mueve desde un área de enrutamiento

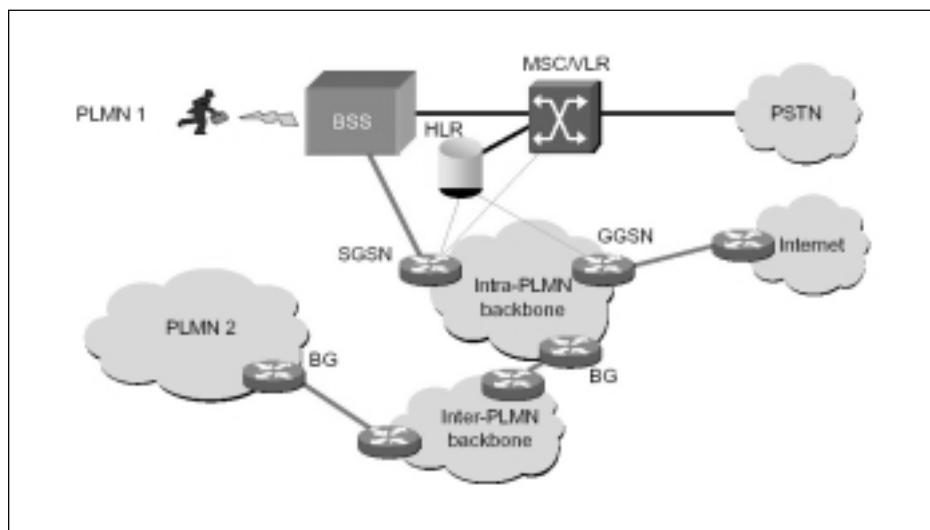


Figura 6. Enrutamiento de paquetes Intra e Inter PLMN en la red GSM/GPRS

to a otra dentro del área de servicio de un SGSN, debe efectuar una actualización de enrutamiento. La información del área de enrutamiento en el SGSN es actualizada.

3.1.6. Interfaces y Protocolos GSM/GPRS

En la Tabla 4 se describen las interfaces propias de GPRS.

La Figura 7 ilustra la pila de protocolos GPRS y el flujo de extremo-a-extremo de un mensaje desde el MS hasta el GGSN.

El protocolo entre el SGSN y el GGSN a través de la interfaz Gn es GTP. GTP por GPRS *Tunneling Protocols* es un protocolo de tunneling, de nivel 3, similar a L2TP. Aunque la figura anterior define la interfaz Gn (y la Gi, no mostrada) como IP, los protocolos subyacentes no son especificados para proveer flexibilidad con el medio físico empleado. La interfaz más comúnmente usada con GPRS es Fast Ethernet. Para la interfaz Gi, las in-

terfaces más comunes son la interfaz serial, la interfaz E1/T1 o la interfaz Ethernet. Las interfaces WAN físicas pueden correr un amplio rango de protocolos, tales como Frame Relay, HDLC y RDSI. Entre el SGSN y el móvil, el protocolo SNDCP (*SubNetwork Dependent Convergent Protocol*) traza las características de nivel de red en el nivel subyacente de control de enlace lógico proporcionando la multiplexación de múltiples mensajes de nivel de red en una única conexión de enlace lógico virtual, este protocolo es responsable por las funciones de segmentación, cifrado y compresión. Entre el BSS y el SGSN, el protocolo BSSGP (*BSS GPRS Protocol*) transporta información relacionada con el enrutamiento y la QoS y opera sobre Frame Relay.

El nivel de enlace de datos ha sido subdividido en dos subniveles: El LLC y el Control del enlace de radio y control de acceso al medio (*RLC/MAC-Radio Link Control/Medium Access*

Tabla 4. Interfaces GPRS

Interfaz	Situada entre
Ga	Nodos GSN (GGSN,SGSN) y el Charging Gateway (CG).
Gb	SGSN-BSS (PCU). Normalmente en Frame Relay.
Gc	GGSN-HLR.
Gi	GGSN y una red externa de datos (PDN).
Gn	GSN-GSN. Conexión Intra-PLMN network backbone.
Gp	GSN-GSN. Conexión Inter-PLMN network backbone.
Gr	SGSN-HLR.
Gs	SGSN-MSC/VLR.
Gf	SGSN-EIR.

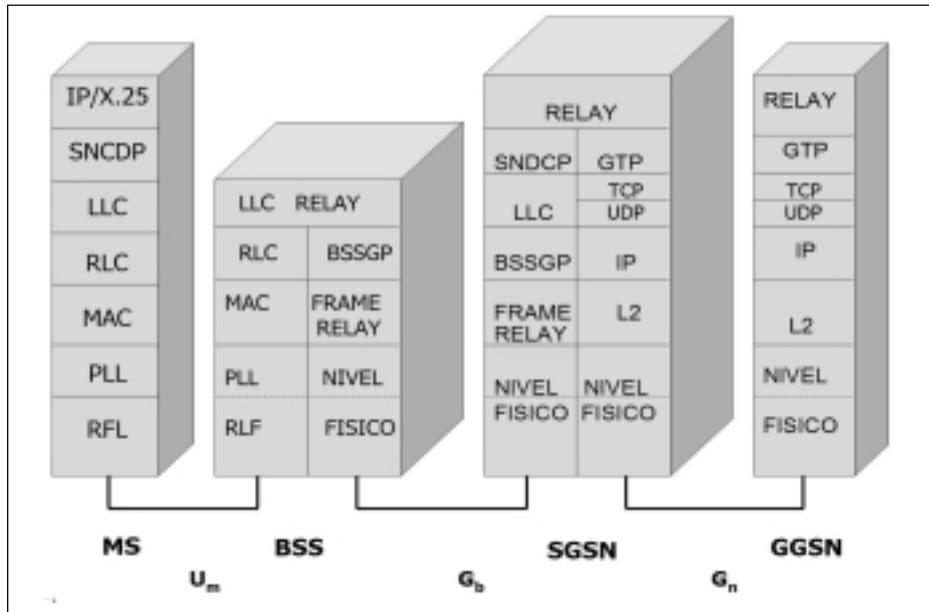


Figura 7. Pila de Protocolos GPRS

Control). El subnivel LLC proporciona un enlace lógico altamente fiable entre el móvil y su SGSN asignado. Para permitir la introducción de soluciones de radio alternativas sin mayores cambios será tan independiente del protocolo RLC/MAC como sea posible. La funcionalidad del protocolo se fundamenta en LAPDm utilizada en el nivel de señalización GSM.

El subnivel RLC/MAC se encarga de proporcionar servicios de transferencia de información sobre la capa física de interfaz de radio GPRS, de definir los procedimientos de acceso múltiple sobre el medio de transmisión que consistirá en varios canales físicos, de la transmisión de bloques de datos a través del interfaz aéreo y es responsable por el protocolo de corrección de errores *BEC-Backward Error Correction* que consiste en la retransmisión selectiva de bloques con errores no corregibles ARQ.

La capa física, entre el móvil y la BTS, se divide en dos subcapas: la subcapa de enlace físico (*PL-Physical Link subLayer*) y la subcapa física de radiofrecuencia (*RFL-Physical RF SubLayer*). La subcapa de enlace físico (*PLL-Physical Link subLayer*) proporciona los servicios necesarios para permitir la transmisión de información sobre un canal físico entre el móvil y la BSS. Estas funciones incluyen el montaje de las unidades de datos, la codificación de los datos y la detección y corrección de errores. La capa física de radiofrecuencia (*RFL-Physical RF SubLayer*) cumple con la recomendación 05 de GSM y se encarga de realizar la modulación y la demodulación de las ondas físicas.

3.1.7. Procesos GPRS

En la Tabla 5 se describen los procesos básicos en las redes GPRS.

Tabla 5. Procesos básicos GPRS

Proceso	Descripción
Vinculación (attach)	Proceso por el cual la estación móvil se conecta a un SGSN en una red GPRS.
Autentificación	Proceso por el cual el SGSN autentifica el suscriptor móvil.
Activación PDP	Proceso por el cual se establece una sesión de usuario entre la estación móvil y la red destino.
Desvinculacion (detach)	Proceso por el cual la estación móvil se desconecta del SGSN en una red GPRS
Solicitud PDP iniciada por la red para una dirección IP estática	Proceso por el cual una llamada desde una red de paquetes alcanza una estación móvil usando una dirección IP estática.
Solicitud PDP iniciada por la red para una dirección IP dinámica.	Proceso por el cual una llamada desde una red de paquetes alcanza una estación móvil usando una dirección IP dinámica.

3.2. Interfaz de radio GPRS

GPRS define una nueva interfaz basada en TDMA para proveer transmisión de paquetes sobre la interfaz de aire, estableciendo, de esta forma, nuevas maneras de usar los canales de radio GSM ya existentes. En GPRS se establecen procedimientos a través de los cuales múltiples usuarios pueden compartir simultáneamente los recursos de radio y las ranuras de tiempo. GPRS define una administración de recursos de radio completamente diferente a la de conmutación de circuitos que establecía GSM en donde se asignaban ranuras por tiempo indefinido. Por el contrario, GPRS asigna ranuras de tiempo al usuario sobre la base paquete a paquete. GPRS retiene el esquema de modulación, la anchura del canal y la estructura de la trama usados en GSM. En el mundo digital, el nivel

físico es el responsable por transportar los bits a través del radio canal usando algún esquema de modulación, en el caso de GPRS se utiliza GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*), para soportar múltiples usuarios en un espectro limitado. GPRS utiliza TDMA para proveer acceso múltiple. Esta técnica se basa en la coordinación de números específicos de tramas y ranuras en un tiempo dado. Para transportar datos desde el móvil a la red, GPRS, al igual que GSM, diferencian la información de señalización de la del usuario a través de canales lógicos. Los canales de tráfico están divididos en dos categorías: De sesión de conmutación de circuitos, en la cual los usuarios son asignados a un canal durante la duración de la llamada; y de sesión de conmutación de paquetes, en la cual múltiples usuarios comparten un

canal particular en ciertas ranuras de tiempo y frecuencias en TDMA. Sin embargo, únicamente un usuario puede ser asignado a una ranura de tiempo particular y a una frecuencia en un instante dado. En la Tabla 6 se presentan los canales, físicos y lógi-

cos, propios de GPRS que se suman a los GSM existentes.

3.3. Impacto derivado de la implantación de GPRS en la red GSM

Vamos a efectuar un resumen del impacto derivado de la implantación

Tabla 6. Canales GPRS

Canales Físicos GPRS	Canales de Paquetes de Datos (Packet Data CHannel) PDCH	Canales PDCH dedicados	Son asignados de forma exclusiva para el servicio GPRS.
		Canales PDCH bajo demanda	Son utilizados para GPRS si no son necesarios para GSM ^(*)
Canales Lógicos GPRS	Canales de control común	Packet Paging CHannel PPCH	Utilizado para localizar una estación móvil antes de la transferencia de paquetes.
		Packet Random Access CHannel-PRACH	Utilizado por la estación móvil para solicitar canales para GPRS.
		Packet Access Grant CHannel-PAGCH	Utilizados para comunicar a la estación móvil los canales de tráfico asignados.
	Canales de difusión	Packet Broadcast Control CHannel-PBCCH	Utilizado para difundir información de control general del sistema GPRS.
	Canales de tráfico	Packet Data Traffic CHannel-PDTCH	Usado para la transferencia de paquetes de datos.
	Canales dedicados de control	Packet Associated Control CHannel-PACCH	Constituye un canal de señalización asociado con un canal de tráfico PDTCH. Permite transferir el nivel de potencia e información del sistema.
		Packet Timing Control CHannel-PTCCH.	Utilizado para el envío de información relacionada con el avance del tiempo.

(*) Los servicios de conmutación de circuitos tienen prioridad sobre los de conmutación de paquetes.

de GPRS en la red GSM. El interés primordial de un operador GSM se centra en que la introducción de GPRS pueda realizarse sin cambios notables en la red. Sin embargo, la introducción de GPRS provoca cambios funcionales y operativos significativos en la red, entre ellos: La aparición de nuevos nodos de red SGSN/GGSN, efectos sobre el subsistema de red y conmutación (*NSS:Network and Switching Subsystem*), efectos sobre el subsistema de estaciones base (*BSS:Base Station Subsystem*) y finalmente, tiene también efecto sobre la planificación de la red.

3.3.1. Incorporación de nuevos nodos de red SGSN/GGSN

Este aspecto ya fue descrito en otra sección del presente artículo. Ver Sección 3.1.3. Nodos de Soporte GPRS.

*3.3.2. Efecto sobre el subsistema de red y conmutación (*NSS:Network and switching Subsystem*)*

Es necesario incluir en el HR un nuevo registro, el *GR-GPRS Register* para almacenar la información de suscripción GPRS. Se añaden nuevas funciones MAP (*Mobile Application Part*) que soportan el intercambio de señales con los GSNs que provocan un incremento en la carga del HLR. Debido a que los SGSN necesitan sus propios parámetros de autenticación y cifrado, se incrementa la carga sobre el AuC. Se añaden tres nuevas interfaces: Gr, Gc y Gs. Los nodos SMS, se actualizan para soportar transmisión a través de SGSN, aparece una nueva interfaz Gd entre SMS-MSC y SGSN.

*3.3.3. Efecto sobre el subsistema de estaciones base (*BSS: Base Station Subsystem*)*

Este aspecto ya fue descrito en otra sección del presente artículo. Ver Sección 3.1.2. Subsistema de Estaciones Base GPRS.

3.3.4. Impacto en la planificación de la red

La implementación de GPRS requiere asignación de recursos, es necesario efectuar cambios en los algoritmos de distribución de recursos. La introducción de GPRS, sin asignar nuevo espectro reduce la capacidad y la calidad de los servicios existentes, es necesario replantear las estrategias de planificación. Por tal motivo, dedicaremos la siguiente sección del documento a presentar la forma como se administran los recursos de radio en redes GSM/GPRS.

3.4. Administración de los recursos de radio en redes GSM/GPRS

En la red GSM/GPRS dos tipos de servicios, voz y datos, compiten por los mismos recursos en una red inalámbrica, ambos servicios tienen diferentes necesidades de calidad de servicio, y por lo tanto, el esquema utilizado al compartir los recursos de radio juega un importante papel en el dimensionamiento de la red. Tradicionalmente se han utilizado diferentes modos de transferir información en las redes celulares: La conmutación de circuitos, que es el esquema adecuado para comunicaciones de tiempo real que demandan un flujo continuo de información como GSM o AMPS, y la conmutación de paquetes, que es el esquema más adecuado para aplicaciones que tie-

nen un comportamiento de tráfico a ráfagas como Internet, GPRS o CDPD (Cellular Digital Packet Data). Puede surgir un tercer esquema, denominado conmutación híbrida que es el esquema utilizado en redes como GPRS/GSM o CDPD/AMPS. La conmutación híbrida o de tráfico mixto que soporta ambos tipos de conmutación y puede ser implementada con tres métodos de asignación del canal: división completa (*Complete Partitioning-CP*), reparto completo (*Complete Sharing-CS*) y reparto parcial (*Partial Sharing-PS*). En el esquema de división completa el ancho de banda se divide en dos partes diferenciadas: los usuarios de voz utilizarán únicamente una parte y los usuarios de datos harán uso exclusivo de la otra. En el esquema de reparto completo todo el ancho de banda se comparte por los dos tipos de usuarios, y se asigna de forma dinámica, y en el esquema de reparto parcial, los usuarios de datos tienen parte del ancho de banda en exclusiva, pero también pueden hacer uso del ancho de banda libre de los usuarios de voz. Desde la perspectiva del grado de servicio (*GoS Grade of Service*), los métodos de reparto completo y de reparto parcial son problemáticos para los servicios de voz si no se establecen esquemas de prioridad de estos últimos frente a los servicios de datos. Las políticas de asignación de canales deben ser la resultante de un equilibrio entre el retardo, el throughput y la utilización del espectro. La selección del método óptimo para una red de este tipo debe ser el producto de las estimaciones realistas de tráfico, con

lo que se pretende asegurar un buen rendimiento de ambos servicios.

3.4.1. Asignación de recursos en GPRS

La mejor decisión que podría tomar un operador GSM que desee ofrecer servicios GPRS en una red GSM es compartir el espectro existente entre ambos servicios dado que en condiciones de tráfico pico, la utilización media del canal en GSM es bastante modesta. Por esta razón, se asume siempre que se utilizarán de forma compartida los recursos de radio existentes para ambos servicios. La distribución de canales entre los servicios de conmutación de circuitos (GSM) y de conmutación de paquetes (GPRS) puede ser llevada a cabo dinámicamente con base en la demanda de capacidad, carga actual de tráfico y prioridad del servicio.

3.4.2. Acceso múltiple y ganancia de multiplexación estadística

GSM asigna de forma permanente un canal a un usuario durante la duración de la llamada mientras que GPRS asigna los canales cuando los paquetes son enviados o recibidos y se liberan después de la transmisión. Con este principio, múltiples usuarios pueden compartir un mismo canal físico (multiplexación estadística) que provoca un mejor aprovechamiento de los recursos de radio y un incremento en la capacidad del sistema. El estándar GSM 05.02 del ETSI define dos modos diferentes de acceso al medio que deberían ser soportados por todas las estaciones móviles: la asignación fija y la asignación dinámica. En la asignación fija, los recursos asignados a un móvil son suficientes para transmitir los datos que ya

tiene listos para la transmisión y éstos son fijos durante un tiempo denominado período de asignación, desde esta perspectiva, un móvil GPRS diferente, puede ser multiplexado en el tiempo en el mismo canal de paquete de datos dependiendo de la duración del período de asignación. En la asignación dinámica se utiliza una bandera denominada *USF:Uplink State Flag* en dirección de bajada para reservar los canales de paquetes de datos de subida a diferentes móviles. El mensaje de «asignación de paquete de subida» incluye la lista de los canales de paquetes de datos asignados al móvil y los correspondientes valores de USF para cada canal. El móvil monitorea los flags en los canales de paquetes de datos asignados y transmite bloques de radio en los que mantiene actualizados los valores reservados de los USF para el uso del móvil. Este esquema proporciona una utilización más flexible de los recursos de radio en general.

3.4.3. *Uso asimétrico de los recursos de radio de subida y bajada*

En el caso de transmisiones de conmutación de circuitos, los canales son reservados simétricamente a pares. Sin embargo, en transmisiones de conmutación de paquetes, los canales de subida y de bajada se utilizan como recursos independientes. Esto quiere decir que en cierta ranura TDMA, un canal de subida PDCH puede contener datos de un móvil, mientras que los datos a otro móvil pueden ser transmitidos en el PDCH de bajada. La justificación para este comportamiento es la naturaleza asimétrica del tráfico de datos.

4. UMTS

Existe, dentro del ITU, un grupo estratégico denominado *Internacional*

Mobile Telecommunications, IMT-2000, que tiene como objetivo de trabajo definir las interfaces entre las redes de tercera generación y las redes que evolucionaron a partir de GSM por una parte, y desde ANSI-41 (su contraparte americana), por otra, para permitir la itinerancia entre estas redes. Por el lado de GSM, el ETSI-*European Telecommunications Standards Institute* y un grupo de organismos asociados decidieron, en el año de 1998, emprender un proyecto denominado 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) que buscaba establecer los estándares para un sistema móvil de tercera generación que tuviera una red núcleo basada en la evolución de GSM y cuya red de acceso estuviera basada en todas las tecnologías de radio acceso (FDD y TDD). El 3GPP empezó a denominar a los sistemas móviles de tercera generación como Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles (*UMTS-Universal Mobile Telecommunications System*). UMTS ha sido presentada como la culminación de la convergencia de Internet y las redes móviles, en ella, los usuarios tendrán la posibilidad de acceder a contenidos y servicios multimedia de banda ancha independientemente del lugar donde se encuentren.

En 1992, la Conferencia Mundial de Radio (WRC-92) identificó las bandas de frecuencias de 1855-2025 Mhz y 2110-2200 Mhz para los futuros sistemas IMT-2000, destinando las bandas 1980-2010 Mhz y 2170-2200 Mhz para la comunicación vía satélite de estos sistemas.

4.1. *Evolución hacia UMTS*

En el marco del 3GPP, el trabajo de especificación de UMTS fue dividido en varias fases hasta alcanzar el ob-

jetivo final: una red integrada de servicios multimedia independientes de la posición del usuario. En la primera fase, denominada Versión 1999 (*Release 1999 o R99*), se propone una evolución más o menos lógica desde las arquitecturas de segunda generación, en ese sentido podría decirse que la palabra que mejor define esta fase es evolución. Sin embargo, en la segunda fase, denominada Versión 2000 (*Release 2000-R00*). Esta fase fue modificada posteriormente como *Release 4*), lo que se propone es una completa revolución: reemplazar la componente de conmutación de circuitos, que seguía vigente en la versión 99, por una red basada completamente en conmutación de paquetes denominada arquitectura UMTS Todo-IP (*All-IP UMTS network architecture*). En esta propuesta, el protocolo IP adquiere cada vez mayor importancia hasta convertirse en el protocolo para el transporte, tanto de la información del usuario (contenido multimedia), como de la información de control y de señalización, de ahí la denominación de una red «todo IP». Más adelante, en otra sección de este documento, se hará una presentación más detallada de este proceso evolutivo.

4.2. Servicios

UMTS proveerá servicios de voz y datos, en eso coincide con la red GSM/GPRS, estos servicios serán provistos a diferentes tasas según el ámbito en el que se ofrezcan, en conexiones satelitales y servicios rurales en exteriores, la tasa será de 144 Kbps; en servicios urbanos en exteriores, la tasa será de 384 Kbps; mientras que en servicios de interiores o de exteriores de bajo rango de distancias se podrán alcanzar tasas de hasta 2

Mbps, en esto difiere con la red GSM/GPRS.

En UMTS se han definido cinco clases de servicios portadores con conmutación de circuitos: voz, datos transparentes para soporte de información multimedia, fax no transparente y datos no transparentes.

Los servicios de datos serán provistos con diferente calidad de servicio (*QoS-Quality of Service*). Se han definido clases de calidad de servicio para acomodar cuatro tipos de tráfico. Estos tipos de tráfico, su naturaleza y características básicas se muestran en la Tabla 7).

La universalidad que da el nombre a la tecnología UMTS es un concepto clave en el desarrollo de los servicios de tercera generación, para cumplir con este postulado es necesario observar dos premisas básicas: La primera, la posibilidad de que cualquier entidad u organización pueda desarrollar aplicaciones y servicios gracias a la separación arquitectónica de los planos de transporte y de servicios. La segunda, que el usuario tenga la misma percepción de los servicios recibidos con independencia del terminal que utilice y del lugar en donde se encuentre. Para cumplir con esta segunda premisa básica se desarrolló el concepto de entorno personal virtual (*VHE-Virtual Home Environment*) que puede ser entendido como una característica que permite a un usuario conservar su perfil de servicios, la edición de éstos y la interfaz de acceso, con independencia de la red visitada.

4.3. Arquitectura

En la descripción que se realiza en la especificación UMTS Versión-99 se

Tabla 7. Clases de servicio para los tipos de tráfico en UMTS

Clase de Servicio	Naturaleza	Características Básicas	Ejemplos
Conversacional	Servicios de tiempo real	Preserva el límite del retraso y la variación de tiempo entre paquetes. El retraso es pequeño y constante.	Voz, videotelefono
Afluente (Streaming)	Servicios de tiempo real	Preserva la variación de tiempo entre paquetes. Retardo constante pero no necesariamente reducido.	Flujo de video o audio
Interactiva	Servicios de tiempo NO real	Modelo de petición y respuesta. Preserva el contenido de los datos. Retardo moderado y bajas tasas de errores.	Navegación en internet
Diferida (Background)	Servicios de tiempo NO real	No es necesaria la interacción. Preserva el contenido de los datos.	Correo electrónico, descarga de datos.

consideran elementos de red de tres categorías: Elementos de la red núcleo de GSM: Entre ellos, el centro de conmutación de servicios móviles (MSC), los registros EIR, VLR y HLR y el centro de autentificación (*AuC*). Elementos de la red GPRS: Entre ellos, el SGSN y el GGSN. Finalmente, elementos específicos de UMTS: El equipo del usuario (*User Equipment-UE*) y la Red de Radio Acceso Terrestre UMTS (*UMTS Terrestrial Radio Access Network-UTRAN*). En la Figura 8 se muestra el esquema general de la arquitectura UMTS, y al igual como ocurre con la red GSM, el sistema se compone de tres grandes bloques: La red troncal o núcleo (Core Network, CN), la red de acceso a radio (*UMTS Terrestrial Radio Ac-*

cess Network) y las terminales móviles (*User Equipment, UE*) (Figura 8a.) La red núcleo (core) de UMTS se encuentra basada en la topología de la red GSM/GPRS, provee funciones de conmutación, enrutamiento, transporte y bases de datos para el tráfico de la red, contiene elementos de conmutación de circuitos, tales como el MSC, el VLR y el GMSC, elementos de conmutación de paquetes, tales como el SGSN y el GGSN, y elementos que soportan ambos tipos de conmutación, tales como el EIR, el HLR y el AuC. La separación de los dominios de circuitos y paquetes se concibe como necesaria debido a la evolución de las redes actuales, aunque la tendencia es hacia una única red troncal «Todo IP» que incluiría tam-

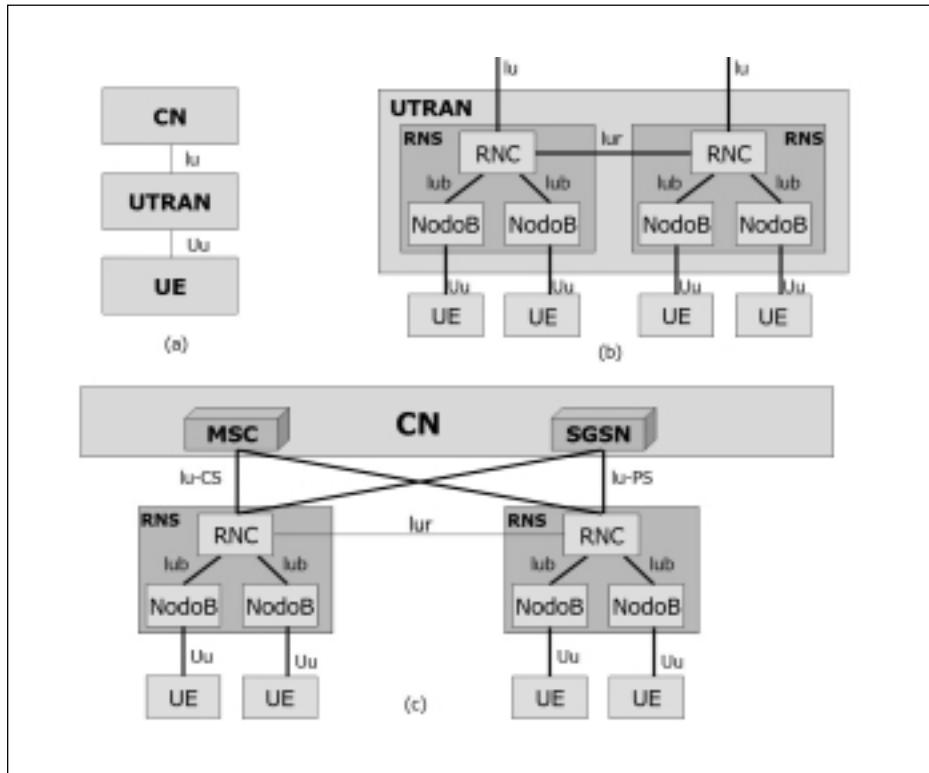


Figura 8. Arquitectura UMTS-Bloques funcionales

bien a la red de acceso. Esta separación en dominios y la arquitectura completa de la red se muestran más claramente en la Figura 8.

La Red de Radio Acceso Terrestre UMTS-UTRAN considera la incorporación de dos nuevos elementos: El Controlador de Radio de la Red (*RNC-Radio Network Controller*) y el Nodo B. La UTRAN contiene múltiples Radio Network Systems (RNSs), y cada RNS es controlado por un RNC, el cual conecta uno o más nodos B, cada uno de los cuales puede proveer servicio a múltiples celdas. Detalles de la red de acceso terrestre y sus componentes se muestran en la Figura 8b. El RNC y el Nodo B en la red UMTS tienen funciones equiva-

lentes a la función de la BSC y la BTS en las redes GSM/GPRS. Resulta entonces posible compartir la infraestructura civil (torres y demás) entre ambas arquitecturas, solo que en el caso de UMTS, para lograr la cobertura planeada se deben adicionar nuevos emplazamientos, igualmente, la red núcleo se puede compartir, según la versión de GSM que tenga el operador. De este modo, UMTS extiende las redes GSM/GPRS existentes, protegiendo la inversión de los operadores.

4.3.1. Interfaces

UMTS define nuevas interfaces, éstas se muestran en la Tabla 8. Estas interfaces se muestran en la Figura 9.

Tabla 8. Interfaces UMTS.

Interfaz		Situada entre
Uu		Equipo de Usuario (UE) y Nodo B
lu	lu-CS	Interface para Conmutación de Circuitos (RNC-MSC/VLR)
	lu-PS	Interface para Conmutación de Paquetes (RNC-SGSN)
lub		RNC a Nodo B
lur		RNC a RNC (No tiene equivalencia en GSM).

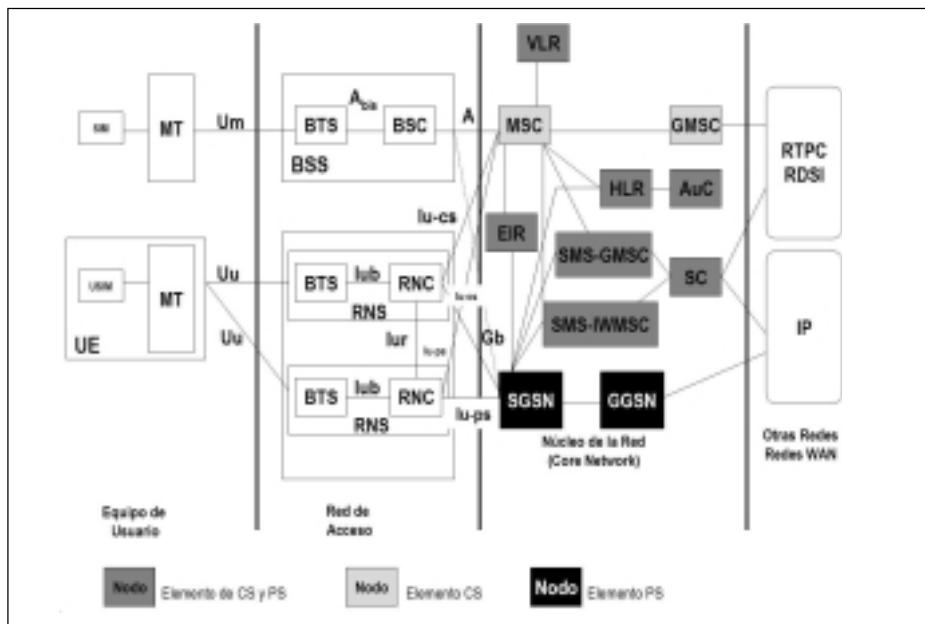


Figura 9. Arquitectura UMTS-Dominios de conmutación de circuitos y paquetes

4.3.2. Controlador de la red de radio
Este componente realiza funciones que son equivalentes a las efectuadas por el controlador de estaciones base (BSC) en redes GSM/GPRS. El controlador de la red de radio (*Radio Network Controller*) provee control centralizado de los nodos B en su área de cobertura, maneja los intercambios de los protocolos en las diferentes interfaces de la UTRAN (lu, lur y lub) y se encarga de la mul-

Radio Network Controller) provee control centralizado de los nodos B en su área de cobertura, maneja los intercambios de los protocolos en las diferentes interfaces de la UTRAN (lu, lur y lub) y se encarga de la mul-

tiplexación de la información proveniente de los dominios de paquetes y de circuitos desde las interfaces lu-PS y lu-CS para que pueda ser transmitida sobre las interfaces lu, lub y Uu hacia/desde el equipo de usuario (UE). El controlador de la red de radio se encarga entonces del manejo de los recursos de radio, utiliza la interfaz lur para permitir la comunicación con otros RNCs. Esta interfaz no tiene equivalencia en redes GMS/GPRS en donde el manejo de los recursos de radio se realiza en la red núcleo. Entre las funciones de la RNC se incluyen: el control de los recursos de radio, el control de la admisión, la asignación del canal, el control de handover, la segmentación y el reensamblaje, la señalización de broadcast y el control de potencia.

4.3.3. *Nodo B.*

Este componente es la unidad de transmisión/recepción que permite la comunicación entre las radio celdas, se encuentra físicamente localizado en el sitio donde existe una BTS GSM para reducir los costos de implementación. Se conecta con el equipo del usuario (UE) a través de la interfaz de radio Uu utilizando WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) y soportando los modos FDD y TDD simultáneamente. La interfaz lub provee la conexión entre el nodo B y el RNC usando ATM, en ese sentido, el nodo B es un punto de terminación ATM.

La principal función del Nodo B es la conversión de unidades de datos en la interfaz de radio Uu. Esta función incluye la corrección de errores y la adaptación a la tasa de datos en la interfaz de radio, el monitoreo de la calidad, la potencia de la conexión y el cálculo de la tasa de errores.

4.3.4. *Equipo de usuario UMTS*

Este componente integra el equipo móvil del suscriptor y el *USIM-UMTS Subscriber Identity Module* que tiene una funcionalidad similar a la del SIM en las redes GPRS/GSM. Debe tenerse en cuenta que los terminales de tercera generación ya no serán meros teléfonos móviles, sino dispositivos avanzados que permitirán el intercambio de diferentes tipos de información, deben, por lo tanto, soportar múltiples perfiles de usuario, proveer funciones de seguridad y autenticación del usuario, soportar la incorporación de métodos de pago, deben tener pantalla táctil y cámara integrada, deben ser equipos multifuncionales para permitir el acceso GSM/GPRS/UMTS, deben tener pantallas más grandes, en color y de alta resolución, deben permitir la reproducción de video en MPEG-4 y la audio en MP-3, deben, finalmente, proveer un entorno para la ejecución de aplicaciones.

4.4. *Movilidad*

En el caso de UMTS, la movilidad se trata de dos formas diferentes: con conexión dedicada, que corre a cargo de la UTRAN y sin conexión dedicada, en donde la conexión se trata entre el equipo de usuario (UE) y la red núcleo (CN) sin tener en cuenta la capa de acceso mediante procedimientos de registro.

4.5. *Arquitectura de protocolos de la interfaz de radio*

En la Figura 10 se muestra la interfaz de radio en la interfaz Uu.

La interfaz de radio se encuentra compuesta por el nivel 1, que corresponde con el nivel físico; el nivel 2,

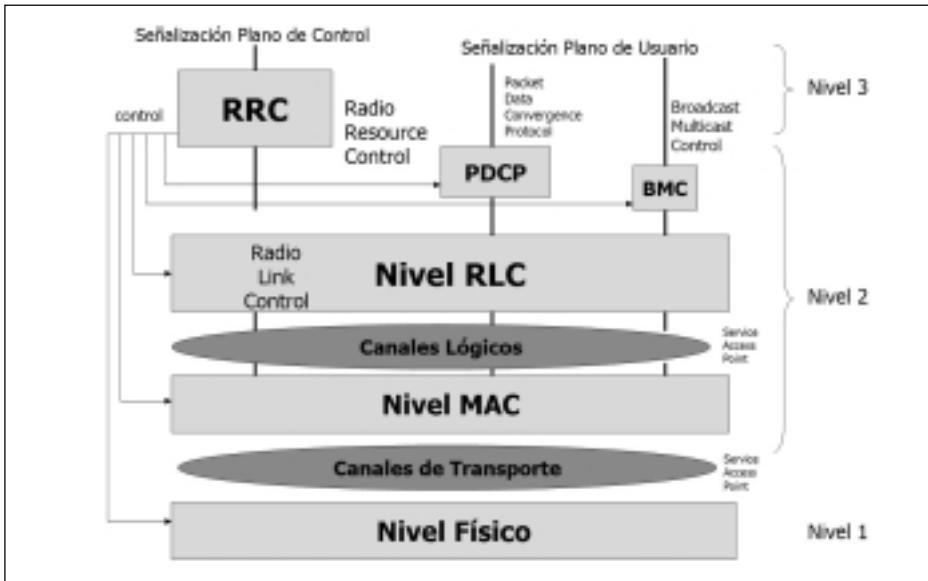


Figura 10. Interfaz de radio en la interfaz Uu

que se encuentra a su vez compuesto por dos subniveles: el subnivel de acceso al medio (*MAC-Medium Access Control*) y el subnivel de control del enlace de radio (*RLC-Radio Link Control*), y nivel 3, que corresponde con el control de recursos de radio (*RRC-Radio Resource Control*). Se definen tres clases de canales: los canales lógicos, los canales de transporte y los canales físicos. Los canales lógicos expresan el tipo de información que se transfiere por la interfaz radio, pertenecen al nivel de enlace. Los canales de transporte expresan la forma como se transmite esa información y los canales físicos denotan los recursos utilizados: códigos de expansión, frecuencias portadoras e intervalos de tiempo. El nivel físico ofrece diferentes tipos de canales de transporte al subnivel MAC quien a su vez ofrece diferentes canales lógicos al subnivel RLC. Los canales físicos se pueden clasificar de acuerdo con varios criterios:

según el sentido de la transmisión pueden ser ascendentes o descendentes; según la asignación a las estaciones móviles pueden ser comunes o dedicados; y según el tipo de información que intercambian pueden ser de datos o de control.

Son funciones del nivel físico: La codificación y decodificación con control de errores, la supervisión de los canales físicos, la multiplexación/demultiplexación de canales de transporte, la proyección (mapping) de los canales de transporte sobre los canales físicos, la modulación/demodulación de espectro ensanchado en banda ancha (aspecto este que trataremos con más detalle más adelante), el control de potencias y de las antenas, la adaptación de velocidades y todo el procesamiento de radiofrecuencia.

Son funciones del nivel de acceso al medio: La asignación de la correspondencia entre los canales lógicos y los

de transporte, la selección de formatos de transporte según la tasa de transmisión, la gestión de prioridades de servicios, la gestión de prioridades entre terminales según el perfil de tráfico y la supervisión del volumen de tráfico a disposición del subnivel RRC.

Son funciones del subnivel RLC: La transferencia de información entre las subcapas RRC y MAC en tres modos diferentes: transporte, sin acuse de recibo y con acuse de recibo, el tratamiento de la información de capas superiores para cursarla en las unidades de información manejadas por la RLC, la corrección de errores, el ordenamiento de los de paquetes, la eliminación de duplicidades y el control del flujo de información.

Son funciones del subnivel RRM: el establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones RRC entre terminales móviles y la red de acceso radio, la gestión de portadoras radio: su asignación, reconfiguración y liberación de recursos, el control del grado de calidad del servicio requerido, el control de admisión, la programación de envío de los paquetes (*packet scheduling*) y el control de congestión.

4.6. Acceso múltiple de radio

La tecnología de acceso múltiple de radio que ha sido elegida para UMTS es CDMA con expansión por secuencia directa: DS-CDMA, en este esquema, el ancho de banda es de 5 MHz por lo que se habla de WCDMA (*Wide-band Code Division Multiple Access*). El esquema de modulación que se ha adoptado es QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). Igualmente, se han definido dos modos de funcionamiento en UMTS-WCDMA: El Modo *FDD-Frequency Division Duplexing*, en el

cual existen dos portadoras por canal de radio, estas portadoras son utilizadas para las transmisiones del enlace ascendente y descendente, es decir, el enlace de subida utiliza una banda de frecuencias diferente a la que utiliza el enlace de bajada. Es necesario entonces asignar un par de bandas de frecuencia para su operación, estas frecuencias se denominan frecuencias emparejadas. El modo FDD resulta adecuado para servicios simétricos, con una amplia gama de velocidades. El Modo *TDD-Time Division Duplexing*, en el cual la transmisión de los enlaces ascendente y descendente se realiza sobre una única portadora utilizando intervalos sincronizados, dado que se utiliza un único canal de radio se dice que este modo opera en bandas de frecuencias no emparejadas. El modo TDD resulta adecuado para servicios asimétricos en entornos de interiores y microcelulares. En este modo, los requisitos de sincronización son más estrictos y exigen más márgenes (*overhead*) para los tiempos de guarda y rampas de variación de potencia. El acceso múltiple de radio reconoce entonces bandas emparejadas (*Paired Bands*) y bandas no emparejadas (*Unpaired Bands*). Para las bandas emparejadas, el enlace ascendente se encuentra entre los 1920 y los 1980 MHz, el enlace descendente se encuentra entre los 2110 y los 2170 MHz. Los 60 MHz del espectro alojan a 12 Portadoras. Para bandas no emparejadas, los rangos de frecuencias disponibles se encuentran entre los 2010 y los 2025 MHz y entre los 1900 y los 1920 MHz, esto suma un total de 35 MHz en donde tienen cabida 7 Portadoras. En la Tabla 9 se presentan los canales, lógicos, físicos y de transporte, de UMTS.

Tabla 9. Canales lógicos, de transporte y físicos, en UMTS

	Canal	Sentido	Tipo	Descripción
Canales Lógicos	BCCH	Descendente	Control	Difusión de información de la red
	PCCH	Descendente	Control	Aviso a móviles no localizados
	CCCH	Descendente	Control	Señalización con móviles sin conexión RRC
	DCCH	Descendente	Control	Señalización con un móvil específico
	DTCH	Descendente	Tráfico	Transferencia de información con un móvil específico
	CTCH	Descendente	Tráfico	Transferencia de información punto-a-multipunto
Canales de Transporte	BCH	Descendente	Común	Difusión de información de la red y la celda
	FACH	Descendente	Común	Envío de información a móviles cuya ubicación es conocida
	PCH	Descendente	Común	Envío de información a móviles cuya ubicación NO es conocida
	DSCH	Descendente	Común	Asignación de recursos
	RACH	Ascendente	Común	Acceso aleatoria de los móviles
	CPCH	Ascendente	Común	Transmisión de paquetes sin asignación exclusiva.
	DCH	Bidireccional	Dedicado	Transmisión de información y señalización en un móvil específico
Canales Físicos	P-CCPCH	Descendente	Común	Soporta el canal BCH
	S-CCPCH	Descendente	Común	Soporta los canales FACH y el PCH
	PDSCH	Descendente	Común	Soporta el canal DSCH
	PRACH	Ascendente	Común	Soporta el canal RACH
	PCPCH	Ascendente	Común	Soporta el canal CPCH
	DPDCH	Bidireccional	Dedicado	Tráfico de datos del DCH
	PDCCH	Bidireccional	Dedicado	Tráfico de señalización del DCH

5. Hacia una arquitectura UMTS basada en «Todo IP»

Como ya lo hemos mencionado en otras secciones del documento, la red GSM/GPRS representó el paso previo en la evolución hacia UMTS, en

el proceso evolutivo hacia su consolidación, se pueden considerar tres fases: La primera, denominada Versión 99 de UMTS, considerada como una «fase de evolución», y la segunda, denominada Versión 4, considerada

como una «fase de revolución» por todos los cambios que implica. En la tercera fase, que ha sido denominada como Versión 5, todos los servicios serán consolidados sobre una arquitectura de transporte «todo IP». Adicionalmente, en el panorama existe una cuarta fase, denominada Versión 6. En esta sección del documento presentaremos este camino evolutivo y se vislumbra el release 7, HSUPA.

5.1. Versión 99

Corresponde con el estándar establecido y será el utilizado por todas las operadoras europeas en el despliegue inicial de UMTS. Esta versión conserva la estructura de la red GSM/GPRS, con la separación de los dominios de circuitos y de paquetes, por lo que no introducirá cambios significa-

tivos en la red núcleo (core network) introducida en GPRS. A diferencia de GPRS, aparece una interfaz de radio, la UTRAN, *UMTS Terrestrial Radio Access Network*, en ella, las BTSs serán sustituidas por nodos B y las BSCs por los RNC (*Radio Network Controller*), aparece la interfaz lu, en lugar de la interfaz A. Podemos encontrar dos variantes, la interfaz lu-CS para el dominio de comutación de circuitos y la interfaz lu-PS para el dominio de comutación de paquetes. Tanto en la red de acceso de radio como en la interfaz de la misma con la red núcleo se utilizará ATM o MPLS como protocolo de transporte. Esta es la arquitectura que hemos analizado en la sección previa. La arquitectura de UMTS en la versión 99 se muestra en la Figura 11.

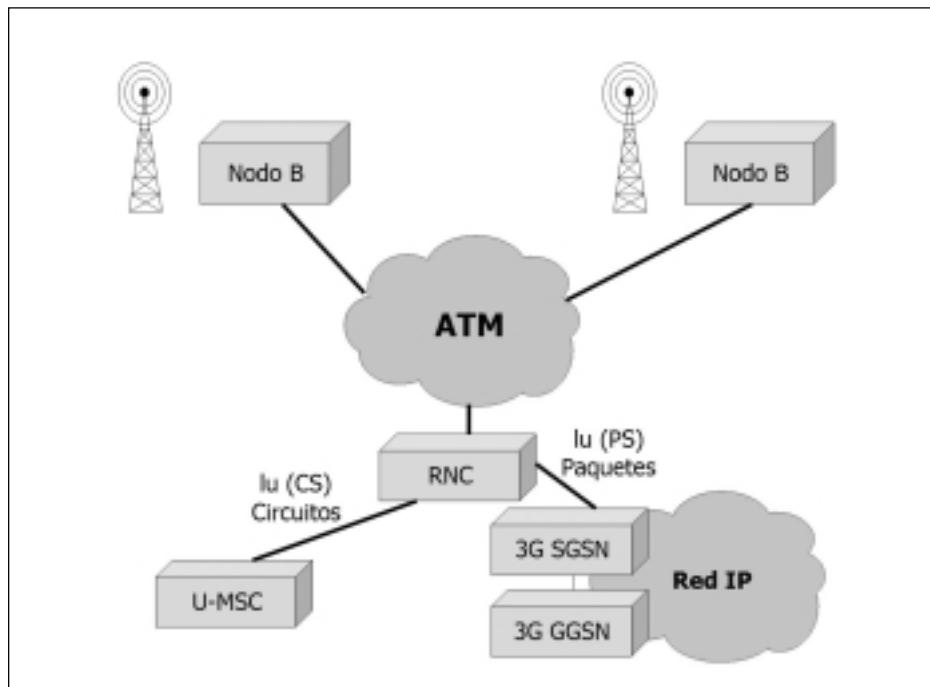


Figura 11. Arquitectura UMTS Versión 99

5.2. Versión 4

En la versión 4 de UMTS, la voz se transporta sobre IP y aparecen separadas las funciones de control y de conectividad para la voz: Las MSCs dividen funcionalmente sus tareas en *Media Gateways* (MG), responsables por proveer la conectividad, y en servidores de control, responsables por proveer la señalización de control. El MG proporciona la conexión con las redes de comunicación de circuitos utilizando los servicios de un *Media Gateway Controller* (MGC). Para la comunicación entre el MG y el MGC se utilizará el protocolo MEGACO. En la Figura 12 se establece una comparación entre las arquitecturas de las versiones 99 y 4 de UMTS. La arquitectura de UMTS en la versión 4 se muestra en la Figura 13.

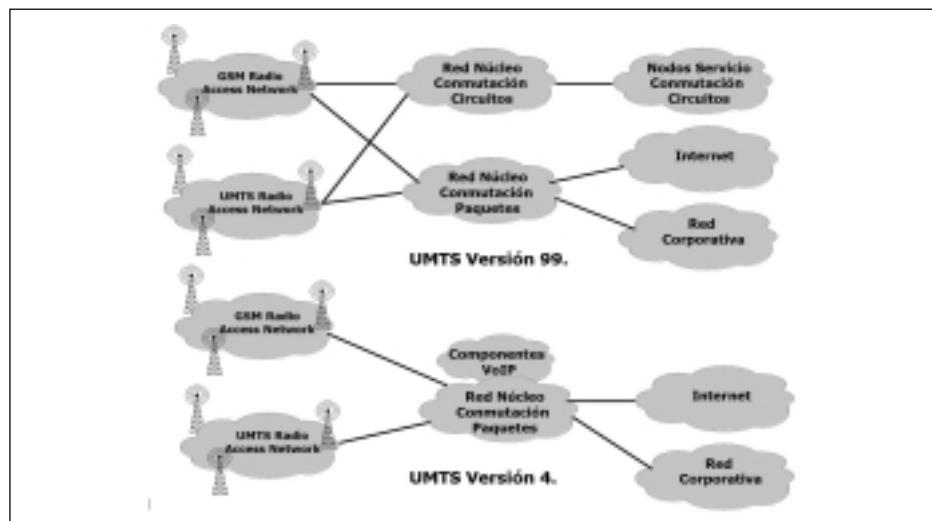


Figura 12. UMTS, versiones 99 y 4

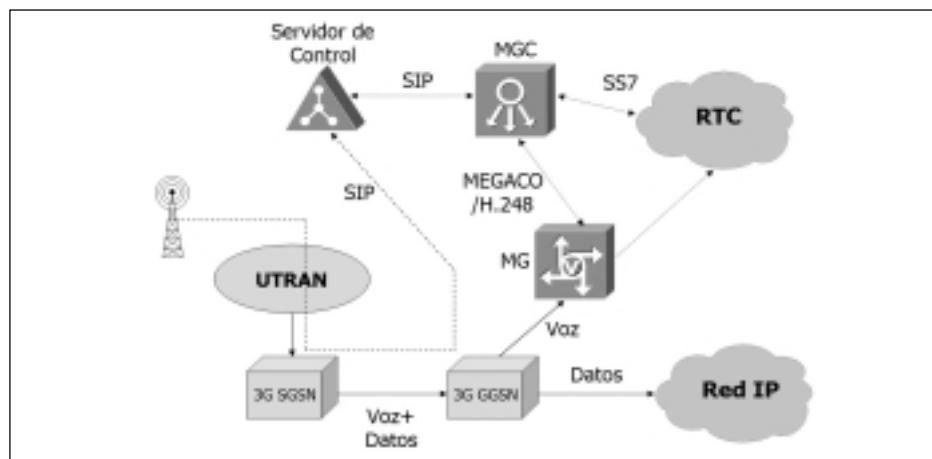


Figura 13. Arquitectura UMTS, Versión 4

5.3. Versión 5

La versión 5 de UMTS, será una versión «Todo IP». IP será la tecnología de transporte en la red núcleo (core network) para todo tipo de datos, incluso también en la UTRAN, en lugar de ATM. En esta versión existe además una separación entre los planos de transporte y control con la aparición del subsistema multimedia basado en IP (*IPMS- IP Multimedia System-IMS*) encargado de efectuar toda la administración de los servicios multimedia utilizando señalización SIP sobre portadora de paquetes.

Las entidades funcionales que se identifican en el IMS son:

- El HSS (*Home Subscriber Server*). Que se encarga de almacenar los perfiles de suscripción de los usuarios, puede ser considerado como la evolución del HLR con la incorporación de funciones de control IP multimedia.
- El CSCF (*Call State Control Function*). Responsable por el control de la sesión. Se encuentra a su vez dividido en varias entidades que se comunican entre sí y con el

usuario utilizando SIP. Estas son:

1. El I-CSCF, que se constituye en el punto de entrada y a través del cual, con la ayuda del HSS, se selecciona el S-CSCF.
2. El S-CSCF, se encarga de recibir las peticiones SIP del usuario y realiza también todo el control de la sesión.
3. El P-CSCF, que en el caso del roaming selecciona en la red visitada el I-CSCF de origen.
- El MRF (*Multimedia Resource Function*). Responsable por la gestión de las funciones de llamada o sesión con varios participantes y conexiones.

En UMTS Versión 5 se mantendrá la interoperabilidad con otras redes de segunda generación y con las entidades que permiten que ésta sea posible: Media Gateway (MG), Media Gateway Controller (MGC) y Signalling Gateway (SWG).

La arquitectura de UMTS V5 se muestra en la Figura 14.

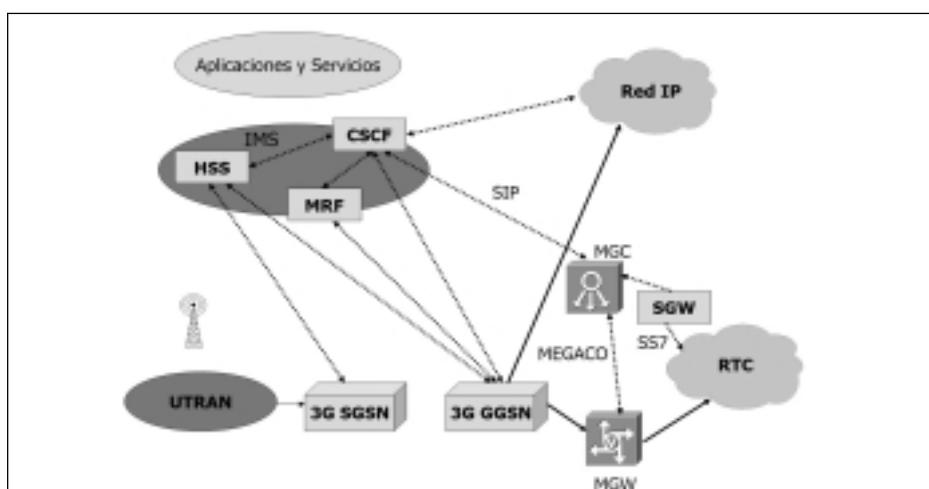


Figura 14. Arquitectura UMTS, versión 5

5.4. Versión 6

En esta versión se propone una ampliación/extensión del IMS-IP Multimedia Services Phase 2. Se contempla entonces la posibilidad de efectuar mensajería a través del IMS.

Esta versión también ofrecerá la posibilidad de conectividad con redes locales inalámbricas (Wireless LAN).

En la Tabla 10 se resume todo el proceso evolutivo y las características más relevantes de cada versión.

Tabla 10. Proceso evolutivo hacia una red «Todo-IP»-Resumen

Versión 99	Versión 4	Versión 5	Versión 6
<p>Se incluye la UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). Utiliza la infraestructura GSM/GPRS en la red núcleo. Red núcleo basada en ATM. Traspaso (handover) entre sistemas UMTS/GSM. Se incluyen el Virtual Home Environment-VHE y la arquitectura abierta de servicios (OSA-Open Service Architecture).</p>	<p>Arquitectura estratificada. Transporte IP para los protocolos de la red núcleo. Calidad de servicio en el nivel de transporte.</p>	<p>Transporte IP sobre la UTRAN. Arquitectura «Todo-IP». Calidad de servicio extremo a extremo. Adición del IP Multimedia Domain System-IMS.</p>	<p>Ampliaciones sobre el IMS.</p>

BIBLIOGRAFÍA

- *Material Básico*

- [1]. «Descripción de Sistemas GSM-GPRS». Universidad de Vigo. Escola Técnica Superior de Enxeñeiros de Telecomunicación.
- [2]. «Introducción al UMTS». Universidad de Vigo. Escola Técnica Superior de Enxeñeiros de Telecomunicación.

ca Superior de Enxeñeiros de Telecomunicación.

- *Material de Referencia para GSM*
- [1]. «Wireless Communications». Rappaport, Theodore. IEEE Press.
 - [2]. «The GSM Air Interface Fundamentals and Protocols». Willig, Andreas. Potsdam University.

- [3]. «*GSM Overview*». Wood, Leo. <http://www.ee.surrey.ac.uk>
- *Material de Referencia para GSM/GPRS*
- [1]. «*GSM Phase 2+ General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols, and Air Interface*». Bettstette, Christian; Vogel, Hans; Eberpacher, Jorg. IEEE Communications.
- [2]. «*General Packet Radio Service in GSM*». Cai, Jian; Goodman, David. Rutgers University.
- [3]. *Tecnología GPRS*. Material del Profesor Carlos Ramos N.
- *Material de Referencia para UMTS, Evolución hacia Todo-IP*
- [1]. «*UMTS: hacia una red todo IP*». De Diego, María Victoria; Gallego, Diego; López, José Antonio; Gómez Alberto. Comunicaciones Telefónica I+D. Número 24, de Enero 2002.
- [2]. «*UMTS sobre IP*». Cuervo Velásquez, Miguel. Sistemas Computacionales de Alta Velocidad. Universidad de Las Palmas Gran Canaria.
- [3]. «*Toward an All-IP-Based UMTS System Architecture*». Bos, Lieve; Leroy, Suresh. Alcatel.
- [4]. «*Nuevos Servicios y Red UMTS*». Hernando Rábanos, José María.
- [5]. «*Panorámica actual de la estandarización de los sistemas celulares de tercera generación*». Herrera, Francisco José; Moreno, Juan Antonio; Vásquez, Juan Manuel; Gutiérrez, Luis Miguel; Morata, Emilio Manuel, Gutiérrez, César. Comunicaciones Telefónica I+D. Número 21, de Junio 2001.
- *Material de Referencia para GSM, GPRS y UMTS*
- [1]. «*Overview of GSM, GPSRS, and UMTS*». Cisco Mobile Exchange (CMX) Solution Guide.

CURRÍCULO

Alvaro Pachón De la Cruz. Ingeniero de Sistemas de la Universidad ICESI, Especialista en Redes y Comunicaciones de la Universidad del Valle, Doctorado en Tecnologías de Información (en curso) de la Universidad de Vigo. Jefe del Departamento de Redes y Comunicaciones de la Universidad Icesi, Director de la Especialización en Redes de la Universidad Icesi, Profesor de la Universidad Icesi. 

