

CAPITULO II ANTECEDENTES

LTE

Originalmente 3GPP nació con la intención de desarrollar especificaciones y reportes técnicos para sistemas móviles de 3G basados en las redes GSM y las tecnologías de radio acceso que soporta.

Subsecuentemente el ámbito de aplicación fue modificado para incluir en especificaciones y reportes técnicos el mantenimiento y desarrollo del Sistema Global para comunicaciones Móviles (GSM) incluyendo las tecnologías de acceso de radio (por ejemplo, General Packet Radio Service (GPRS) y Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)).

Con la continua evolución de los sistemas de telecomunicaciones 3GPP con la colaboración de ITU (Recomendaciones IMT 200) ha trabajado para desarrollar LTE Release 8. LTE Release 8, se denomina una tecnología de 3.75G, antecesora de LTE Advanced, la cual ya cumple con las especificaciones técnicas que permiten denominarla 4G. En el alcance de éste trabajo sólo es contemplado LTE Release 8.

Evolución de la arquitectura en 3GPP

Cuando comenzó la evolución de las interfaces de radio, rápidamente se previó un cambio un cambio den la arquitectura del sistema.

- Optimización de los servicios por conmutación de paquetes, donde no es necesario soportar la conmutación de circuitos como modo de operación.
- Soporte optimizado para un throughput mayor para que el usuario final experimente una mayor velocidad
- Mejora en el tiempo de respuesta para la activación y establecimiento de la portadora
- Mejora en el tiempo de entrega de paquetes
- Simplificación general del sistema en comparación con los sistemas 3GPP existentes y otros sistemas celulares.
- Interoperabilidad con otras redes de acceso estandarizado por 3GPP

- Interoperabilidad con otras redes inalámbricas

Muchos de los objetivos implican que es necesaria una arquitectura plana, donde haya menos nodos involucrados, pues esto se traduce en una reducción de latencias y mejora el rendimiento. Un ejemplo de esta directriz fue establecido en el Release 7, donde el concepto de Direct Tunnel permite que el tráfico de usuario sea directamente enviado al GGSN.

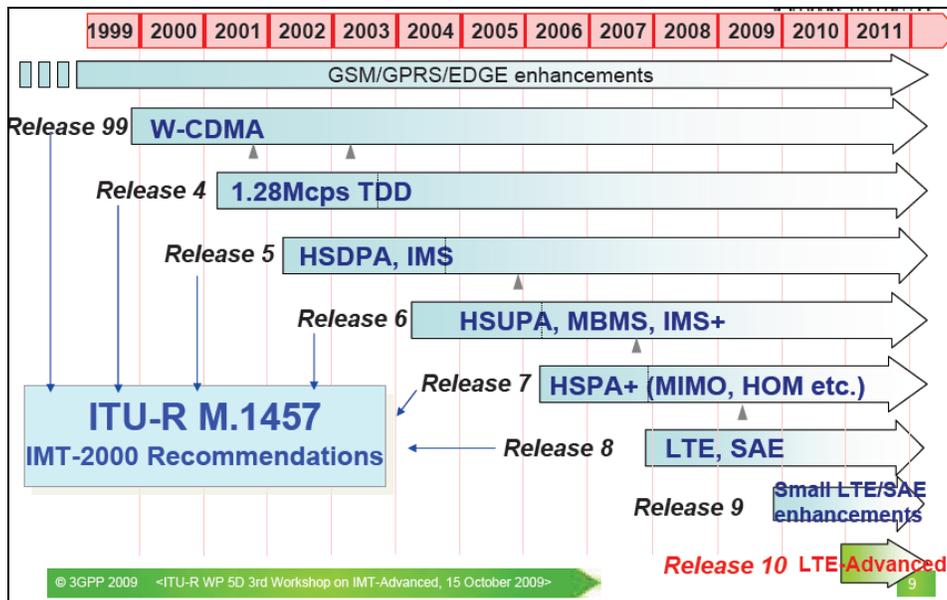


Figura 1: Evolución de la Arquitectura en 3GPP

3GPP Versión 99 (R99)

La base de las implementaciones de UMTS fue la especificación 3GPP R99. Esta especificación estableció principalmente, un nuevo sistema de acceso basado en la tecnología WCDMA y soportado por un subsistema denominado RNS (Radio Network Subsystem). En este escenario los dos subsistemas de radio conviven y son controlados por los elementos de Core tradicionales MSC/VLR del sistema GSM. Estos cambios requirieron actualizaciones especialmente a los protocolos MAP; adicionalmente en cuanto a la red de conmutación de paquetes, los procesos de gestión de la movilidad se repartieron entre la RNC y el SGSN.

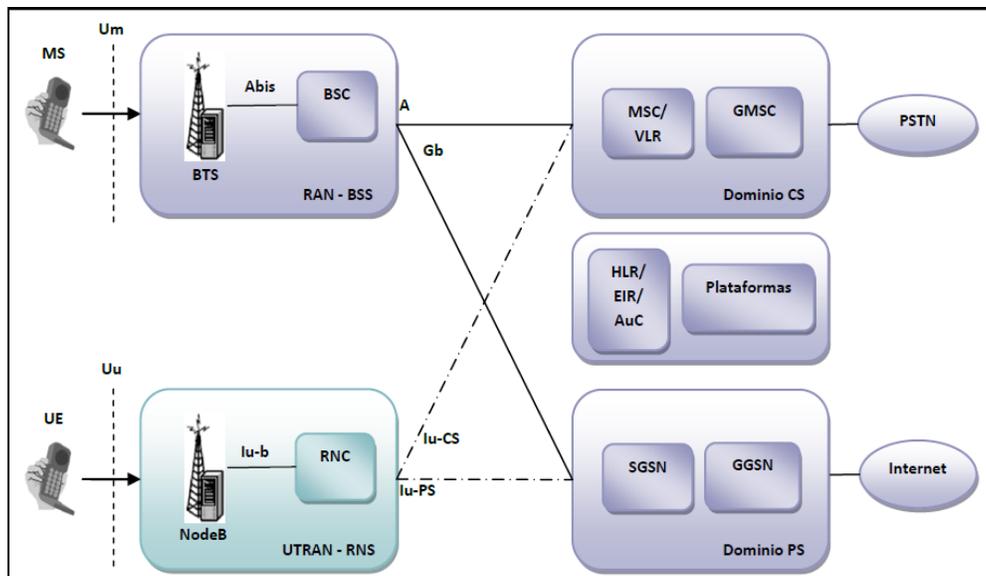


Figura 2: Arquitectura de Red 3GPP R99

3GPP Versión 4 (R4)

La especificación 3GPP UMT R4 concluyó en Marzo de 2001 y las primeras implementaciones comerciales se dieron en 2003. La principal modificación de ésta versión fue la introducción de la Arquitectura de control independiente de la portadora BICC. Básicamente esta arquitectura plantea que las funciones del MSC del sistema GSM o R99 se reparten entre dos nuevos elementos de red: El MSC Server y el MGW.

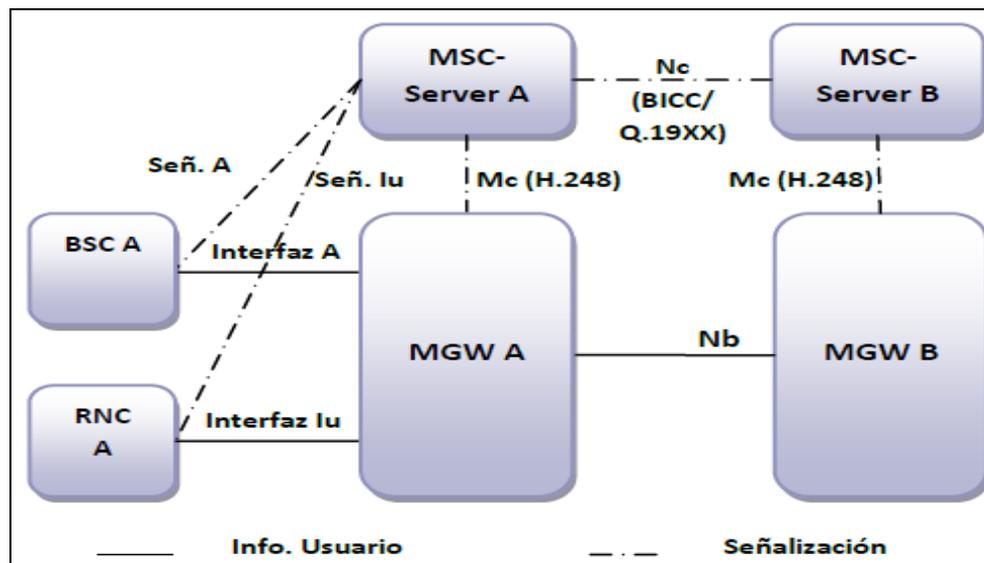


Figura 3: Arquitectura de Red 3GPP R4

MSC Server

El MSC Server comprende el control de la llamada como el control de la movilidad, como tal es responsable del control tanto de las llamadas originadas como de las llamadas terminadas. El VLR (Visitor Location Register) está incluido en el MSS

CS-MGW

El CS-MGW es la interfaz entre el Core y la red de acceso (UTRAN/BSC) , dicha interfaz es conocida en el mundo de las telecomunicaciones como la interfaz lu o la interfaz A. Además el MGW interactúa con el MSS para el control de recursos y puede terminar las conexiones tanto de la red de circuitos conmutados como de la red de datos.

Las principales funciones del MGW son:

- Adaptar la señalización convencional (plano de control) entre el MSC Server y las distintas interfaces de la red.
- Proveer tonos y anuncios de voz a los usuarios finales
- Realizar la transcodificación y el procesamiento de señales
- Conectar el plano de usuario de un backbone IP o ATM a la red de radio acceso o a una red de circuitos conmutados.

Interfaz Mc

El MSS controla al MGW a través de la interfaz Mc, dándole instrucciones de crear, modificar y eliminar conexiones y por lo tanto el MGW es capaz de proveer tonos o establecer conexiones entre la red de radio acceso y el core, también realiza codificación de voz, todo esto por instrucciones del MSS.

En ésta interfaz se utiliza el protocolo H.248 MEGACO, que fue desarrollado en conjunto por la IETF y la ITU.

Interfaz Nc

Es la interfaz entre el MSS y el GMSC Server. El MSS soporta BICC CS-2 como protocolo de control de llamadas, BICC CS-2 está definido en 3GPP Rel-4.

BICC CS-2 es un protocolo de la señalización independiente de la portadora, lo que significa que soporta redes IP y ATM. Está basado en ISUP y proporciona interoperabilidad entre ISUP y servicios de ISDN según lo especifica la recomendación ITU Q.1912.1 "ISUP-BICC Interworking" y Q.1912.2 "Interworking between selected signalling systems and BICC".

Interfaz Nb

Sobre ésta interfaz se realiza el control de la portadora y el transporte. Múltiples opciones están disponibles para el transporte de datos de usuarios y el control de la portadora como lo especifica la especificación técnica TS.29.414 "Core Network Nb Data Transport and Signaling Transport".

3GPP Versión 5 (R5)

La especificación 3GPP R concluyo en Marzo y Junio de 2002. En esta versión, se introducen dos conceptos muy importantes: En la interfaz de radio se presenta HSDPA y en Core se presenta la versión preliminar de IMS.

HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) reduce la latencia y aumenta considerablemente las tasas de transmisión (teóricamente proporciona tasas de 14 Mbps en el enlace descendente) y se basa en el esquema de modulación y codificación adaptativo (AMC, Adaptative Modulation and Coding), la reserva rápida de recursos de radio en el enlace descendente y técnicas de ARQ híbrido rápido.

Pre IMS:

Conservando la tendencia de la convergencia de redes por medio de IP, la red de Core evoluciona al llamado Subsistema IP, el cual está orientado a la prestación de servicios multimedia IP en redes 3G, la forma en la que se integra el nuevo Core de IMS en la arquitectura 3GPP se muestra en la Figura 4.

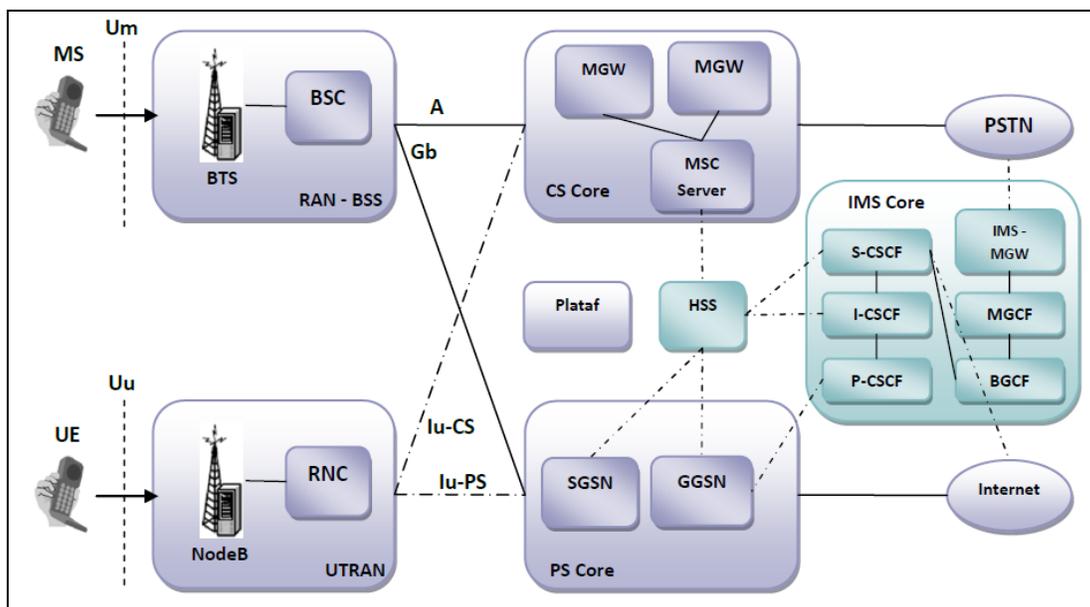


Figura 4: Arquitectura de Red 3GPP R5

IMS utiliza SIP como protocolo de control de llamadas y permite el establecimiento de sesiones entre distintos dispositivos de usuario. En R5, se establece que IMS comienza a ejecutar algunas funciones del MSC Server, estas funciones se separan en dos grupos de control: Funciones de control de MGWs (MGCF) y funciones de control de estado de llamada (CSCF).

P-CSCF (Proxy- Call State Control Function): Es el punto inicial de contacto de IMS, su función principal es la de seleccionar el I-CSCF de la red local del usuario.

I-CSCF (Interrogating CSCF): Es la entrada principal de la red local del usuario y se encarga de seleccionar el S-CSCF apropiado con ayuda del HSS.

S-CSCF (Serving- CSCF) : Es la entidad que realiza el control de sesión. Se encarga de manejar las solicitudes de inicio SIP

BGCF (Breakout Gateway Control Function): Se encarga de determinar el controlador de Media Gateways por medio del cual se alcanza la PSTN.

MGCF (Media Gateway control Function): Entidad que se encarga de realizar las funciones de controlador de los MGWs.

IMS-MGW (IMS Media Gateway): Se encarga de recibir el tráfico de distintas redes externas y darle el formato adecuado de cara a la red IP de la red local de usuario.

HSS (Home Subscriber Server): El HSS es el módulo de la red donde se almacena toda la información de usuario, se encarga de las funciones de control de los suscriptores. Básicamente el HSS reemplaza a los módulos HLR /AuC y VLR de GSM o R99 y añade nuevas funcionalidades. Entre las principales funciones del HSS se encuentran:

- Manejo de movilidad
- Autenticación y autorización de usuarios
- Manejo de perfiles de servicio
- Seguridad de los usuarios

3GPP Versión 6 (R6)

La especificación 3GPP R6 concluyo entre Junio y Diciembre del 2003. Esta especificación completa la familia HSPA, con la introducción de HSUPA. Adicionalmente se introducen nuevas funcionalidades como el acceso a servicios 3GPP por medio de redes WLAN, radio acceso con prioridad (eMLPP , Enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption Service) y el perfil de usuario genérico (GUP).

HSUPA (High Speed Uplink Packet Access): Esta tecnología es el complemento natural de HSDPA, los objetivos esenciales de HSUPA son: mejorar la tasa de transmisión de enlace ascendente y disminuir la latencia. En este escenario ya con HSDPA y HSUPA implementados, la red celular puede prestar servicios bidireccionales de alta velocidad; como videojuegos y video streaming.

Acceso WLAN

En R6 se presenta la posibilidad de utilizar redes WLAN como redes de acceso a los servicios 3GPP. Esta integración se basa en IP y se deriva de la posibilidad de considerar un ambiente "All IP" a partir de la implementación de IMS.

Servicio de difusión y multicast multimedis (MBMS)

R6 introduce la tecnología MBMS, una evolución de los servicios de difusión de las redes GSM, que permite la distribución de la información tipo multicast o de difusión. Para soportar los servicios de MBMS, se requiere introducir un nuevo modulo en la red de Core de paquetes denominado BMSC

IMS Fase 2

En R6 se concreta el concepto de IMS, se especifica en mayor detalle toda la mensajería en los escenarios de llamada, los esquemas de acceso, los mecanismos de tarificación y la interacción de IMS con sistemas de conmutación de circuitos y con otras redes IP

3GPP Versión 7 (R7)

En esta fase ya se tienen teóricamente establecidos todos los elementos de Core para el soporte de una red IP, por lo cual se presentan propuestas para la migración paulatina de los servicios de la red de conmutación de circuitos hacia la red de paquetes. Dentro de las propuestas más relevantes se encuentran: la utilización de VoIP sobre HSPA en lugar de voz por conmutación de circuitos y el envío de mensajes de texto SMS sobre IP. A nivel de IMS, se introduce el servicio de telefonía multimedia (MMTel, Multimedia Telephony) y el soporte de llamadas de emergencia y conferencias.

A nivel de radio, el cambio más relevante es la introducción de HSPA + (que permite duplicar la tasa de bit respecto a HSPA), con esto se reduce la latencia y el consumo de potencia en las terminales de usuario. En la red de Core, se presenta la simplificación de la arquitectura de acceso a la red de paquetes y se presenta a IMS como un elemento de red que controla todos los tipos de acceso IP, en esta etapa ya se consideran los accesos WLAN y banda ancha.

La arquitectura sufre algunas modificaciones de red:

- Tunel Directo
- eNodoB con funciones de RNC

Túnel directo:

La solución de túnel directo o “One Tunnel”, básicamente se trata de hacer lo que hizo la arquitectura BICC con el Core de Circuitos Conmutados y es separar las funciones de control de las de transporte en la red de Paquetes Conmutados. En esencia, se tiene un controlador SGSN (Csgsn) que se encarga de las funciones de control tradicionales y se tienen GGSNs mejorados (xGGSN) , capaces de asumir las funciones de transporte que previamente realizaban conjuntamente el SGSN y el GGSN. De esta manera se permite crear túneles GTP directamente entre los RNCs/BSSs y los xGGSNs.

Nodo B con funciones de RNC

Las funciones necesarias para el establecimiento de los túneles GTP se trasladan al nodo B, de forma tal que puede omitirse la RNC en la arquitectura.

Tarificación y Políticas de Control

Debido a que todos los servicios se migran a IP, en R7 se presenta una arquitectura mejorada para implementar las funciones de tarificación de flujos IP y políticas de control local basadas en servicios, dicha arquitectura se conoce como PCC (Policy Control and Charging). En PCC el elemento principal es el PCRF, una entidad que se encarga de verificar la correspondencia entre las políticas definidas por el operador y la información de suscripción del usuario.

3GPP Versión 8 (R8)

Esta versión está orientada a mejorar considerablemente la arquitectura para el soporte de datos móviles de banda ancha. El cambio más relevante es la evolución de la arquitectura de red hacia el sistema evolucionado de paquetes (este sistema evolucionado se compone de dos grupos de especificaciones: un grupo dedicado a la evolución de la interfaz de radio denominado E-UTRAN (LTE) y otro dedicado a la evolución de la arquitectura de Core, denominado SAE (System Architecture Evolution))

Una importante característica de LTE Release 8, es la alta eficiencia espectral; pues utiliza OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal) como técnica de acceso al medio en el enlace descendente y en el enlace ascendente se utiliza SC-FDMA. Estas soluciones de acceso múltiple logran reducir la interferencia y a mejorar la capacidad de la red debido a que proporciona ortogonalidad entre los usuarios. La asignación de recursos en el dominio de la frecuencia, toma lugar con una resolución de 180 kHz por block tanto en el enlace ascendente como en el descendente.

La solución LTE permite flexibilidad en el espectro, donde la banda de transmisión va de 1.4 MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz y 20 MHz, dependiendo de la disponibilidad del espectro. La banda de 20 MHz puede alcanzar velocidades de hasta 150 Mbps con 2X2 MIMO y una velocidad de 300 Mbps con 4X4 MIMO. La máxima velocidad en el enlace de subida es 75 Mbps.

La **Error! Reference source not found.** muestra los diferentes esquemas de acceso múltiple:

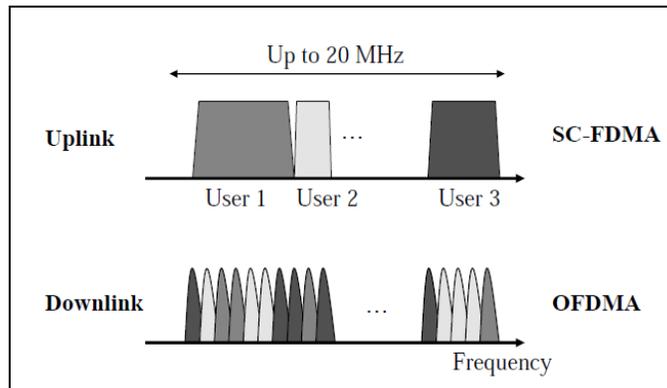


Figura 5 LTE Esquemas de acceso múltiple

El objetivo en 3GPP Release 8 es mejorar la escalabilidad de la red de acuerdo a las necesidades de tráfico y minimizar el tiempo de retardo mediante la reducción del número de elementos de red. Todos los protocolos de radio, movilidad, compresión del encabezado y la retransmisión de paquetes están localizadas en las estaciones base (e Nodo B).

El eNodo B incluye todos aquellos algoritmos que estaban localizados en la RNC (3GPP Release 6 Architecture.) Inclusive el Core continua separando el plano de usuario y el plano de control. El Core continua separando el plano de usuario y el plano de control. El MME (Mobility Management Entity) es el elemento que se encarga del plano de control, mientras que el plano de usuario es controlado por el SAE GW (System Architecture Evolution Gateway) . La evolución de la arquitectura se ilustra en la siguiente Figura.

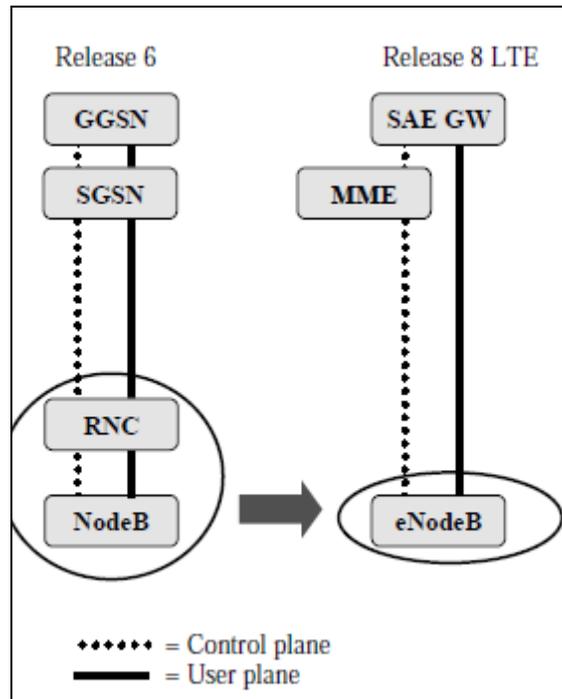


Figura 6 Arquitectura de una red LTE Release 8

Espectro inalámbrico

Las bandas de frecuencia de LTE en 3GPP se muestran en la Tabla 1 y en la Tabla 2. Algunas de ellas están siendo usadas por otras tecnologías y LTE coexiste con dichas tecnologías. LTE comenzará usando la banda de 2600 MHz y luego será reacomodada a la banda de 900 y 1800 MHz.

Banda Operativa	Nombre 3GPP	Espectro total	Enlace Ascendente[MHz]	Enlace Descendente[MHz]
Banda 1	2100	2x60 MhZ	1920-1980	2110-2170
Banda 2	1900	2x60 MhZ	1850-1910	1930-1990
Banda 3	1800	2x75 MhZ	1710-1785	1805-1880
Banda 4	1700/2100	2x45 MhZ	1710-1755	2110-2155
Banda 5	850	2x25 MhZ	824-849	869-894

Banda 6	800	2x10 MhZ	830-840	875-885
Banda 7	2600	2x70 MhZ	2500-2570	2620-2690
Banda 8	900	2x35 MhZ	880-915	925-960
Banda 9	1700	2x35 MhZ	1750-1785	1845-1880
Banda 10	1700/2100	2x60 MhZ	1710-1770	2110-2170
Banda 11	1500	2x25 MhZ	1427.9- 1452-9	1475.9-1500.9
Banda 12	US700	2x18 MhZ	698-716	728-746
Banda 13	US700	2x10 MhZ	777-787	746-750
Banda 14	US700	2x10 MhZ	788-798	758-768
Banda 17	US700	2x10 MhZ	704-716	734-746
Banda 18	Japon800	2x30 MhZ	815-830	860-875
Banda 19	Japon800	2x30 MhZ	830-845	875-890

Tabla 1

Banda Operativa	Nombre 3GPP	Espectro Total	Enlace ascendente y descendente [MHz]
Banda 33	UMTS TDD1	1X20 MHz	1900-1920
Banda 34	UMTS TDD2	1X15 MHz	2010-2025
Banda 35	US1900 UL	1X60 MHz	1850-1910
Banda 36	US1900 UL	1X60 MHz	1930-1990
Banda 37	US1900	1X20 MHz	1910-1930
Banda 38	2600	1X50 MHz	2570-2620
Banda 39	UMTS TDD	1X40 MHz	1880-1920
Banda 40	2300	1X50 MHz	2300-2400

Tabla 2

Descripción de la Arquitectura del sistema

El Core de conmutación de paquetes para las redes LTE Release 8 de 3GPP ha sido rediseñado y llamado System Architecture Evolution (SAE) o también EPS (Evolved Packed System). SAE logra interconectar diversas redes de acceso, que en algunas ocasiones pueden ser heterogéneas entre ellas.

La arquitectura SAE sigue los mismos parámetros de diseño de las redes 3GPP antecesoras, sin embargo divide las funciones del Gateway de Control (SGSN en UMTS) en un plano de control comandado por el MME (Mobility Management Entity) y un plano de usuario liderado por el SGW (Serving Gateway). Las funciones originales del GGSN son implementadas por el PDN Gateway (PGW).

Los componentes principales de una solución LTE son:

MME

- SGW
- PGW
- PCRF
- HLR

La Figura 8 muestra la arquitectura general de una red 4G basada en LTE.

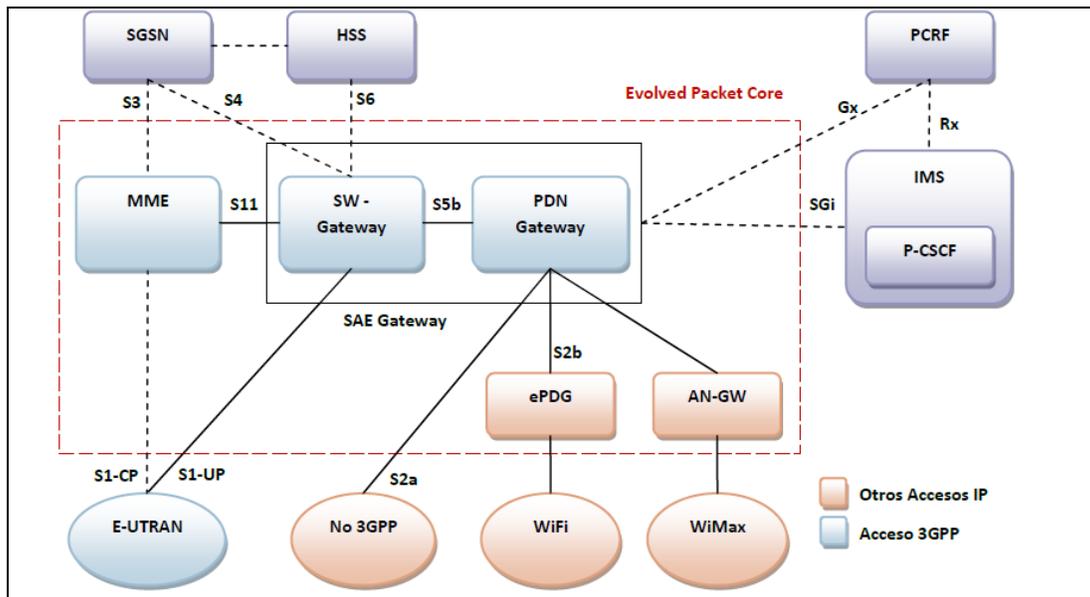


Figura 7 Arquitectura de red 3GPP LTE Release 8

MME

El MME obtiene datos del suscriptor a través de la información almacenada en el HSS. El MME autentifica, autoriza y selecciona el PDN apropiado para establecer el enlace entre el EUTRAN a las redes o servicios externos. MME también realiza funciones de administración de movilidad y recolecta información de cobro. El MME proporciona conectividad entre el Nodo B y la red GSM/UMTS existente a través del SGSN (Serving GPRS Support Node).

SGW

El SGW es un equipo de plano de usuario que es controlado por el MME. El SGW también es un punto de monitoreo de las políticas de conexión y servicio establecidas en el PCRF (Policy and Charging Rules Function).

PGW

El PGW puede ser comparado con las funciones realizadas por el GGSN pero además tiene un importante rol en el control de la movilidad. El PGW asigna la dirección IP al UE. También permite la interoperabilidad con CDMA200 y redes WiMAX .

Adicional a estos nodos, EPC también incluye el HSS (Home Subscriber Server) y PCRF (Policy Control and Charging Rules). Una breve descripción de éstos equipos se da a continuación.

PCRF

Es el encargado del control de políticas, así como el control de las funciones de tarificación en el PCEF (Policy Control Enforcement Function) . Éste dispositivo es el encargado de proveer la calidad del servicio (QoS), es decir, decide como un determinado flujo de datos será tratado en el PCEF y asegura que esté de acuerdo a la suscripción del usuario.

HLR

El HLR contiene los datos de cada suscriptor y el perfil. También contiene la información acerca de los PDN a los que el usuario se puede conectar. Comúnmente los PDN son conocidos como APN . Adicionalmente el HLR también almacena la información dinámica, tal como la identidad del MME al que el usuario esta actualmente registrado. En algunos casos el AUC (Authentication Centre) está integrado en el HLR, el AUC genera los vectores de autenticación y las llaves de seguridad.

Red de Acceso

La red de acceso de LTE, E-UTRAN, simplemente consiste de una red de e Nodos B, éstos dispositivos están generalmente interconectados con otros por medio de la interfaz X2 y al EPC mediante la Interfaz S1 , al MME mediante la interfaz S1-MME y al SGW por la interfaz S1-U .

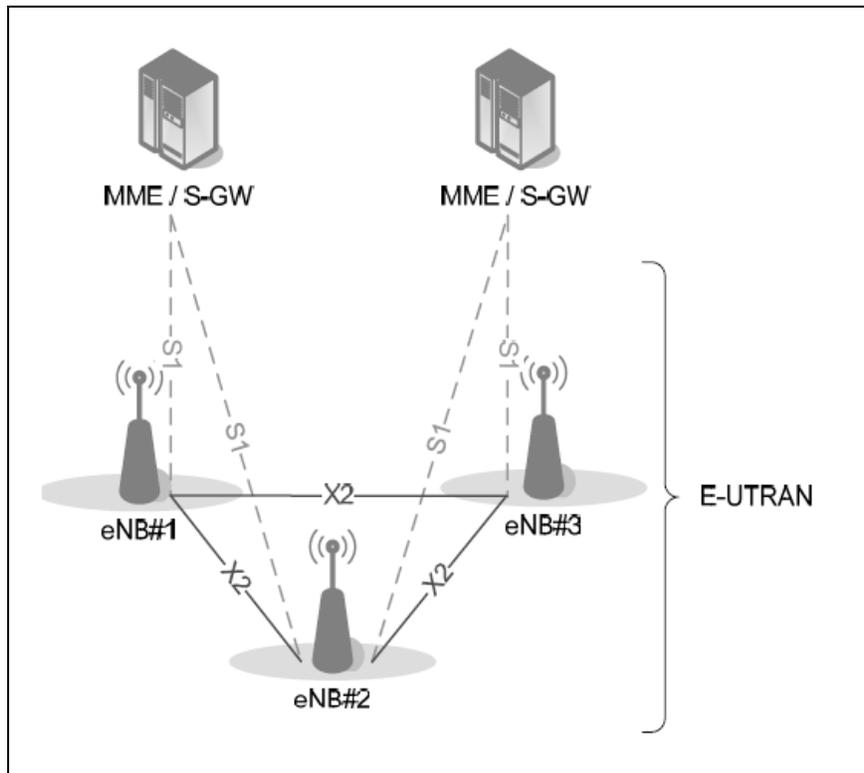


Figura 8 Arquitectura general de E-UTRAN

E-UTRAN es responsable de todas las funciones de radio, algunas de ellas son:

- Administración de los recursos de radio: Abarca las funciones relacionadas con las portadoras de radio.
- Compresión de los encabezados: Ayuda a asegurar un uso eficiente de la interfaz de radio, se comprimen los encabezados de los paquetes IP , que representan un aumento en la capacidad de procesamiento, sobre todo en los paquetes de VoIP.
- Seguridad: Todos los datos enviados mediante la interfaz de radio son encriptados.
- Conectividad al EPC: Comprende toda la señalización hacia el MME y la trayectoria de la portadora hacia el SGW.

Del lado de la red, todas esas funciones residen en el e Nodo B, que es capaz de administrar múltiples células. LTE integra todas las funciones de radio control en el e Nodo B, lo que permite una estrecha interacción entre las distintas capas del stack

de protocolos en la red de radio acceso, reduciendo así la latencia y mejorando la eficiencia.

3GPP Versión 10 (R10)

Las siguientes versiones de R9 y R10, plantean principalmente la migración de los servicios tradicionales al EPS, así como llamadas de emergencia, Sistema de alertas móvil comercial, servicios de localización y servicios de CS sobre EPS. Adicionalmente se incrementan las tasas de datos de la interfaz aérea por medio de la introducción de HSPA multi portadora con MIMO y la consolidación de LTE. Release 10 presentará LTE-Advanced, que estará orientado a cumplir con los requerimientos de IMT-Advanced (ITU-R M.2134 e ITU-R M.1645), tales como el roaming mundial, el roaming entre distintas tecnologías de acceso a tasas de bit en el enlace descendente de 100 Mbps en ambientes de alta movilidad y 1Gbps en ambientes de baja movilidad.