

# 4

---

## *Redes móviles de Tercera Generación*

La infraestructura que utiliza MBMS es la misma que utilizan las redes móviles de tercera generación. Esta es una de las características que permiten a MBMS una rápida implantación en el mercado, ya que sólo se necesitan algunos ajustes en algunos nodos para establecer el servicio. De este modo, en este capítulo se analizan las arquitecturas de las redes móviles 3G actuales (pertenecientes a 3GPP), así como sus características principales, sus componentes, funciones y forma en la que permiten a un usuario móvil comunicarse.

Antes de comenzar directamente con el análisis de alguna red en particular, es importante saber que las redes 3G estandarizadas por el grupo 3GPP son parte de un grupo de tecnologías que la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) denomina como redes de Tercera Generación.

### **4.1 Redes de Tercera Generación**

La tercera generación de redes inalámbricas (3G) es un término que se utiliza para describir a la generación actual de servicios móviles, los cuales proveen una mejor calidad de voz que las redes 2G, Internet de alta velocidad y servicios multimedia. La definición universal aceptada de qué es la

tercera generación de redes móviles es la publicada por la ITU, que define y especifica los requerimientos técnicos así como el uso del espectro para sistemas de 3G (IMT-2000).

Las redes 3G deben ser capaces de proporcionar servicios de datos con una transmisión mínima de 144 kbps para ambientes móviles (exteriores) y 2 Mbps para ambientes fijos (interiores). Basado en estos requerimientos la ITU aprobó cinco candidatos como interfaces de radio para los estándares IMT-2000 en 1999 como parte de la recomendación ITU-R M.1457. WiMAX también fue considerado como parte de las tecnologías 3G, pero esto fue hasta el 2007. En la Tabla 4.1 se muestran algunos parámetros relacionados con estas tecnologías:

Nombre según ITU IMS-2000	Nombre Comercial		Tecnología para datos	Pre-4G	Duplex	Acceso Múltiple	Descripción	Cobertura	Grupo
TDMA Single Carrier (IMT-SC)	EDGE (UWT-136)		EDGE Evolution	Ninguno	FDD	TDMA	Evolución GSM/GPRS	Mundial excepto Japón y Corea del Sur	3GPP
CDMA Multi-Carrier (IMT-MC)	CDMA 2000		EV-DO	UMB		CDMA	Evolución cdmaOne	América, Asia, otros	3GPP2
CDMA Direct Spread (IMT-DS)	UMTS	1.WCDMA 2. TD-CDMA 3.TD-SCDMA	HSPA	LTE			Familia de Estándares	1.Mundial 2.Europa 3.China	3GPP
CDMA TDD (IMT-TC)					FDMA/TDMA (IMT-FT)	DECT	Ninguno	FDMA TDMA	Servicio Fijo
IP OFDMA			WiMAX (IEEE 802.16)		TDD	OFDMA		Mundial	WiMAX

**Tabla 4.1.** Estándares 3G/IMT-2000.

Las redes 3G se diseñaron tomando en cuenta las siguientes características:

- Incrementar significativamente la capacidad del sistema de radio y las tasas de datos por usuario que se tenían en los sistemas 2G: Los sistemas de radio 3G deben soportar tasas de datos hasta de 144 kbps para usuarios móviles en un vehículo, 384 kbps para peatones y hasta 2 Mbps para usuarios estacionarios o fijos.
- Soporte de servicios de datos, voz y multimedia basados en IP: El objetivo de diseñar las redes 3G es que no exista una frontera entre la comunicación entre las personas que acceden a través de Internet y sus servicios por medio de las redes 3G.
- Mejoras al soporte de calidad del servicio (QoS): Los sistemas 3G buscan proveer mayor soporte de calidad del servicio, debido a que estos sistemas proveen servicios de datos, voz y video en tiempo real, flujos de datos así como descargas de video y audio.
- Mejorar interoperabilidad: La interoperabilidad entre los sistemas 3G con los 2G es muy importante para procesos de roaming entre diferentes proveedores de servicio, tecnologías de radio y países.

El ancho de banda y la información disponible en los dispositivos 3G permite aplicaciones que con las generaciones anteriores no eran posibles:

- I. TV móvil: El proveedor de 3G direcciona un canal de TV al teléfono del suscriptor.

- II. Video sobre demanda: El proveedor envía un archivo de video al teléfono del suscriptor
- III. Videoconferencia: Los suscriptores pueden realizar video llamadas.
- IV. Servicios basados en la localización: Dependiendo del lugar, el proveedor de servicios permite conocer el estado del clima, del tráfico o bien algún otro tipo de información.

Dos organizaciones a nivel mundial son las encargadas del desarrollo de extensiones así como evolución de los estándares de redes inalámbricas 3G: 3GPP y 3GPP2. Ya que MBMS es una tecnología perteneciente a los estándares hechos por 3GPP, solamente se realiza el análisis a las redes basadas en conmutación de paquetes IP que define el grupo 3GPP.

La información que publica el grupo 3GPP sobre sus tecnologías se encuentra disponible en su página web organizada en publicaciones denominadas como ‘Releases’. Cada publicación contiene cierto tipo de información correspondiente a la tecnología a desarrollar, ya sea una nueva o bien mejoras a los estándares correspondientes de alguna existente. Las publicaciones más recientes incorporan la versión mejorada de los estándares correspondientes a las redes UMTS. Mientras que las versiones que están en desarrollo incorporan información acerca de LTE (Long Term Evolution) e IMS (IP Multimedia Subsystem).

La documentación está disponible gratuitamente en la página web de 3GPP. Los estándares son tan detallados que cubren la interfaz de radio, la red núcleo, información para el cobro de cuotas, codificación de voz, codificación de fuente, autenticación y muchos otros aspectos como el tipo de señalización necesaria entre el equipo móvil y la red 3G. En la Tabla 4.2 se describe brevemente las tecnologías analizadas en las últimas publicaciones.

<b>Versión</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción de la Publicación</b>
Phase 1	1992	GSM-Características.
Phase 2	1995	GSM-Características, Codec EFR.
Release 96	1997 Q1	GSM-Características, GPRS.
Release 97	1998 Q1	GSM-Características, Tasa de bits por usuario: 14.4 kbits/s.
Release 98	1998	GSM-Características, AMR, EDGE, GPRS.
Release 99	2000 Q1	Especifica la primera red de 3G UMTS incorporando como interfaz aérea CDMA.
Release 4	2001 Q2	Denominado en un principio como Release 2000, agrega algunas características, entre ellas redes núcleo basadas en IP.
Release 5	2002 Q1	Incluye IMS (IP Multimedia Subsystem) y HSDPA.
Release 6	2004 Q4	Se agregan interoperación con WLAN, además agrega HSUPA, MBMS y actualizaciones a IMS.
Release 7	2007 Q4	Concentra en reducir la latencia, mejoras al servicio de calidad (QoS) y aplicaciones en tiempo real como voz sobre IP. También se concentra en HSPA+, SIM, EDGE Evolution y en la interface de radio (‘front end’).
Release 8	Detenido en diciembre 2008	LTE, Redes sobre IP (SAE). Esta publicación constituye una reestructuración de las redes UMTS para lo que será en el futuro 4G.
Release 9	En progreso	Mejoras en SAES, interoperabilidad LTE/WiMAX.
Release 10	En progreso	LTE Advanced.

**Tabla 4.2.** Publicaciones realizadas por 3GPP.

### 4.1.1 Arquitectura de la red de 3G basada en IP

El término arquitectura describe tanto los componentes como las funciones de una red o sistema. Debido a la gran cantidad de funciones en un sistema de una red celular, la arquitectura de una red se divide en dos partes fundamentales: red de acceso por radio (RAN) y red núcleo (CN).

El Protocolo de Internet ó IP, conocido universalmente como un protocolo de la capa de red para redes de paquetes se ha convertido rápidamente en un protocolo prometedor para sistemas inalámbricos. La razón es porque un dispositivo IP móvil puede realizar el roaming fácilmente si los sistemas inalámbricos en su capa de red poseen IP. Las redes basadas en IP son menos costosas, más rentables, permiten una gran cantidad de servicios, son de fácil administración y permiten la interconexión con otras redes basadas en IP. En la Figura 4.1 se observa la interconexión entre diversas redes basadas en IP.

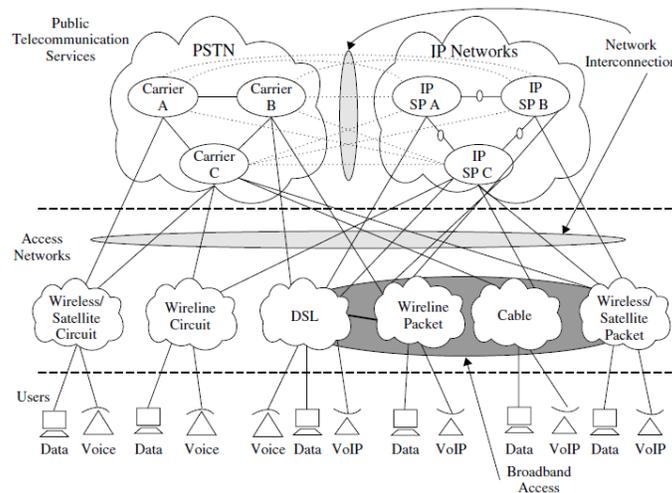


Figura 4.1. Servicios de comunicaciones basados totalmente en redes IP.

## 4.2 WCDMA/HSPA

Una red pública administrada por un solo operador para proveer servicios móviles terrestres se denomina Red Móvil Pública Terrestre ó PLMN (Public Land Mobile Network). En la Figura 4.2 se muestra la arquitectura de una red móvil basada en 3GPP que consiste en varias redes de acceso por radio ó RAN (Radio Access Network) interconectada con una red núcleo ó CN (Core Network).

En la Publicación número 5 (Release 5) se especifica que una red UMTS soporta tanto GSM/EDGE RAN (GERAN) como UMTS Terrestrial RAN (UTRAN) para la parte de RAN.

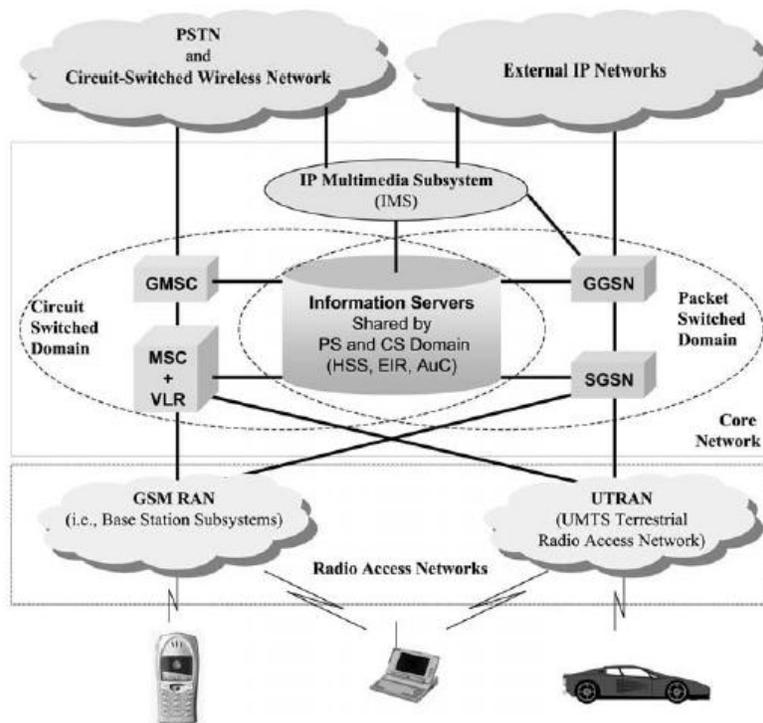
Las redes WCDMA/HSPA utilizan la filosofía de mantener una funcionalidad separada, es decir, que la red núcleo no esté consciente de la tecnología de acceso por radio. Esto significa que la parte de RAN debe de controlar toda la funcionalidad y optimización de la interfaz de radio y que las células deben de quedar escondidas desde el punto de vista de la red núcleo. Como

consecuencia la red núcleo se puede utilizar con cualquier tecnología de acceso por radio (RAN) que adopte esta misma funcionalidad separada. Como consecuencia de la funcionalidad separada, las funciones de una RAN para una red WCDMA/HSPA son:

- Codificación, entrelazado, modulación, y otras funciones típicas de la capa física.
- ARQ (Automatic Repeat reQuest), compresión del encabezado y otras funciones típicas de la capa de enlace.
- Administración de los recursos por radio, traspaso (handover) y otras funciones típicas del control de recursos de radio ó RRC (Radio Resource Control).
- Seguridad (cifrado y protección de la identidad).

Funciones necesarias para cualquier sistema móvil, que no tienen una repercusión en el rendimiento físico de la red se concentran en la red núcleo (CN):

- Tarifas y cuotas.
- Administración de los subscriptores.
- Administración de la movilidad (identificar usuarios que realizan roaming o bien a usuarios que se cambian a otras redes).
- Administración de la transmisión y la calidad del servicio.
- Políticas del control de flujo de datos.



**Figura 4.2.** Arquitectura de una red 3GPP (Release 5).

### 4.2.1 Red de Acceso por Radio (RAN)

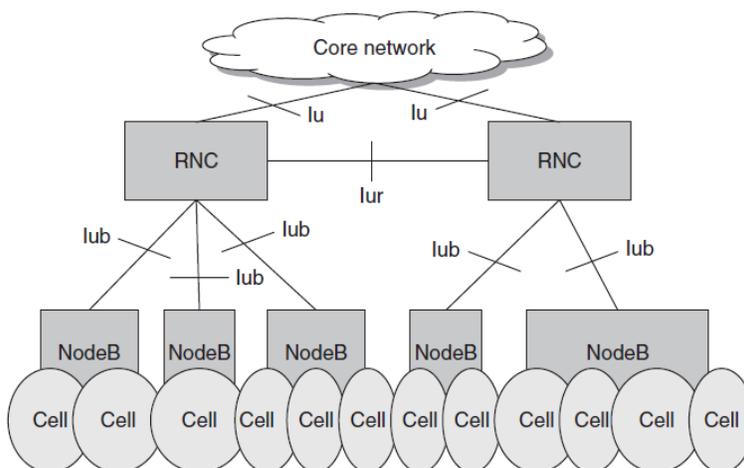
Como ya se mencionó anteriormente, en la publicación número 5 se menciona que una red de tercera generación en la zona RAN soporta tanto GERAN como UTRAN. Redes que a continuación se describen con más detalle.

#### GERAN

GERAN se divide en diversos Subsistemas de Estaciones Base ó BSSs (Base Station Subsystems). Cada uno de estos BSS consiste en una o múltiples Estaciones Tranceptoras Base ó BTSs (Base Transceiver Stations) y en Controladores de Estaciones Base ó BSCs (Base Station Controllers). El BTS mantiene la interfaz de aire, la señalización y el procesamiento de la voz a través de la interfaz de aire. Mientras que el BSC controla las conexiones de radio hacia las terminales móviles así como las conexiones hacia la CN, cada BSC puede controlar una o más BTSs. Entre cada nodo existe una interfaz que realiza la señalización entre ellos, pero la especificación de estas interfaces está fuera del alcance de esta tesis.

#### UTRAN

UTRAN se divide en diversos Subsistemas de Red de Radio ó RNS (Radio Network Subsystems). Cada RNS consiste en uno o más Nodos B controlados por un Controlador de Red de Radio ó RNC (Radio Network Controller). Un nodo B es una estación base inalámbrica que es análoga a la BTS en GSM, y es la encargada de proveer la interfaz aérea a las terminales móviles. Un RNC, que es análogo al BSC en GSM, controla las conexiones hacia las terminales móviles y también las conexiones provenientes de la CN.



**Figura 4.3.** Red de Acceso por Radio de UMTS: Nodos e interfaces.

La Figura 4.3 muestra como está constituida UTRAN, sus nodos e interfaces: el Controlador de la Red de Radio (RNC), el nodo que conecta a la antena con las células (Nodo B), la interfaz lu que conecta la RAN con la CN, la interfaz lur que conecta los diversos RNC entre sí y la interfaz lub que conecta los RNC con los Nodos B. Estas interfaces están definidas en las extensiones dentro de las

publicaciones de 3GPP, pero están fuera del alcance de esta tesis. A continuación se enfocará el estudio en UTRAN y sus dos principales nodos.

### *Nodo B*

El Nodo B es un nodo físico que maneja la transmisión y la recepción para un conjunto de células o sectores. Lógicamente las antenas de estas células pertenecen al Nodo B, pero no están obligadas a estar en el mismo sitio. Por ejemplo, para un ambiente de interiores muchas células pequeñas pueden ser manejadas por un Nodo B en el sótano de un edificio, mientras que las antenas pueden estar en diferentes corredores en distintos pisos.

Cada Nodo B maneja su propio “hardware” pero no los recursos de las células. Esto se refleja en el hecho de que el Nodo B puede rechazar una conexión debido a las limitaciones de su hardware, y no debido a los recursos de radio.

Sencillamente, un Nodo B es una estación base, responsable de todas las funciones requeridas para enviar y recibir datos sobre la interfaz de aire; esto incluye la codificación de canal, modulación, propagación y envío o recibo de tramas. También es el responsable del control de energía de todas las conexiones, es decir, dependiendo de los reportes CQI (reportes de calidad de la señal en la recepción) enviados desde la terminal de usuario hacia la red, el Nodo B decide si incrementa o disminuye la potencia de la estación para las transmisiones o bien le informa a la terminal de usuario que aumente la potencia o la disminuya para evitar la interferencia.

La interfaz Iub que conecta a los Nodos B con el RNC utiliza una conexión cercana a los 2 Mbps. Utiliza tecnología ATM basada en E-1 para cumplir con estos requerimientos aunque también cuenta con otras interfaces ópticas y de microondas para comunicarse con RNC o bien vía Ethernet.

### *RNC*

En la Figura 4.3 se muestra que un Nodo B solo puede estar conectado con un RNC, mientras que un RNC puede estar conectado a diversos Nodos B al mismo tiempo. Un nodo RNC maneja los recursos de radio de todos los Nodos B a los que esté conectado y también realiza otras tareas:

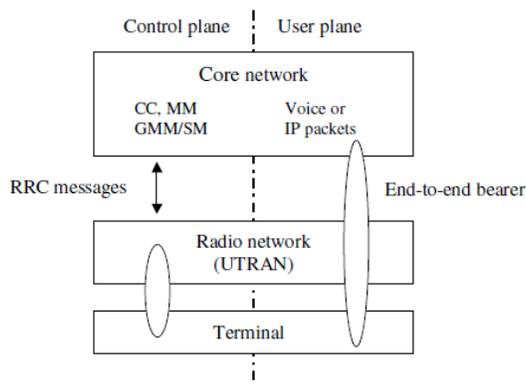
- Establecimiento de la conexión de radio o conexión de la transmisión.
- Selección de las propiedades de la transmisión basadas en la capacidad de radio disponible, tipo de transmisión (voz y datos), requerimientos de calidad del servicio y servicios disponibles dependiendo del perfil de suscripción del usuario.
- Administración de la movilidad mientras la transmisión se ha establecido, es decir, control del traspaso entre diferentes células y entre distintos Nodos B de la red (handover).
- Control en la sobrecarga de la red y sobre la interfaz de radio. Cuando la red ya no tiene recursos disponibles, el RNC bloquea el establecimiento de nuevas conexiones para prevenir la ruptura de las que ya se tienen establecidas, o bien reasigna los anchos de banda de otras conexiones para permitir otra conexión de voz o de datos.

### Estructura de la Interfaz de Aire

La interfaz de aire que utiliza UTRAN es WCDMA, por ello comúnmente se le denomina de este modo. El acceso a la red se realiza mediante códigos, los cuales son variables en longitud y ortogonales entre usuarios de la misma célula. Estos códigos utilizan un cierto número de chips<sup>8</sup> para codificar un bit de información, de modo tal que podemos tener muchos códigos de dispersión (spreading) para la representación de un solo bit.

La asignación del código depende de la disponibilidad de los mismos, así como de la capacidad de la red. En general la ventaja que proporcionan es la posibilidad de reutilizar la misma frecuencia para la transmisión de diversos códigos a diversos usuarios, ya que cada uno de los usuarios “habla un idioma diferente”. Sin embargo, el análisis de estos códigos es un tema que está fuera del enfoque de esta tesis, por ello solamente se menciona su uso para el acceso a la red.

GSM, UMTS y otros sistemas de comunicaciones inalámbricos utilizan dos tipos de flujos de información. En UMTS, se les denomina como planos de información. Los dos planos que se utilizan son: Plano de Usuario y Plano de Control. El Plano de Usuario está referido a la información que se intercambia en las conexiones de usuarios, como los paquetes IP o la voz en las llamadas. El Plano de Control se utiliza para la información de señalización entre la red y el usuario en el establecimiento de llamadas y mensajes. En la Figura 4.4 se muestran ambos planos.



**Figura 4.4.** Planos de Usuario y de Control.

Como existen muchas redes visibles para un usuario al mismo tiempo, la terminal móvil necesita obtener información acerca de qué red pertenece a cada operador, también necesita detectar células vecinas para reaccionar a los cambios en la intensidad de la señal cuando el usuario se mueve. Para mantener o ahorrar el consumo de energía de la batería del dispositivo es necesario saber cuándo encender el receptor para detectar si hay una llamada, algún mensaje o paquete en descarga. El asegurar la calidad del servicio así como la prevención del corte de una llamada por saturación de la red, son motivos por los cuales el canal de radio se divide en diversos canales individuales.

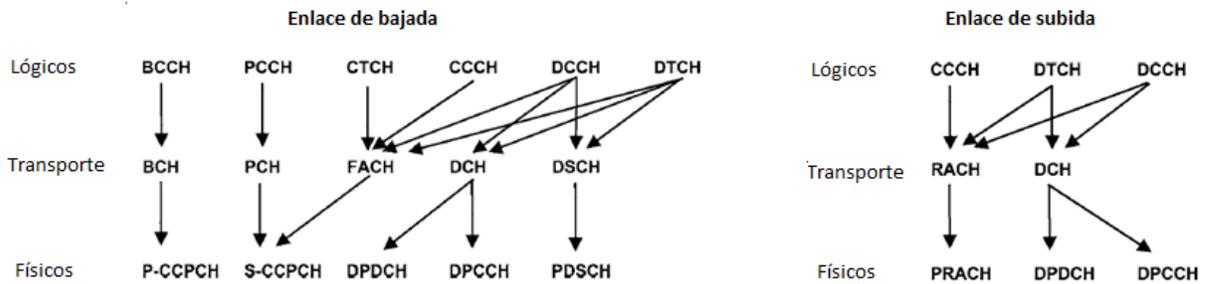
<sup>8</sup> Un chip es un pulso de un código DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum), parecido a una secuencia de pseudo-ruido utilizado en las técnicas de acceso al canal en CDMA.

Para separar las propiedades físicas de la interfaz de aire de la transmisión lógica de datos, UMTS introduce diferentes capas de canalización, la Figura 4.5 muestran estos canales.

Canales Lógicos: Llevan consigo flujos de información como son datos de usuario y datos de señalización; no contienen ningún tipo de información acerca de las características del canal de transmisión.

Canales de Transporte: Estos canales preparan los paquetes de datos que se reciben de los canales lógicos para la transmisión sobre la interfaz de aire. Definen que tipos de codificación de canal se utilizan sobre la capa física.

Canales Físicos: Estos canales describen como se transportan los datos de la capa anterior cuando se envían sobre la interfaz aérea y aplican la codificación de canal establecida.



**Figura 4.5.** Canales lógicos, de transporte y físicos utilizados en UMTS.

En general existen dos tipos de canales relacionados con los planos antes mencionados, los canales que transportan información de control y los canales que transportan información de usuario. La información que se transporta sobre cada canal esta fuera del enfoque de esta tesis, sin embargo, es importante mencionar que la información entre el usuario y la red se divide principalmente en:

- Información broadcast: Contiene información que se distribuye a todos los usuarios en la célula concerniente a cómo se realiza el acceso a la red, códigos que se utilizan tanto en la célula como en células vecinas y algunos otros parámetros de identificación de la red. Los canales que la contienen son: BCCH; BCH y P-CCPCH.
- Información específicamente a datos: Contiene los datos de las aplicaciones solicitadas por el usuario, es decir, una llamada, un mensaje SMS, un paquete, etc. La entrega del contenido se realiza a través de canales dedicados para cada usuario (con ancho de banda definido y conexión fiable) o bien a través de un canal con tasas variables de datos de acceso común. Los canales que contienen esta información son: CTCH, DTCH; FACH, DCH, DSCH; S-CCPCH, DPDCH, DPCCH y PDSCH

- Información de control: Contiene información referida al acceso a la red, es decir, los códigos que se utiliza, en qué momento se usan, mensajes de paging, mensajes entre la red - usuario y viceversa para indicar la llegada de una llamada o paquete. Los canales que contienen esta información son: BCCH, PCCH, CCCH, DCCH; BCH, PCH, FACH, RACH, DCH; P-CCPCH, S-CCPCH, DPCCH y DPSCH.

Los canales FACH y S-CCPCH son dos canales muy importantes dentro MBMS. Los canales lógicos que utiliza MBMS se mapean en el canal de transporte FACH, el cual a su vez se mapea sobre el canal físico S-CCPCH. A continuación una breve descripción de ambos:

- FACH (forward access channel): Se utiliza por la red para enviar mensajes de control de recursos de radio (RRC) a las terminales que previamente solicitaron dicha conexión mediante el Canal de Acceso Aleatorio (RACH). Los mensajes contienen información de cómo acceder a la red, así como los códigos de dispersión (spreading) para los enlaces de subida y bajada de un enlace dedicado. Además, el canal FACH se utiliza para enviar datos a la terminal móvil cuando no hay un canal dedicado.
- S-CCPCH (secondary common control physical channel): Se utiliza para enviar la información de PCH y FACH a toda la célula (broadcast). Las tasas de transmisión de este canal son variables ya que no solamente se envía la información de control sino que además se envía la información de datos a una terminal cuando ésta se encuentra en estado FACH.

Con la implantación de HSPA (HSDPA y HSUPA) en las redes UMTS se incrementaron las tasas de datos y se agregaron algunos canales físicos compartidos:

- HS-DPSCH (High Speed Downlink Physical Shared Channel) ó Canal Físico Compartido de Bajada de Alta Velocidad: Se utiliza por varios usuarios con diferentes códigos de esparcimiento en diferentes slots de tiempo para la transmisión de los datos.
- HS-SCCH (High Speed Shared Control Channel) ó Canal Compartido de Control de Alta Velocidad: Se utiliza por varios usuario para informales cuáles y cuántos slots de tiempo les fueron asignados por la red.

Además del uso de códigos ortogonales de longitudes variables, HSPA utiliza intervalos de tiempo de transmisión que se asignan dependiendo del ancho de banda que requiera la aplicación. Esto permite mayores tasas de datos que a su vez permiten aplicaciones más demandantes, como la TV móvil. La mayoría de las terminales móviles que soportan HSPA permiten monitorear varios canales compartidos a la vez, lo cual es una mejora con respecto a WCDMA que sólo permitía un canal dedicado por usuario.

### *Estados de Control de Recursos de Radio ó Estados RRC*

Para ahorrar energía y para asignar recursos a las terminales móviles sólo cuando es necesario, la red específica a las terminales móviles en que estados RRC (Radio Resource Control) deben entrar:

- Estado Idle: Los dispositivos no se están comunicando de forma activa con la red, periódicamente escuchan los mensajes del canal de “paging” para recibir una llamada, mensaje SMS o paquete.
- Estado Cell-FACH: Este estado es en el que entran los dispositivos cuando desean contactar con la red. La terminal móvil envía mensajes de control vía RACH y la red le contesta en canal FACH dentro del S-CCPCH. Los requerimientos de potencia se ven incrementados mientras las terminales esperan por los mensajes de control.
- Estado Cell-DCH: Cuando la red decide establecer una conexión de voz o datos, la terminal móvil entra en este estado para utilizar un canal dedicado, si la terminal es capaz de usar HSPA, la terminal es instruida por la red para utilizar un canal compartido. Si se tiene una conexión de conmutación de paquetes con mucho tiempo de inactividad, la terminal es instruida a pasar al estado Cell-FACH; cuando se reciba algún paquete de la red, entonces la terminal nuevamente volverá a pasar al estado Cell-DCH.

### **4.2.2 Red Núcleo ó CN (Core Network)**

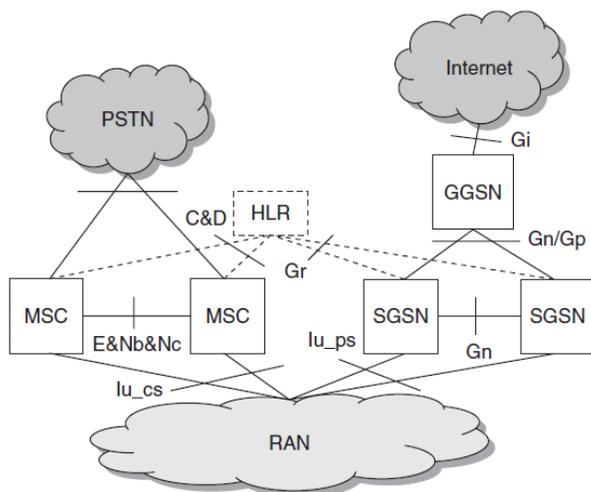
La Red Núcleo soporta servicios de conmutación de circuitos (CS) y de conmutación de paquetes (PS) para usuarios móviles. Los servicios basados en CS incluyen conmutación de llamadas de voz, video llamadas y funciones de control de llamadas para el soporte de llamadas punto a punto. Mientras que los servicios basados en PS incluyen enrutamiento y transporte de paquetes IP de usuarios. Ambos dominios de conmutación soportan servicios adicionales que generalmente son aplicaciones sobre redes IP que necesitan más que un simple transporte, ejemplos de ellas son: servicios de locación (clima, tráfico), juegos, mensajes multimedia, e-mail, www, y comercio electrónico.

La red núcleo se divide en los siguientes bloques funcionales:

- Dominio de Conmutación de Circuitos ó CS (Circuit-Switched).
- Dominio de Conmutación de Paquetes ó PS (Packet-Switched).
- Subsistema Multimedia IP ó IMS (IP Multimedia Subsystem).
- Servidores de Información.

Cabe mencionar que tanto IMS como los Servidores de Información son bloques que no pertenecen específicamente a las redes WCDMA/HSPA, sino más bien son bloques funcionales que se encuentran en la gran mayoría de Redes Núcleo de diversos operadores.

Cada RAN de cada red enruta el tráfico de conmutación de circuitos al CS, mientras que el tráfico de conmutación de paquetes se enruta hacia PS. En la Figura 4.6 se muestra la Red Núcleo simplificada para redes WCDMA/HSPA; se puede apreciar los nodos principales que la componen y sus respectivas interfaces.



**Figura 4.6.** Red Núcleo de WCDMA/HSPA basada en GSM.

#### *Dominio de Conmutación de Circuitos (CS)*

Este dominio consiste en elementos que proveen servicios de voz y datos a los usuarios mediante la conmutación de circuitos. Está basado en mismas tecnologías que GSM, sus elementos principales son:

- Centro de Conmutación de servicios Móviles ó MSC (Mobile services Switching Center).
- Gateway MSC.
- Registro de Ubicación de Visitantes ó VLR (Visitor Location Register).
- Servidor de Suscriptores Local ó HSS (Home Subscriber Server), Registro de Identidad de Equipos ó EIR (Equipment Identity Register) y el Centro de Autenticación ó AuC (Authentication Center).

El MSC realiza la conmutación y el control de llamadas que son servicios básicos hacia los usuarios móviles, realiza la administración de la movilidad, el registro de ubicación y el traspaso entre células (handover). El MSC interconecta las RANs con los dominios de CS, de este modo, un solo MSC puede estar interconectado a GERAN y a UTRAN a la vez.

El Gateway MSC se utiliza como interfaz con la red externa de conmutación de circuitos (PSTN). El GMSC es el responsable de direccionar la llamada a su destino final en la red externa de conmutación de circuitos.

El VLR se encarga del seguimiento de la ubicación de las terminales móviles que se encuentren en la misma red que él, e informa a su correspondiente HLR de la ubicación de las terminales. También obtiene información de la suscripción de la terminal para controlar los servicios a los que puede acceder el usuario durante su estancia en la red visitada. Usualmente, el VLR está integrado en cada MSC.

#### *Dominio de Conmutación de Paquetes (PS)*

El dominio de PS realiza las siguientes funciones:

- Control de acceso a la red: Determina cuál dispositivo puede utilizar el dominio PS; estas funciones incluyen registro, autenticación y autorización, control de admisión, filtrado de mensajes y recolección de datos del usuario.
- Enrutamiento y transporte de paquetes: Enruta los paquetes de usuario hacia su destino, ya sea que esté en la misma red o en otras redes externas.
- Administración de la movilidad: Realiza funciones de movilidad en la capa de red, estas funciones incluyen rastreo y actualización de la ubicación de las terminales móviles y 'paging'.

El dominio de conmutación de paquetes utiliza como base la plataforma de red GPRS. Los nodos que se encuentran dentro de este dominio son principalmente dos: Nodo de Soporte del Servicio GPRS (SGSN) y el Nodo de Soporte del Gateway GPRS (GGSN).

EL SGSN interconecta a varias RANs hacia el dominio PS, además realiza las siguientes funciones:

- Control de Acceso: El SGSN es el responsable de la conexión entre la RAN y el dominio PS.
- Administración de ubicación: Rastrea la ubicación de los móviles que utilizan el servicio de conmutación de paquetes y se comunica con el HLR para obtener información de suscripción.
- Administración de las Rutas: Mantiene una ruta hacia el GGSN para cada móvil enviando el tráfico a través de dicha ruta.
- Paging.

El GGSN sirve como interfaz entre el dominio de PS y cualquier otra red de paquetes (Internet, intranet, IMS). Realiza las siguientes funciones:

- Enrutamiento de paquetes y centro de envíos: Todos los paquetes de y hacia el móvil en la red deben de pasar primero por el GGSN, el cual envía los paquetes a su destino final.
- Ruteo y administración de la movilidad: El GGSN rastrea al SGSN que provee el servicio a cada móvil, establece entonces una ruta con este SGSN a través de la cual se realizará el intercambio de tráfico.

IP es el protocolo que se utiliza para el intercambio de tráfico entre SGSNs, entre SGSN-GGSN, entre GGSNs, entre GGSN y cualquier otra red IP externa. Como se utiliza este protocolo se deben asignar direcciones IP a los SGSNs y a los GGSNs dentro de la red. Se deben utilizar direcciones privadas para ello y mediante NATs se puede obtener una comunicación con las redes ruteables de las redes externas.

#### *Servidores de Información*

Los servidores de información proveen la información a la red para operar y proveer servicios a los usuarios. Tanto el CS como el PS comparten los servidores de información:

- Servidor de Subscriptores Local ó HSS (Home Subscriber Server): Es la base de datos maestra que contiene la información de suscripción de los usuarios. El componente principal del HSS es el HLR que contiene identidad del usuario, ubicación e información de suscripción.
- Centro de Autenticación ó AuC (Authentication Center): Es un elemento que contiene la información necesaria para autenticar al usuario y encriptar la comunicación sobre el trayecto de radio. Las redes acceden a él a través del HSS.
- Registro de Identidad del Equipo ó EIR (Equipment Identity Register): Es el elemento que contiene información de la identidad de los subscriptores.

### **4.3 LTE (Long Term Evolution)**

LTE sólo se diseñó para dar soporte a servicios de conmutación de paquetes. Las tecnologías dentro de LTE agrupan evoluciones tanto en la red de acceso de radio (E-UTRAN ó Evolved-UTRAN) como en la red núcleo (EPC ó Evolved Packet Core). Estas dos evoluciones comprenden lo que se denomina como Evolución del Sistema de Paquetes ó EPS (Evolved Packet System).

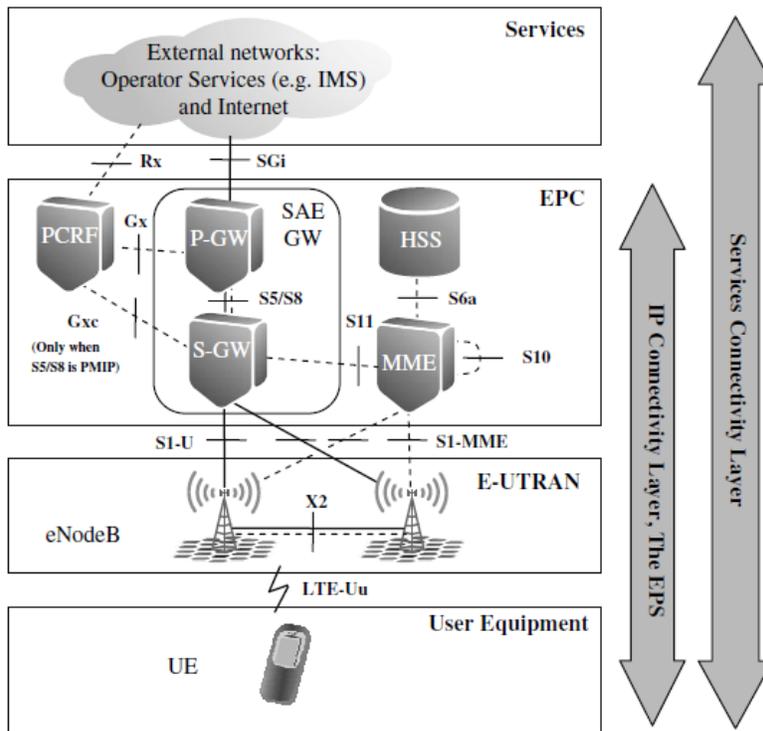
EPS utiliza la transmisión mediante conexiones que dirigen el tráfico IP desde el gateway en la red de paquetes de datos hacia la terminal del usuario (UE). Estas conexiones son flujos de paquetes IP con una calidad de servicio (QoS) definida entre el Gateway y UE.

La Figura 4.7 muestra la arquitectura y los elementos de la red cuando tenemos una conexión RAN de E-UTRAN. Además se muestra claramente una división entre 4 dominios principales: La terminal del usuario (UE), E-UTRAN, EPC y el dominio de servicios.

UE, E-UTRAN y EPC representan la capa de conectividad de IP, esta parte del sistema también se denomina como EPS. La función principal de esta capa es proveer conectividad basada en IP, de forma que todos los procesos están optimizados y basados totalmente en este protocolo.

El desarrollo de E-UTRAN se enfoca en un solo nodo, el Nodo evolucionado B ó eNodo B. Todas las funciones de radio se concentran aquí. E-UTRAN es simplemente un conjunto de eNodo Bs conectados con otros eNodo Bs mediante una interfaz X2.

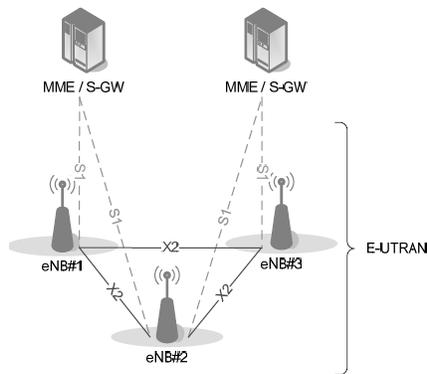
Uno de los cambios que presenta la red núcleo respecto a lo que estamos acostumbrados, es que la EPC no contiene dominio de conmutación de circuitos con conectividad directa con las redes de PSTN. Por su funcionalidad la EPC es equivalente al dominio de conmutación de paquetes existente en las otras redes de 3GPP. Al igual que las redes WCDMA/HSPA, LTE cuenta con funcionalidad separada.



**Figura 4.7.** Arquitectura de LTE basada en E-UTRAN.

### 4.3.1 E-UTRAN (Evolved UTRAN)

La red de acceso de radio de LTE, E-UTRAN, consiste en una red de eNodo Bs. Estos eNodo Bs están interconectados entre sí mediante una interfaz X2. La interfaz S1 conecta a los eNodo Bs con la red núcleo evolucionada (EPC) específicamente al MME y al S-GW. La Figura 4.8 muestra E-UTRAN con sus respectivas interfaces.



**Figura 4.8.** Único nodo en E-UTRAN: eNodo B.

E-UTRAN es responsable de las siguientes funciones:

- Administración de los Recursos de Radio: Cubre las funciones relacionadas con las transmisiones de radio: control de las conexiones de radio, control de admisión, control movilidad y asignación dinámica de los recursos de radio en los enlaces de subida y bajada.
- Compresión del Encabezado: Al realizar la compresión del encabezado se realiza un uso eficiente de la interfaz de radio para evitar la sobrecarga de la red.
- Seguridad: Toda la información que pasa sobre la interfaz de radio es encriptada.
- Conectividad con la EPC: Consiste en la señalización hacia el MME (Mobility Management Entity) y el trayecto de la conexión hacia el S-GW (Serving Gateway).

#### *eNodo B*

El único nodo en E-UTRAN, eNodo B, es una estación base de radio que controla las funciones relacionadas con la interfaz de radio. Estas estaciones base están distribuidas a lo largo del área de cobertura de la red y controlan diversas células a la vez.

A diferencia de las tecnologías de segunda y tercera generación, en LTE se integra la función del controlador de radio dentro del eNodo B. Esto permite una interacción más fácil entre las diferentes capas de protocolos y la RAN; además se reduce la latencia y los costos. Estos nodos utilizan 'hard handover', es decir, que sólo hay un sólo eNodo B comunicándose con un usuario a la vez. Para que no existan pérdidas de información mientras esto sucede, la interfaz X2 realiza una serie de operaciones para mantener la comunicación entre eNodo Bs.

Una característica de la conexión mediante la interfaz S1, que realiza el enlace entre la RAN y la CN, es que permite conectar la parte de RAN con muchos nodos de la red núcleo (MME/S-GW pool) para evitar la sobrecarga de la red. Debido a que la carga de datos se puede dividir entre los MME/S-GW que existen, evitando así fallas de los nodos de la red núcleo.

LTE está totalmente basado en el transporte de IP sobre la red de radio, las estaciones base están equipadas con puertos Ethernet de 100 Mbps o 1 Gbps o bien con puertos ópticos de 1 Gbps.

El eNodo B actúa como un puente entre la terminal del usuario (UE) y la red núcleo (EPC), siendo un puente entre las conexiones de radio y las conexiones basadas en conectividad IP hacia EPC. El eNodo B hace el cifrado/descifrado de datos, compresión/descompresión del encabezado IP. También es responsable de diversas funciones en el plano de control. Se encarga de la administración de los recursos de radio (RRM), controla la utilización de la interfaz de aire, reubica los recursos dependiendo de las peticiones de los usuarios, priorizando y organizando el tráfico dependiendo de la calidad del servicio (QoS) y además hace un monitoreo constante del uso de los recursos.

De esta forma, el eNodo B tiene un rol importante en la administración de movilidad (MM), ya que controla y analiza los niveles de intensidad de radio tomando en cuenta la información proporcionada por las terminales de los usuarios. Entonces decide como realizar el traspaso entre células, 'handover'. Esto incluye el intercambio de señalización entre los eNodo Bs y el MME. Cuando un usuario nuevo hace una petición para obtener recursos de la red, el eNodo B enruta la solicitud hacia el MME, ya sea utilizando uno nuevo o alguno que haya sido previamente utilizado.

### **Estructura de la Interfaz de Aire**

A diferencia de las redes UMTS, LTE hace uso de la tecnología OFDM como interfaz de aire. Esto le permite incrementar el número de usuarios por ancho de banda, incrementar la robustez de la señal en contra del multitrayecto, reducir latencia, gran flexibilidad de anchos de banda (1,25, 2,5, 5, 10, 15 y 20 MHz) y un ambiente de propagación adecuado para el uso de redes de frecuencia única.

La adaptación del enlace es fundamental para el diseño de la interfaz de radio. La adaptación del enlace en HSPA y LTE permite que las tasas de datos de las transmisiones se ajusten dinámicamente en base a la capacidad del canal de radio para cada usuario. La adaptación del enlace está muy relacionada con el diseño del canal, el esquema de codificación y modulación y la corrección de errores.

Las transmisiones de datos en LTE se realizan re-utilizando el concepto de canales de UMTS basado en dos planos: Usuario y Control. En comparación con UMTS, en LTE todos los dispositivos utilizan un canal compartido en la capa física, es decir, entre el eNodo B y la terminal del usuario. El modelo de canales que utiliza LTE reutiliza el concepto de canales lógicos (qué se transmite), canales de transporte (cómo se transmite) y canales físicos (interfaz de aire) para separar la transmisión de datos sobre la interfaz de aire de la representación de datos. En la Figura 4.9 se pueden observar tanto los canales de subida como los de bajada para las diversas capas.

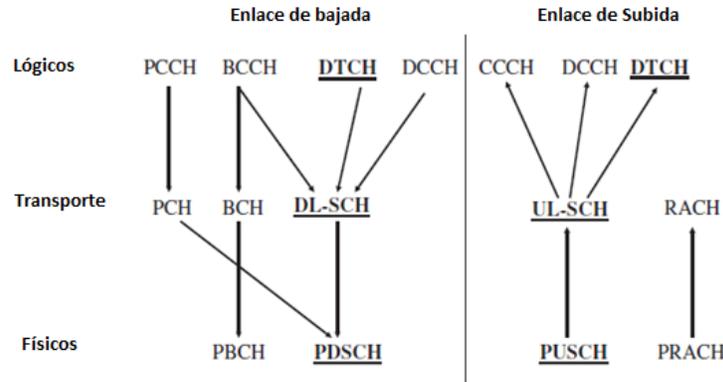


Figura 4.9. Canales de subida y bajada de LTE.

La transmisión de datos de usuario para el enlace de bajada se realiza en el canal PDSCH. Dentro del canal PDSCH, el acceso se realiza mediante OFDMA. Cada sub portadora se transmite en paralelo con 15 kHz de separación, las tasas de datos de los usuarios dependen del número de sub portadoras dentro de un tiempo de transmisión (TTI) o bien del número de bloques que les sean asignados.<sup>9</sup> El nodo B determina los recursos de la red a utilizar para cada usuario mediante los reportes CQI que reciben de cada terminal (Figura 4.10).

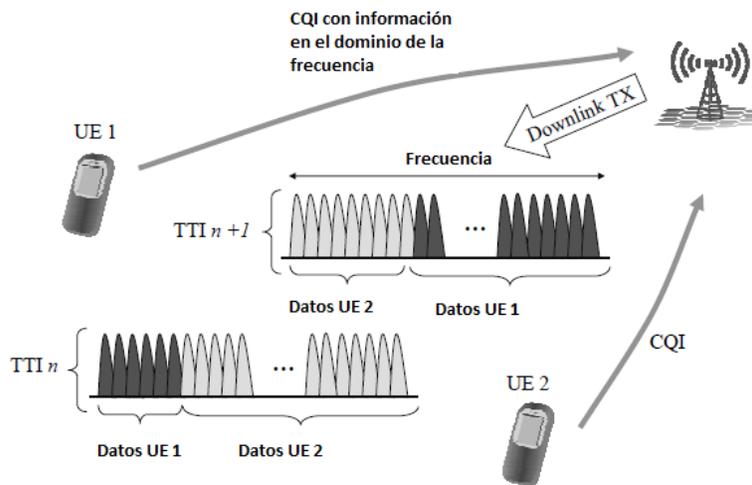


Figura 4.10. Asignación de recursos para el enlace de bajada en el eNodo B.

En las transmisiones de datos para el enlace de bajada, el eNodo B selecciona el esquema de modulación y la tasas de codificación a partir de una predicción en las condiciones del canal de bajada. Los reportes CQI son indicadores de las tasas de datos que puede soportar el canal, tomando en cuenta la relación señal a interferencia (SINR) y las características de las terminales móviles. En general, en respuesta a los reportes CQI, el nodo B selecciona el tipo de esquemas de modulación QPSK, 16QAM y 64QAM y las tasas de codificación.

<sup>9</sup> Harri Holma y Antti Toskala, "LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access", John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.89.

### 4.3.2 EPC (Evolved Packet Core)

La Red Núcleo (llamada EPC) es responsable del control de la terminal de usuario (UE) y de las conexiones. Los nodos lógicos más importantes que lo componen son:

- Gateway de la Red de Paquetes de Datos ó P-GW (PDN Gateway).
- Gateway de Servicio ó S-GW (Serving Gateway).
- Elemento de Administración de Movilidad ó MME (Mobility Management Entity).
- Servidor Local de Suscriptores ó HSS (Home Subscriber Server).
- PCRF (Policy Control and Charging Rules Function).

PCRF: Es el responsable del control de políticas, así como el encargado del control del flujo basado en las funciones que se pueden realizar dependiendo del perfil del usuario y las tarifas. El PCRF es el elemento que autoriza si un paquete lleva consigo algún tipo de calidad de servicio (QoS) basado en el perfil del suscriptor.

HSS: Contiene la información de subscripción de los usuarios así como su perfil para determinar si pueden utilizar QoS y 'roaming'. También contiene información acerca de las redes de paquetes de datos con las cuales el usuario puede conectarse. Mantiene información dinámica como la identidad del MME con el cual el usuario está registrado.

P-GW: Es el responsable por la asignación de las direcciones IP a los usuarios, así como de las mejoras en la calidad del servicio (QoS) y el flujo de datos dependiendo de las reglas establecidas por el PCRF para el cobro de tarifas. También se encarga de colocar los paquetes IP en diferentes transmisiones dependiendo su QoS, de forma tal que se garanticen las tasas de transmisiones adecuadas. Sirve como punto de anclaje para la intercomunicación con otras tecnologías como lo es CDMA2000 y WiMAX.

S-GW: Todos los paquetes IP de los usuarios pasan a través del S-GW. Sirve como un nodo de anclaje para todas las conexiones de datos cuando el usuario se mueve entre eNodos B. También retiene la información de la transmisión cuando la terminal móvil se encuentra en el estado inactivo (idle) y almacena temporalmente las descargas de datos mientras el MME empieza el censado (paging) de las terminales para restablecer la conexión. Además, realiza algunas funciones administrativas en la red visitada, como lo es la recolección de información del cobro de tarifas y las cuestiones legales. Por último, el S-GW es el punto que sirve de anclaje con otras tecnologías como lo son GPRS y UMTS, para cuestiones de movilidad entre redes.

MME: Este elemento es el nodo principal de control que procesa la señalización entre la terminal móvil (UE) y la red núcleo (EPC). Los protocolos que se utilizan entre dichos elementos se conocen como protocolos NAS (Non-Access Stratum). Las funciones que realiza son principalmente:

- Autenticación y seguridad: Aquí el MME es el encargado de autenticar al usuario mediante la información obtenida por el HSS, así como asegurarse de que sus claves sean lo suficientemente seguras para que no pueda ocurrir un robo de identidad.

- Administración de la movilidad: El MME se encarga de crear entradas y avisar al HSS sobre la ubicación de la terminal móvil (UE). MME hace el rastreo del equipo de usuario sin importar el estado en que se encuentre la terminal de usuario (inactiva o activa). También controla la asignación y la terminación de los recursos de la red dependiendo de los estados de la terminal de usuario. Participa en el control de señalización para el traspaso (handover) entre eNodo Bs, S-GWs o bien entre MMEs.
- Administración de la suscripción y control de servicios: El MME está en contacto con la base de datos que contiene el perfil del usuario, así como los servicios con los que cuenta, y a partir de este perfil permite que el usuario pueda acceder a diversas aplicaciones con diversos QoS.

#### 4.4 IMS (IP Multimedia Subsystem)

El Subsistema Multimedia de IP (IMS) se introdujo por primera vez en la Publicación número 5 del grupo 3GPP (Release 5), para las redes y servicios existentes. Pero desde la Publicación 8, IMS se empezó a utilizar para proveer servicios sobre redes fijas e inalámbricas basadas en IP.

IMS es independiente de la capa de conectividad IP que se tenga en cada red. IMS requiere su propio registro y administración de las sesiones, también ha sido específicamente diseñada para operar en las redes de acceso de 3GPP. IMS utiliza el protocolo de inicio de sesión ó SIP (Session Initiation Protocol) para el registro y control de las sesiones de servicio. SIP se utiliza en la terminal de usuario, las interfaces y nodos de IMS. La arquitectura básica de IMS consta de diversos bloques que están agrupados por las funciones que realizan, estos bloques son:

- Administración de la sesión y enrutamiento.
- Bases de Datos.
- Elementos de Servicio.
- Elementos de Interconexión.

En el proceso de conexión de IMS ocurre lo siguiente: Primero, una terminal de usuario (UE) realiza un proceso de señalización con los nodos CSCFs (*Call State Control Function*), dependiendo de los servicios que desee, y con los Servidores de Aplicación (AS). Las funciones de administración de sesión y enrutamiento son manejadas por los CSCFs que controlan el registro de esa UE en IMS. Estos CSCFs realizan la señalización con las bases de datos para obtener información del perfil del suscriptor, también se señalizan con los Elementos de Servicio para saber qué tipo de conexión se necesita para el servicio, así como los recursos para la transmisión. Finalmente, los CSCFs realizan la señalización con algunos de los Elementos de Interconexión de redes para controlar la interconexión.

## Administración de la sesión y enrutamiento

### *Función de Control del Estado de Llamada ó CSCF (Call State Control Function)*

El CSCF es el elemento central en la señalización SIP entre el UE e IMS. Este CSCF se encarga del registro, autenticación y de la administración de la sesión de servicio. CSCF puede asumir tres roles en el mismo nodo o bien, en diferentes nodos conectados a través de una interfaz Mw; de cualquier forma estos tres roles intervienen en la señalización SIP entre el UE e IMS.

### S-CSCF (Serving-CSCF)

El S-CSCF provee servicios de control de sesión al usuario, además realiza las siguientes funciones:

- Registro: El S-CSCF puede actuar como un registro SIP, e informa la ubicación del usuario al servidor de ubicación o bien al servidor de subscriptores (HSS).
- Control de Sesión: El S-CSCF realiza funciones de control de sesión para los usuarios registrados.
- Servidor Proxy: También puede actuar como un servidor Proxy SIP que permite el envío de mensajes entre usuarios y otros CSCFs ó bien entre servidores SIP.
- Interacción con los servidores de aplicaciones (AS): Actúa como una interfaz para los servidores de aplicación y otras plataformas IP.

### P-CSCF (Proxy-CSCF)

Un P-CSCF es el primer contacto que tiene la terminal móvil con la red local o visitada IMS. El P-CSCF acepta peticiones SIP provenientes de las terminales móviles y proporciona servicios el mismo o a través de otros servidores. P-CSCF incluye la Función de Control de Políticas ó PCF (Policy Control Function) que controla la parte legal de cómo se deben utilizar las conexiones. Además realiza las siguientes funciones:

- Permite el paso de mensajes SIP desde el móvil hacia su red local ó hacia los servidores SIP. También permite el paso de mensajes SIP de la red hacia el móvil.
- Realiza ajustes a las peticiones SIP antes de enviarlas a los demás elementos de la red.
- Mantiene la seguridad con el móvil.
- Detecta sesiones de emergencia.

### I-CSCF (Interrogating-CSCF)

Su principal función es seleccionar el S-CSCF para la sesión del usuario, enrutar las peticiones SIP hacia el S-CSCF seleccionado. El I-CSCF se ubica en la frontera de la red local y es el responsable del estado de registro del usuario, así como de la asignación de un nuevo S-CSCF o bien direccionar al usuario uno ya existente. Además, puede interactuar con los servidores de aplicaciones para el manejo del servicio.

### **Bases de Datos**

El Servidor de Subscriptores Local (HSS) es la base de datos principal que se utiliza en IMS. El HSS contiene una copia de los datos de suscripción. Provee información de la ubicación y autenticación a las peticiones realizadas por el I-CSCF, S-CSCF o el AS. Pueden existir varios HSS seleccionables, por lo que se necesita de una base de datos de estos HSS para poder acceder a ellos, dicha base de datos se conoce como Función del Localizador de Suscripción ó SLF (Subscription Locator Function).

### **Elementos de Servicio**

Los Servidores de Aplicación (AS) proveen servicios específicos a los usuarios finales. Estos servicios comprenden juegos multi-usuario, videoconferencia, mensajería, servicios comunitarios y compartimiento de contenido.

IMS define tres tipos de servidores de aplicación: Servidores SIP, OSA y CAMEL. Los servidores SIP se comunican directamente con los S-CSCF a través del protocolo SIP. Los servidores OSA cumplen la misma función, pero requieren el uso de un servidor SCS ('Service Capability Server') entre el servidor OSA y el S-CSCF para traducir mensajes SIP. El ambiente de servicio CAMEL, es un conjunto de mecanismos que permiten al operador de la red entregar servicios específicos a los usuarios, incluso cuando estos realizan el 'roaming'.

Los servidores de aplicación deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Soporte para un amplio rango de servicios para usuarios finales.
- Rápido despliegue y creación del servicio.
- Configuración sencilla del servicio.
- Evolución independiente entre servicios e infraestructura.
- Soporte para ambientes multi-jugador.
- Acceso universal a los servicios.

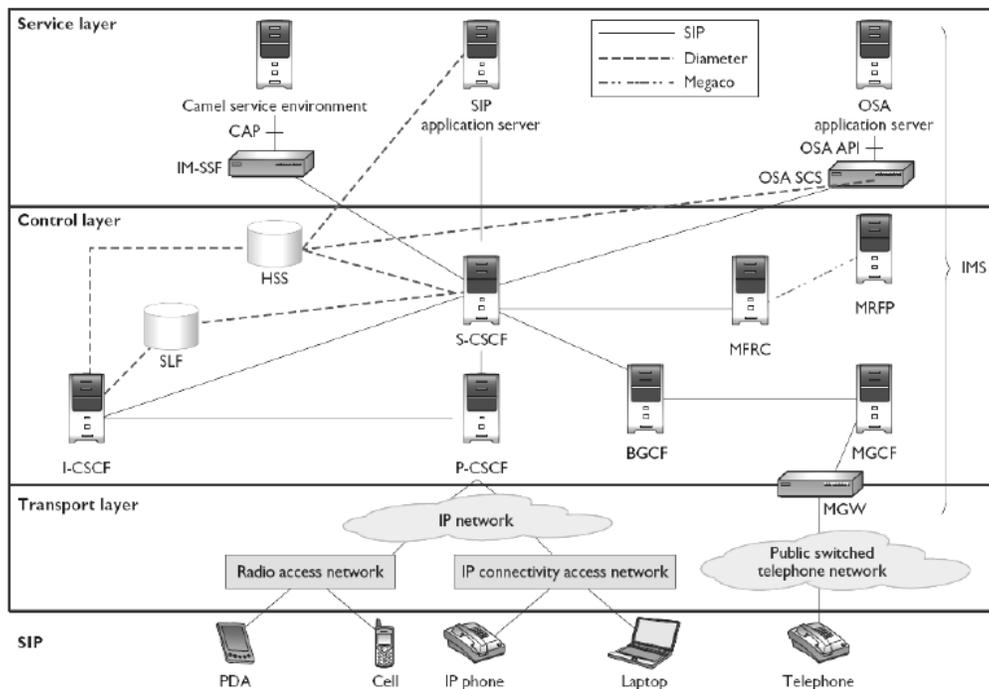
### **Elementos de Interconexión**

Los elementos de interconexión son nodos que se utilizan cuando IMS necesita interoperación con otras redes, ya sean otras IMS ó redes de conmutación de circuitos (CS). Los elementos de interconexión que utiliza IMS son: BGCF (Breakout Gateway Control Function), MGCF (Media Gateway Control Function), IBCF (Interconnection Border Control Function), IMS-MGW (IMS-Media Gateway) y MRF ('Multimedia Resource Function').

#### 4.4.1 Interconexión de IMS con las redes de 3GPP

La plataforma IMS se diseñó para proveer conectividad IP a redes de telefonía móvil de tercera generación de la familia GSM/GPRS/UMTS/LTE (grupo 3GPP) y otorgar a los usuarios una amplia gama de servicios.

En la Figura 4.11 se observa la arquitectura de la plataforma IMS correspondiente a las capas de control y de servicio. Es importante recalcar que otras redes basadas en la distribución de funciones por capas (transporte, control y servicio) pueden trabajar utilizando IMS, debido a que IMS realiza su propio registro, control y terminación de sesiones basado en un protocolo de inicio de sesión (SIP) que permite la interconexión con redes basadas totalmente en IP correspondientes a la capa de transporte.



**Figura 4.11.** Arquitectura IMS para redes que transportan paquetes IP.

En la Figura 4.12 se observa un ejemplo de la interconexión de IMS con una red de UMTS, mientras que en la Figura 4.13 se observa la interconexión de IMS con una red LTE. Claramente comprobamos que IMS se puede implantar en redes de paquetes IP, (aunque estos ejemplos pertenecen solamente a redes del grupo 3GPP), así, IMS tiene la posibilidad de adaptarse a cualquier red basada en el protocolo IP. Esta es una cuestión importante porque en el capítulo cinco se analiza la interconexión de IMS con MBMS para la distribución de contenidos en conexiones punto a multipunto. Esto demuestra que MBMS es una tecnología que también sirve como referencia para la entrega de contenidos multimedia en plataformas que solamente realizan la entrega de servicios en conexiones punto a punto.

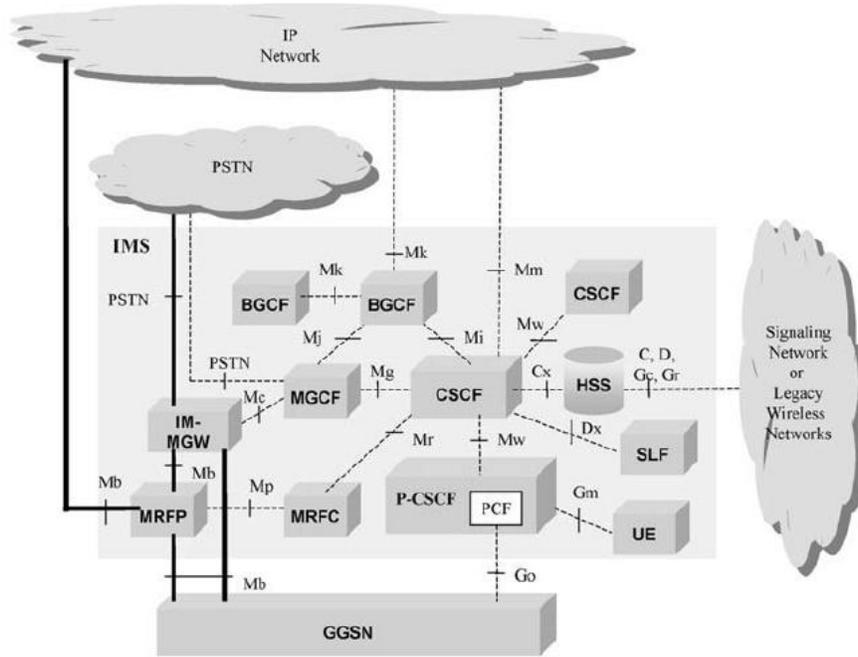


Figura 4.12. IMS interconectada con UMTS.

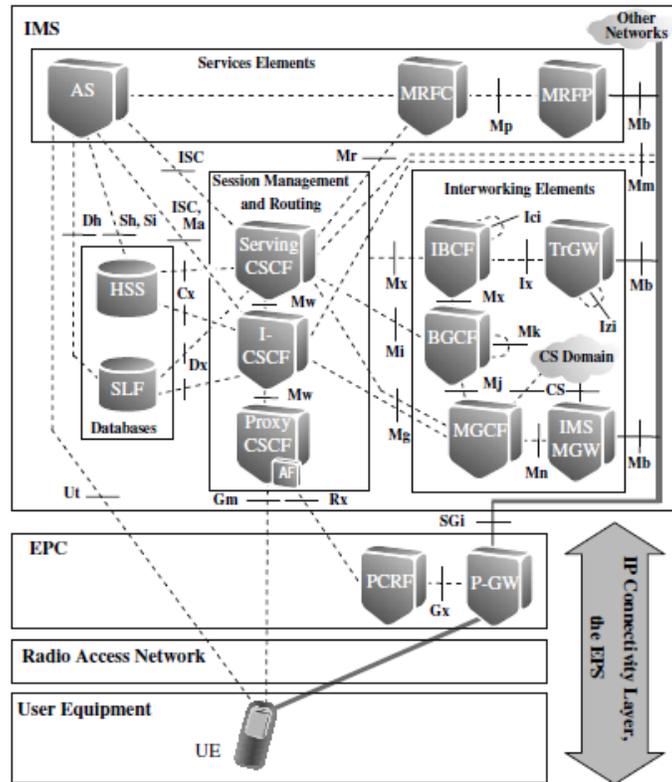


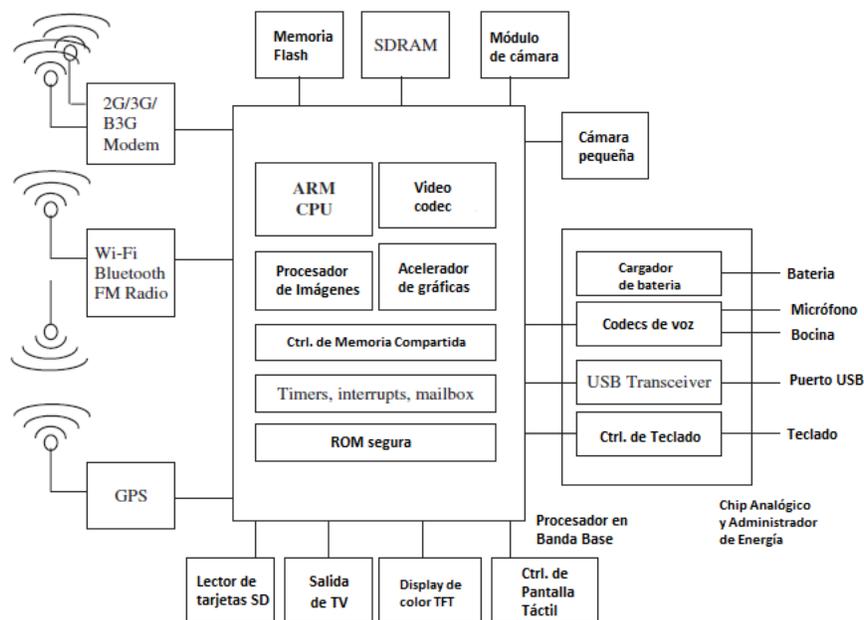
Figura 4.13. IMS interconectada con LTE.

### 4.5 Características de las terminales móviles de usuario (UE)

En los últimos años, las terminales móviles han evolucionado muchísimo. Cerca de 1992 y hasta 2002 el principal interés era construir dispositivos cada vez más pequeños. En ese tiempo los únicos dos servicios que se utilizaban eran la voz y el servicio de mensajes SMS. Desde entonces el desarrollo de las terminales móviles se concentró en agregar funciones para aplicaciones multimedia. En un principio, las pantallas en blanco y negro fueron remplazadas por pantallas a color y las resoluciones que antes eran de 100 x 64 pixeles se incrementaron a 240 x 320 pixeles, 480 x 320 pixeles e incluso resoluciones mucho mayores. Actualmente, grandes resoluciones y pantallas a color son requisitos para las aplicaciones. Estas aplicaciones incluyen el uso de cámaras de video, mensajes multimedia, correo electrónico y navegación por Internet.

La mayoría de los dispositivos que se conectan a las redes están basados en un chip con un procesador diseñado por ARM.<sup>10</sup> Otras compañías como Intel, Texas Instruments están interesadas en la creación de chips para terminales móviles.

Los diseños de los chips que soportan una gran cantidad de aplicaciones están diseñados para ser lo más baratos posibles. Al mismo tiempo la terminal móvil debe de consumir poca energía cuando está inactiva para hacer un uso eficiente de la energía. Los chips diseñados deben tener un balance entre la eficiencia de energía y su desempeño cuando los usuarios interactúan con la terminal. En la Figura 4.14 se observa un diagrama de bloques simplificado de un chip multimedia. El diagrama está basado en el diseño OMAP 24xx y 34xx de Texas Instruments.



**Figura 4.14.** Chip utilizado en terminales móviles para aplicaciones multimedia.

<sup>10</sup> Citado en: Martin Sauter, “Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0”, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.237.

El chip consta de varias secciones encargadas del procesamiento de los datos dentro de la terminal. El chip de banda base contiene diversas unidades para realizar funciones específicas. La unidad de procesamiento de imágenes es utilizada para el procesamiento de flujos de datos que recibe de módulos externos, como cámaras. El chip soporta algunos sensores de la cámara con resoluciones hasta de 12 mega píxeles, además, convierte imágenes a formatos de compresión como JPEG. Esta acción reduce considerablemente la carga al CPU ya que esta función se realiza totalmente en esta unidad.

La unidad de codec ayuda al CPU al codificar los flujos de datos que vienen de la cámara a formatos MPEG4. Esta unidad también se encarga de decodificar y mostrar en pantalla los videos que previamente se almacenaron o se descargaron. La unidad de aceleración de gráficos es utilizada para aplicaciones como los videojuegos que requieren de cálculos para juegos en dos y tres dimensiones.

En sí un chip para aplicaciones multimedia requiere de unidades dedicadas para aplicaciones específicas relacionadas con diversos servicios. En este caso la unidad dedicada al procesamiento de imágenes y gráficos se encarga de las aplicaciones diseñadas para mostrar video en pantalla.

En general se aprecia que en el lado izquierdo de la Figura 4.14 hay una serie de receptores para diversas tecnologías inalámbricas (redes 2G, 3G, Wi-Fi, Bluetooth, Radio FM). Cada uno de estos receptores aumenta el costo de la terminal ya que permite la conexión a más redes. En el centro de la imagen se tiene un chip (que trabaja en banda base) encargado de todas las funciones del procesamiento de datos para las aplicaciones de video, audio, texto, mensajes multimedia, conexión a Internet, grabaciones, reproducciones, llamadas, etc. Finalmente, del lado derecho se observa un chip encargado de las funciones análogas y de la administración de energía. La arquitectura y diseño de los chips varía según el fabricante y las terminales donde se implanten.

En el pasado sólo algunas bandas de frecuencia eran utilizadas para los sistemas inalámbricos celulares. Actualmente, el número de bandas que se liberan se ha incrementado. Sin embargo, esto conlleva algunas implicaciones no deseadas por el operador de red y el usuario final. Comúnmente, hasta las terminales más sofisticadas soportan una o dos bandas de frecuencia de 3G como 2 100 MHz para Europa ó 850/1 900 MHz para EU. Además, soportan cuatro bandas de 2.5G de GSM/GPRS para 1 800 MHz en Europa y 850 MHz y 1 900 MHz para EU.<sup>11</sup> En el futuro, las terminales móviles soportarán bandas adicionales para asegurar a los viajeros el uso de sus terminales en todo el mundo.

La inclusión de bandas adicionales en las terminales de usuario no impacta a los componentes digitales de las terminales porque el procesamiento de las señales es independiente de la banda de frecuencia. Pero si afecta al chip banda base encargado del procesamiento de señales, ya que debe adaptarse a las bandas adiciones de frecuencia. Un ejemplo de estos cambios es el escaneo

---

<sup>11</sup> Citado en: Martin Sauter, *“Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0”*, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.252.

de las bandas disponibles por la red, que a su vez conlleva a un incremento en el estado activo de la terminal y por ende el consumo de energía en las baterías.

La parte analógica de la terminal consiste en antenas, receptores, filtros y chips de radiofrecuencia. Cada banda de frecuencia requiere componentes adicionales. La parte analógica de la terminal es responsable del 7-10% del costo del dispositivo.<sup>12</sup>

Desde el punto de vista de desarrollo, muchas empresas prefieren enfocar sus diseños para reducir el precio y mejorar la sensibilidad de sus terminales en vez de agregar bandas de frecuencias exóticas. En otras palabras, las bandas ya establecidas son más atractivas para la investigación con menor costo por hardware y con mayor sensibilidad.

En conclusión una terminal móvil debe ser capaz de sacar el máximo provecho a las redes. El diseño de cada terminal debe poseer chips dedicados para aplicaciones de video, audio, seguridad, procesamiento, administración de energía, etc. Además, cada terminal posee un conjunto de receptores de diversas redes ajustados a diversas bandas de frecuencia. Estas bandas le permiten una mayor interacción con las redes disponibles, sin embargo, también aumentan el costo de la terminal y el consumo de energía.

La elección de una terminal depende de muchos factores que proporcionan muchas ventajas y desventajas. Sin embargo, con el rápido crecimiento y evolución de las tecnologías, cada vez son menos las desventajas que se obtienen al utilizar una terminal móvil que permite la ejecución de muchas aplicaciones a la vez.

## 4.6. Referencias

- <http://en.wikipedia.org/wiki/3G>
- ✓ Martin Sauter, *“Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0”*, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009.
- ✓ Harri Holma y Antti Toskala, *“LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access”*, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009.
- ✓ Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld and Per Beming, *“3G evolution: HSPA and LTE for mobile broadband”*, Academic Press, Estados Unidos, 2007.
- ✓ Jyh-Cheng Chen and Tao Zhang, *“IP-Based Next-Generation Wireless Networks, Systems, Architectures, and Protocols”*, John Wiley & Sons, Estados Unidos, 2004.
- ✓ Hsiao-Hwa Chen y Mohsen Guizani, *“Next Generation Wireless Systems and Networks”*, John Wiley & Sons, Inglaterra, 2006.

---

<sup>12</sup> Martin Sauter, *“Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0”*, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.254.

