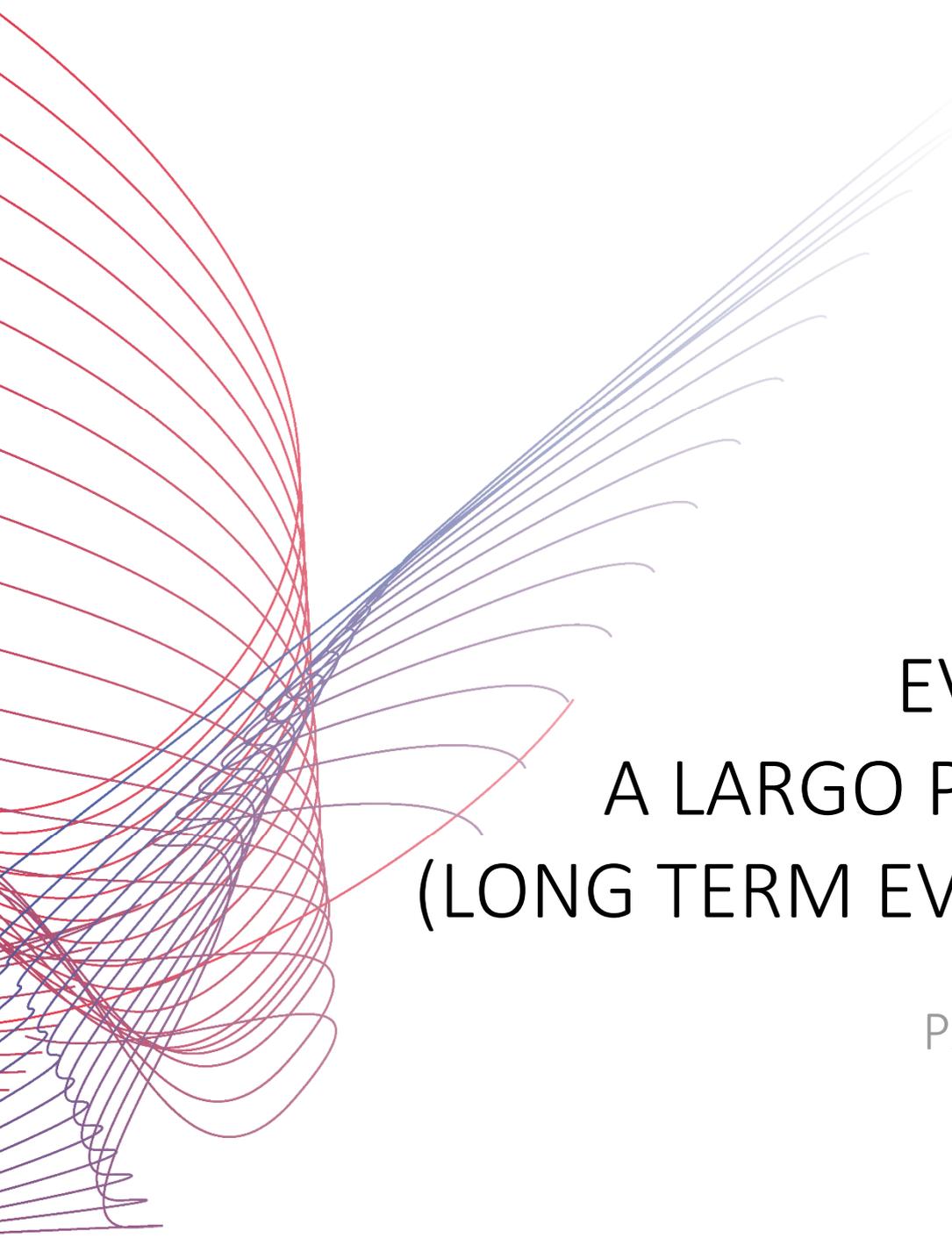




# TECH pedia



## EVOLUCIÓN A LARGO PLAZO, LTE (LONG TERM EVOLUTION)

PAVEL BEZPALEC

**Título:** Evolución a largo plazo, LTE (Long Term Evolution)  
**Autor:** Pavel Bezpalec  
**Traducido por:** Sandra Bermejo  
**Publicado por:** České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
**Dirección de contacto:** Technická 2, Praha 6, Czech Republic  
**Número de teléfono:** +420 224352084  
**Print:** (only electronic form)  
**Número de páginas:** 35  
**Edición:** Primera edición, 2017  
  
**ISBN** 978-80-01-06294-4

**TechPedia**

European Virtual Learning Platform for  
Electrical and Information Engineering

<http://www.techpedia.eu>



El presente proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea.

Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor. La Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

## NOTAS EXPLICATIVAS



Definición



Interesante



Nota



Ejemplo



Resumen



Ventajas



Desventajas

---

## ANOTACIÓN

Evolución a largo plazo, Long term evolution (LTE), es el próximo paso adelante en los servicios 3G móviles. La tecnología LTE está basada en un estándar 3GPP que proporciona una velocidad de descarga de hasta 150 megabits por segundo (Mbps) y una velocidad de subida de hasta 50 Mbps. Tanto la conexión inalámbrica fija como los estándares de cable ya se están acercando a los 100 Mbps o más rápido, siendo el LTE un posible procedimiento para las comunicaciones móviles que operan en esa alta velocidad de datos.

## OBJETIVOS

Conocimiento general sobre la tecnología LTE.

## LITERATURA

- [1] Lescuyer, P. – Lucidarme, T. Evolved Packet System (EPS): The LTE and the SAE Evolution of 3G UMTS. John Wiley & Sons Ltd., 2008. ISBN 978-0-470-05976-0.
- [2] Sesia, S. – Toufik, I. – Baker, M. LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. John Wiley & Sons Ltd., 2009. ISBN 978-0-470-69716-0.
- [3] Olsson, M. et. al., SAE and the Evolved Packet Core – Driving the Mobile broadband Revolution. Academic Press; 1 edition, 2009. ISBN: 978-0-12-374826-3.

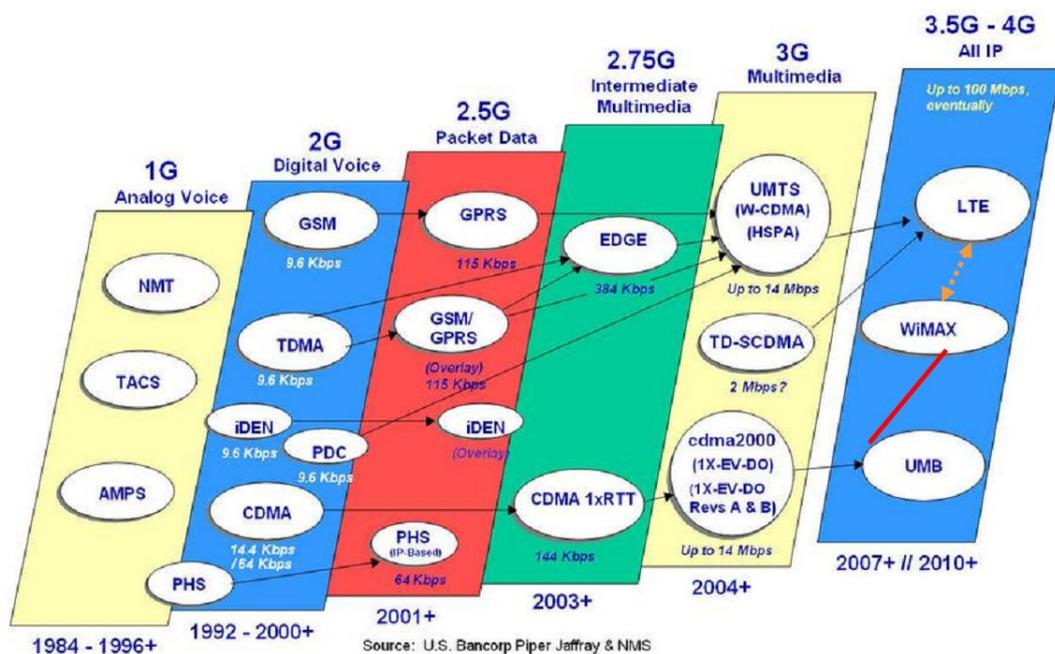
# Indice

<b>1</b>	<b>Visión general de Tecnologías Móviles de Voz y Transporte de Datos.....</b>	<b>6</b>
1.1	Arquitectura 2G.....	7
1.2	Evolución 3G IMS.....	10
1.3	EPS Architecture .....	11
<b>2</b>	<b>Topología de Red del LTE.....</b>	<b>12</b>
2.1	E-UTRAN .....	13
2.2	El Sistema de Paquetes Evolucionado y sus componentes. ....	15
<b>3</b>	<b>Arquitectura de Protocolo en LTE.....</b>	<b>18</b>
3.1	Pila de protocolo de plano de usuario LTE .....	19
3.2	Pila de protocolo del plano de control LTE .....	21
<b>4</b>	<b>Canales Físicos y Lógicos en LTE.....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Tráfico en la Red LTE .....</b>	<b>23</b>
5.1	Tráfico en la dirección de enlace ascendente .....	25
5.2	Tráfico en dirección de enlace descendente .....	26
<b>6</b>	<b>Transporte de Voz en LTE.....</b>	<b>27</b>
6.1	Voz sobre LTE .....	28
6.2	CSFB – Respaldo por Conmutación de Circuito.....	30
6.3	Voz y LTE Simultáneos (SVLTE).....	31
<b>7</b>	<b>Calidad de los servicios en LTE.....</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>LTE Avanzado.....</b>	<b>34</b>

# 1 Visión general de Tecnologías Móviles de Voz y Transporte de Datos

LTE significa *Long Term Evolution* (evolución a largo plazo) y es una marca registrada de ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) para la tecnología de comunicaciones de datos inalámbricas y un desarrollo de las normas GSM / UMTS. Sin embargo otras naciones y las empresas desempeñan también un papel activo en el proyecto LTE. El objetivo de LTE era aumentar la capacidad y la velocidad de las redes inalámbricas de datos utilizando la nueva DSP (Digital Signal Processing, procesamiento digital de señales) técnicas y modulaciones que se desarrollaron en torno al cambio de milenio. Un objetivo adicional fue el rediseño y simplificación de la arquitectura de red para un sistema basado en IP con una latencia de transferencia significativamente reducido en comparación con la arquitectura 3G. La interfaz inalámbrica LTE es incompatible con redes 2G y 3G, por lo que debe ser operado en un espectro de radio separado.

Para entender las principales tendencias de la arquitectura 3G evolucionado, es necesario tener en cuenta las principales etapas de la evolución de la red inalámbrica a partir de las redes 2G.



Migración de la tecnología inalámbrica

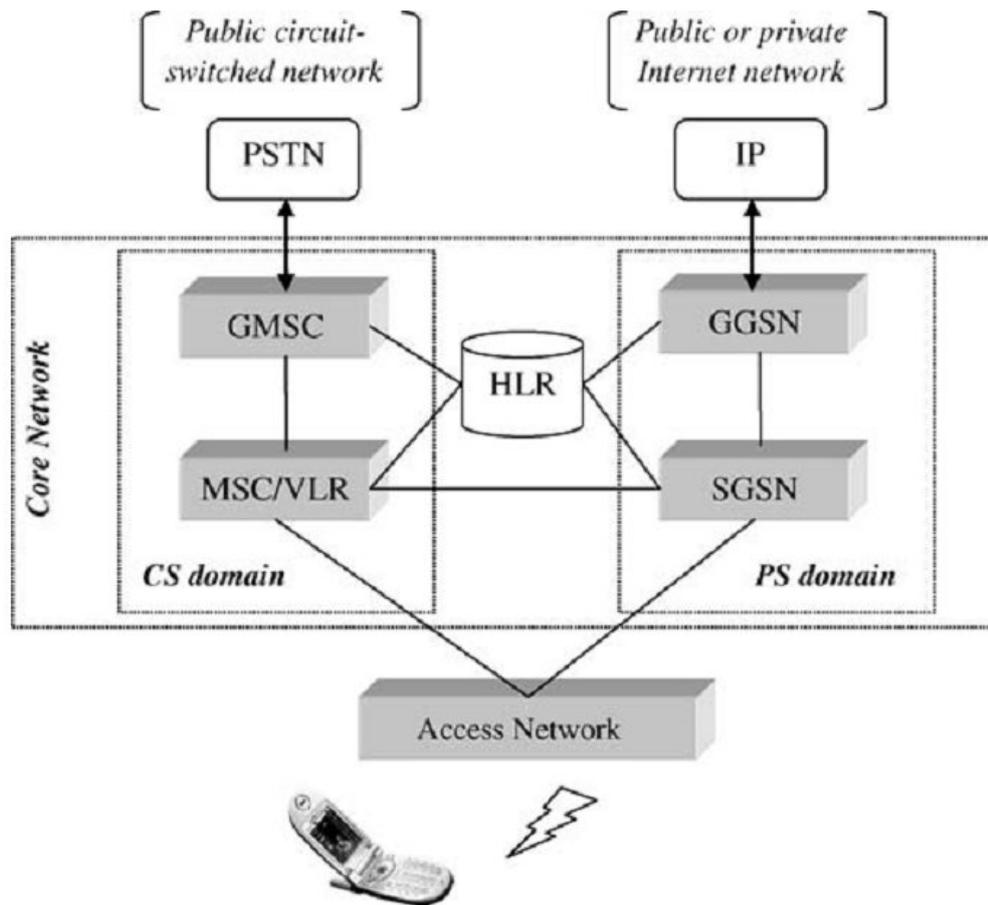
## 1.1 Arquitectura 2G

Las redes móviles GSM 2G fueron diseñadas inicialmente para la voz y los servicios de conmutación de circuitos. Por esa razón, la arquitectura de tales redes es comparativamente simple y consta de dos partes principales:

- La parte de acceso de red, que incluye la interfaz de radio, así como los nodos de la red e interfaces que apoyan las funciones relacionadas con la radio. En los sistemas iniciales GSM 2G, la radiointerfaz fue diseñada y optimizada para la voz o para circuitos de baja velocidad de transmisión de datos.
- La parte CS - o circuito de conmutación de dominio de núcleo de red, que proporciona servicios de apoyo del circuito (esto incluye el establecimiento de llamada, la autenticación y facturación) y entre el trabajo con clásica **PSTN** (*Public Switched Telephone Network, red pública de telefonía conmutada*).

Con la aparición de servicios IP y Web, las redes GSM 2G finalmente evolucionaron para apoyar de manera eficiente la transmisión de paquetes de datos:

- La parte de acceso de red fue parcialmente rediseñada para soportar la transmisión de paquetes y esquemas de asignación de recursos compartidos - como para las evoluciones GPRS y EDGE.
- Se ha añadido un nuevo dominio de Red Central (PS para la conmutación de paquetes), en paralelo con el dominio CS. Este nuevo dominio tiene el mismo papel que el dominio de CS, es decir, el apoyo para la transmisión de paquetes( incluyendo la autenticación y facturación ), así como inter-trabajar con redes de Internet pública o privada (o IP).



Modelo de red 2G de Doble Núcleo

El dominio CS está compuesto por **MSC/VLR** (*Mobile Switching Center/Visitor Location Register, centro de conmutación móvil/registro de localización de visitantes*) y es responsable del establecimiento de llamada de extremo a extremo y el encargado de mantener la información de la ubicación del usuario (por ejemplo, la información se utiliza normalmente para la página de un terminal de usuario con el fin de establecer sesiones de comunicación con terminación de usuario). El **GMSC** (*Gateway MSC, puerta de acceso MSC*) es un tipo específico de MSC, dado que actúa como el interruptor de la puerta de enlace responsable del inter-trabajo PSTN.

El dominio PS está compuesto por el **SGSN** (*Serving GPRS Support Node, nodo de soporte de servidor GPRS*), que básicamente funciona como un MSC/VLR para el dominio de paquetes, y el **GGSN** (*Gateway GPRS Support Node, nodo de soporte al acceso GPRS*), que es equivalente a la GMSC para inter-trabajar con redes externas de paquetes.

Los dominios PS y CS pueden ser unidos entre sí con el fin de mantener la información de ubicación de usuario que existe entre los dos dominios y por lo tanto reducir la cantidad de señal de red y de radio.

Además de los nodos de dominio específico, la Red Central también contiene el **HLR** (*Home Location Register, registro de localización local*), accesible por los

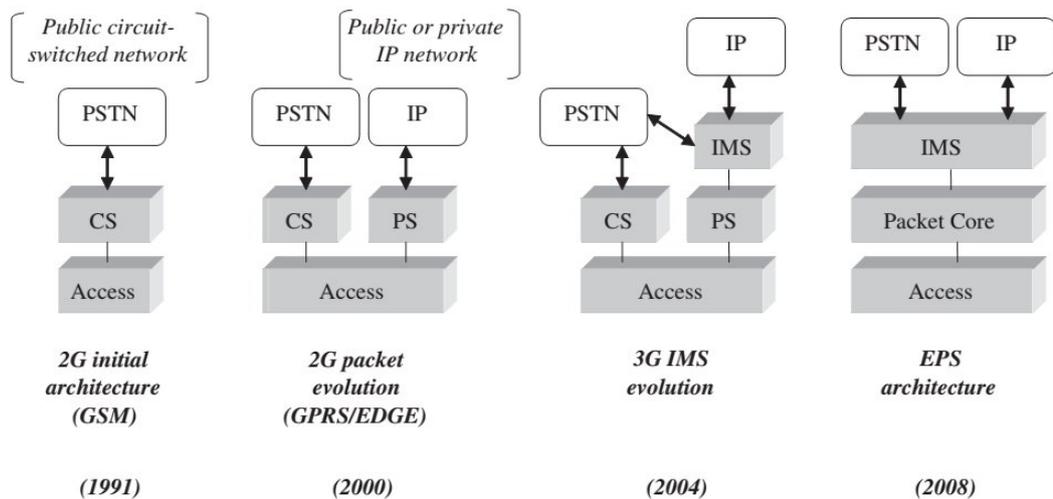
dominios CS y PS. El HLR es una parte clave de la arquitectura de red, que contiene toda la información relativa a la suscripción del usuario.

## 1.2 Evolución 3G IMS

Desde una visión general del sistema, la arquitectura de la red 3G UMTS inicial era más o menos igual que la 2G, ya que incluía tanto el circuito como las redes centrales de paquete. Finalmente, se añadió un nuevo dominio en la parte superior del dominio PS: el **IMS** (*IP Multimedia Subsystem, subsistema de multimedia IP*).

El principal objetivo de IMS era permitir la creación de servicios IP estándar e interoperables (como Push-To-Talk, presencia o mensajería instantánea) de una manera consistente a través de redes inalámbricas 3GPP. La interoperabilidad de los servicios basados en IMS viene del hecho de que IMS se basa en protocolos flexibles como el **SIP** (*Session Initiation Protocol, protocolo de inicialización de sesión*) SIP desarrollado por el IETF.

Además, el estándar IMS ofrece soporte de **VoIP** (*Voice over IP, voz sobre IP*) y proporciona interfuncionamiento con PSTN clásica a través de puertas de enlace de señalización.



Evolución de la arquitectura de red

Tal como se presenta en la figura, el dominio CS era todavía parte de la arquitectura de la red 3G Core, junto con la estructura PS / IMS. La razón principal para mantener el dominio CS fue motivada por la necesidad de apoyar a los –aún dominantes- servicios de los circuitos de conmutación de voz y la video-telefonía basada en H324M.

Aunque IMS fue presentado como un paso interesante hacia la integración de servicios, los operadores de redes de legado se abstuvieron de utilizarlo y desarrollarlo como plataforma común para todos los servicios (incluidos los servicios de voz, en tiempo real y en tiempo no real) debido a la falta de apoyo a los servicios de voz entre las redes basadas en IMS y las CS ya existentes.

## 1.3 EPS Architecture

Las redes UMTS evolucionadas tienen el claro objetivo de integrar todas las aplicaciones a través de una arquitectura simplificada y común. Los principales componentes de la arquitectura EPS son los siguientes:

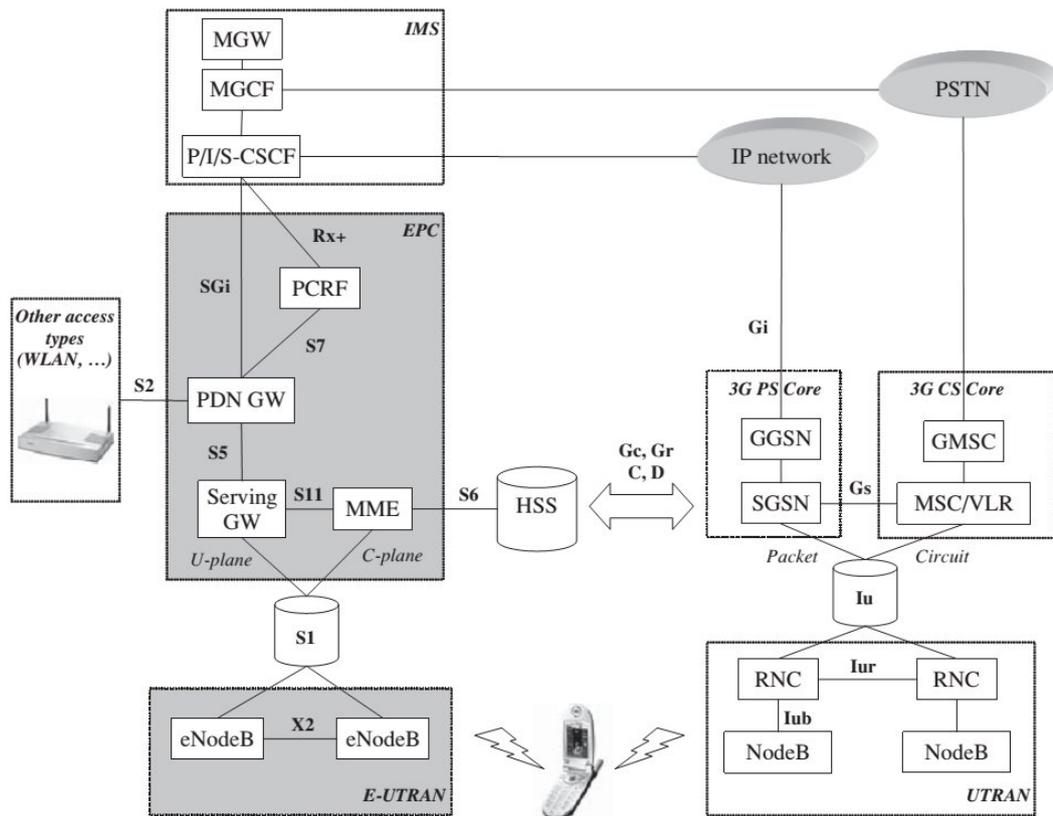
- Un acceso a la red de paquetes optimizados que puede apoyar de manera eficiente los servicios en tiempo no real basadas en IP, así como servicios de circuitos que requieren retardo constante y la transmisión de velocidad de bits constante.
- Una red principal simplificada, compuesta por un único dominio de paquetes, el apoyo a todos los servicios de PS (posiblemente basado en IMS) y capacidades hacia el inter-trabajo PSTN tradicional.

El dominio CS ya no está presente, ya que todas las aplicaciones( incluyendo las que tienen requerimientos de tiempo real) se apoyan sobre el dominio PS. Obviamente, esto requiere nodos pasarela específicos - parte de la arquitectura IMS - por lo que el tráfico IP se convierte en transporte basado conmutación de circuitos - PSTN .

Como consecuencia de esta simplificación de la red los esfuerzos específicos se han producido en el ámbito de actividad de normalización de UMTS evolucionado a fin de mantener la continuidad de llamadas de voz entre los sistemas antiguos y nuevos.

## 2 Topología de Red del LTE

El siguiente esquema proporciona una buena comprensión de la infraestructura y los elementos de la red global LTE. La figura siguiente describe la topología de la red global LTE y UMTS, incluyendo no sólo el **EPC** (*Evolved Packet Core, núcleo evolucionado de paquete*) y el **E-UTRAN** (*Evolved UMTS Terrestrial Access Network, acceso terrestre a la red evolucionada UMTS*), sino también otros componentes, con el fin de mostrar la relación entre ellos.



Topología global de res LTE

Los nuevos bloques específicos para la evolución del UMTS son el EPC y el E-UTRAN.

También se muestran otros bloques de la arquitectura UMTS clásicos, como la **UTRAN** (*the UMTS Access Network, red de acceso UMTS*), el PS y el núcleo de redes CS, respectivamente, conectado con el público (o cualquier privado) IP y redes telefónicas. El IMS está situado en la parte superior de los bloques de paquetes básicos y facilita el acceso a las redes IP públicas o privadas, y la red telefónica pública a través de entidades de red de acceso Media. El HSS, gestión de la información de suscripción del usuario, se muestra como un nodo central, y se encarga de proveer servicios a todos los bloques de la red principal de 3G y 3G evolucionada.

## 2.1 E-UTRAN

### Historia del UMTS

Desde las primeras versiones del estándar UMTS, la arquitectura UTRAN estuvo muy relacionada con los conceptos 2G / red de acceso GSM. La arquitectura general sigue el conocido modelo "estrella" 2G / GSM, lo que significa que un solo controlador (**RNC**, *Radio Network Controller, controlador de red de radio*), puede controlar un gran número - el número típico en las redes comerciales se trata de varios cientos - de estaciones de radio base (el Nodo B) sobre la interfaz Iub. Además, una interfaz inter-RNC Iur se definió para permitir la conexión de la llamada UTRAN en el nivel RNC y macro - diversidad entre los diferentes Nodo B controlados por diferentes RNCs .

La arquitectura inicial UTRAN consiste en una implementación simplificada Nodo B, y una, relativamente compleja, sensible, de alta capacidad y rica en características de diseño RNC. En este modelo, el RNC tuvo que soportar las características de gestión del tráfico y de recursos, así como una parte significativa de los protocolos de radio

### eNodeB – the Single E-UTRAN Node

En comparación con UTRAN, la estructura E - UTRAN es bastante simple. Sólo se compone de un elemento de red : el **eNodeB** (*evolved Node B, nodo B evolucionado*). El 3G RNC heredado de la 2G **BSC** (*Base Station Controller, controlador de estación base*) ha desaparecido de E -UTRAN y el eNodoB está conectado directamente a la red central mediante la interfaz S1. Como consecuencia, las características soportadas por el RNC se han distribuido entre el eNodoB o el MME red básica o servir de entidades de puerta de enlace.

### Funcionalidades del eNodeB

Desde una perspectiva de alto nivel, la nueva arquitectura de E-UTRAN está yendo realmente hacia estructuras de red WLAN y definición funcional Wifi o estaciones base WiMAX.

Así, el eNodoB funcional (como puntos de acceso WLAN) es compatible con todas funcionalidades L1 y L2 asociadas a la interfaz física, y está conectado directamente a los routers de la red. No hay más nodos de control intermedios (como lo eran el 2G / BSC o el 3G / RNC). Esto tiene la ventaja de una arquitectura de red más simple (menos nodos de diferentes tipos, lo que significa una operación de la red simplificada) y permite un mejor rendimiento sobre la interfaz de radio.

Desde un punto de vista funcional, el eNodoB admite un conjunto de características, todas ellas relacionadas con los procedimientos de la capa física para la transmisión y recepción por la interfaz de radio:

- Modulación y de-modulación.

- Codificación y de-codificación de canal.

Además el eNodeB incluye funcionalidades adicionales, partiendo de que no hay más controladores de estación base en la arquitectura E-UTRAN. Estas funcionalidades, que serán detalladas en el Capítulo 4, incluyen:

- Control de Recursos de Radio: esto se relaciona con la asignación, modificación y liberación de recursos para la transmisión por la interfaz de radio entre el terminal de usuario y el eNodeB.
- Gestión de Movilidad de Radio: esto se refiere a procesado de medidas y a decisiones de „handover“.
- Protocolo de interfaz de radio de L2 completo: en el OSI, el propósito de la capa 2 es para asegurar la transferencia de datos entre entidades de red. Esto implica la detección y, posiblemente, la corrección de errores que pueden ocurrir en la capa física.

## 2.2 El Sistema de Paquetes Evolucionado y sus componentes.

El **EPC** (*Evolved Packet Core, sistema de paquetes evolucionado*) está compuesto de diferentes entidades funcionales:

- El **MME** (*Mobility Management Entity, entidad de gestión de movilidad*)
- El **HSS** (*Home Subscriber Server, Servidor de Abonado Local*)
- El Servidor de acceso.
- La puerta de acceso **PDN** (*Packet Data Network, Red de datos de paquetes*).
- El Servidor **PCRF** (*Policy and Charging Rules Function, política y normativa de función de carga*).

### MME (Mobility Management Entity, entidad de gestión de movilidad)

El MME está a cargo de todas las funciones del plano de control relacionadas con el abonado y la gestión de sesiones. Desde esa perspectiva, el MME es compatible con:

- Procedimientos de seguridad - esto se refiere a los usuarios finales de autenticación, así como la iniciación y la negociación de los algoritmos de cifrado y protección de la integridad.
- Manejo de la sesión de terminal a la red - esto se refiere a todos los procedimientos de señalización utilizados para establecer el contexto de paquetes de datos y negociar parámetros asociados como la calidad de servicio.
- Gestión de ubicación del terminal inactivo - esto se relaciona con el proceso de actualización del área de seguimiento utilizado para que la red sea capaz de unirse a los terminales en el caso de las sesiones entrantes.

El MME está vinculado a través de la interfaz de S6 al HSS que soporta la base de datos que contiene toda la información de la suscripción del usuario.

### HSS (Home Subscriber Server, Servidor de Abonado Local)

El HSS es una base de datos central, y la concatenación del HLR y los *AUC* (*Authentication Center, centros de autenticación*) - siendo ambas dos funciones ya presentes en pre-IMS 2G / GSM y las redes 3G / UMTS. La parte HLR del HSS es la encargada de almacenar y actualizar cuando sea necesario la base de datos que contiene toda la información de suscripción del usuario, incluyendo:

- La identificación de usuario y direccionamiento - esto corresponde a la *IMSI* (*International Mobile Subscriber Identity, identidad internacional de*

*subscriber móvil*) y el **MSISDN** (*Mobile Subscriber ISDN Number, número ISDN de subscriber móvil*) o número de teléfono móvil.

- La información de perfil de usuario - esto incluye los estados de suscripción al servicio e información de la calidad del servicio del usuario suscrito (tales como la tasa máxima de bits permitida o el tipo de tráfico permitido).

El HSS también puede integrar el centro de autenticación (AUC), que genera los vectores para las claves de autenticación y seguridad. Esta información de seguridad se proporciona a la HLR y además es comunicada a otras entidades en la red. La información de seguridad se utiliza principalmente para:

- Autenticación de red terminal mutua.
- Cifrado de ruta de radio y protección de la integridad, para asegurar que los datos y la señalización transmitidos entre la red y el terminal no son ni espiados ni alterados.

## El servidor GW (Serving Gateway, puerta de acceso al servicio)

Desde un punto de vista funcional, el servidor GW es el punto final de la interfaz de paquetes de datos hacia la E - UTRAN. Cuando los terminales se mueven a través eNodeB en E - UTRAN, el servidor GW sirve como un ancla de movilidad local, lo que significa que los paquetes se enrutan a través de este punto de la movilidad entre la E - UTRAN y movilidad con otras tecnologías 3GPP, como 2G / GSM y 3G / UMTS .

## El PDN GW (Packet Data Network Gateway, puerta de acceso a la red de paquetes de datos)

De manera similar el servidor GW, la pasarela PDN es el punto de terminación de la interfaz de paquetes de datos hacia la red de paquetes de datos. Como un punto de anclaje para las sesiones hacia las redes de paquetes de datos externos, el PDN GW también soporta características de las políticas de cumplimiento( que se aplican reglas definidas por el operador para la asignación de recursos y el uso ), así como el filtrado de paquetes (como la inspección profunda de paquetes para la detección de firmas de virus) y el soporte de carga evolucionado (como por carga URL) .

## El servidor PCRF (Policy and Charging Rules Function, política y normativa de función de carga)

El PCRF es responsable del control de la política de toma de decisiones, así como del control de las funcionalidades basadas en el flujo de carga en la función de Política y cumplimiento de la función de carga (PCEF). El PCRF proporciona la autorización QoS (QoS identificador de la clase y las tasas de bits) que decide cómo se tratará un cierto flujo de datos en la PCEF y asegura que esto está de acuerdo con el perfil de suscripción del usuario.

El servidor PCRF combina funcionalidades para los siguientes dos nodos UMTS:

- La Policy Decision Function (PDF), función de política de decisión.
- The Charging Rules Function (CRF), función de reglas de carga.

El PDF es la entidad de red donde se toman las decisiones políticas. Como la sesión IMS se está creando, la señalización SIP que contiene los requisitos de medios de comunicación se intercambia entre el terminal y el P-CSCF. En algún momento en el proceso de establecimiento de la sesión, el PDF recibe esos requisitos de la P-CSCF y toma decisiones basadas en reglas del operador de red, tales como:

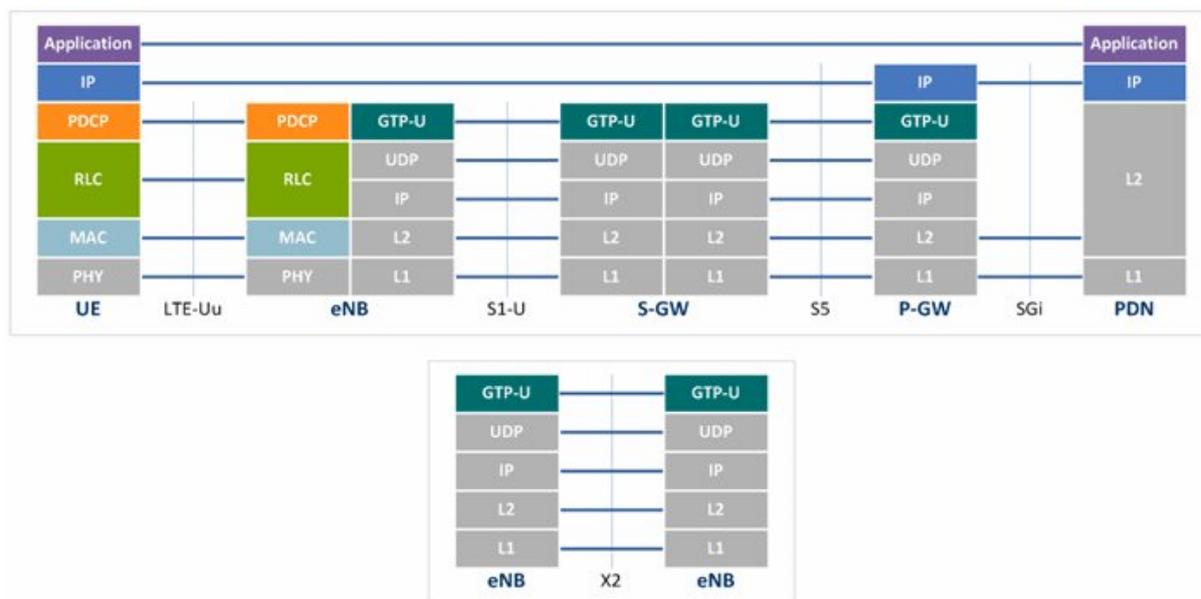
- Permitir o rechazar la solicitud de los medios de comunicación.
- Utilizar un contexto de PDP nuevo o existente para una solicitud de los medios de comunicación entrante.
- Comprobación de la asignación de nuevos recursos en contra del máximo autorizado.

El papel del FRC es proporcionar reglas definidas por el operador de carga aplicables a cada flujo de datos de servicio. La CRF selecciona las reglas de cargo correspondientes sobre la base de información proporcionada por el P-CSCF, tales como Identificador de Aplicación, tipo de flujo (audio, vídeo, etc.), la solicitud de velocidad de datos, etc.

### **3** Arquitectura de Protocolo en LTE

La siguiente figura muestra la pila de protocolos LTE para los planos de usuario y de control, respectivamente. Las funciones de las capas clave de las pilas de protocolos se describen brevemente después de las figuras.

### 3.1 Pila de protocolo de plano de usuario LTE



Pila de protocolo de plano de usuario LTE

**PDCP:** El protocolo PDCP soporta el transporte eficiente de los paquetes IP a través del enlace de radio. Se lleva a cabo la compresión de cabecera, estrato de acceso (AS), de seguridad (cifrado y protección de la integridad) y el paquete de reordenamiento / retransmisión durante el handover.

**RLC:** En el lado de transmisión, el protocolo RLC PDU RLC construye y proporciona la PDU RLC a la capa MAC. El protocolo RLC realiza la segmentación / concatenación de PDU de PDCP durante la construcción de la PDU RLC. En el lado de recepción, el protocolo RLC realiza el reensamblaje de la PDU RLC para reconstruir la PDU de PDCP. El protocolo RLC tiene tres modos de funcionamiento (estos son, el modo transparente, reconocido y el modo sin acuse de recibo), y cada uno ofrece diferentes niveles de fiabilidad. También realiza paquete( la PDU RLC) reordenamiento y la retransmisión.

**MAC:** La capa MAC se encuentra entre la capa RLC y la capa PHY. Está conectada a la capa RLC a través de canales lógicos, y a la capa PHY a través de los canales de transporte. Por lo tanto, el protocolo de MAC soporta la multiplexación y demultiplexación entre canales lógicos y canales de transporte. Capas superiores utilizan diferentes canales lógicos para diferentes métricas de calidad de servicio. El protocolo MAC soporta QoS mediante la programación y los datos de priorización de canales lógicos. El planificador eNB hace que los recursos de radio segura que se asignan dinámicamente a los UE y realiza QoS de control para asegurar que cada portador se ha asignado a la QoS negociada.

**PHY:** La capa física proporciona la funcionalidad básica de transmisión sobre aire. Utiliza OFDMA en el enlace descendente y SC- FDMA en el enlace ascendente. Los canales físicos se asignan dinámicamente a los recursos disponibles. En las capas superiores la capa física ofrece su funcionalidad de transmisión de datos a

través de canales de transporte. Al igual que en UMTS, un canal de transporte es un servicio de transmisión orientado a bloque con ciertas características en cuanto a tasas de bits, la demora, el riesgo de colisión y fiabilidad. En contraste con 3G WCDMA o incluso 2G GSM ya no hay canales de transporte o físicos dedicados, ya que todo mapeo de recursos es controlado de forma dinámica por el planificador.

**GTP-U:** El protocolo GTP -U se utiliza para reenviar paquetes IP del usuario sobre S1- U, S5 y las interfaces X2. Cuando se establece un túnel GTP para los datos de reenvío durante el traspaso LTE, un paquete de Fin Marker se transfiere como el último paquete en el túnel de GTP.

## 3.2 Pila de protocolo del plano de control LTE



Pila de protocolo del plano de control LTE

**NAS:** El protocolo NAS realiza la gestión de la movilidad y las funciones de gestión de soportes.

**RRC:** El protocolo RRC soporta la transferencia de la señalización NAS. También realiza funciones necesarias para la gestión eficiente de los recursos de radio. Las funciones principales son las siguientes:

- Difusión de la información del sistema
- Configuración, reconfiguración, restablecimiento y liberación de la conexión RRC
- Configuración, modificación y liberación del soporte de radio

**X2AP:** El protocolo X2AP apoya la movilidad de UE y funciones SON dentro de la E-UTRAN. Para apoyar la movilidad del UE, el protocolo X2AP ofrece funciones tales como transferencia de datos de usuario, la transferencia de la condición de SN y UE comunicado de contexto. Para las funciones hijo, información sobre el estado de los recursos de intercambio eNBs, información de la carga de tráfico y la información de actualización de configuración eNB y coordinar entre sí para ajustar los parámetros de movilidad que utilizan el protocolo X2AP.

**S1AP:** El protocolo S1AP es compatible con funciones como la gestión S1 interfaz, gestión E-RAB, transporte de señalización NAS y gestión de contexto UE. Ofrece el contexto del UE inicial al eNB para configurar E-RAB (s) y gestiona la modificación o la liberación del contexto UE a partir de entonces.

**GTP-C:** El protocolo GTP-C soporta el intercambio de información de control para la creación, modificación y terminación para túneles de GTP. Se crean túneles de reenvío de datos en caso de traspaso LTE.

## 4 Canales Físicos y Lógicos en LTE

Como para la mayoría de los sistemas de comunicación de radio, la interfaz de radio de E-UTRAN se enfrenta a muchos desafíos. En cuanto a los requisitos, la E-UTRAN será capaz de transmitir a alta velocidad y la información de baja latencia de la manera más eficiente. Sin embargo, no todos los flujos de información requieren la misma protección contra errores o Calidad de Servicio de manipulación de transmisión.

En general, es crítico, especialmente en el caso de la movilidad radio, que los mensajes de señalización E-UTRAN se transmitan tan rápido como sea posible, utilizando el mejor esquema de protección contra errores. Por otro lado, las aplicaciones de voz o de transmisión de datos pueden aceptar una pérdida de tramas razonable debido a la transmisión de radio. Aplicaciones orientadas a la conexión interactiva (como la navegación Web) también son diferentes, ya que la retransmisión de extremo a extremo puede ayudar a recuperarse de los problemas de propagación de radio

Con el fin de ser flexible y permitir diferentes esquemas para la transmisión de datos, las especificaciones E-UTRAN introducen varios tipos de canales:

- Los canales lógicos - lo que se transmite.
- Los canales de transporte - cómo se transmite.
- Los canales físicos

Los **canales lógicos** corresponden a los servicios de transferencia de datos que ofrecen los protocolos de interfaz de radio a las capas superiores. Básicamente, hay sólo dos tipos de canales lógicos: los canales de control (para la transferencia de información del plano de control) y los canales de tráfico (para la transferencia de información del plano de usuario). Cada uno de los canales de estas dos categorías corresponde a un cierto tipo de flujo de información.

Los **canales de transporte** describen cómo y con qué características se transfieren los datos sobre la interfaz de radio. Por ejemplo, los canales de transporte describen cómo los datos están protegidos contra errores de transmisión, el tipo de codificación de canal, la protección de CRC o de entrelazado que está siendo utilizada, el tamaño de los paquetes de datos enviados a través de la interfaz de radio, etc.

Al igual que en la especificación, los canales de transporte se clasifican en dos categorías:

- los canales de transporte del enlace descendente (desde la red al terminal) y
- los canales de transporte de enlace ascendente (desde el terminal a la red).

Los **canales físicos** son la aplicación real del canal de transporte sobre la interfaz de radio. Sólo son conocidos por la capa física de E-UTRAN y su estructura es fuertemente dependiente de las características de interfaz de OFDM físicas.

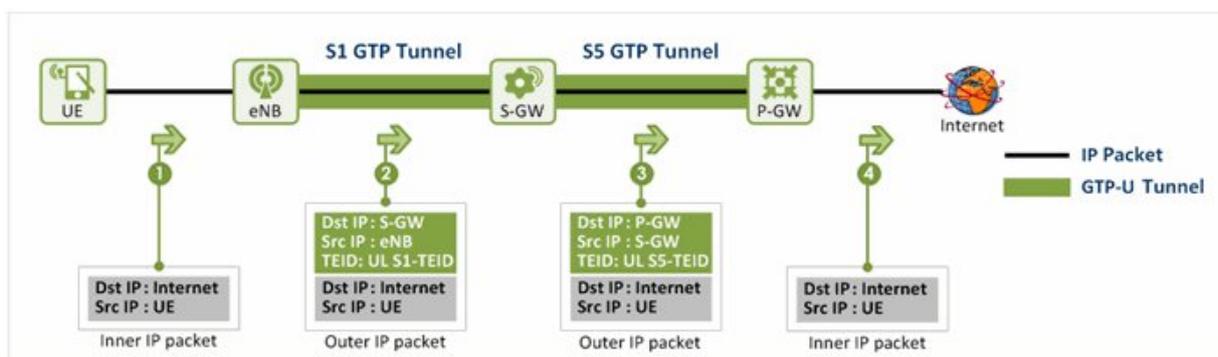
## 5 Tráfico en la Red LTE

La siguiente figura muestra el flujo de tráfico de plano de usuario para acceder a la Internet en la arquitectura de referencia de la red LTE.

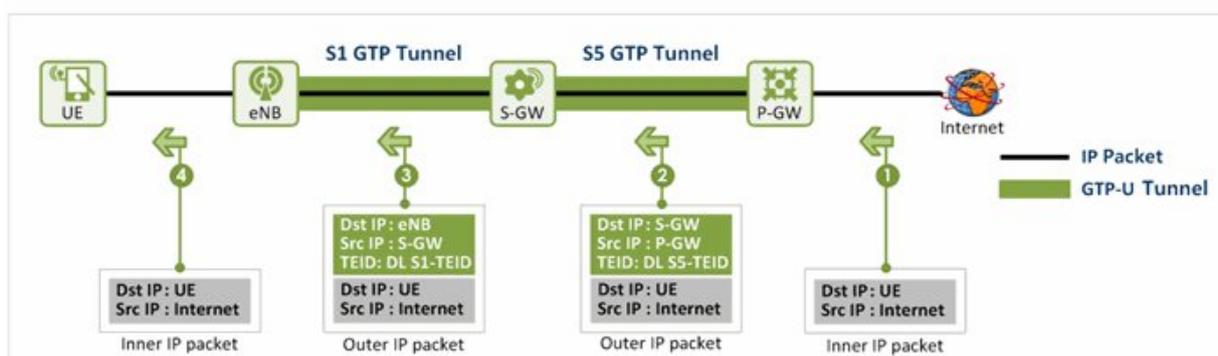
Los paquetes IP se transmiten a través del túnel de GTP a través de interfaces S1-U y S5. Estos túneles de GTP se establecen por portador EPS cuando un usuario está conectado a la red LTE.

Más de un portador de EPS se establece en cada una de las interfaces S1 y S5-U. Así, con el fin de identificar a estos portadores, un *Tunnel Endpoint Identifier (TEID) Identificador de terminación de túnel*, se asigna a los puntos finales (UL y DL) de cada túnel GTP (Cuando la identificación de un túnel de GTP, un TEID, dirección IP y el número de puerto UDP se utilizan en general).

Aquí, sin embargo, por conveniencia de la descripción, solamente un TEID se utiliza para este propósito. El lado final del receptor del túnel GTP asigna localmente el valor TEID que el lado de transmisión tiene que usar. Los valores TEID se intercambian entre extremos del túnel utilizando protocolos del plano de control.



(a) From UE to the Internet



(b) From the Internet to UE

Tráfico en la red LTE

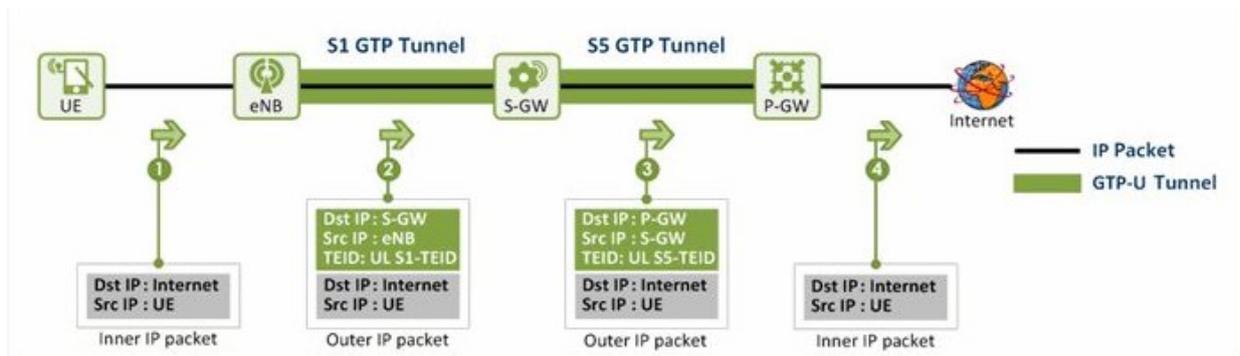
Quando se establece un túnel GTP en la interfaz S1-U, la S-GW asigna un TEID (UL S1-TEID en la figura (a)) para el tráfico de enlace ascendente y el eNB asigna un TEID (DL S1-TEID en la figura (b)) para el tráfico de enlace descendente. Los

valores TEID del túnel S1 GTP se intercambian entre el eNB y el S-GW mediante mensajes S1AP y GTP-C.

Del mismo modo cuando se establece un túnel GTP en la interfaz S5, la P-GW asigna un TEID (UL S5-TEID en la figura (a)) para el tráfico de enlace ascendente y el S-GW asigna un TEID (DL S5-TEID en la figura (b )) para el tráfico de enlace descendente. Los valores TEID del túnel S5 GTP se intercambian entre la S-GW y el P-GW usando el protocolo GTP-C.

Cuando un paquete IP de usuario se suministra a través de un túnel de GTP en las interfaces S1-U y S5, el eNB, S-GW y P-GW reenvían el paquete IP del usuario mediante la encapsulación con el TEID asignado por la entidad GTP para receptor. En la dirección de enlace ascendente, la S-GW construye un uno-a-uno entre un túnel S1 GTP (UL S1-TEID) y un túnel S5 GTP (UL S5-TEID) para terminar el túnel S1 GTP y reenviar el paquete IP de usuario en el túnel GTP S5.

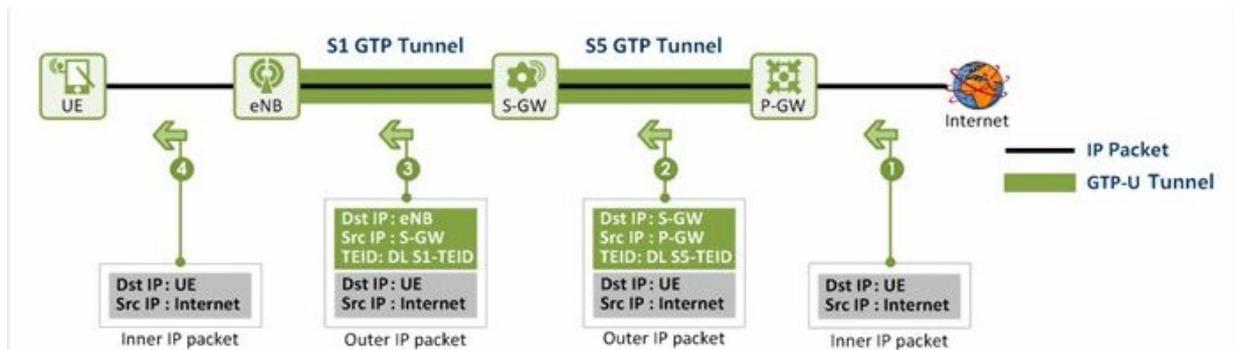
## 5.1 Tráfico en la dirección de enlace ascendente



Tráfico de UE a Internet

1. UE transfiere los paquetes IP de usuario a un eNB sobre un interfaz LTE-Uu
2. El eNB encapsula los paquetes IP de usuario con la cabecera de túnel GTP S1 y reenvía los paquetes IP externos resultantes a la S-GW. Aquí, el eNB selecciona un valor "TEID" (es decir, UL S1-TEID), "Dirección IP de destino" (es decir, S-GW Dirección IP), y "Dirección IP de origen" (es decir, la dirección eNB IP) para hacer la cabecera del túnel S1 GTP.
3. Después de recibir los paquetes IP externos, el S-GW elimina el encabezado de túnel GTP S1, encapsula los paquetes IP del usuario (los paquetes IP internos) con la cabecera del túnel S5 GTP y reenvía los paquetes IP externos resultantes de la P-GW. Aquí el S-GW selecciona un valor "TEID" (es decir, UL S5-TEID), "Dirección IP de destino" (es decir, P-GW Dirección IP), y "Dirección IP de origen" (es decir, la dirección S-GW IP) para hacer la cabecera del túnel S5 GTP.
4. Después de recibir los paquetes IP externos, el P-GW consigue los paquetes IP del usuario deshaciéndose de la cabecera del túnel S5 GTP y los transfiere a Internet a través de enrutamiento IP.

## 5.2 Tráfico en dirección de enlace descendiente



Tráfico de internet a UE

1. Un P-GW recibe paquetes IP destinados a un UE a través de Internet.
2. La P-GW encapsula los paquetes IP de usuario con la cabecera de túnel GTP S5 y reenvía los paquetes IP externos resultantes a la S-GW. Aquí, el P-GW selecciona un valor "TEID" (es decir, DL S5-TEID), "Dirección IP de destino" (es decir, S-GW Dirección IP), y "Dirección IP de origen" (es decir, dirección de P-GW IP) para hacer la cabecera del túnel S5 GTP.
3. Después de recibir los paquetes IP externos, el S-GW elimina el encabezado de túnel S5 GTP, encapsula los paquetes IP del usuario (los paquetes IP internas) con la cabecera del túnel S1 GTP y reenvía los paquetes IP externos resultantes al eNB. Aquí, el S-GW selecciona un valor "TEID" (es decir, DL S1-TEID), "Dirección IP de destino" (es decir eNB dirección IP), y "Dirección IP de origen" (es decir, la dirección S-GW IP) para hacer la cabecera de túnel S1 GTP.
4. Después de recibir los paquetes IP externos, el eNB consigue los paquetes IP del usuario deshaciéndose de la cabecera del túnel S1 GTP y los transfiere a la UE a través de la Radio Portador de Datos Radio, Data Radio Bearer (DRB) a través del enlace de radio.

## **6 Transporte de Voz en LTE**

El estándar LTE sólo es compatible con la tecnología de conmutación de paquetes únicamente sobre red IP. El dominio de conmutación de circuitos que falta ofrece algunos desafíos para entregar voz a través de una red LTE.

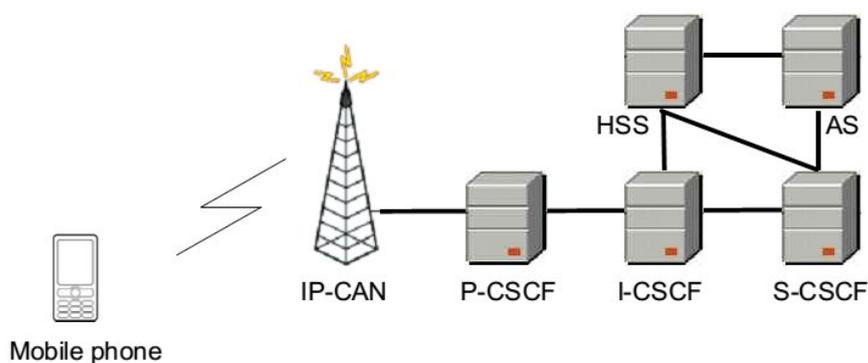
De ahí que las llamadas de voz en GSM, UMTS y CDMA2000 sean de conmutación de circuitos, así que con la adopción de LTE, los portadores tendrán que rediseñar su red de llamadas de voz. Surgen tres enfoques diferentes:

- Voz sobre LTE (VoLTE)
- Salto de conmutación de circuitos (CSFB)
- Voz simultánea y LTE (SVLTE)

## 6.1 Voz sobre LTE

La comunicación de voz está en LTE de forma inicialmente únicamente compatible mediante servicios IMS, con perfiles específicos para los planos de control y de los medios de comunicación.

IMS es una superposición de acceso independiente para arquitecturas de red existentes, garantizando la continuidad del servicio sin problemas, no sólo para la voz, sino también por ejemplo, para la aplicación de vídeo. La primera versión de IMS fue estandarizada en la versión 5 de 3GPP, con muchas mejoras especificadas en versiones posteriores. IMS debe aplicarse tanto en la red, como en el lado del dispositivo, mientras que el despliegue de IMS en las redes comerciales fue más lenta de lo esperado en un principio.



Subsistema IMS en LTE

Para el LTE, el **IP-CAN IP** (*Connectivity Access Network, red de acceso de conectividad*) estaría compuesto por el EPS y el E-UTRAN.

Las funciones de control de sesión de llamada son los componentes básicos de la IMS. Hay tres CSCF:

- **P-CSCF** (*Proxy Call State Control Function, proxy de función de control de estado de llamada*): La P- CSCF es el usuario del proxy de red. En este sentido toda la señalización SIP de y hacia el usuario se ejecuta a través de la P-CSCF ya sea en la red local o en una red externa.
- **I-CSCF** (*Interrogating Call State Control Function, función de control del estado de la llamada de petición*): La I- CSCF se utiliza para la transmisión de una solicitud inicial SIP a la S- CSCF. Cuando el que inicia no sabe que S - CSCF debe recibir la solicitud.
- **S-CSCF** (*Serving Call State Control Function, función de control del estado de la llamada de servidor*): La S- CSCF incluye una variedad de acciones dentro del sistema global, y tiene diversas interfaces para que pueda comunicarse con otras entidades dentro del sistema general

El **HSS** (*Home Subscriber Server, servidor de abonados local*) es la base de datos del suscriptor principal que se utiliza dentro de IMS. El IMS HSS proporciona

detalles de los abonados a las demás entidades de la red IMS, permitiendo a los usuarios tener acceso o no depende de su estado .

El **AS** (*Application Server, servidor de aplicación*) proporciona aplicaciones IP específicas como la mensajería .

Las llamadas IMS para VoLTE son procesadas por el abonado de S- CSCF en la red doméstica. La conexión a la S- CSCF es a través de la P- CSCF. Dependiendo de la red en uso y la ubicación general dentro de una red, el P- CSCF puede variar, y un elemento clave en la habilitación de la capacidad de llamada de voz es el descubrimiento de la P- CSCF .

La continuidad de las llamadas de voz debe ser garantizada por el traspaso a una tecnología heredada como GSM. Esto se logra mediante una función llamada **SRVCC** (*Single Radio Voice Call Continuity, continuidad de llamada de voz de radio individual*) .

## 6.2 CSFB – Respaldo por Conmutación de Circuito

En el caso de que los servicios IMS no se desplieguen desde el principio y / o el LTE proporcione servicios de datos sólo cuando una llamada de voz se va a iniciar o a recibir, caerá de nuevo al dominio de conmutación de circuitos por el mecanismo **CSFB** (*Circuit-Switched FallBac, respaldo por conmutación de circuitos*). El CSFB permite que las llamadas de voz de circuitos conmutados sean manejadas a través de la tecnología de acceso de radio para las terminales en LTE.

Cuando se utiliza esta solución, los operadores sólo tienen que actualizar el MSC en lugar de desplegar el IMS. Sin embargo, la desventaja es la demora más larga de establecimiento de llamada.

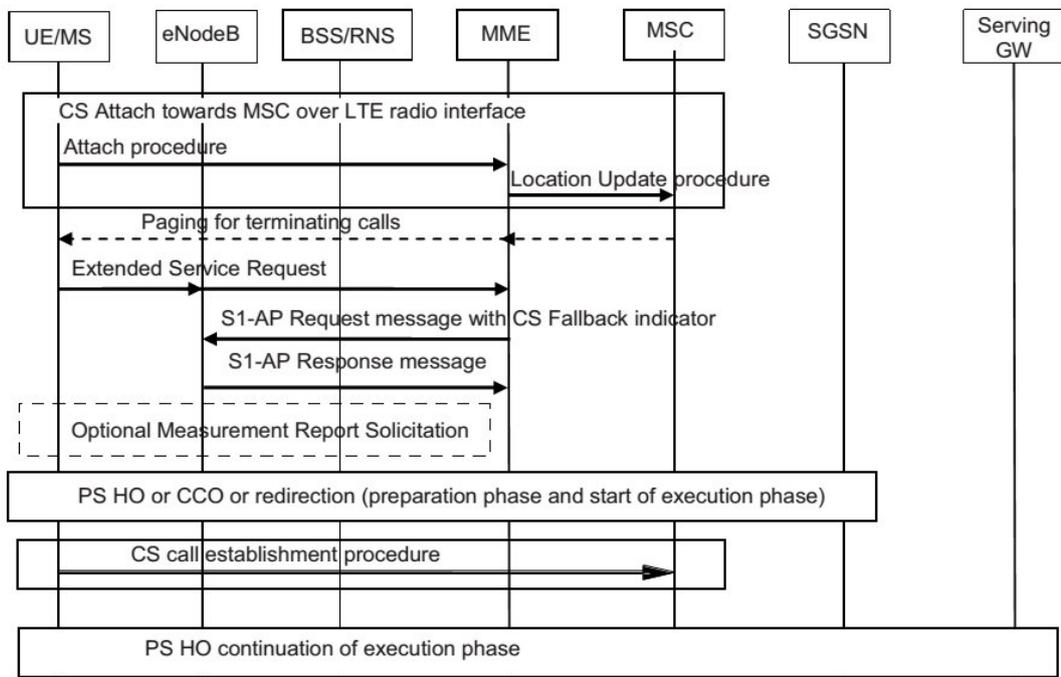


Diagrama de secuencia de mensaje para CSFB de LTE a UMTS

La figura muestra el flujo de mensajes para una llamada de CSFB de LTE para UMTS, incluyendo la paginación del MSC a través de la interfaz de SGS y MME en el caso de llamadas terminadas -UE, así como el envío de un mensaje de solicitud de servicio extendido de la UE a la MME de desencadenar o bien un traspaso o redireccionar a la tecnología de acceso de radio de destino.

## 6.3 Voz y LTE Simultáneos (SVLTE)

En este enfoque, el teléfono funciona simultáneamente en el LTE y en los modos de conmutación de circuitos, con el modo de LTE proporcionar servicios de datos y el circuito de modo de conmutación que proporciona el servicio de voz.

Esta es una solución basada exclusivamente en el terminal, que no tiene requisitos especiales en la red y no requiere el despliegue de IMS tampoco. La desventaja de esta solución es que el teléfono puede llegar a ser caro con alto consumo de energía.

Un enfoque adicional que no se inició por los operadores es el uso de los servicios de contenido over-the-top (OTT), haciendo uso de aplicaciones como Skype y Google Talk para proporcionar servicio de voz LTE.

## 7 Calidad de los servicios en LTE

En un caso típico, varias aplicaciones se pueden estar ejecutando en un equipo de usuario al mismo tiempo, cada una de ellas con diferentes requisitos de calidad de servicio. Por ejemplo, un equipo de usuario puede estar ocupado en una llamada VoIP, mientras que al mismo tiempo consulta una página web o descarga un archivo de FTP. VoIP tiene requisitos más estrictos para la calidad de servicio en términos de retardo y retraso jitter de navegación web y FTP, mientras que el segundo requiere una tasa de pérdida de paquetes mucho más bajo. Con el fin de soportar múltiples requisitos de QoS, los diferentes portadores se configuran dentro de EPS, estando cada uno asociado con una QoS.

En términos generales, los portadores se pueden clasificar en dos categorías en función de la naturaleza de la calidad de servicio que ofrecen:

- Los *GBR* (*Guaranteed Bit Rate, tasa de bits garantizada*) son portadores que pueden utilizarse para aplicaciones como VoIP. Estos tienen un valor asociado GBR para que los recursos de transmisión dedicados sean asignados de manera permanente (por ejemplo, mediante una función de control de admisión en el eNodoB) al portador de creación / modificación. Las velocidades de bits más altas que la GBR se puede permitir para un portador GBR si hay recursos disponibles. En tales casos, un parámetro de *Maximum Bit Rate (MBR, velocidad de bits máxima)*, que también puede estar asociada con un portador GBR, establece un límite superior en la velocidad de bits que se puede esperar de un portador de GBR.
- Portadores no GBR que no garantizan ninguna tasa de bits particular. Estos pueden ser usados para aplicaciones tales como la navegación web o transferencia FTP. Para estos portadores, no se asignan permanentemente recursos de ancho de banda al portador.

En la red de acceso, es la responsabilidad del eNodoB garantizar que se cumple la QoS necesaria para un portador sobre la interfaz de radio. Cada portador tiene un *Class Identifier (QCI identificador de clase asociado)*, y una *Allocation and Retention Priority (ARP, prioridad de asignación y retención)*.

Cada QCI se caracteriza por prioridad, asignación de retardo de paquetes y tasa de pérdida de paquetes aceptable. La etiqueta QCI para un portador determina la forma en que se maneja en el eNodoB. Sólo una docena de tales QCIs han sido estandarizadas para que los vendedores pueden tener la misma comprensión de las características del servicio subyacentes y así proporcionar el tratamiento correspondiente, incluida la gestión de colas, acondicionamiento y estrategia policial. Esto asegura que un operador LTE puede esperar un comportamiento de manejo de tráfico uniforme en toda la red, independientemente de los fabricantes de los equipos eNodoB. El conjunto de QCIs estandarizadas y sus características (de la que el PCRF en una EPS puede seleccionar) se proporciona en la Tabla a continuación.

Identificadores de Clase Qos (QCIs) estandarizados para LTE

QCI	Tipo de Recurso	Prioridad	Asignación de Retardo de Paquetes (ms)	Tasa de Pérdida de Paquetes Erróneos	Ejemplo de Servicios
1	GBR	2	100	10 <sup>-2</sup>	Voz en conversación
2	GBR	4	150	10 <sup>-3</sup>	Video en conversación (transmisión en vivo)
3	GBR	5	300	10 <sup>-6</sup>	Video no conversacional (transmisión almacenada)
4	GBR	3	50	10 <sup>-3</sup>	Juego en tiempo real
5	No-GBR	1	100	10 <sup>-6</sup>	Señalización IMS
6	No-GBR	7	100	10 <sup>-3</sup>	Juego interactivo con voz y video (retransmisión en vivo)
7	No-GBR	6	300	10 <sup>-6</sup>	Video (transmisión almacenada)
8	No-GBR	8	300	10 <sup>-6</sup>	Charla basada en TCP (e.g. WWW, e-mail), FTP, compartir ficheros p2p, video progresivo, etc.
9	No-GBR	9	300	10 <sup>-6</sup>	

La asignación del retardo prioridad y de paquetes (y, en cierta medida, la tasa de pérdida de paquetes aceptable) de la etiqueta QCI determinan la configuración del modo de RLC, y cómo el planificador en el MAC se ocupa de los paquetes enviados sobre el portador( por ejemplo, en términos de política de planificación, la política de gestión de colas y la política de tasa de conformación ). Por ejemplo, un paquete con una prioridad más alta se espera que sea programado antes de que un paquete con prioridad más baja.

## 8 LTE Avanzado

Con la finalización de la versión 8 de LTE, 3GPP comenzó a buscar formas para evolucionar más LTE en el futuro, con el fin de aprovechar la tecnología LTE existente y asegurar que LTE sigue siendo el estándar global líder para la banda ancha móvil.

El rendimiento mejorado en principio, puede lograrse de dos maneras - mediante el uso de más espectro de radio, y mediante el uso del espectro disponible de manera más eficiente .

Los principales componentes del LTE avanzado que se agregan al LTE en la versión 10 son:

- Agregación de portador ;
- Transmisión de enlace descendente mejorado a través de la antena múltiple;
- Transmisión de enlace ascendente a través de la antena múltiple;
- La retransmisión ;
- Soporte para el despliegue de redes heterogéneas.

Las velocidades de datos del orden de 1 Gbps podrían teóricamente ser alcanzadas utilizando anchos de banda contiguos de 40 MHz o más. Sin embargo, la competencia por el espectro y la fragmentación del espectro disponible hace que sea poco realista esperar tan grandes anchos de banda contiguos en la mayoría de los casos. Por lo tanto, el LTE avanzado hace uso de agregación de portadoras para conseguir estos grandes anchos de banda. Esto también tiene la ventaja de limitar el costo del equipo y permitir reutilizar la mayor parte de la tecnología desarrollada para la versión 8 de LTE. Cada ' portador de componentes ' dentro de una agregación está diseñado para ser fundamentalmente similar a un portador de la versión 8 de LTE de modo que se pueden configurar de una manera compatible con versiones anteriores y utilizados por los UE heredados si se desea. Hasta cinco portadores de componentes con un ancho de banda de hasta 20 MHz cada uno puede agregarse en LTE avanzado para hacer un uso eficiente del espectro disponible y lograr el ancho de banda total deseado y velocidad de datos máxima.

LTE avanzado también puede hacer uso de agregación de portadoras para apoyar despliegues de redes heterogéneas que constan de una capa de macroceldas y una capa de células pequeñas coexistiendo con al menos un portador común entre ellos. En una implementación de este tipo, las transmisiones desde una célula pueden interferir fuertemente con los canales de control de otra, impidiendo así la programación y la señalización. LTE avanzado es compatible con la programación de portadores cruzada para permitir el control de señalización a transmitir en un portador de componente correspondiente a las transmisiones de datos en otro; de esta manera, se puede evitar el control de la interferencia de canal entre macroceldas y células pequeñas.

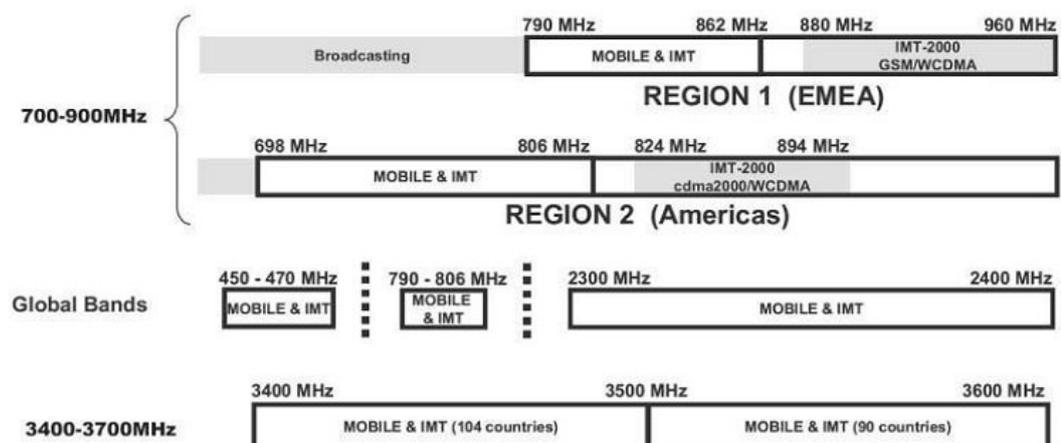
La existencia de bandas de frecuencias comunes identificadas a nivel internacional es un factor clave para las economías de escala significativas en el desarrollo y la

producción de terminales. Un resultado clave de la CMR- 2007( Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, celebrada en Ginebra en 2007 ), fue que se asignó un total de 136 MHz de espectro nuevo mundial para el uso de las tecnologías de radio designadas de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales :

- 450-470 MHz;
- 790-806 MHz;
- 2300-2400 MHz .

Otras bandas específicas de la región también fueron asignadas:

- 790-862 MHz para la Región 1 de la UIT (EMEA) y la UIT Región 3( el resto de Asia y el Pacífico );
- 698 hasta 806 MHz para la Región 2 UIT (Norte y Sur América) y la UIT Región 3 (nueve países, entre ellos Japón, China y la India) ;
- 3400-3600 MHz atribuida al uso móvil a título primario para la UIT Región 1( EMEA en 82 países ), la UIT de la Región 2( América en 14 países, con excepción de los Estados Unidos / Canadá) y la Región 3.



Asignación de nuevo espectro mundial resultante de WRC-2007.

Todas las nuevas bandas identificadas por la CMR 2007 son válidas genéricamente para las tecnologías Móviles Internacionales de Telecomunicaciones.