DISEÑO DE UNA RED VoLTE EN UN ESCENARIO DE ROAMING

Autor: Luis Miguel Díaz Fernández

Máster en Tecnologías de Telecomunicación - Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación

Consultor: José López Vicario

10 de Enero, 2016

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	DISEÑO DE RED VoLTE EN UN ESCENARIO DE ROAMING
Nombre del autor:	Luis Miguel Díaz Fernández
Nombre del consultor:	José López Vicario
Fecha de entrega (mm/aaaa):	01/2016
Área del Trabajo Final:	Telemática
Titulación:	*Máster en Tecnologías de Telecomunicación - Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación*

Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras):

Los operadores trabajan continuamente para buscar nuevos servicios que permitan aumentar sus beneficios, por lo que las redes se encuentra en un proceso continuo de cambio y evolución. Las redes NGN se presentan como la evolución lógica buscando la independencia de entre redes y servicios, donde el servicio VoLTE será un elemento importante para la competitividad en el mercado.

A su vez, los usuarios demandan servicios de altas prestaciones con independencia de su localización, por lo que es imprescindible ofrecer estos servicios cuando los usuarios se encuentran en países extranjeros.

En el presente proyecto se analizan las diferentes soluciones técnicas que los operadores pueden desplegar, tanto en la capa de transporte como en la de servicio, para ofrecer a sus clientes el servicio VoLTE cuando se encuentran bajo el dominio de otro operador.

Se realiza un estudio de la situación actual de la tecnología, además de una guía de referencia con los elementos y configuraciones necesarias para ofrecer este servicio.

En este análisis se utilizan como referencia las definiciones y recomendaciones de los principales organismos de estandarización implicados en desarrollos de servicios NGN en redes móviles desplegados en un escenario de roaming, como la ITU, la 3GPP o la GSMA. Se resumen las ideas principales profundizando en los conceptos de núcleo de red.

El resultado ha sido la elaboración de un manual con un conjunto de directrices necesarias para el despliegue END-TO-END del servicio VoLTE, mostrando las diferentes arquitecturas resultantes así como las diagramas de los principales procesos.

Abstract (in English, 250 words or less):

The operators work continuously to find new services that increase their profits, so the networks are in a continuous process of change and evolution. NGN networks are presented as the logical evolution of seeking independence between networks and services, where the VoLTE service will be an important element in the market competitiveness.

In addition, users demand high-quality services regardless of their location, so it is essential to offer these services when users are in foreign countries.

In this project are anlyzed the different technical solutions that operators can deploy, both the transport layer and the service, to offer VoLTE service to their subscriber when they are under the control of another operator.

A study of the current state of technology is performed, along with a reference guide to the elements and necessary to offer this service settings.

In this analysis are used the definitions and recommendations of the major standards organizations involved in development of NGN services in mobile networks deployed in a scenario of roaming as reference, like ITU, 3GPP or the GSMA. The main ideas in the network core concepts are summarized.

The result has been the development of a manual with a set of guidelines needed to deploy end-to-end VoLTE service, showing the different architectures and the resulting diagrams of the main processes.

Palabras clave (entre 4 y 8):

NGN, VoLTE, IMS, Roaming, LTE

Índice General

1 INTRODUCCIÓN 9

1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 9
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO 10
1.3 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL 11
1.3.1 Volumen de conexiones Roaming 11
1.3.2 Cobertura en función de la tecnología 11
1.3.3 Penetración mundial del LTE 12
1.3.4 Estado de VoLTE 13
1.3.5 Siguientes pasos 15
1.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 16
1.4.1 SIP VoIP – pre-VoLTE 17
1.4.2 OTT VoIP 17
1.4.3 VoLTE 17
1.4.4 Comparativa 18
1.5 PLANIFICACIÓN 19
1.5.1 Identificación de las tareas 19
1.5.2 Diagramas 20
1.5.3 Evolución del proyecto 20
1.6 BREVE SUMARIO DE PRODUCTOS OBTENIDOS 21
1.7 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS OTROS CAPÍTULOS DE LA MEMORIA 21

2 CONCEPTOS TEÓRICOS 22

2.1 ELEMENTOS DE LAS ARQUITECTURAS 22
2.2 ESTRATIFICACIÓN DE LAS REDES 22
2.3 NEXT GENERATION NETWORK 22
2.3.1 Arquitectura funcional NGN 24
2.3.2 VoLTE como servicio NGN 24
2.4 ORGANISMOS DE ESTANDARIZACIÓN 25

3 ARQUITECTURAS 27

3.1 TRANSPORTE 27
3.1.1 Redes Legacy. 2G/3G 27
3.1.2 Evolved Packet System- EPS 27
3.2 SERVICIO 36
3.2.1 IMS 36
3.2.2 Direccionamiento y nombrado 41
3.2.3 Reserva de recursos 42
3.3 APLICACIÓN 44
3.3.1 Entidades 45
3.3.2 Interfaces 45
3.3.3 La orquestación de servicios 46
3.3.4 Service Enabler. MMTEL 46
3.4 ARQUITECTURA FINAL. INTERCONEXIÓN VOLTE 46

4 PROTOCOLOS 48

4.1 DIAMETER 48

4.1.1 Estructura de los mensajes ... *48*
4.2 SIP ... 49
4.3 GTP ... 50
4.4 H248/MEGACO ... 51

5 INTERCONEXIÓN VOLTE EN ROAMING ... 52

5.1 INTERCONEXIÓN EPS EN ROAMING ... 52
5.1.1 Home Routing – HRS8 ... *52*
5.1.2 Local Breakout -LBO ... *53*
5.2 SERVICIOS IMS EN ROAMING ... 54
5.2.1 IMS Roaming ... *54*
5.2.2 IMS Interworking ... *55*
5.3 DISEÑO FINAL ... 56
5.3.1 Soluciones Routing VoLTE ... *57*
5.3.2 Impacto de las soluciones ... *61*
5.4 REQUISITOS TÉCNICOS ... 62
5.4.1 IPX ... *63*
5.4.2 Optimal Media routing ... *65*
5.4.3 Diameter Agent ... *66*
5.4.4 DNS ... *66*
5.4.5 Traducción de numeraciones E-164. ENUM ... *68*
5.4.6 Complementación con redes Circuit Switched ... *70*

6 SEÑALIZACIÓN END-TO-END ... 72

6.1 REGISTRO VOLTE ... 72
6.1.1 Registro EPS ... *73*
6.1.2 Registro IMS ... *75*
6.2 BEARES QOS EN EPS ... 76

7 CONCLUSIONES ... 78

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ... 80

8.1 ARTÍCULOS ... 80
8.2 LIBROS ... 80
8.3 ESTÁNDARES ... 81
8.4 REFERENCIAS EN INTERNET ... 83

9 APÉNDICES ... 85

9.1 GLOSARIO ... 85
9.2 ABREVIACIONES ... 87
9.3 ÍNDICE ALFABÉTICO ... 91

Índice de Figuras

Figura 1 Ratio de viajeros internacionales por % de población [Roa14] 11
Figura 2 Cobertura3G en España[Ope15] 12
Figura 3 Cobertura 4G en España [Ope15] 12
Figura 4 Usuarios LTE [iDA14] 12
Figura 5 Motivaciones para el desarrollo de servicios IMS [Ver15] 13
Figura 6 Expectativas de desarrollo servicios IMS [Ver15] 14
Figura 7 Servicios IMS más importantes [Ver15] 14
Figura 8 PS Vs CS [Ver15]. 15
Figura 9 Principios de diseño definidos en NGNM [ElHattachi15,Erfanian15] 16
Figura 10 Volumen de conexiones 5G 2021 [Eri15] 16
Figura 11 Diagrama de Gantt 20
***Figura 12 Cambio conceptual NGN [HueM314]* 23**
Figura 13 Requisitos funcionales y arquitectura NGN[Y.2012 (04/2010)] 24
Figura 14 Pila de protocolos servicio VoLTE [IR92] 25
Figura 15 Arquitectura redes Legacy 27
Figura 16 Arquitectura EPS[TS 23.401] 28
Figura 17 Arquitectura E-UTRAN [TS 36.300] 28
Figura 18 Bandas de Frecuencia LTE [SesiaToufikMatthew11] 30
Figura 19 Arquitectura EPC [NetLTE13] 31
Figura 20 Valores QCI [TS29.212] 33
Figura 21 Arquitectura de beares en EPS [TS 36.300] 34
Figura 22 Estados NAS [Net13] 34
Figura 23 Pila de protocolos E-UTRAN Control simplificada [NetLTE13] 35
Figura 24 Transiciones EMM/ECM/RRC [Net13] 35
Figura 25 EMM- Registered + ECM Connected + RRC Connected [Net13] 36
Figura 26 EMM- Registered + ECM Idle + RRC idle [Net13] 36
Figura 27 Núcleo IMS propuesto por la 3GPP [HueM314] 37
Figura 28 Relación IMPI e IMPU [TS 23.228] 42
Figura 29 Reserva de recursos desde capa de servicio 42
Figura 30 Reserva de recursos PUSH 43
Figura 31 Reserva de recursos PULL 44
Figura 32 Capa de aplicación [HueM414] 45
Figura 33 Arquitectura VoLTE [Volte14] 46
Figura 34 Estructura mensaje Diameter [RFC 3588] 48
Figura 35 Aplication ID usados en la 3GPP- Resumen [TS 29.230] 49
Figura 36 Estructura AVP Diameter [RFC 3588] 49
Figura 37 Arquitectura Roaming EPS Home Routing [TS 23.401] 52
Figura 38 Arquitectura Roaming EPS Local Breakout IMS de la HOME [TS 23.401] 53
Figura 39 Arquitectura Roaming EPS Local Breakout IMS de la VISITED [TS 23.401] 53
Figura 40 Interconexión Ici/Izi [TS 29.165] 55
Figura 41 IMS interworking usando IPX [IR34] 56
Figura 42 Diseño final VoLTE 57
Figura 43 Diagrama conceptual Ravel [TR 29.949] 58
Figura 44 Proceso de llamada RAVEL [RILTE15] 59
Figura 45 Diagrama Conceptual Roaming con Home Routing del tráfico multimedia [TR 29.949] 60
Figura 46 Proceso de llamada HOME Routing [RILTE15] 61

Figura 47 Interconexión Arquitectura IPX [IR34] 63
Figura 48 Arquitectura Diameter para Roaming [IR88] 66
Figura 49 Arquitectura DNS [IR67] 67
Figura 50 Procedimiento de resolución DNS [IR67] 67
Figura 51 Procedimiento de resolución de E-164 a IP [IR 67] 69
Figura 52 Funcionalidad ENUM [Volte14] 70
Figura 53 Arquitectura SR-VCC [IR64] 71
Figura 54 CS Fallback [IR.88] 71
Figura 55 Perfil EPC [PoikselkäHolmaHongistoKallioToskala12] 72
Figura 56 Perfil IMS [PoikselkäHolmaHongistoKallioToskala12] 72
Figura 57 Registro EPS [Volte14] 73
Figura 58 Registro IMS [Volte14] 75
Figura 59 Bearers EPS Defaul y Dedicated para una llamda VoLTE en curso 77

Índice de Tablas

Tabla 1 Modelos de precios 10
Tabla 2 Comparativa soluciones 18
Tabla 3 Planificación 20
Tabla 4 Entidades E-UTRAN 29
Tabla 5 Interfaces E-UTRAN 29
Tabla 6 Entidades EPC 31
Tabla 7 Interfaces EPC 32
Tabla 8 Estados EMM/ECM/RRC 35
Tabla 9 Entidades Núcleo IMS 37
Tabla 10 Entidades de almacenamiento IMS 38
Tabla 11 Interfaces núcleo IMS 39
Tabla 12 Interfaces almacenamiento IMS 40
Tabla 13 Entidades aplicación 45
Tabla 14 Interfaces apliación 45
Tabla 15 Interconexión EPS-IMS 47
Tabla 16 Posibles escenarios roaming IMS 54
Tabla 17 Impacto de soluciones Roaming VoLTE 61
Tabla 18 Interfaces interconexión VoLTE 62
Tabla 19 : Mapeo de QCI EPS a CoS/ DSCP [IR34] 64
Tabla 20 EPS Bearer usuario registrado 76
Tabla 21 Beares EPS llamada VoLTE en curso 77
Tabla 22 Escenarios roaming con solución LTE 78

1 Introducción

Las redes de comunicaciones se han convertido en un elemento clave para el desarrollo de un país siendo uno de los principales actores del cambio social y económico. De ahí el creciente interés de los gobiernos y organizaciones internacionales por el desarrollo de redes comunicaciones de alta capacidad y accesibles para toda la población.

Estas redes ofrecen la posibilidad de crear nuevos servicios, tanto para usuarios residenciales como para grandes empresas, lo que en un contexto global obliga a las operadoras de telecomunicaciones a ofrecer sus servicios más allá de sus fronteras.

Estos nuevos servicios ofrecen las mismas capacidades de conectividad independientemente del dispositivo utilizado, en cualquier lugar, en todo momento e incluso no solo para las personas.

Desde la ITU se crea el concepto de las 4A, *Anytime, Any place, for Anything and Anyone*, presentándose así un escenario de ubicuidad de acceso a las redes de telecomunicación que impulsa el desarrollo de redes horizontales independientes de la red de acceso. Aquí es donde surge el concepto de NGN (Next Generation Networks o Redes de Nueva Generación), también propuesto por la ITU.

1.1 Justificación del Proyecto

En el mercado de las telecomunicaciones se presentan cada vez más modelos de negocio en los que aparecen nuevos actores. La evolución de la sociedad y el uso que hace de las telecomunicaciones ha cambiado la forma de hacer negocio en el sector TELCO.

Aparecen las OTT (Over The Top), que ofrecen servicios cada vez más exigentes con una gran penetración de mercado, suscitando la polémica con los operadores, quienes se convierten en meros proveedores de conectividad.

Es aquí donde las NGN favorecen la creación de servicios Carrier Grade, es decir, aquellos donde las características de QoS son integradas a nivel de red, como por ejemplo VoLTE, ofreciendo así un servicio diferenciador respecto a las OTT, las cuales únicamente pueden garantizar unos determinados parámetros de calidad a nivel de aplicación. Un ejemplo de estos serían los servicios VoIP.

De esta forma el tráfico generado por una llamada de un usuario VoLTE puede ser priorizada sobre una llamada de un usuario VoIP, repercutiendo así en la calidad de servicio percibida por el usuario final.

Para las operadoras, las redes NGN permitirán ofrecer un portfolio de servicios con tarificaciones diferentes en función de las características de estos.

Actualmente los sistemas de tarificación se basan, o bien en volumen de datos o en tiempo, es decir, sistemas de tarificación estáticos. En este nuevo contexto se pueden crear perfiles de

usuarios y servicios en función de características de la comunicación como el throughput, la latencia o el jitter, ofreciendo así modelos de tarificación dinámicos.

Tabla 1 Modelos de precios

Modelos estáticos	Modelos dinámicos
Tarifa plana Modelos de precios por prioridad Modelos de precios basados en reserva Modelos de precios por franja horaria Modelos de precios basados en uso de recursos	Modelos de precios basados en coste Modelos de precios sensibles a la congestión de la red Modelos de precios por prioridad o servicios diferenciados por QoS Modelos de precios por subasta

En las redes tradicionales cada servicio era diseñado con su propia red de acceso, transporte y servicio, por lo que la reutilización de estas para nuevos servicios era inexistente o requería de una costosa integración.

En el caso de las redes NGN se persigue la creación de una red transversal en la que la misma red sea utilizada por varios servicios. Por lo tanto se produce un cambio de filosofía, de varias redes para cada servicio a una única red para varios servicios.

Esto repercute en menores tiempos de desarrollo de servicios además de menos coste de operación y manteamiento.

1.2 Objetivos del Proyecto

En el presente proyecto se analizarán las diferentes posibilidades para la creación de una red de comunicaciones que cumpla las características de red NGN y con cobertura global.

Concretamente, puesto que el objetivo anterior es muy ambicioso y un tanto ambiguo, se definirá una red de comunicaciones móvil basada en la tecnología LTE, comercialmente conocida como 4G, que permita al usuario utilizar los servicios IMS en cualquier parte del mundo.

Se definirán los elementos y arquitecturas necesarias para implementar los diferentes servicios, así como la interconexión para que un usuario pueda acceder a los servicios contratados con su operador en zonas donde este no tenga presencia, es decir, utilizando la infraestructura de otro operador, profundizando en aquellos conceptos de núcleo de red.

Lo descrito anteriormente es lo que se conoce como la **creación de un acuerdo de Roaming para servicios VoLTE.**

1.3 Estudio de la Situación Actual

Existen diferentes organizaciones encargadas del desarrollo de estándares que posteriormente son aplicados en la creación de las redes y servicios, las cuales disponen grupos de Business Intelligence encargados de la recolección y análisis de datos para analizar la penetración y madurez de las tecnologías.

En los siguientes párrafos se analizan algunos de los datos más relevantes ofrecidos por estos grupos para contextualizar los servicios de LTE en roaming.

1.3.1 Volumen de conexiones Roaming

De acuerdo a los últimos informes de la GSMA (septiembre 2015) el número de conexiones mundiales es de unos 7.000 millones de usuarios, además de una clara tendencia creciente gracias a los servicios M2M.

Este aumento de usuarios conlleva un aumento de la facturación asociada a las conexiones móviles, lo que ofrece una idea de la importancia que adquiere el roaming cuando los usuarios se desplazan entre diferentes países.

El uso de los servicios roaming no es igual en todos los países, siendo los países europeos los que encabezan la lista de uso de servicios de telefonía móvil en países vecinos [GSMA14Roaming].

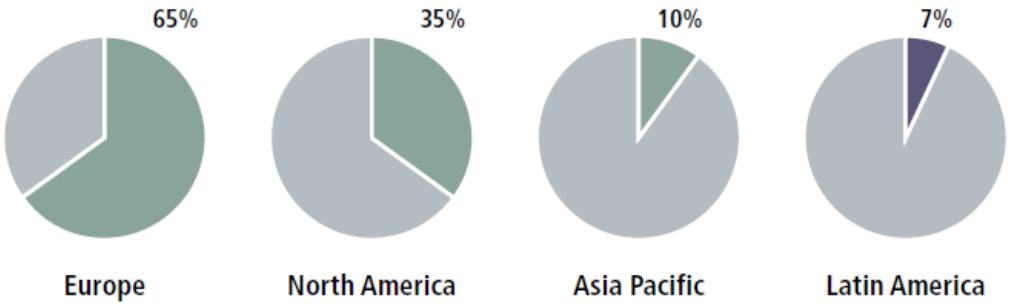

Figura 1 Ratio de viajeros internacionales por% de población [Roa14]

1.3.2 Cobertura en función de la tecnología

En la mayoría de países la tecnología con mayor área de cobertura es 2G. A pesar de la madurez del 3G, las frecuencias más bajas de la primera de las tecnologías digitales favorecen un mayor radio de cobertura.

En los últimos años, las operadoras han realizado grandes esfuerzos en el despliegue de una red 4G, pero esta está aún lejos de alcanzar el área de servicio de sus antecesoras.

A modo de ejemplo se puede ver la diferencia entre el área cubierta por la red 3G frente a la red 4G en España.

Figura 2 Cobertura3G en España[Ope15]

Figura 3 Cobertura 4G en España [Ope15]

1.3.3 Penetración mundial del LTE

Un informe generado por la compañía *OpenSignal* [OpenSignal15], la cual utiliza las muestras anónimas tomadas desde los smartphones de los usuarios, indica que el país con la red LTE más rápida es Nueva Zelanda, mientras que el país con mejor cobertura es Corea del Sur.

En España se dispone de una cobertura promedio del 53% de la población.

De acuerdo a las cifras recogidas por un informe de iDATE [iDATE14]:

- El número de usuarios LTE representa el 7% de las SIM cards, más de 500 millones.
- Se estima que a finales del 2018 hay más de 2.000 milllones de usuarios LTE, el 29%.

En la Figura 4 se muestra el volumen de usuarios LTE a finales de 2013.

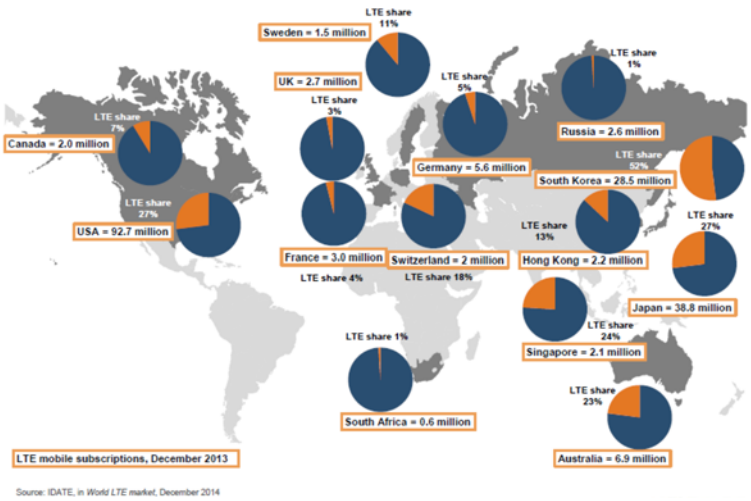

Figura 4 Usuarios LTE [iDA14]

A pesar de esta menor penetración respecto a las anteriores tecnologías, las expectativas de desarrollo son altas, tanto es así que muchas operadoras han puesto fecha de cierre a las tecnologías anteriores.

Con la finalidad de dar cifras a este desarrollo de las redes LTE y del interés de las operadoras, su muestran los siguientes datos recogidos de un análisis de mercado realizado por Ovum [Verma15]:

- LTE ha sido la tecnología inalámbrica con el desarrollo más rápido.
- En 2014 había 313 redes LTE abiertas y a lo largo de ese año se abrieron otras 143.
- Noruega plantea cerrar la red 3G en 2020 y la red 2G en 2025 [UGTComunicaciones15]. Telstra Australia y AT&T pretenden apagar su red 2G en 2016.

1.3.4 Estado de VoLTE

El desarrollo de servicios VoLTE (Voice Over LTE) presenta grandes retos a los operadoras, de ahí que su desarrollo e implementación comercial presente cierto retraso.

De todas formas, el desarrollo de este servicio ha sido identificado como prioritario por gran parte de los operadores, sobre todo para ser competitivos frente a los servicios ofrecidos por la OTT. En la Figura 5 se muestran las motivaciones de las operadoras para el desarrollo del servicio VoLTE.

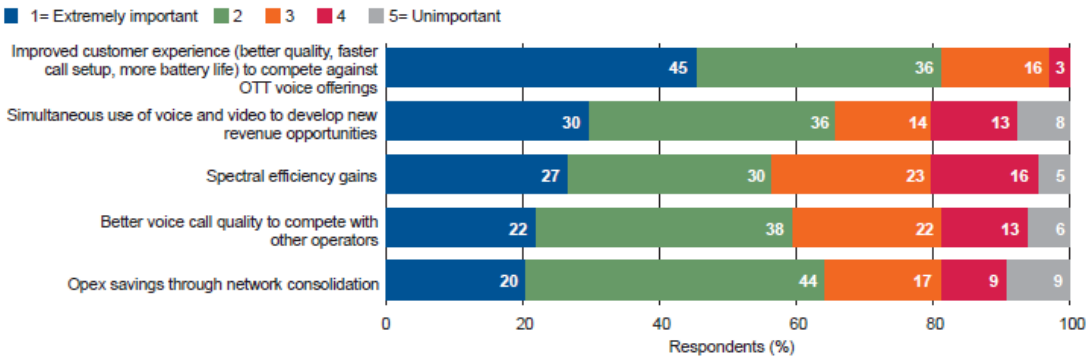

Figura 5 Motivaciones para el desarrollo de servicios IMS [Ver15]

A pesar de esto, no todas las operadas ofrecen este tipo de servicios ni lo consideran una prioridad, y optan por seguir utilizando las redes legadas de forma complementaria a LTE (ejemplo de CS Fallback).

De acuerdo al estudio de mercado realizado por la consultora Ovum [Verma15], en la Figura 6 se muestra el porcentaje de operadoras que actualmente ofrecen este tipo de servicios y las expectativas de desarrollo.

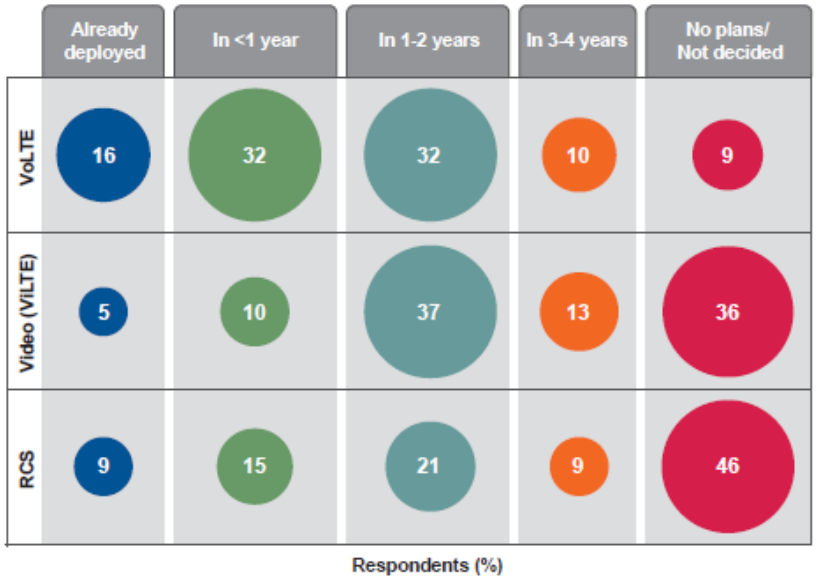

Figura 6 Expectativas de desarrollo servicios IMS [Ver15]

Las operadoras buscan aumentar sus beneficios ofreciendo servicios enriquecidos sobre lo que se conoce como Rich Communication Suite (RCS), entre los que se encuentran VoLTE, ViLTE, sistemas de mensajería enriquecida, etc.

En la Figura 7 aparecen los servicios con mayor inversión por parte de las operadoras en los próximos años.

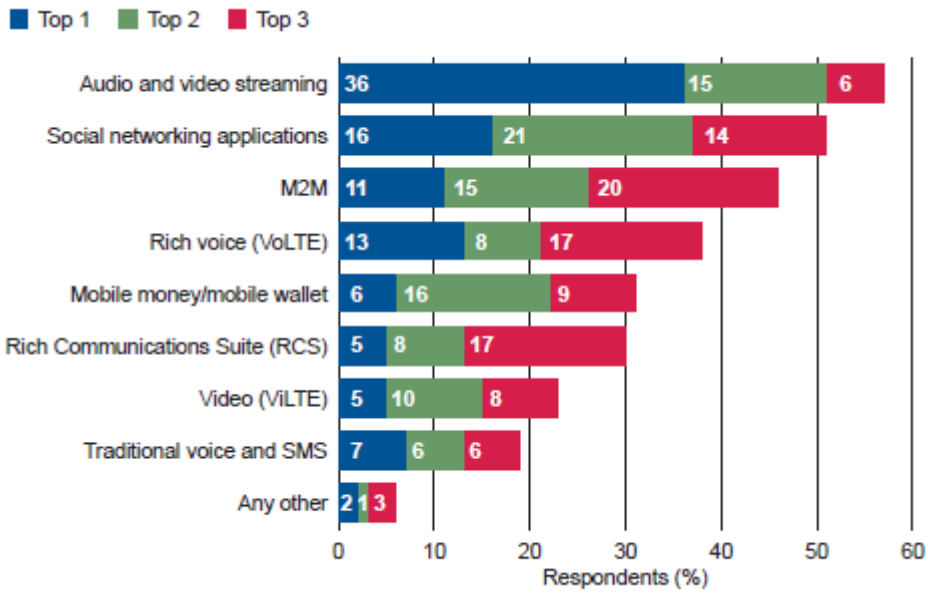

Figura 7 Servicios IMS más importantes [Ver15]

Los esfuerzos de las operadoras conducen hacia un contexto NGN puro sobre una red IP única. En el gráfico que aparece en la Figura 8 se aprecia una clara tendencia hacia el aumento del uso de las redes paquetes sobre las redes de circuitos.

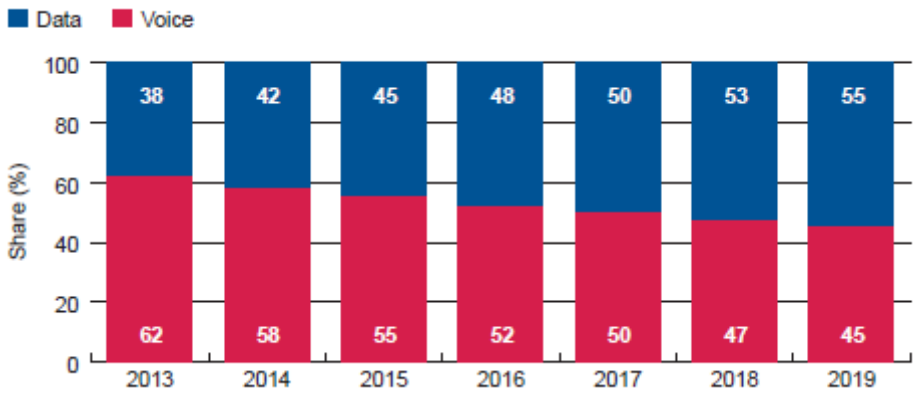

Figura 8 PS Vs CS [Ver15].

La GSMA ofrece estadísticas mensuales [GSMA15_IP] acerca del despliegue de comunicaciones IP, donde muestra el número de operadora con LTE, VoLTE, VoWiFi y Voice HD.

En cuanto al servicio VoLTE en roaming actualmente solo existe un único acuerdo abierto comercialmente entre NTT Docomo de Japón y KT de Corea. NTT Docomo y Verizon han realizado un trial del servicio para lanzarlo próximamente.

No solo hay un único acuerdo de interconexión roaming entre operadoras, sino que además la interconexión entre operadoras nacionales tampoco está muy implantada, lo que demuestra la baja madurez del servicio.

Las tres operadoras de Corea del Sur ofrecen interconexión VoLTE entre ellas, y ATT y Verizon planean ofrecerlo a sus clientes a finales del 2015.

La penetración de la tecnología VoLTE en España es aún menor, siendo Vodafone el único operador que ofrece el servicio a sus clientes.

1.3.5 Siguientes pasos

El **siguiente avance tecnológico es el 4G+,** el cual ofrece mayores velocidades de transmisión al utilizar varias portadoras radio manteniéndose sin cambios a nivel de núcleo de red. El aumento del número de terminales compatibles con esta tecnología hace que aumente la inversión por parte de las operadoras.

Aparece en el horizonte **la siguiente generación, el 5G, creándose grupos de trabajos formados por organismos de estandarización, operadoras y fabricantes**, como por ejemplo la 5G-PPP o el NGNM. Es tal el interés que ha suscitado esta tecnología que algunos países con despliegues tardíos se han planteado saltarse el despliegue del 4G, como es el caso de Turquía [Cruz15].

Estos grupos de trabajo han comenzado a realizar un análisis de la situación actual así como los requisitos que debe cumplir esta nueva generación.

En la Figura 9 aparecen los principios de diseño definidos como punto de partida, donde a nivel de núcleo (Network en la figura) la convergencia entre redes, así como la simplicidad de elementos para abaratar los costes de mantenimiento u operación, o la división en planos de control y usuario son características fundamentales que también están presenten las redes LTE.

Se plantea ir más allá buscando la simplicidad en el interworking con las redes heredadas, y se identifican como tareas obligatorias el rediseño de algunos conceptos como el diseño monolítico de las redes 4G actuales, la creación de los beares o el contexto de estados entre el dispositivo y la red [ElHattachi15,Erfanian15].

La fecha fin para la **definición de esta nueva generación es 2020**.

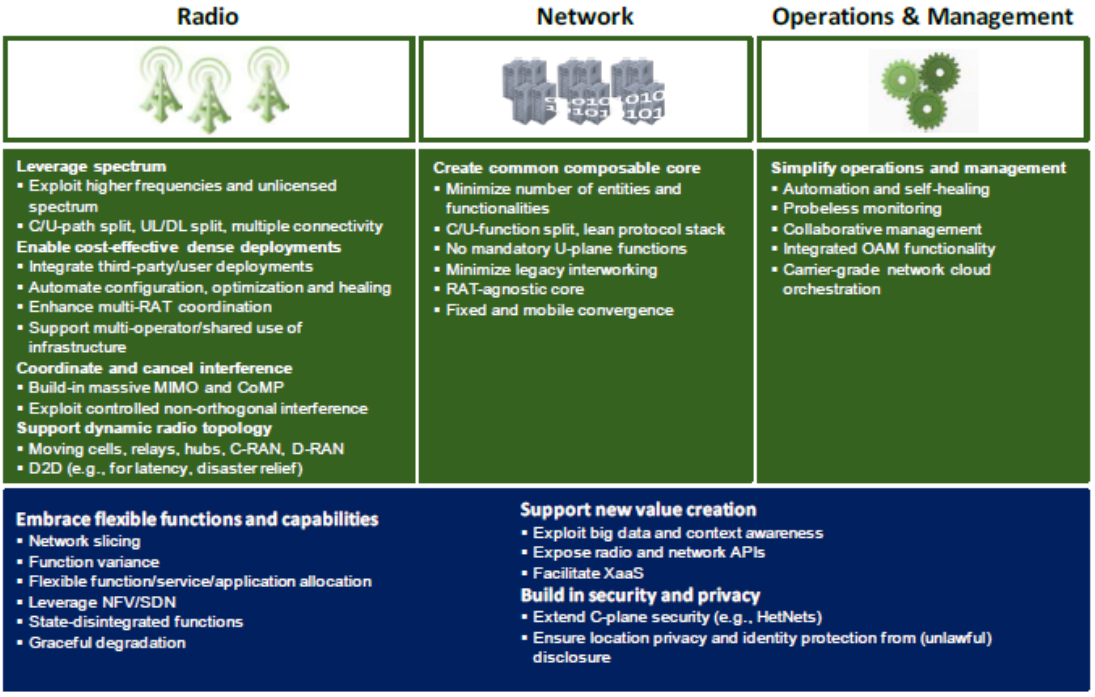

Figura 9 Principios de diseño definidos en NGNM [ElHattachi15,Erfanian15]

De acuerdo a un reciente estudio realizado por Ericsson [Eri15], para 2021 se prevén 150 millones de conexiones 5G:

Mobile subscription essentials	2014	2015	2021 forecast	CAGR 2015–2021	Unit
Worldwide mobile subscriptions	7,100	7,400	9,100	5%	million
> Smartphone subscriptions	2,600	3,400	6,400	10%	million
> Mobile PC, tablet and mobile router subscriptions	250	250	350	5%	million
> Mobile broadband subscriptions	2,900	3,600	7,700	15%	million
> Mobile subscriptions, GSM/EDGE-only	4,000	3,600	1,300	-15%	million
> Mobile subscriptions, WCDMA/HSPA	1,900	2,200	3,200	5%	million
> Mobile subscriptions, LTE	500	1,000	4,100	25%	million
> Mobile subscriptions, 5G			150		million

Figura 10 Volumen de conexiones 5G 2021 [Eri15]

1.4 Análisis de alternativas

El objetivo del presente proyecto se ha definido, de forma genérica como:

<< La creación de una red de comunicaciones que cumpla las características de red NGN y con cobertura global >>

Posteriormente se ha concretado que debería ser un servicio IMS sobre una red móvil LTE, pero existen diferentes alternativas para la implementación de este tipo red, como los servicios **SIP VoIP Best Effort** o **OTT VoIP.**

1.4.1 SIP VoIP – pre-VoLTE

Los servicios SIP VoIP se basan en ofrecer el núcleo IMS del operador sobre los accesos Best Effort como LTE, HSPA o WiFi, para lo cual en el equipo cliente se debe instalar y configurar un cliente SIP VoIP.

Esta solución también es conocida como pre-VoLTE, con la diferencia de que el tráfico de usuario no es etiquetado ni priorizado de manera alguna sobre el resto, puesto que se transmite sobre un bearer no-GBR (no Guaranteed Bit Rate).

1.4.2 OTT VoIP

Son servicios ofrecidos sobre comunicaciones Best Effort, los cuales además de voz ofrecen servicios de valor añadido como presencia o mensajería.

Las comunicaciones sobre estos servicios pueden llegar a ser de mayor calidad que las ofrecidas sobre las redes tradicionales de circuitos en condiciones radio excelentes.

Sin embargo, es escenarios NAT/PAD complejos el tiempo de establecimiento de llamadas es alto, así como el tráfico de señalización generado para mantener las sesiones o el consumo energético.

1.4.3 VoLTE

En el caso de VoLTE se ofrecen servicios de voz con garantías de QoS punto a punto, para lo cual se crean bearers EPS con GBR (Guaranteed Bit Rate) para el tráfico multimedia, además de otros default no-GBR para la señalización o Internet.

En cuanto a la experiencia de usuario o impacto en la red, VoLTE presenta ventajas frente a las soluciones descritas anteriormente:

- **Bajo consumo energético**, características muy importante debido al consumo de los smarthphones actuales multi-procesadores de varios GHz y pantallas de gran tamaño. Esto se consigue gracias a una optimización radio que permite el apagado del receptor (DRX) y transmisor (DTX) mientras no transmiten, o a la agregación de varios paquetes en sus transmisiones aumentando así el tiempo de hibernación.
- Ofrece **audio HD gracias** al uso de codecs Adaptative Multi Rate Wideband (AMR-WD).
- Mediante la técnica TTI (Transmission Time Interval) se consigue **transmitir en malas condiciones radio**.
- **Disminuye la carga de señalización**, al no utilizar mensajes de monitorización (Keep Alive).

1.4.4 Comparativa

En la tabla 2 se muestra una comparativa entre las tres soluciones evaluadas, donde se aprecian las ventajas de la solución finalmente seleccionadas, VoLTE.

Tabla 2 Comparativa soluciones

	VoLTE	SIP VoIP	OTT VoIP
Experiencia de usuario			
Calidad de audio	Codecs HD	Codecs HD	Codecs HD
Latencia	Mínima	Aumenta con el jitter	Depende de la ruta del trafico, jitter y NAT/PAD
Tiempo de establecimiento	Mínimo	Mínimo	Alto
Duración de la batería	Alto con DRX	No DRX	No DRX
Impacto en la red			
Señalización de Establecimiento	SIP Bearer dedicado con GBR	SIP Bearer no dedicado no GBR	Sobre IP
Señalización en segundo plano	Mínima	Mínima	Alta
ms/paquete	20 ms/paquete	20 ms/paquete	Varios

La implantación del servicio VoLTE plantea una serie de desafío a las operadoras:

- La necesidad de inversión en un complejo Subsistema Multimedia IP (IP Multimedia Subsystem o IMS) y la costosa integración con los elementos LTE.
- La importancia de la completa interoperabilidad con los nodos de conmutación de circuitos (CS Circuit Swithced) para ofrecen plena cobertura. Como hemos detallado en apartados anteriores, la cobertura de la red 4G es mucho menor que la de sus antecesoras.
- Es necesario dar continuidad a las llamadas en todo momento, lo cual está presenta problemas en cuanto a los handover que se producen entre tecnologías. Se plantea el uso de tecnología complementaria al VoLTE, como VoWiFi.

  Con el fin de minimizar las interrupciones la 3GPP presentan el SRVCC, que permite el traspaso de llamadas entre las diferentes tecnologías.

Todo esto implica la realización de una alta inversión inicial, el cual se amortiza gracias a que el coste de mantenimiento y de creación de nuevos servicios es mucho mucho menor que en los servicios tradicionales.

1.5 Planificación

1.5.1 Identificación de las tareas

En el desarrollo del proyecto se diferencian las siguientes tareas:

1. Estudio de la situación actual. Objetivos y motivaciones
2. Definición de conceptos teóricos
3. Análisis de arquitecturas
4. Estudio de protocolos
5. Interconexión

1.5.1.1 Estudio de la situación actual. Objetivos y motivaciones

Análisis de la situación de las redes de telecomunicación y estudio de los nuevos retos que se presentan a las operadoras para ofrecer servicios a unos usuarios cada vez más exigentes.

Definición de los objetivos y alcance del proyecto e identificación de las motivaciones de los diferentes actores.

1.5.1.2 Definición de conceptos teóricos

Síntesis de los conceptos teóricos necesarios para establecer las bases necesarias para la correcta comprensión de las arquitecturas que se desarrollan.

1.5.1.3 Análisis de arquitecturas

Análisis de las arquitecturas necesarias para la ofrecer de servicio de VoLTE, presentado la diferentes entidades lógicas así como los nodos que las implementan, interfaces entre los diferentes componentes y protocolos necesarios.

1.5.1.4 Estudio de protocolos

Identificación de los protocolos que intervienen en los diferentes planos de comunicación y realización de un breve resumen de las características más importantes de estos, así como la motivación para su uso.

1.5.1.5 Interconexión

Definición de interconexión y requisitos técnicos necesarios para que dos operadoras establezcan el acuerdo VoLTE y los usuarios puedan hacer uso de los servicios indistintamente de su localización y de una forma transparente.

1.5.2 Diagramas

Tabla 3 Planificación

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
Estudio de situación actual. Objetivos y motivaciones	3 días	jue 24/09/15	dom 27/09/15	
Definición de conceptos teóricos	7 días	lun 28/09/15	mar 06/10/15	1
Análisis de arquitecturas	15 días	mié 07/10/15	mar 27/10/15	2
Estudio de protocolos	15 días	mié 07/10/15	mar 27/10/15	2
Interconexión	30 días	mié 28/10/15	mar 08/12/15	3;4

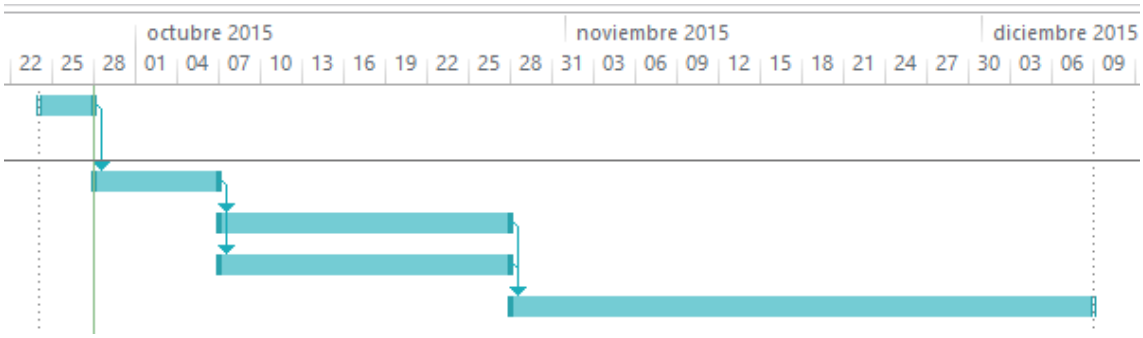

Figura 11 Diagrama de Gantt

1.5.3 Evolución del proyecto

La planificación inicial realizada se ha cumplido con éxito exceptuando la tarea de análisis de la interconexión.

Para este análisis se han encontrado dificultadas debido baja escasa implementación del servicio, particularmente en el caso de roaming. En las comunidades de expertos se están planteando cada día nuevas soluciones con ventajas e inconvenientes sobre sus antecesoras, por lo que el análisis de todas estas ha resultado más tedioso de considerado inicialmente.

En la fase final del proyecto, siguiendo las indicaciones del tutor, se centraron los esfuerzos en sintetizar los conceptos y presentarlos tabulados para su comprensión. Además se añade un apartado con las conclusiones obtenidas de la realización del diseño.

1.6 Breve sumario de productos obtenidos

El resultado final es la presente memoria donde se ofrece un análisis de las diferentes alternativas posibles a la hora de crear un servicio VoLTE entre operadoras de diferentes países.

Se analizan las alternativas tanto a nivel de transporte como de servicio, resumiendo los principales requisitos para llevarlas acabos y presentando los actores que intervienen.

Esta memoria puede ser utilizada como guía de implementación para la interconexión a nivel de núcleo de red, así como de referencia para la comprensión de los elementos implicados y la creación de servicios IMS, no solo VoLTE.

1.7 Breve descripción de los otros capítulos de la memoria

En el **apartado dos** se presentan los conceptos básicos necesarios para comprender el servicio y la metodología utilizada.

Las arquitecturas implicadas en el servicio se muestran en el **tercer apartado**, definiendo las principales entidades, interfaces y protocolos, diferenciando entre la capa de transporte, servicio y aplicación.

Se realizada un análisis más detallado de los principales protocolos que intervienen, identificando que aportan a las posibles soluciones así como sus elementos y características principales en el **cuarto apartado**.

Las posibles soluciones con sus características principales, así como los requisitos para llevarlas a cabo son el principal objetivo del proyecto, por lo que el **apartado cinco** es uno de los más importantes. En el **apartado seis** se muestran los diagramas de señalización básicos del servicio.

Finalmente, en los **apartados siete, ocho y nueve** se extraen las conclusiones finales y se ofrecen las referencias bibliográficas utilizadas y apéndices que pueden resultar de utilidad para el uso de este documento.

2 Conceptos teóricos

2.1 Elementos de las arquitecturas

En lo largo del proyecto se utilizan dos conceptos que resultan claves para la comprensión del diseño propuesto:

- **Entidad**: concepto lógico que especifica una serie de funciones que no son implementadas por ninguna otra entidad.

  Las entidades pueden ser definidas con diferentes niveles de detalle, partiendo de una genérica como las presentadas por la ITU, o más específicas como las que se definen en el apartado 3 que utilizan la especialización de la 3GPP para redes móviles.

- **Interfaz**: punto de unión entre dos entidades, donde se define la información que se intercambia y el protocolo utilizado.

2.2 Estratificación de las redes

Las arquitecturas que se presentan son divididas en varias capas y planos de comunicación. De esta forma, un servicio se puede descomponer:

- Una **arquitectura dividida en capas**, cada una de las cuales lleva a cabo una serie de funciones que pueden ser agrupadas. Estas funciones son llevadas a cabo por las distintas entidades de la capa.

- Dos planos de comunicación, el **plano de control o señalización** que es el encargado del establecimiento de la comunicación entre las diferentes entidades, y el **plano de usuario**, a través del cual se transporta la información útil generada por el usuario.

2.3 Next Generation Network

En concepto de Redes de Nueva Generación o Next Generation Network en inglés, es definido por las ITU-T, su principal impulsora como:

"Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS, y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios."
Fuente: [Y.2001 (12/2004)]

Por lo tanto, de acuerdo a esta definición las redes NGN deben presentar las siguientes características:

- Red basada en paquetes IP, tanto para el tráfico útil como la señalización.

- Independencia entre la provisión del servicio y la tecnología de transporte, es decir, los usuarios son subscriptores de unos servicios con unas funciones de control determinadas independientes de la tecnología de transporte.

  Para conseguir esta independencia entre las capas de servicio y de transporte se utilizan protocolos abiertos.

- Ofrecer garantía de calidad de experiencia (QoE) y calidad de servicios (QoS) extremo a extremo a pesar de que los paquetes IP pasen por diferentes redes.

- Convergencia entre redes fijas y móviles, buscando la máxima convergencia de la red al integrar varias redes de acceso heterogéneas, manteniendo la compatibilidad con las redes anteriores.

- Interacción con servicios de redes heredadas a través de interfaces abiertas, para permitir la coexistencia de todos los servicios.

- Movilidad consistente y ubicua de los usuarios.

- Direccionamiento e identidad del usuario, de tal forma que mantenga la misma identidad independientemente de la aplicación.

- Cumplimiento de normativa vigente en cuento a llamadas de emergencia y seguridad

- Marco para el desarrollo de nuevos servicios.

Las redes NGN conllevan un cambio de filosofía, ya que se crea una red de transporte IP única en la que se conectan diferentes redes de acceso. Esta características ya han sido mencionada en el apartado *1.1 Justificación del proyecto*, ya que es una clara motivación para las operadoras al presentar menores costes de mantenimiento y desarrollo de nuevos servicios frente al modelo tradicional de silo.

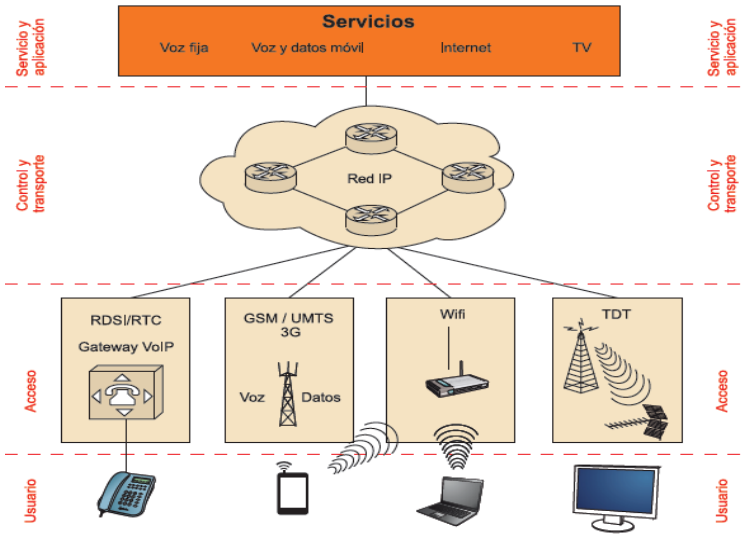

Figura 12 Cambio conceptual NGN [HueM314]

2.3.1 Arquitectura funcional NGN

La ITU, en la recomendación *Functional requirements and architecture of Next Generation Networks* [Y.2012 (04/2010)], presenta la arquitectura de referencia que se muestra a continuación, donde aparecen representados los interfaces y funciones involucradas en las diferentes capas.

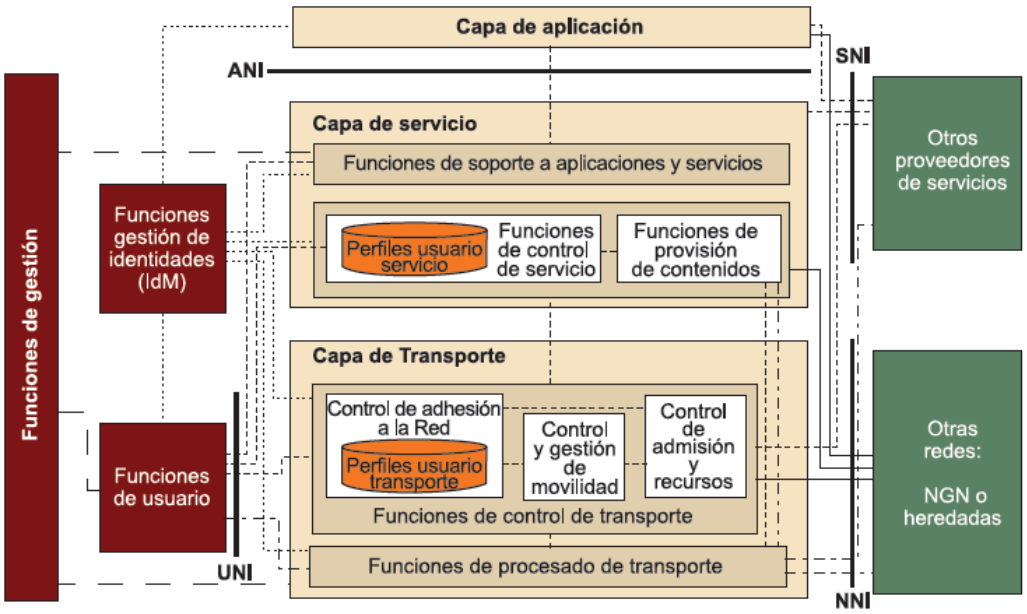

Figura 13 Requisitos funcionales y arquitectura NGN[Y.2012 (04/2010)]

La ITU define las **interfaces** UNI (User-Network Interface), NNI (Network-Network Interface), ANI (Aplicattion-Network Interface) y SNI (Service-Network Interface).

Además propone un modelo capas**, transporte, servicio y aplicación**, donde se agrupan las **entidades lógicas** que se describen brevemente a continuación:

- **Funciones de usuario** donde se encuentra el terminal de usuario y todos el software para invocar los servicios.
- **Funciones de gestión** como configuración o monitorización del tráfico.
- **Transporte**, la cual se divide en red de acceso y de red troncal de trasporte.
- **Servicio**, donde se genera todo la señalización de invocación del servicio.
- **Aplicación** en la que se provisiona el servicio.

2.3.2 VoLTE como servicio NGN

El servicio VoLTE (Voice Over LTE) permite ofrecer llamadas de voz sobre una red IMS-LTE con independencia total de la red de circuitos, por lo que comunicación se realiza íntegramente sobre IP.

La GSMA presenta el concepto de RCS (Rich Communication Suite) como plataforma para ofrecer servicios enriquecidos a los usuarios, como por ejemplo voz, video o mensajería, por lo que el servicio VoLTE es uno de los servicios RCS que pueden ser ofrecidos.

Con la finalidad de ofrecer el servicio de voz sobre una red IMS se han de satisfacer una serie de requisitos mínimos:

- El IMS debe ofrecer las capacidades básicas y suplementarias de telefonía.
- Se requiere de negociación en tiempo real de las características multimedia.
- Cobertura LTE y funcionalidad EPC (Evolved Packet Core)

Los protocolos que intervienen en el servicio se muestran en la Figura 14.

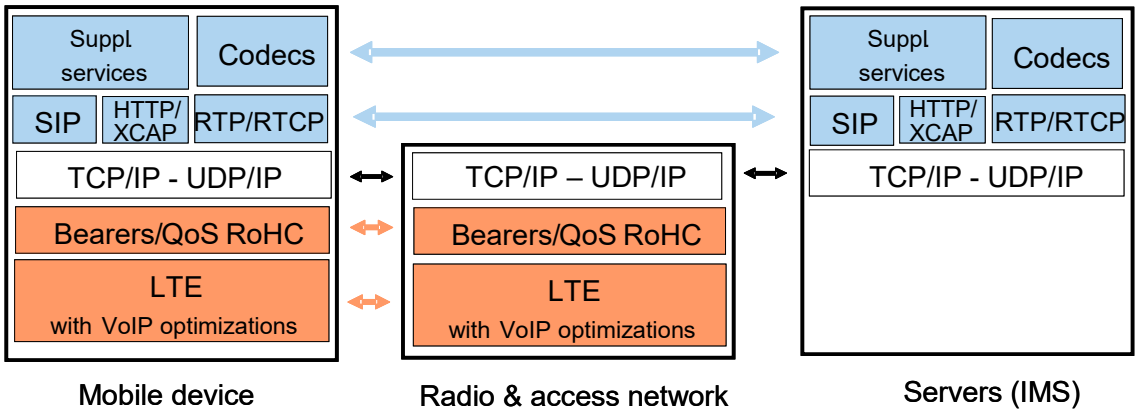

Figura 14 Pila de protocolos servicio VoLTE [IR92]

El desarrollo de servicios VoLTE presenta grandes retos a las operadoras[1], de ahí que su desarrollo e implementación comercial presente cierto retraso, aunque también existen motivaciones y ventajas sobre otras soluciones.

2.4 Organismos de Estandarización

Los organismos de estandarización son quienes impulsan el desarrollo tecnológico y la creación de estándares que proporcionan un marco para la creación de nuevas redes y servicios.

Estos organismos pueden estar constituidos por fabricantes, operadoras, organismos gubernamentales, colectivos con repercusión en el sector u otros. Se realiza un breve repaso de los más utilizados como referencia para el desarrollo de este proyecto, alguno de los cuales ya han sido mencionados.

- La ITU (International Telecommunication Union), puede considerarse el estandarizador universal, el cual elabora listas de recomendaciones que pueden ser aplicadas por otros organismos para definir más específicamente la tecnología.

[1] Ver apartados 1.3 y 1.4

De este organismo tomamos el modelo de referencia de la rede NGN explicado anteriormente.

- La IETF (Internet Engineering Task Force) trabaja en la mejora de estándares y protocolos de internet, como es el caso de IP, Diameter o SIP
- 3GPP (3rd Generation Partnership Project), se centra en el desarrollo de estándares para redes móviles englobando todos los elementos y zonas de red, desde la red de acceso, troncal o implementación del servicio.
- GSMA, la cual en base de las recomendaciones creadas por otras organizaciones, especialmente la 3GPP, define sus propios estándares para el desarrollo de servicios roaming sobre redes móviles.

3 Arquitecturas

Utilizando como referencia la arquitectura propuesta por la ITU-T descrita en el apartado 2.3.1, se describe la implementación de en un servicio VoLTE.

Por lo tanto, la estructura de este apartado queda definida por la propuesta de una red estratificada en diferentes capas, donde a partir de la arquitectura genérica de la ITU, se detalla la implementación propuesta por la 3GPP.

De este modo, en cada sección se describen las entidades o nodos involucrados, las interfaces entre ellos y los protocolos utilizados en las mimas. Se presentan también los conceptos que se han considerado más relevantes de cada capa.

3.1 Transporte

3.1.1 Redes Legacy. 2G/3G

A pesar de no estar dentro del alcance definido en este proyecto, se en la Figura 15 se muestra la arquitectura que presentan las redes antecesoras al 4G.

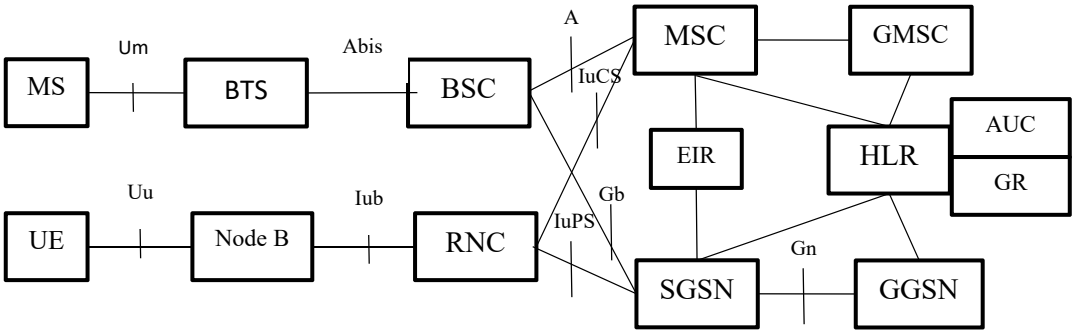

Figura 15 Arquitectura redes Legacy

No se realiza una descripción de los elementos ni se detallan los procesos que tienen lugar en estas tecnologías, sino que simplemente se muestran los nodos e interfaces presentes para contextualizar el punto de partida del 4G.

3.1.2 Evolved Packet System- EPS

El sistema que presenta la 3GPP como la cuarta generación de telefonía móvil recibe el nombre de EPS (Evolver Packet System), el cual está formado por:

- Sistema radio o E-UTRAN, también denominado LTE (Long Term Evolution).
- Núcleo o EPC (Evolved Packet Core). También recibe el nombre de SAE (System Architecture Evolution).

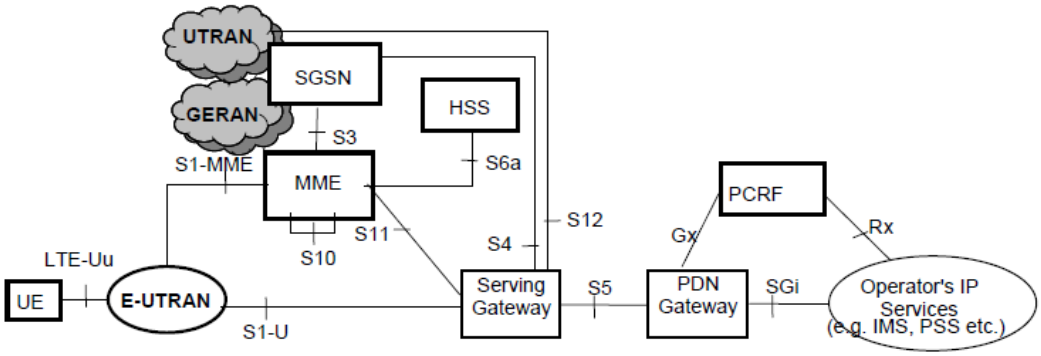

Figura 16 Arquitectura EPS[TS 23.401]

En la mayoría de referencias se utiliza el término LTE para hacer referencia a la cuarta tecnología o 4G, pero estrictamente hablando este término hace referencia únicamente a su parte radio.

En la Figura 16 aparece un elemento que no pertenece al EPS, pero que es totalmente necesario para la creación de una red 4G, el HSS. Este elemento pertenece a la capa de servicio aunque se representa aquí por su relevancia.

3.1.2.1 Acceso. E-UTRAN

La red de acceso E-UTRAN es definida en el documento **3GPP TS 36.300,** donde aparece la arquitectura e interfaces de la misma, así como las funciones llevadas a cabo.

A continuación se describen los elementos y procesos que se consideran más importantes de acuerdo al alcance del proyecto. Con esto se entiende que no se profundizará en el análisis de la parte de acceso radio, ya que no necesario conocerla en detalle para la creación de un acuerdo VoLTE entre dos operadoras.

3.1.2.1.1 Entidades

La parte de acceso está compuesta por los elementos que se muestran en la Figura 17. Comparado la red de acceso 4G con sus antecesoras se contempla una simplificación de esta, constando de un único modo, el eNodeB.

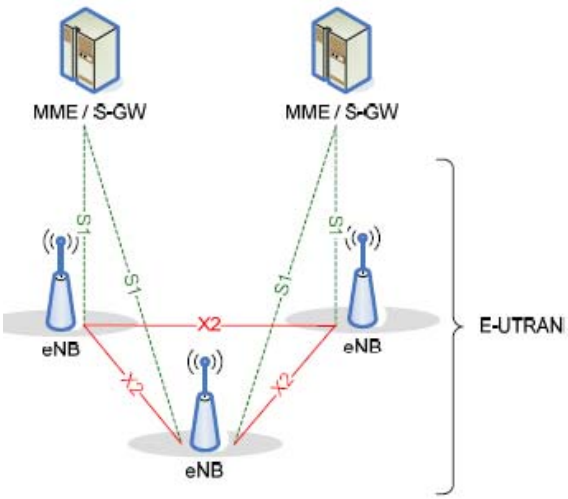

Figura 17 Arquitectura E-UTRAN [TS 36.300]

En la Tabla 4 se muestran los nodos de la arquitectura.

Tabla 4 Entidades E-UTRAN

Nodo	Descripción
UE	*UE (User equipment* o terminal de usuario)
eNB	*eNB- eNode*, es el elemento central de E-UTRAN, el cual lleva a cabo la siguientes funciones: • Funciones de RRC (Radio Resource Management) como el Radio Bearer Control, Radio Admision Control, Connection Mobility Control, la asignación dinámica de recursos para el los UE. • Comprensión de las cabeceras IP e encriptación. • Selección del MME • Routing en el plano de datos hacia el S-GW. • Transmisión de los mensajes de paggin originados desde el MME. • Transmisión de la información de broadcast.

3.1.2.1.2 Interfaces

La comunicación entre las entidades descritas en el apartado anterior se lleva a cabo a través de las interfaces que se muestran en la tabla 5 usando los protocolos que se detallan.

Tabla 5 Interfaces E-UTRAN

Interfaz	Protocolo	Descripción
LTE-Uu	E-UTRAN	Interfaz entre el UE y el eNB. Se crean los Signaling Radio Beared (SRB) en el plano de control con la capa RRC y los Radio Data beares (DRB) en el plano de usuario.
X2	X2-AP (Control) GTP-U (Usuario)	Interfaz de control entre dos eNB usado para el handover entre dos eNB y para las funciones SON (Selft Organizing Networks)
S1-U	GTP-U	Interfaz de control entre el eNB y el MME
S1-MME	S1-AP	Interfaz de usuario entre el eNB y el MME.

3.1.2.1.3 Bandas de frecuencia

Puesto que el diseño de dispositivos móviles con soporte simultaneo de varias tecnologías de acceso radio añade una gran complejidad de diseño al ser necesaria la cancelación de las interferencias, el sistema EPS soporta un eficiente traspaso entre las diferentes tecnologías.

Para asegurar el funcionamiento del terminal en cualquier lugar del mundo es necesario que este soporte GSM/GPRS/EDGE además de WCDMA/UMTS, a lo que se debería añadir LTE.

En el caso de LTE es aún más complejo, puesto que existe una gran variedad de frecuencias soportadas así como duplexado en el tiempo (TDD) y en frecuencia (FDD).

LTE (E-UTRA) band	Uplink (UL) eNode B receive UE transmit	Downlink (DL) eNode B transmit UE receive	Duplex mode
1	1920–1980 MHz	2110–2170 MHz	FDD
2	1850–1910 MHz	1930–1990 MHz	FDD
3	1710–1785 MHz	1805–1880 MHz	FDD
4	1710–1755 MHz	2110–2155 MHz	FDD
5	824–849 MHz	869–894 MHz	FDD
6	830–840 MHz	875–885 MHz	FDD
7	2500–2570 MHz	2620–2690 MHz	FDD
8	880–915 MHz	925–960 MHz	FDD
9	1749.9–1784.9 MHz	1844.9–1879.9 MHz	FDD
10	1710–1770 MHz	2110–2170 MHz	FDD
11	1427.9–1452.9 MHz	1475.9–1500.9 MHz	FDD
12	698–716 MHz	728–746 MHz	FDD
13	777–787 MHz	746–756 MHz	FDD
14	788–798 MHz	758–768 MHz	FDD
...			
17	704–716 MHz	734–746 MHz	FDD
...			
33	1900–1920 MHz	1900–1920 MHz	TDD
34	2010–2025 MHz	2010–2025 MHz	TDD
35	1850–1910 MHz	1850–1910 MHz	TDD
36	1930–1990 MHz	1930–1990 MHz	TDD
37	1910–1930 MHz	1910–1930 MHz	TDD
38	2570–2620 MHz	2570–2620 MHz	TDD
39	1880–1920 MHz	1880–1920 MHz	TDD
40	2300–2400 MHz	2300–2400 MHz	TDD

Figura 18 Bandas de Frecuencia LTE [SesiaToufikMatthew11]

3.1.2.2 Transporte troncal. EPC

El Evolved Packet Core es la última evolución del núcleo de red presentada por la 3GPP.

En el EPC se decide utilizar el protocolo IP para el transporte de toda la información, por lo que en la arquitectura no hay elementos de conmutación de circuitos (CS – Circuit Switched).

Tradicionalmente la CS era utilizada para el tráfico de voz y SMS, por lo tanto, es el EPC se implementan estos servicios sobre IP. Este es el caso de VoLTE.

El EPC ha sido diseñado no solo para ser accesible a través de E-UTRAN, sino que también soporta otras tecnologías de acceso, las cuales se dividen en:

- Acceso 3 GPP: E-UTRAN, GSM/GPRS, UMTS, HSPA.
- Acceso no 3GPP, como WiMAX o WiFi. Esas a su vez se dividen en tecnologías confiables, las cuales acceden directamente al EPS, o no confiables, las cuales lo pueden hacer únicamente a través del ePDG.

El EPC se define en el documento **3GPP TS 23.002 version 12.7.0 Release 12 apartado 4**, junto con las arquitecturas anteriores.

3.1.2.2.1 Entidades

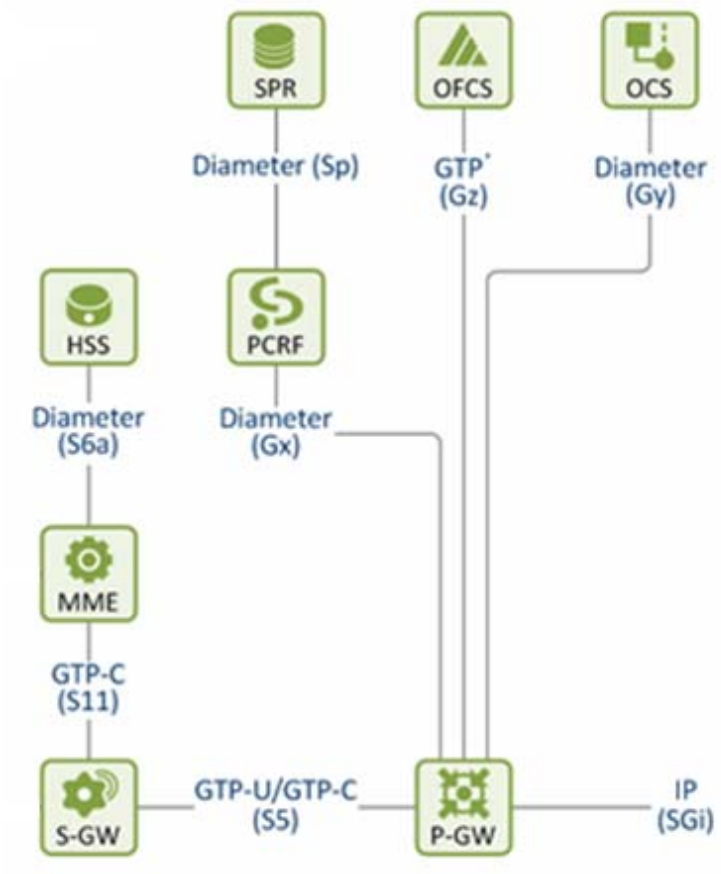

Figura 19 Arquitectura EPC [NetLTE13]

En la Figura 19 se muestra la arquitectura del EPC cuyas características principales y funcionalidad se analiza en detalle en la tabla 6.

Tabla 6 Entidades EPC

Nodo	Descripción
MME	*MME (Mobility Management Entity)*: nodo de control que procesa la señalización entre el EPS y el UE. Proporciona la funcionalidad Visitor Location Register (VLR) dentro del EPS. Las principales funciones soportadas por el MME: • EPS Bearer Management: funciones relacionadas con la gestión del portador. Esto incluye el establecimiento, mantenimiento y liberación de los portadores. • Mobility management: funciones relacionadas con la gestión de la conexión. Esto incluye el establecimiento de la conexión y la seguridad entre la red y UE. Interacciona con el HSS es responsable de autenticar el usuario final. Para los UE que estén en roaming, el MME utiliza la interfaz S6a hacia el HSS de la HOME. El MME también asegura que la UE tiene autorización para utilizar PLMN del operador y también hace cumplir las restricciones de itinerantica que la UE puede tener • MME selecciona el S-GW durante el proceso de registro y handover entre redes LTE. El MME es seleccionado por la función de selección MME.

S-GW	*S-GW (Serving Gatateway)*: Es nodo de conexión entre la red de acceso y de núcleo para el plano de usuario. Todos los datos del usuario pasan por el S-GW, incluso hace funciones de buffer cuando el UE restablece los beares o se mueve entre eNB. Realiza tareas adicionales como la tarificación o la intercepción legal
P-GW	*P-GW (PDN Gateway):* proporciona el acceso del UE al PDN (Packet Data Newtwork) asignándole una IP válida. Además hace de ancla en el caso de handover entre accesos 3GPP y no 3GPP. Es el nodo donde se implementan las funciones PCEF definidas por la ITU, así como las reglas de filtrado IP.
HSS	*HSS (Home Subscriber Server):* es la base de datos central donde se almacena el perfil del usuario, además de que interviene en los procesos de autenticación del usuario.
PCRF	*PCRF (Policy and Charging Rules Function)*, es el nodo que determina las políticas de charging y PCC al PCEF (P-GW en EPC o GGSN en 3G/2G).
SPR	*SPR (Subscriber Profile Repository).* Este nodo proporciona información del usuario a nivel de transporte al PCRF, a partir de la cual construye las reglas PCC.
OCS	*OCS (Online Charging System)*. Subsistema de control de crédito y tarificación
OFCS	OFCS (*Offline Charging System*).Tarificación offline basada en CDRs.

3.1.2.2.2 Interfaces

La comunicación entre las entidades descritas en el apartado anterior se lleva a cabo a través de las interfaces que se muestran en la tabla 7 usando los protocolos que se detallan.

Tabla 7 Interfaces EPC

Interfaz	Protocolo	Descripción
S11	GTP-C	Interfaz de control entre el MME y S-GW. Proporciona el túnel GTP al usuario.
S5/S8	GTP-U GTP-C	Interfaz de control y datos entre S-GW y P-GW, la cual ofrece el túnel GTP del usuario y su administración. La diferencia entre S5 y S8 es que la segunda es utilizada en un escenario de interworking, como es el caso de roaming.
S6a	Diameter	Interfaz de control entre HSS y MME, a través de la cual se descarga la ficha de cliente y se autentica el usuario.
Sp	Diameter	Interfaz de control entre el SPR y el HSS.
Gx	Diameter	Interfaz entre el PRCF y P-GW utilizada para aplicar las políticas de PCC.

Gy	Diameter	Interfaz de control entre el OCS y el P-GW usada para funciones de tarificación.
Gz	GTP-C	Información de control entre el OFCS y el P-GW.
SGi	IP – U Radious/DHCP- C	Interfaz entre el P-GW y el PDN.

3.1.2.3 QoS en LTE

Para garantizar las políticas de QoS en LTE se presenta el concepto de EPS Bearer o túnel EPS, el cual puede definirse como un túnel virtual con un tratamiento específico de los paquetes IP con unos parámetros de calidad determinados ente el UE y el PGW, y así ofrecer una garantía END-TO-END para acceder a los Packet Data Network (PDN).

Un UE puede mantener varios EPS bearer con diferentes P-GW, y estos pueden ser DEFAULT o DEDICATED. Cada EPS bearer está definido por:

- **QCI** (QoS Class Identifier), parámetro que determina el modo en el los nodos del EPS van a tratar los paquetes del bearer.

QCI	Resource Type	Priority	Packet Delay Budget (NOTE 1)	Packet Error Loss Rate (NOTE 2)	Example Services
1 (NOTE 3)	GBR	2	100 ms	10^{-2}	Conversational Voice
2 (NOTE 3)		4	150 ms	10^{-3}	Conversational Video (Live Streaming)
3 (NOTE 3)		3	50 ms	10^{-3}	Real Time Gaming
4 (NOTE 3)		5	300 ms	10^{-6}	Non-Conversational Video (Buffered Streaming)
5 (NOTE 3)	Non-GBR	1	100 ms	10^{-6}	IMS Signalling
6 (NOTE 4)		6	300 ms	10^{-6}	Video (Buffered Streaming) TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.)
7 (NOTE 3)		7	100 ms	10^{-3}	Voice, Video (Live Streaming) Interactive Gaming
8 (NOTE 5)		8	300 ms	10^{-6}	Video (Buffered Streaming) TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.)
9 (NOTE 6)		9			

Figura 20 Valores QCI [TS29.212]

- **Allocation and Retention Priority**, el cual define la prioridad del túnel respecto a otros tuneles.
- **Guaranteed Bit Rate** o bit rate garantizado.
- **Maximun Bit Rate** o bitrate máximo.

En la Figura 21 se muestran los diferentes beares creados a lo largo de los interfaces entre los nodos que hay entre el UE y el PGW.

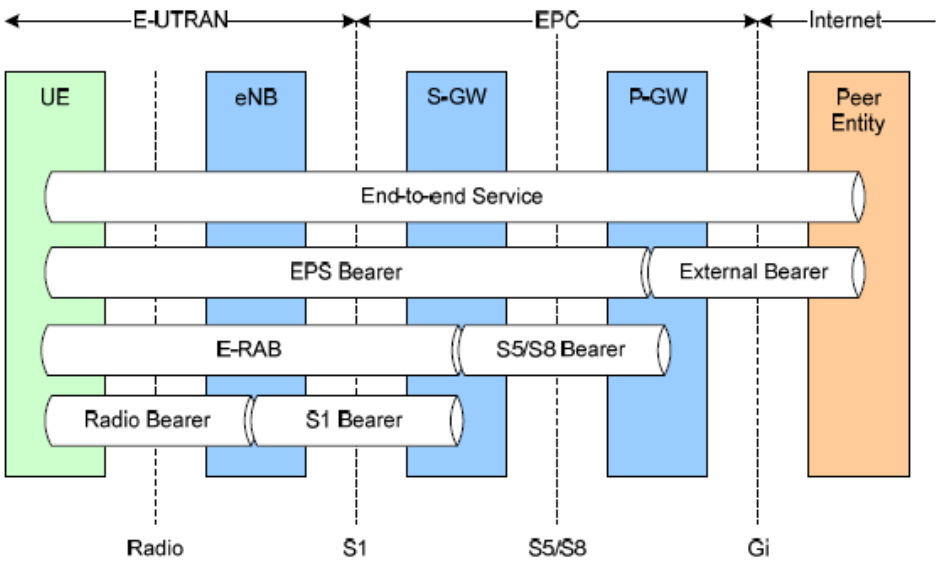

Figura 21 Arquitectura de beares en EPS [TS 36.300]

De esta forma tanto el UE hacia el EPS en sentido de subida, como del EPS al UE en el sentido inverso, mapean los paquetes IP en flujos de datos de servicio o Service Data Flow (SDF), y una vez identificado este flujo de datos, estos se mapean en un bearer EPS determinado.

Esto se realiza a través de las reglas PCC, cuyas funciones principales son la **facturación en base de flujos y el control de políticas QoS,** es decir**,** el PCRF caracteriza el tráfico de datos de transporte de acuerdo a las decisiones de la capa de servicio y envía estar reglas el PCEF a través de interfaz Gx.

3.1.2.4 Non Access Stratum (NAS)

El NAS (Non Access Stratum) está definido en el documento **3GPP TS 24.301**, y es el plano de control de más alto nivel entre el EU y el MME.

Las principales funciones son el control de la movilidad (EPS Mobility Management o EMM) y el control de la sesión de usuario (EPS Session Management).

La capa **NAS es dividida a su vez en tres, EMM, ESM y ECM** donde se pueden presentar los siguientes estados:

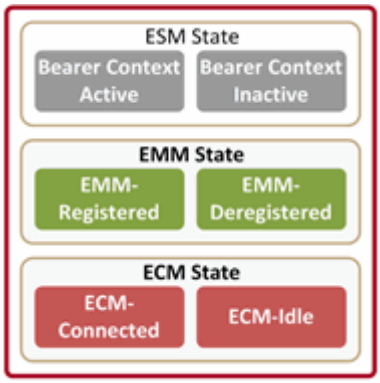

Figura 22 Estados NAS [Net13]

En la parte radio y un nivel por debajo del NAS, tenemos la capa Resource Radio Connection, la cual presenta a su vez dos estados, Idle y Connected.

Figura 23 Pila de protocolos E-UTRAN Control simplificada [NetLTE13]

Cada capa presenta diferentes procesos, y no es el objeto de este proyecto definirlos todos. De todas formas, para entender de una forma más precisa la garantía de QoS descrita en el apartado anterior se analiza la relación entre los estados EMM,ECM y RRC con la creación de los diferentes berares.

3.1.2.4.1 Transiciones EMM/ECM/RRC

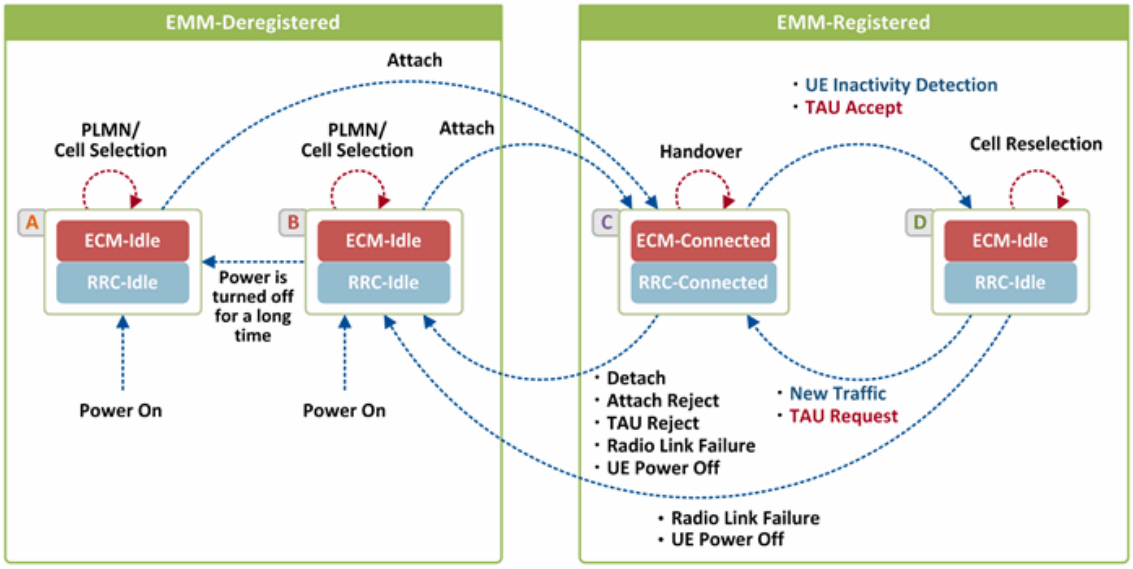

Figura 24 Transiciones EMM/ECM/RRC [Net13]

En la Figura 24 se identifican cuatro casos de usuario diferenciados:

Tabla 8 Estados EMM/ECM/RRC

Caso	Estados	Ejemplo
A	EMM- Deregistered + ECM Idle + RRC idle	UE se enciende por primera vez. UE Se enciende tras un largo periodo apagado. No hay contexto in LTE.
B	EMM- Deregistered + ECM Idle + RRC idle	El UE es encendido tras un corto periodo de apagado. Cuando se pierde la comunicación con el canal radio.
C	EMM- Registered + ECM Connected + RRC Connected	El UE se registra en el MME y utiliza los servicios.
D	EMM- Registered + ECM Idle + RRC idle	El UE se registra en el MME pero no utiliza los servicios.

3.1.2.4.2 Beares en función de estados EMM/ECM/RRC

De los casos de usuario descritos en el apartado anterior se analiza aquellos en los UE está registrado para analizar los beares que se crean a lo largo de la arquitectura.

- **Caso C (EMM- Registered + ECM Connected + RRC Connected)**, todos los beares están establecidos:

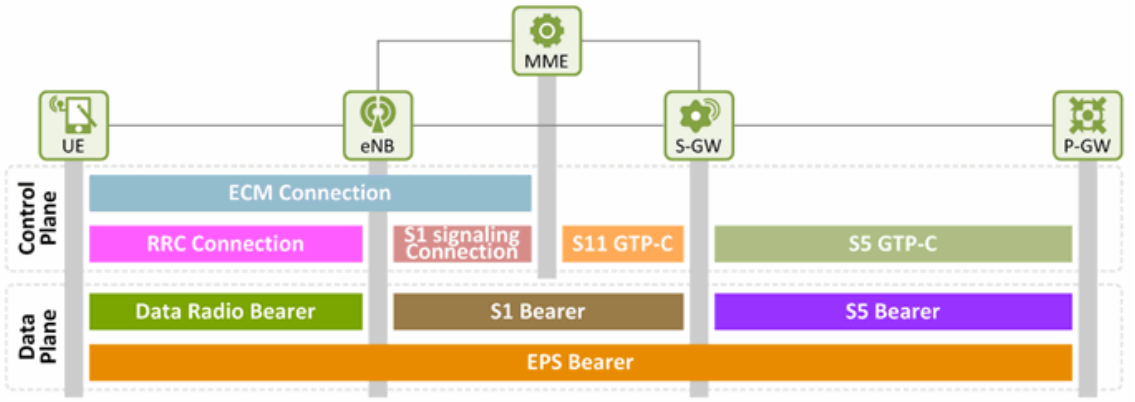

Figura 25 EMM- Registered + ECM Connected + RRC Connected [Net13]

- **Caso D (EMM- Registered + ECM Idle + RRC idle)** solo se mantienen los beares de control:

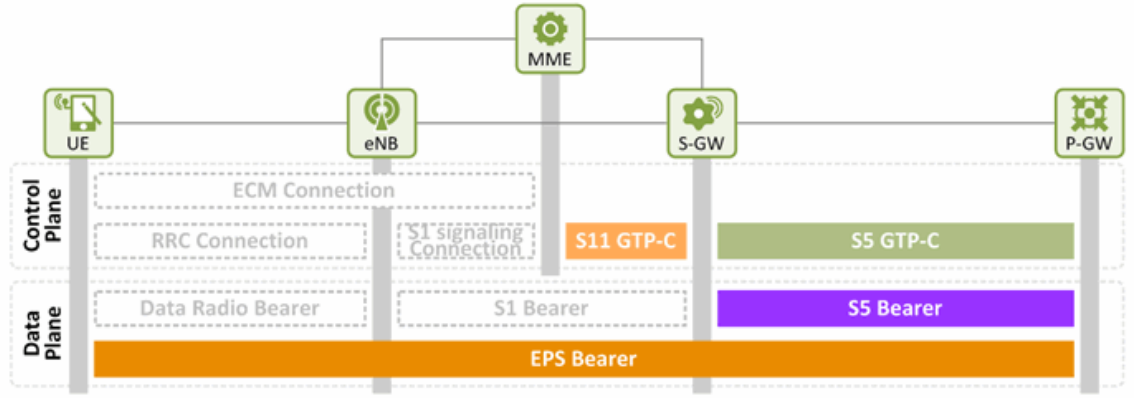

Figura 26 EMM- Registered + ECM Idle + RRC idle [Net13]

3.2 Servicio

3.2.1 IMS

La 3GPP en el documento **3GPP TS 23.228** presenta el IMS o IP Multimedia Subsystem, el cual es un subsistema de control de sesión de servicio.

El núcleo IMS es capaz de realizar funciones de control de servicio, para lo que utiliza el protocolo SIP, y funciones de provisión de servicio mediante SDP.

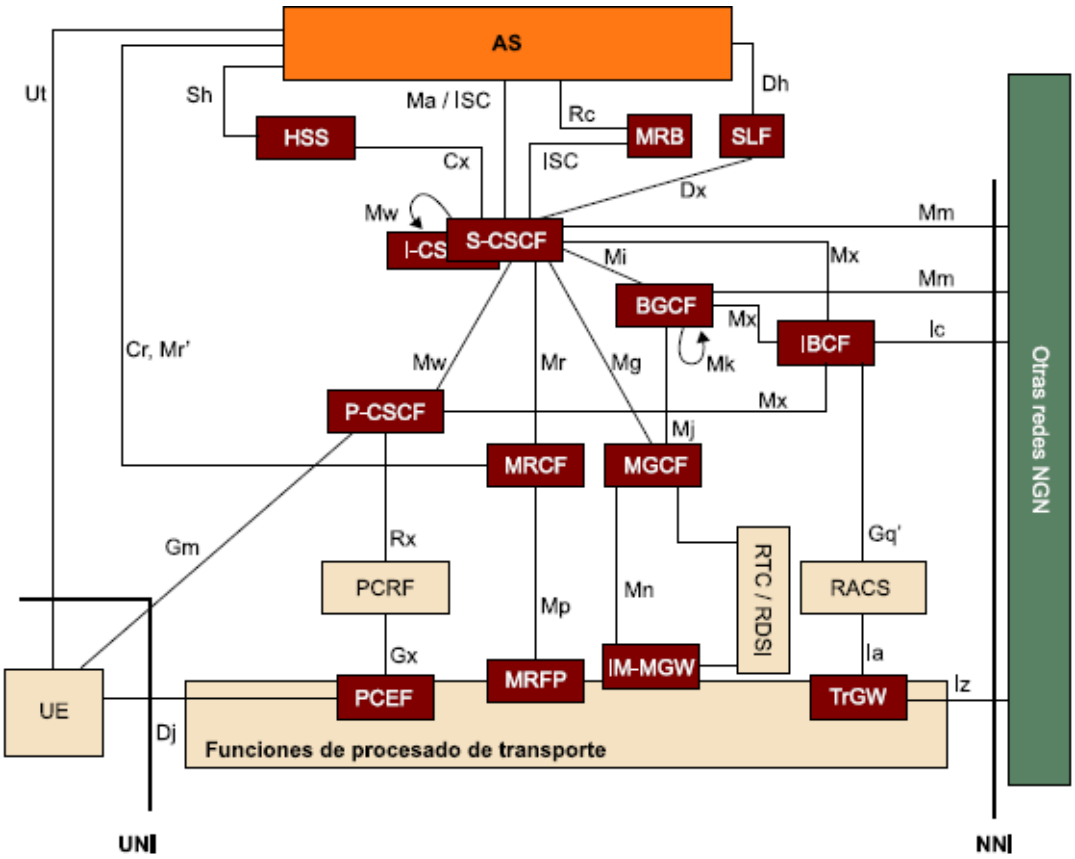

Figura 27 Núcleo IMS propuesto por la 3GPP [HueM314]

3.2.1.1 Entidades

Las entidades del núcleo IMS pueden ser divididas en dos categorías diferentes, elementos de núcleo IMS y elementos de almacenamiento.

Tabla 9 Entidades Núcleo IMS

Nodo	Descripción
P-CSCF	*P-CSCF (Proxy Call Session Control Function)*. Es el punto de contacto entre los usuarios adheridos a la red de acceso y el IMS. Sus funciones son: • Registro del usuario, reenviando la petición SIP register recibida a través de la interfaz Um. Haciendo uso del dominio incluido en el SIP URI conoce el I-CSCF al que debe enviar la petición. • Almacena la información de registro del UE, como la IP asignada el UE o la dirección del S-CSCF. • Redirige los mensajes SIP del UE al S-CSCF. • Comprensión y descompresión de los mensajes SIP. • Gestión de las llamadas de emergencia hacia el E-CSCF. • Participa en la gestión de QoS y de autorización, por lo que se comunica con la capa de transporte, el PCRF, a través de Rx

I-CSCF	*I-CSCF (Interrogating Call Session Control Function).* Es el punto de contacto, dentro del dominio del operador, para todas las comunicaciones hacia el UE. Se encarga de : • Obtener la dirección del S-CSCF o AS desde el HSS via Cx. • Asignar S-CSCF en función de las capacidades recibidas del HSS. • Encaminar las peticiones hacia el S-CSCF a través de Mw o con un AS vía Ma. • Proporciona la funcionalidad THIG (Topology Hiding Inter-network), de tal forma que la señalización desde otro dominio se envíe a este nodo como se si tratase de un proxy.
S-CSCF	*S-CSCF (Serving Call Session Control Function).* Es el punto central del núcleo IMS y el dominio correspondiente siendo responsable de: • Mantener el proceso de registro • Tomar decisiones de encaminamiento y mantenimiento del estado de sesión SIP. • El almacenamiento de los perfiles de servicio para usuarios activamente registrados.
IBCF	*IBCF (Interconnection Border Control Function)*. Este es el nodo encargado de conectar dos núcleos IMS pertenecientes a dos operadores.
BGCF	*BGCF (Breakuot Gateway Control Function)*. Es el encargado de seleccionar el siguiente salto de una petición SIP recibida desde el I/S-CSCF que no puede ser traducido por un SIP URI.
MRFC	*MRFC (Multimedia Resource Function Control)*. Interpreta las demandas del AS y del S-CSCF como agente y usuario SIP para ofrecer servicios de IVR o anuncios. Contrla el MRFC a través de Mp.
MGCF	*MGCF (Media Gateway Control Function)*. Permite la traducción de la señalización SIP en señalización SS7/ISUP para la comunicación con la RTC/RDSI.

Tabla 10 Entidades de almacenamiento IMS

Nodo	Descripción
HSS	*HSS (Home Subscriber Server)* mantiene la relación entre las diferentes identidades (privada, pública…), almacena los perfiles de usuario y los distribuye a las entidades de red que controlan las sesiones de usuario (CSCF). Asimismo, es capaz de manejar distintos identificadores públicos de servicio (PSI). La HSS participa en los procedimientos de registro, re-registro y de-registro de usuario; registro implícito y manejo de sesión. La HSS debe soportar diversos modelos de autenticación: IMS AKA, IETF HTTP Digest e IMS SSO.
SLF	El *SLF (Subscription Locator Function)* debe proveer de la funcionalidad de encaminado que permita que otras entidades descubran qué nodo HSS contiene la información del subscriptor en aquellas redes en las que se han desplegado varios HSS.

3.2.1.2 Interfaces

La comunicación entre las entidades descritas en el apartado anterior se lleva a cabo a través de las interfaces que se muestran en la tabla 11 usando los protocolos que se detallan.

Tabla 11 Interfaces núcleo IMS

Nombre	Entidades que interconecta	Protocolo	Descripción
Rx	P-CSCF y PCRF	Diameter	Utilizado por el P-CSCF para la solicitud de recursos de QoS y reporte de eventos de capa de transporte.
Gm y S-U1	UE y P-CSCF	SIP	Interfaz entre UE y P-CSCF para intercambiar mensajes de señalización SIP de IMS (registro, control de sesiones y transacciones).
Mw	Entre CSCFs	SIP	Utilizado por los CSCF para reenviarse señalización SIP de registro o control de sesión (originada desde o destinada a un UE) entre ellos según sus criterios de encaminamiento.
Mx	CSCF o BGCF y IBCF	SIP	Utilizado por los CSCF o el BGCF y el o los IBCF para reenviarse señalización SIP de registro o control de sesión cuando va destinada a o viene de un núcleo IMS de otro operador.
Mr	S-CSCF o MRFC	SIP	Utilizado por el S-CSCF cuando necesita activar servicios de transporte.
Mp	S-T1 MRFC y MRFP (subcapa de procesado de transporte)	H.248	Utilizado por el MRFC para controlar los recursos multimedia del MRFP de acuerdo con las demandas del AS y el S-CSCF.
Mi	S-CSCF y BGCF	SIP	Utilizado por el S-CSCF cuando el S-CSCF quiere redirigir la sesión SIP a una red externa que no es NGN (RTC/RDSI o H323).
Mj	BGCF y MGCF	SIP	Utilizado por el BGCF para transferir la sesión SIP una vez ha seleccionado el MGCF (pasarela a RTC/RDSI) por el que sacar dicha sesión. En este caso, el MGCF se encuentra en el mismo dominio que el BGCF.
Mk	BGCF y MGCF (remoto)	SIP	Utilizado por el BGCF para transferir la sesión SIP una vez ha seleccionado el MGCF (pasarela a RTC/RDSI) por el que sacar dicha sesión. En este caso, el MGCF se encuentra en un dominio distinto que el BGCF.
Mg	MGCF y I-CSCFo S-CSCF	SIP	Utilizado por el MGCF para reenviar mensajes de sesiones SIP entrantes desde RTC/RDSI hacia el I-CSCF o S-CSCF.

Mn	MGCF y T-MGF (o IMS-GW según 3GPP)	H.248	Utilizado por el MGCF para controlar los recursos en canales de voz/video del T-MGF (o IMS-MGF según 3GPP) en su conexión con la red RTC/RDSI.
Mm	CSCFs locales y CSCFs remotos	SIP	Utilizado para reenviar mensajes de sesiones SIP a otros servidores SIP o redes IP externas (otros dominios).
Ma	S/I-CSCF y AS	SIP	Utilizado por el I-CSCF para reenviar peticiones SIP al AS con servicios públicos de identidades (PSI).
ISC	S-CSCF y AS	SIP	Utilizado por el S-CSCF y el AS para reenviar y recibir peticiones SIP.
Cx	S-CSCF o I-CSCF y UPSF	Diameter	Utilizado por el S-CSCF y el I-CSCF para consultar al UPSF información de autenticación y autorización de usuario, perfil de suscripción, localización (S-CSCF asignado).
Ic, Ici	IBCF y otras redes NGN	SIP	Utilizado por el IBCF para intercomunicar dos dominios IMS. El Ici es una especialización del Ic de la 3GPP.

Tabla 12 Interfaces almacenamiento IMS

Nombre	Entidades que interconecta	Protocolo	Descripción
Cx	S-CSCF o I-CSCF y UPSF	Diameter	Utilizado por el S-CSCF y el I-CSCF para consultar al UPSF información de autenticación y autorización de usuario, perfil de suscripción, localización (S-CSCF asignado).
Dx	S-CSCF o I-CSCF y SLF	Diameter	Utilizado por el S-CSCF y el I-CSCF para consultar al SLF sobre la localización del UPSF que contiene la información de suscripción de un usuario.
Sh	AS y UPSF	Diameter	Utilizado por el AF para consultar al UPSF información de autenticación y autorización de usuario, perfil de suscripción, localización (S-CSCF asignado).
Dh	AS y SLF	Diameter	Utilizado por el AF para consultar al SLF sobre la localización del UPSF que contiene la información de suscripción de un usuario.

3.2.2 Direccionamiento y nombrado

3.2.2.1 Identidad de los usuarios

Los usuarios poseen varios perfiles que pueden ser diferenciados en perfiles de transporte y de servicio.

En el **perfil de transporte** se define la identidad y credenciales para acceder a la red además del perfil QoS. En la redes de telefonía móvil esta información reside en la SIM card del UE.

A su vez, un usuario de la red es al mismo tiempo suscriptor de determinados servicios, por lo que es necesario disponer de un **perfil de servicio,** en el que figura la lista de servicios del usuario, las credenciales y las diferentes identidades públicas.

3.2.2.1.1 Identidad privada (IMPI)

La identidad privada (IMPI) es asignada por el operador que ofrece los servicios al usuario e interviene en todos los procesos de registro, autorización, administración y tarificación.

Otras características de esta identidad privada:

- Esta identidad no es utilizada para el enrutamiento de los mensajes SIP.
- El UE debe enviarla a la red HOME en todos los procesos de registro.
- Esta identidad debe ser almacena de forma segura en la ISIM o USIM y el UE no debe ser capaz de modificarla.
- Debe ser un valor permanente en la ficha del usuario y almacenada en el HSS. De ahí su uso en facturación.

Ejemplo de IMPI:

```
The IMS Private User Identity as an NAI: e.g. username@realm
```

3.2.2.1.2 Identidad pública (IMPU)

El subscriptor dispone de varias identidades públicas (IMPU), y al menos una con formato SIP URI, y es la identidad utiliza para solicitar la comunicación con otros usuarios.

Sus principales características son:

- Puede seguir esquemas de telefonía (E.164 telephone number) o de Internet (direcciones IP)
- En la ISIM o USIM debe almacenarse al menos una identidad pública.
- Es necesaria para que los usuarios puedan hacer uso de los servicios, y todos los registros implícitos deben contener una identidad pública.

Ejemplo de IMPU:

```
The IMS Public User Identity (as derived above) in one of the forms below:-
Alphanumeric SIP-URI: e.g. user@example.com
```

```
MSISDN as a SIP-URI: e.g. sip:+447700900123@example.com;user=phone
MSISDN as Tel-URI: e.g. tel:+447700900123
```

3.2.2.1.3 Relación entre IMPI e IMPU

Tal y como se ha indicado anteriormente, la identidad privada es responsabilidad del operador y es quien se la asigna al usuario, a la cual pueden estar asociadas varias identidades públicas asociadas a diferentes servicios.

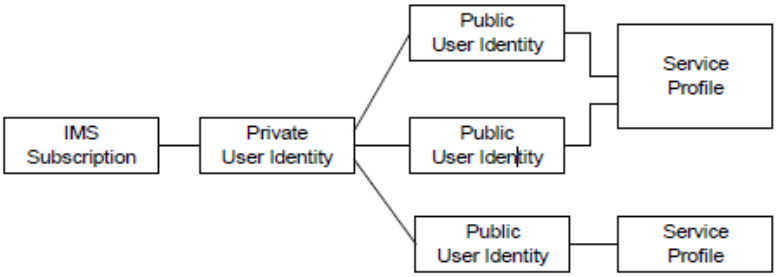

Figura 28 Relación IMPI e IMPU [TS 23.228]

3.2.2.2 Identidad de los nodos

Los nodos del núcleo IMS, al igual que los usuarios, son identificados a partir de SIP URIs para su direccionamiento a través de las interfaces que utilizan el protocolo SIP.

La principal diferencia es que estas SIP URI son de dominio privado y necesitan ser declaradas en ningún DNS.

3.2.3 Reserva de recursos

En el apartado donde se describe la arquitectura en la capa de transporte, se analiza la capacidad del EPS de garantizar unos determinados parámetros de calidad END-TO-END.

Esta reserva se realiza a través de la reglas PCC que el PCRF indica a la capa de transporte vía lA interfaz Gx, el cual las recibe del P-CSCF a través de la interfaz Rx.

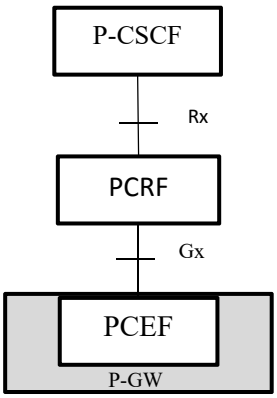

Figura 29 Reserva de recursos desde capa de servicio

El PCEF se implementa en el P-GW o en el GGSN cuando se usa GTP como protocolo de movilidad, aunque en la 3GPP también se contempla el caso de que esta reserva se produzca en el BBERF (en el S-GW o SGSN) siempre y cuando se utilice el protocolo de movilidad IP Mobile.

Existen **dos mecanismos de reserva de recursos** en la red de transporte, el **modo push y el modo pull**.

El protocolo utilizado por el núcleo IMS es el SDP (Session Description Protocol), el cual será analizado en mayor detalle en el apartado 4.

3.2.3.1 Reserva modo PUSH

Es el método utilizado por aquellos dispositivos sin capacidad negociadora de QoS con la Red de acceso directamente.

En la Figura 30 se puede ver como la el UE a través de interfaz Um con el núcleo IMS envía la petición SIP, en la cual define las QoS a nivel de servicio o aplicación que espera recibir.

A partir de esta petición el núcleo IMS genera las políticas de QoS y las instala en la capa de transporte.

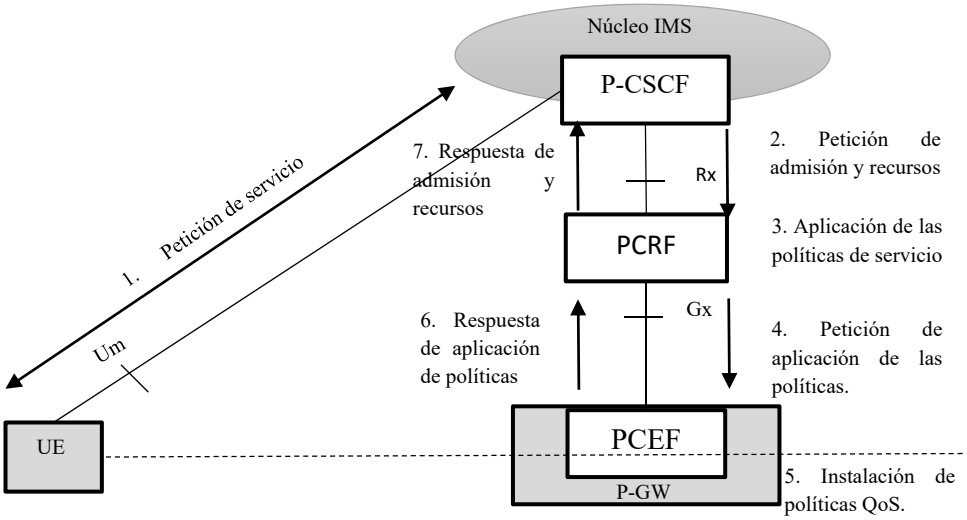

Figura 30 Reserva de recursos PUSH

3.2.3.2 Reserva modo PULL

En este mecanismo las políticas no se instalan desde la capa de servicio a nivel de transporte, sino que se genera un *token* en el caso de la petición realizada por el UE sea correcta y posteriormente es este quien realiza la reserva directamente con la capa de acceso, por lo que el terminal debe tener esta capacidad de negociación.

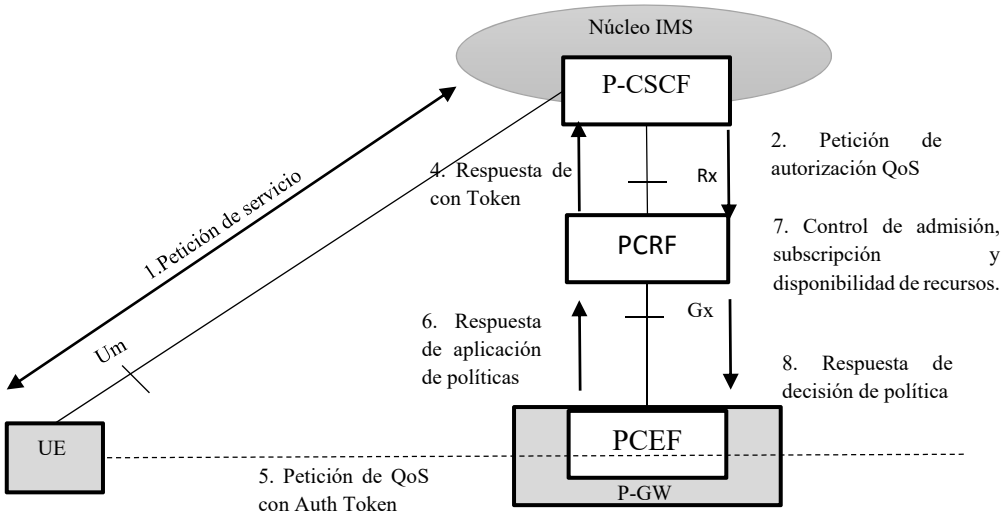

Figura 31 Reserva de recursos PULL

3.2.3.3 Tipos de dispositivos

Es posible realizar una clasificación de los dispositivos en función de las capacidades negociadores que tengan.

- **Tipo 1:** no son capaces de negociar ni con la capa de servicio ni con la capa de transporte. Se comunican con el IMS, pero no solicita los recursos directamente.
- **Tipo 2:** negocia con la capa de servicio, pero no conoce la correspondencia de esos parámetros con la capa de transporte.
- **Tipo 3:** permite la negociación a nivel de servicio y transporte.

3.3 Aplicación

El cambio de filosofía que conllevan las NGN también repercute en la capa de aplicación, la cual da un giro conceptual respecto a los servicios tradiciones donde se requería una red de acceso y de transporte específica, así como la implementación a medida en la capa de aplicación.

En las redes NGN **los servicios** se diseñan con independencia de la tecnología de la capa de transporte y **se descomponen en elementos reutilizables llamados habilitadores de servicio o Service Enablers**. Entos junto con el uso del paradigma **SOA** (Service Oriented Architecture), permitirán la creación infinidad de servicios.

En los siguientes apartados se detallan los elementos y características más importantes sin realizar un estudio detallado, puesto que se considera que el desarrollo de servicios queda fuera del alcance de este proyecto.

Si se analiza uno de los Service Enablers que interviene en el servicio VoLTE, el MMTEL.

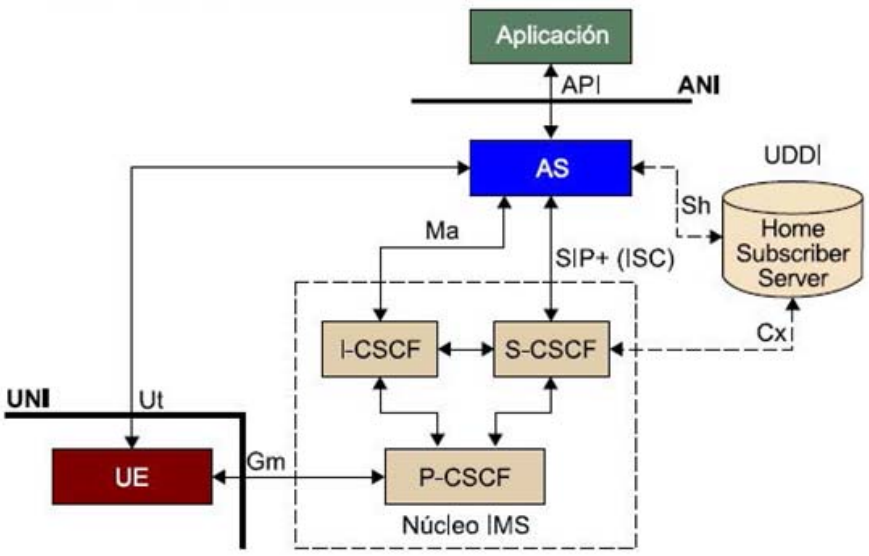

Figura 32 Capa de aplicación [HueM414]

3.3.1 Entidades

En la Figura 32 se muestran los elementos de la capa de aplicación y aquellos con los que interactúa del núcleo IMS, por lo que propios de la capa de aplicación son el *Application Server (AS)* y la *Application Programming Iterface (API)*

Tabla 13 Entidades aplicación

Nodo	Descripción
AS	AS (Application Server). Es el elemento central de la arquitectura, donde se encuentran y ejecutan los servicios de valor añadido. No es una entidad IMS a pesar de lo que pueda parecer en la representación, sino que se construyen para interactuar con las diferentes aplicaciones.
API	API (Application Programing Interface). Para conseguir la independencia con las tecnologías de las capas inferiores se crean los servicios usando interfaces abiertas.

3.3.2 Interfaces

La comunicación entre las entidades descritas en el apartado anterior se lleva a cabo a través de las interfaces que se muestran en la tabla 14 usando los protocolos que se detallan.

Tabla 14 Interfaces apliación

Interfaz	Protocolo	Descripción
ISC	SIP	ISC (IMS Service Control). Interfaz a través de la que se implementa el ANI (Application Network Interface) e interconecta el AS con las aplicaciones.
Sh	Diameter	Descarga de información del subscriptor.

Cx	Diameter	Descarga de información del subscriptor.
Ut	XCAP	Interfaz entre el UE y el AS. Permite al usuario acceder a su perfil de subscritos de servicios de la capa de aplicación.

3.3.3 La orquestación de servicios

La orquestación de los servicios permite el desarrollo de nuevos servicios y su integración con los existentes.

Es un concepto complejo y aún no definido por completo por las entidades de estandarización. Por ejemplo la 3GPP propone la funcionalidad SCIM, pero no la define con gran detalle.

Uno de los elementos claves de esta orquestación son los iFC (initial Filter Criteria), los cuales se encuentran en la ficha del usuario y determinan los AS a los que los nodos del núcleo IMS deben enviar las peticiones SIP.Estos iFC se descargan a través de las interfaces Sh y Cx.

3.3.4 Service Enabler. MMTEL

Se trata del Service Enabler de telefonía multimedia de 3GPP/TISPAN (MMTel, Multimedia Telephony) definido en **3GPP TS 24.173 (version 12.2.0 Release 1).**

Se trata un estándar basado en IMS que permite a los usuarios establecer comunicaciones multimedia. Provee de comunicación bidireccional en tiempo real para la transferencia de voz, vídeo, y opcionalmente otros tipos de datos, como transferencia de ficheros, texto, chat o control de presencia. Utiliza el protocolo IP para transporte y SIP para señalización de servicios.

3.4 Arquitectura final. Interconexión VoLTE

Hasta el momento se han detallado los elementos presentes en las diferentes capas que intervienen en el servicio VoLTE, los cuales pueden ser conectadas ofreciendo la arquitectura final que se muestra en la Figura 33:

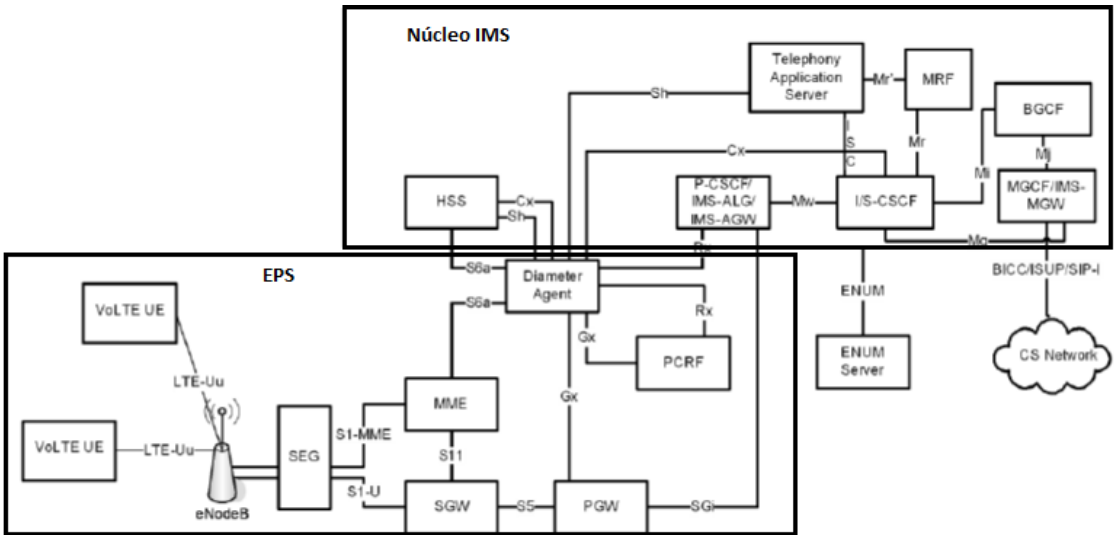

Figura 33 Arquitectura VoLTE [Volte14]

En la arquitectura existen varias interfaces interconexión entre las diferentes capas mostradas que son necesarias para ofrecer el servicio:

Tabla 15 Interconexión EPS-IMS

Interfaz	Protocolo	Entidades que interconecta	Descripción
S6a	Diameter	HSS- MME	Interfaz de control entre HSS y MME, a través de la cual se descarga la ficha de cliente y se autentica el usuario.
Rx	Diameter	P-CSCF y PCRF	Utilizado por el P-CSCF (o también IBCF para la ETSI) para la solicitud de recursos de QoS y reporte de eventos de capa de transporte.
SGi	IP – usuario Radious/DHCP – control	Gm (UE–P-CSCF) Ut (UE-AS)	Sobre esta interfaz entre el S-GW y el PDN (Packet Data Network) si implementan las interfaces de Servicio Gm y Ut.

Aparecen algunos elementos no presentados hasta el momento, como el Diameter Agent o el SEG, que se describen más adelante en el apartado de requisitos técnicos y en el glosario del proyecto.

4 Protocolos

A través de la interfaces definidas entre las entidades mostradas en las arquitecturas anteriores, tanto en la capa de transporte como en la capa de servicio o aplicación, existen unas normas que determinan como se ha de llevar a cabo la comunicación.

Estas normas son los protocolos de comunicación, los cuales se analizan en la siguiente sección identificando sus características más importantes y su aplicación en el servicio VoLTE.

4.1 Diameter

El protocolo **Diameter** es definido por la **IETF en el RFC 3588** y se presenta como una extensión de su antecesor, Radious, con una serie de mejoras.

Se utiliza principalmente en el núcleo IMS para llevar a cabo tares de AAA (Authentication, Authoritation y Accounting) sobre SCTP (IETF RFC 5061) o TCP (IETF RFC 793).

4.1.1 Estructura de los mensajes

El intercambio de mensajes es asíncrono, es decir, se basa en modelo petición respuesta relacionadas con el código de comando.

```
 0                   1                   2                   3
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|    Version    |                 Message Length                |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
| command flags |                  Command-Code                 |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                         Application-ID                        |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                      Hop-by-Hop Identifier                    |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                      End-to-End Identifier                    |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|  AVPs ...
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-
```

Figura 34 Estructura mensaje Diameter [RFC 3588]

De esta cabecera los campos más interesantes son:

- **Command code**, indica la intención del mensaje permitiendo la asociación de mensajes.

- **Application-ID**, el cual nos permite identificar la aplicación del mensaje Diameter, es decir, sobre que interfaz está cursando.

Application identifier	Application	3GPP TS
16777216	3GPP Cx/Px	29.228 [1] and 29.229 [2]
16777217	3GPP Sh/Ph	29.328 [3] and 29.329 [4]
16777218	3GPP Re	32.296 [14]
16777219	3GPP Wx	29.234 [6]
16777220	3GPP Zn	29.109 [7]
16777221	3GPP Zh	29.109 [7]
16777222	3GPP Gq	29.209 [8]
16777223	3GPP Gmb	29.061 [13]
16777224	3GPP Gx	29.210 [15]
16777225	3GPP Gx over Gy	29.210 [15]
16777226	3GPP MM10	29.140 [16]
16777229	3GPP Rx	29.211 [17]
16777230	3GPP Pr	29.234 [6]
16777236	3GPP Rx	29.214 [18]

Figura 35 Aplication ID usados en la 3GPP- Resumen [TS 29.230]

- **AVP**, información relevante del mensaje, el cual a su vez presenta la siguiente estructura:

```
 0                   1                   2                   3
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                           AVP Code                            |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|V M P r r r r r|                  AVP Length                   |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                        Vendor-ID (opt)                        |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|    Data ...
+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Figura 36 Estructura AVP Diameter [RFC 3588]

Queda fuera del alcance del proyecto de definir todos los posibles Command Codes o AVP, pero haciendo uso de la Figura 35 con los Application ID se puede acceder a los documentos donde estos están definidos. Así mismo, en el **TS 29.230 se dispone de una referencia de las aplicaciones que utilizan Diameter**.

4.2 SIP

El **protocolo SIP (Session Initiation Protocol) es definido por la IETF en el RFC 3261** que permite el establecimiento, liberación y modificación de las sesiones multimedia. Se a**poya en SDP (Session Description Protocol)** para intercambiar parámetros de capacidad, codificación y anchos de banda de las sesiones multimedia.

Se apoya en un modelo transaccional cliente-servidor con un formato basado en cabeceras. El direccionamiento se realiza mediante las SIP URI (ejemplos de estos son el IMPI e IMPI descritos

en el apartado 3) y puede utilizarse sobre TCP (IETF RFC 793), UDP(IETF RFC 768) o SCTP (IETF RFC 5061).

En SIP se definen dos tipos de entidades servidores y dos clientes:

- **Servidor proxy**, recibe peticiones SIP y las envía hacia otros servidores.
- **Servidor de redirección**, recibe peticiones y además las traduce a una o varias direcciones SIP, pero no reencamina como el Servidor Proxy
- **Agente de usuario** (UA o User Agent), aplicación que recibe o emite solicitudes SIP
- **El Registrador,** que es aquel servidor que recibe las peticiones de registro.

Los mensajes SIP se basan en cabeceras que presenta un formato como el que se muestra:

```
INVITE sip:bob@iptel.org SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 176.54.75.23:5040;rport
Max-Forwards: 10
From: "jiri" <sip:jiri@iptel.org>;tag=76ff7a07-c091-4192-84a0-
d56e91fe104f
To: Bob <sip:bob@iptel.org>
Call-ID: d10815e0-bf17-4afa-8412-d9130a793d96@213.20.128.35
CSeq: 2 INVITE
Contact: <sip:213.20.128.35:9315>
User-Agent: Windows RTC/1.0
Proxy-Authorisation: Digest username="jiri", realm="iptel.org",
algorithm="MD5", uri="sip:jiri@bat.iptel.org",
nonce="3cef753900000001771328f5ae1b8b7f0d742da1feb5753c",
response="53fe98db10e1074
b03b3e06438bda70f"
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 45
```

De los valores anteriores, resulta de gran relevancia el método que identifica la acción.

Se utiliza una gran cantidad de cabeceras, que al igual que en el caso de Diameter, queda fuera de los objetivos del proyecto analizar en detalle. Una referencia útil para **comprender los diferentes procedimientos de control** que tienen lugar en el núcleo IMS es el documento **TS 24.229.**

4.3 GTP

El protocolo **GTP (GPRS Transmision Protocol) es definido** por la 3GPP y en particular en su versión 2, utilizada en el EPC, se encuentra definida en el documento **TS 29.060**.

GTP se implementa sobre UDP (IETF RFC 768) como protocolo de transporte e IP (IETF RFC 791) a nivel de red, y es utilizado tanto en plano de control (GTP-C) como de datos (GPT-U).

La cabecera está compuesta por los campos mostrados a continuación, donde el campo Message Type identificación la operación realizada (Ver tabla 1 TS 29.060 con todos las operaciones posibles de control y datos).

Octets	Bits 8	7	6	5	4	3	2	1
1	Version			PT	(*)	E	S	PN
2	Message Type							
3	Length (1st Octet)							
4	Length (2nd Octet)							
5	Tunnel Endpoint Identifier (1st Octet)							
6	Tunnel Endpoint Identifier (2nd Octet)							
7	Tunnel Endpoint Identifier (3rd Octet)							
8	Tunnel Endpoint Identifier (4th Octet)							
9	Sequence Number (1st Octet)1) 4)							
10	Sequence Number (2nd Octet)1) 4)							
11	N-PDU Number2) 4)							
12	Next Extension Header Type3) 4)							

Figura 37 Cabecera GTP [TS 29.060]

4.4 H248/MEGACO

El H.248 es un protocolo definido por la ITU-T, aunque hay una implementación equivalente del **IETF llamado MEGACO (RFC 3525).** Es un protocolo para controlar los elementos de una pasarela multimedia físicamente separada, que habilita la separación del control de llamada de la conversión de medios. Es un protocolo basado en una arquitectura maestro/esclavo usado para separar la lógica del control de llamada del procesado de los medios.

En IMS se utiliza para controlar pasarelas localizadas en la subcapa de procesado de transporte e instalar configuraciones de apertura de control de acceso a modo de cortafuegos y fijar traducciones.

5 Interconexión VoLTE en Roaming

Ofrecer un servicio en Roaming implica que los usuarios de un determinado operador conocido como operador HOME (HPLMN), utilizan los servicios ofrecidos por otro operador visitado (VPLMN).

Por lo tanto, ambos operadores han de soportar el servicio VoLTE además de estar conectarlos a nivel de red para que el usuario del dominio de un operador pueda hacer uso de los servicios contratados del mismo modo que en su red origen.

En la implementación de esta interconexión aparecen diferentes alternativas, tanto a nivel de transporte (EPS) como a nivel de servicio (IMS), las cuales se analizan en los siguientes apartados.

5.1 Interconexión EPS en Roaming

5.1.1 Home Routing – HRS8

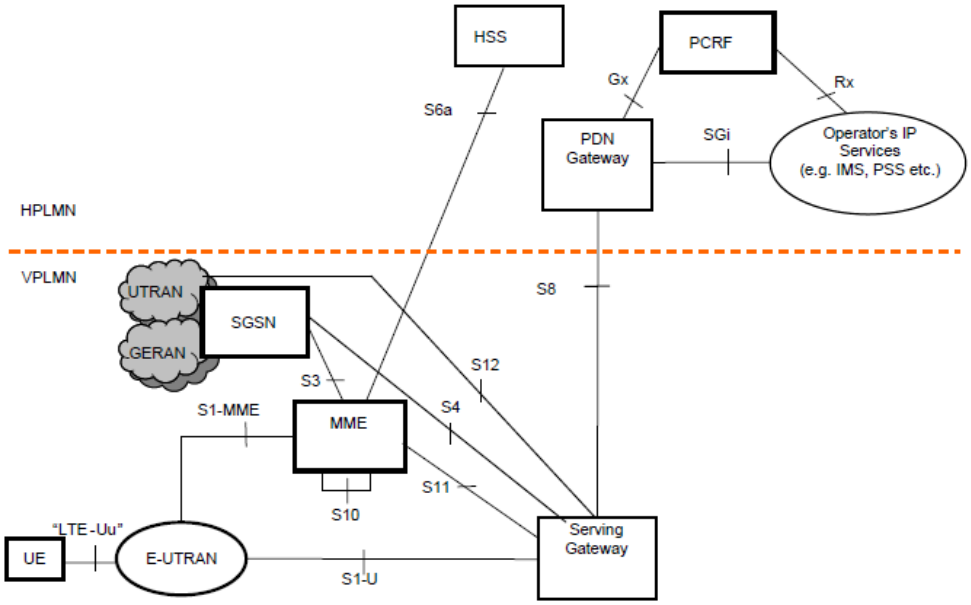

Figura 37 Arquitectura Roaming EPS Home Routing [TS 23.401]

En este caso se implementan entre los operadores las interfaces S6a y S8, de tal forma que el MME de la VPLMN descarga la ficha del usuario a través del s6a, y posteriormente accede a los PDN a través del P-GW de la red Home mediante el interfaz S8 entre el S-GW de la red Visited y el P-GW de la red Home.

5.1.2 Local Breakout -LBO

En este caso se presentan dos variantes en función de la capa de servicio utilizada por el usuario.

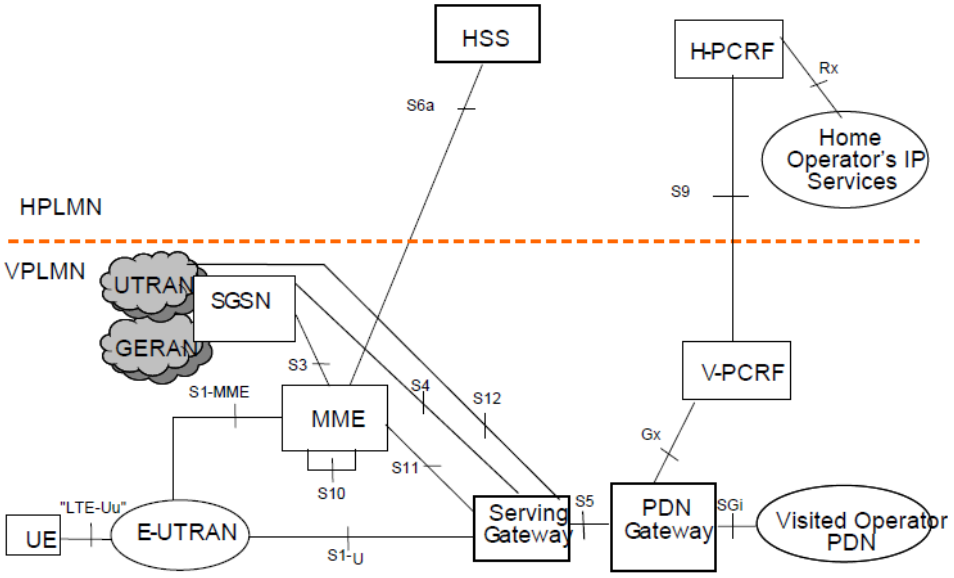

Figura 38 Arquitectura Roaming EPS Local Breakout IMS de la HOME [TS 23.401]

En este escenario el usuario accede a los PDN a través del S-GW de la red visitada, pero la capa de servicio es ofrecida por la HOME.

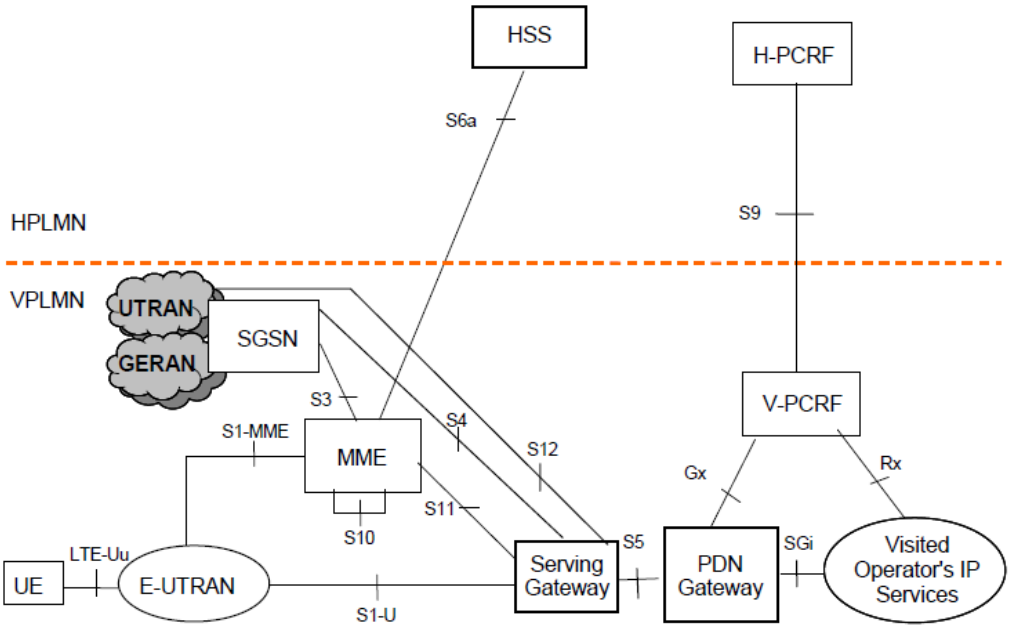

Figura 39 Arquitectura Roaming EPS Local Breakout IMS de la VISITED [TS 23.401]

La diferencia de este último respecto al anterior es que, además de acceder a los PDN por el P-GW de la red visitada, se utilizan los servicios IMS de esta.

En ambos casos es necesaria la implementación del interfaz S9 entre los PCRF Home y Visited.

5.2 Servicios IMS en Roaming

Para que los UE puedan acceder a los servicios IMS necesitan una dirección IP valida dentro del dominio del IMSI.

Es **importante diferenciar entre IMS Roaming e IMS Interworking**, puesto que se trata de conceptos diferentes que permiten ofrecer servicios distintos.

5.2.1 IMS Roaming

El acceso a los servicios del núcleo IMS en roaming presenta dos casos:

- Los **usuarios de la HPLMN acceden al núcleo IMS de la Home,** donde los usuarios accederán con su UE a los nodos de transporte de la VPLMN pero el núcleo IMS se encontrará en la HPLMN, es decir, **no existe interconexión entre los núcleo IMS**.
- Los **usuarios, además de hacer uso de los nodos de transporte de la VPLMN se conectan a su núcleo IMS**, por lo que estos deben estar interconectados.

Ambos son escenarios de roaming ya se hace uso de los servicios, tanto IMS como otros, desde una red de transporte (EPS) diferente a la HPLMN.

Puesto que se ofrecen diferentes alternativas de interconexión EPS, el escenario donde los usuarios hacen uso del núcleo IMS de la HPLMN presenta dos variantes:

- Acceso al **IMS de la Home con Home Routing**, arquitectura mostrada en la Figura 37.
- Acceso al **IMS de la Home con Local-BreakOut** como se puede ver en la Figura 38.

En caso de utilizar el núcleo IMS de la VPLMN, la única interconexión EPS posible es la LBO, puesto que la configuración HRS8 no presentaría ninguna ventaja.

A modo de resumen se muestran las diferentes opciones de roaming IMS:

Tabla 16 Posibles escenarios roaming IMS

Escenario	EPS	Núcleo IMS	Interworking IMS
Escenario 1	HRS8	HPLMN	No
Escenario 2	LBO	HPLMN	No
Escenario 3	LBO	VPLMN	SI

En los siguientes apartados se analiza como se implementa la interconexión de los núcleos IMS y los diferente escenenarios de VoLTE accediento a los nodos IMS de la VPLMN, puesto que en aquellos casos en los que se accede al IMS de la HPMN los procesos serán idénticos al caso de un servicio VoLTE en la propia PLMN.

5.2.2 IMS Interworking

En el caso de **IMS Interworking los núcleos IMS deben estar conectados**, pero esta interconexión no conlleva únicamente ofrecer servicios roaming, sino que es necesaria para la que los dominios IMS este conectados y los usuarios de ambos puedan conectarse entre ellos.

Con el fin de llevar a cabo la interconexión entre los núcleos IMS es necesario implementar la Inter-IMS Network to Network Interface (II-NNI), sobre la cual se implementan los planos de control de sesión y de tráfico de usuario.

Las diferentes alternativas para llevar a cabo esta interfaz se analizan a continuación.

5.2.2.1 Interconexión Ici/Izi

En esta solución el **tráfico de control** de sesión se lleva a cabo utilizando el protocolo SIP **sobre la interfaz Ici que conecta los IBCF** de ambos dominios, mientras que el **tráfico multimedia** transcurre **sobre la interfaz Izi entre los TrGW** (Transition Gateway).

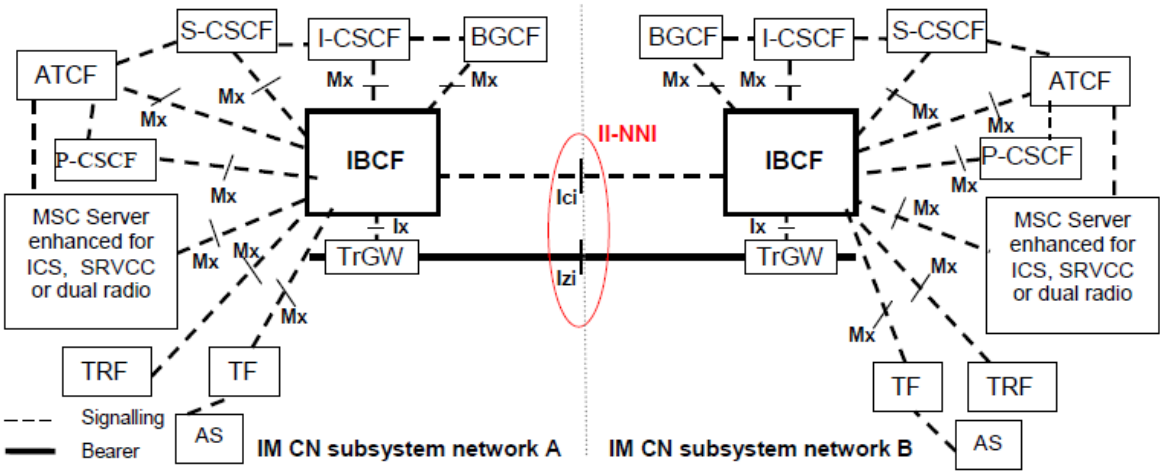

Figura 40 Interconexión Ici/Izi [TS 29.165]

El TrGW (definido en el TS 29.165) esta localizado en los nodos frontera del plano de datos de la red y es controlado por el IBCF. Además de enviar el tráfico multimedia entre los dominios IMS realiza funciones de traducciones IpV4/IpV6 o servicios NAT-PAD.

Los IBFC llevan a cabo funciones de ocultación de topología de red (THIG), control del plano de transporte, control de las adaptaciones multimedia o generación de los registros de facturación entre otras.

5.2.2.2 Interfaces Mw/Gi/Sgi

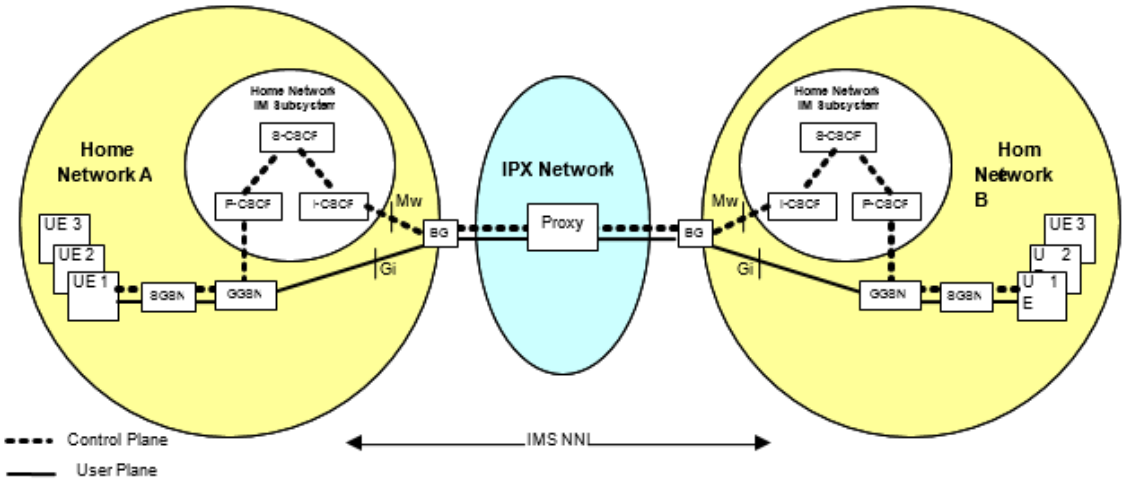

Figura 41 IMS interworking usando IPX [IR34]

En este caso el **tráfico de control SIP se envía sobre la interfaz Mw** y el **tráfico de usuario de usuario sobre el Gi/Sgi.**
El tráfico de usuario ha de ser encapsulado utilizando GRE (Generic Routing Encapsulation) para ser transmitido a través del IPX.

5.3 Diseño final

A pesar que se han analizado las diferentes alternativas para la interconexión del EPS como del núcleo IMS, el diseño final es el mostrado en la figura 42, donde se ha optado por **la implementación Local Break-Out para el EPS y el uso de los interfaces Ici/Izi**.

Es posible ofrecer el servicio VoLTE accediendo al núcleo IMS de la HPLMN y así evitar la interconexión de los núcleos IMS de ambas operadoras, sobre HR o LBO, pero estas configuraciones se han descartado ya que:

- Se considera que la interconexión LBO es la idónea, puesto que el tráfico de usuario de los diferentes PDN se enruta hacia el destino directamente sin necesidad de pasar por la HPLMN.
- Se busca disponer de conectividad completa entre las operadoras, por lo que la interconexión de los núcleos IMS sería necesaria de un modo u otro para permitir que los usuarios de las operadoras establezcan sesiones VoLTE entre ellos.

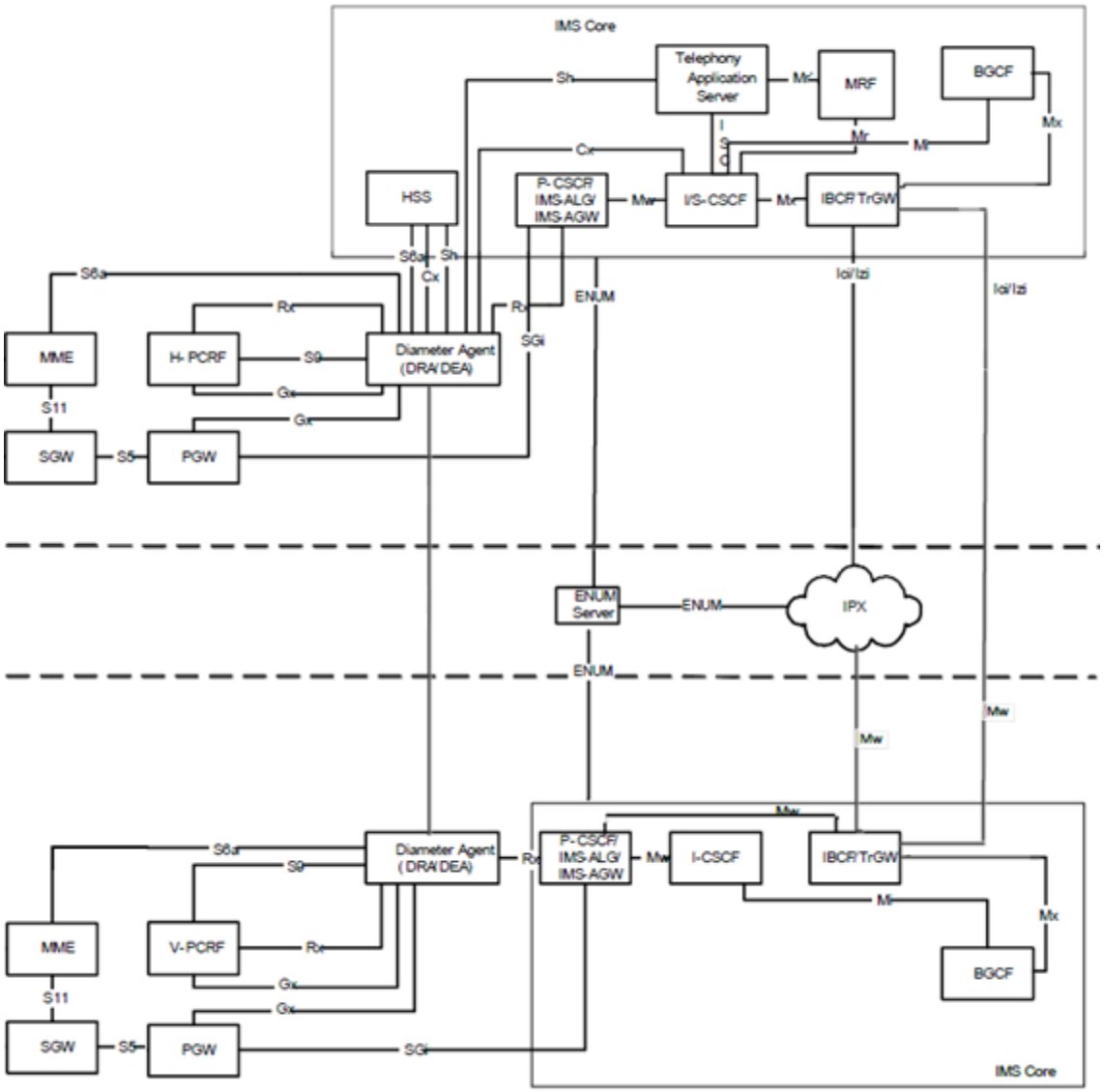

Figura 42 Diseño final VoLTE

5.3.1 Soluciones Routing VoLTE

En el contexto de los servicios VoLTE, la **GSMA ha considerado la configuración RAVEL sobre Local Break-Out (LBO) como la idónea para implementarlo**, pero en grupos de trabajo de la 3GPP y de la GSMA se están debatiendo otros métodos debido a los problemas que esta configuración presenta, como la complejidad de la facturación o las tediosas pruebas cada vez que se lancen los acuerdos comerciales entre operadoras.

Para el análisis de las alternativas de routing VoLTE se considera que el usuario, perteneciente a una red HOME, se encuentra en roaming en una VPLMN (red **Originating**, origen de la señalización) y realiza una llamada a un usuario de un tercer operador (red **Terminating**, destino de la señalización). De esta forma forma se encuentran implicados los servicios de IMS roaming e IMS interworking descritos anteriormente.

En los siguientes casos se asume:

- Entre las operadoras existe un acuerdo de roaming implementando la solución Local Break-Out a nivel de EPS.
- Los usuarios se encuentran registrados correctamente.
- La red VPLMN tiene todo tipo de conectividad con la red Terminating (CS, PS, IMS)
- La interconexión entre las operadoras implicadas es completa.

No se analiza cada uno de los mensajes implicados en los procesos de llamada por su extensión, recomendando al lector el uso del documento **TR 29.949**.

5.3.1.1 RAVEL

La solución **RAVEL** (Roaming Architecture for Voice ove IP Multemedia Subsystem with Local Breakout) **donde el TRF** (Transit Roaming Function) **llevan a cabo el enrutamiento de las llamadas**, correlando las patas de llamada, generado los CDRS e interconectándose con la red PSTN.

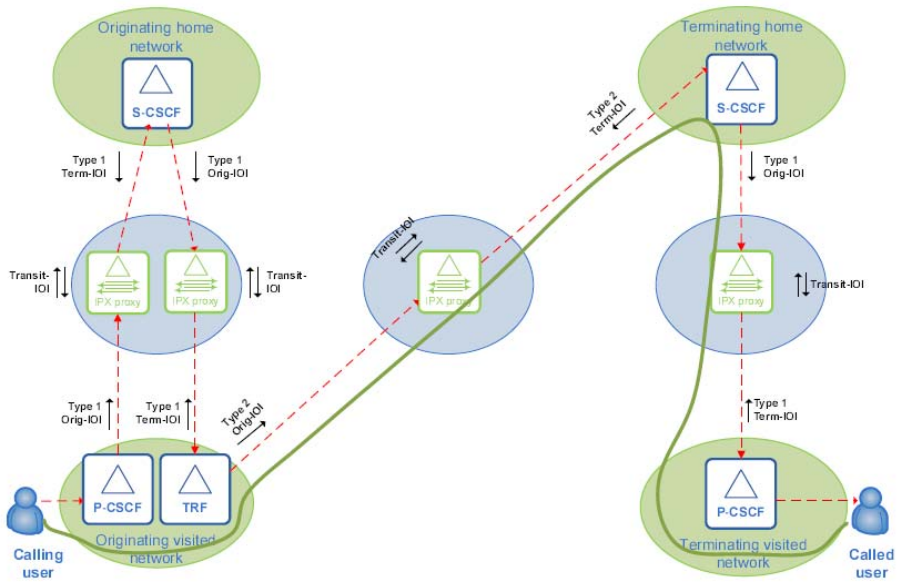

Figura 43 Diagrama conceptual Ravel [TR 29.949]

En este caso es la VPLMN quien toma las deciciones de enrutamiento para alcanzar la red terminating, y envía el tráfico de usuario directamente sin pasar por la HPLMN del usuario llamante. El proceso de llamada es el siguiente:

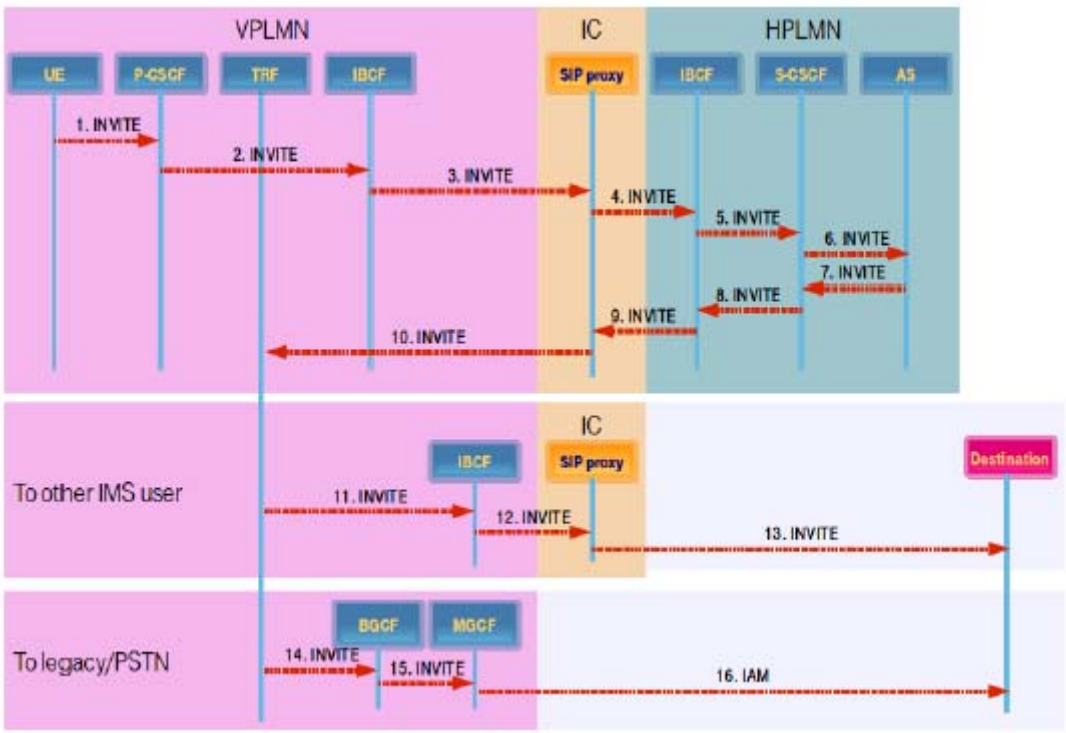

Figura 44 Proceso de llamada RAVEL [RILTE15]

1. El UE envía el inicio de sesión, Invite, hacia el lado remoto a través del P-CSCF.
2. El P-CSCF envía el Invite hacia la HOME network resolviendo el FQDN, a través del IBCF. Añade la dirección del V-CSCF en el Invite.
3. El IBCF añade la información OMR (Optical Media Routing[2]) necesaria para alcanzar la HOME.

```
INVITE sip:destination@
ims.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org;user=phone
Route: <optional: Interconnection_Carrier_Entrypoint>,
<HomeNentwork_Entrypoint>, <optional: further home network
related entries, possibly encrypted>;lr
Record-Route: IBCF_VPLMN, P-CSCF_VPLMN
Feature-Caps: +g.3gpp.trf=<TRF>
P-Visited-Network-ID: <address of the visited network>
--- SDP ---
c=IN IP4 <TrGW-Addr.> (TrGW: media GW assigned to outgoing IBCF)
m= audio <TrGW-Port> RTP/AVP 96
a=visited-realm:1 <identifier of the visited network> IN IP4
<UE_IP_Addr> <UE_Port>
a=visited-realm:2 <identifier of the interconnection provider> IN
IP4 <A-BGFv_IP-Addr> <A_BGFv_Port> (provides for VPLMN internal
OMR the media IP-address/port of the BGF controlled by P-CSCF_VPLMN
serving the calling UA)
```

4. El IPX (o redes intermedias) aplica el OMR necesario para alcanzar la HOME.
5. EL IBCF de la HOME envía el Invite hacia el S-CSCF.
6. El S-CSCF realiza la invocación del servicio.
7. El S-CSCF basándose en la subscripción del usuario y los iFC contacta con los AS apropiado para aplicar los servicios suplementarios que correspondan. Después de esto,

[2] En Requisitos Técnicos se analiza en mayor detalle el OMR

alcanza la red VISITED en base a la información de ruta (campo Route) recibida en el Invite.

8. El IBCF aplica de nuevo las reglas OMR para alcanzar la VISITED.
9. El IPX (o redes intermedias) aplican el OMR necesario para alcanzar la VISITED.
10. Cuando el Invite alcanza de nuevo la VISITED, llega al TRF, el cual decide cual es la mejor ruta para alcanzar el destino de la llamda.

11-13 Se enruta la llamada hacia el destino.

Este procedimiento puede presentar variantes en aquellos casos en los que se desee enviar la llamada hacia la PSTN, siendo posible realizar este breakpoint en la VPLMN o en la terminating.

5.3.1.2 Home Routing

En esta solución el enrutamiento es decido por la red Home, tanto si el destino es un usuario IMS como de la PSTN.

Existen varias motivaciones a la hora de implementar esta solución:

- Simplicidad para realizar la intercepción legal de las llamadas.
- La inserción de locuciones por parte de la HOME.
- La red HOME tiene control para determinar las rutas más baratas de acuerdo a sus intereses comerciales.

El diagrama conceptual sería el que se muestra en la Figura 45:

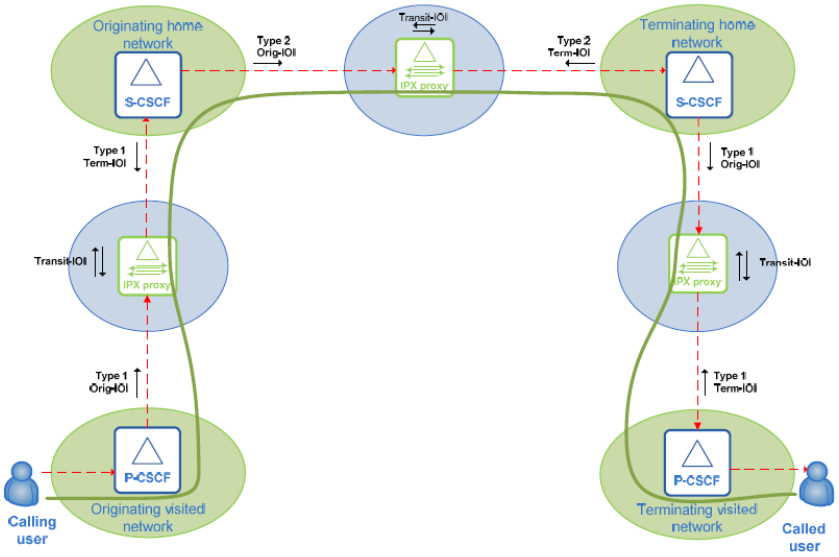

Figura 45 Diagrama Conceptual Roaming con Home Routing del tráfico multimedia [TR 29.949]

Se puede ver, en el diagrama de llamada que se muestra, que la red donde se encuentra el usuario que recibe la llamada (red terminating) se alcanza desde la red HOME del usuario llamante, por lo que tanto el tráfico de control como de usuario van desde la VPLMN a la HPLMN y finalmente a la red terminating.

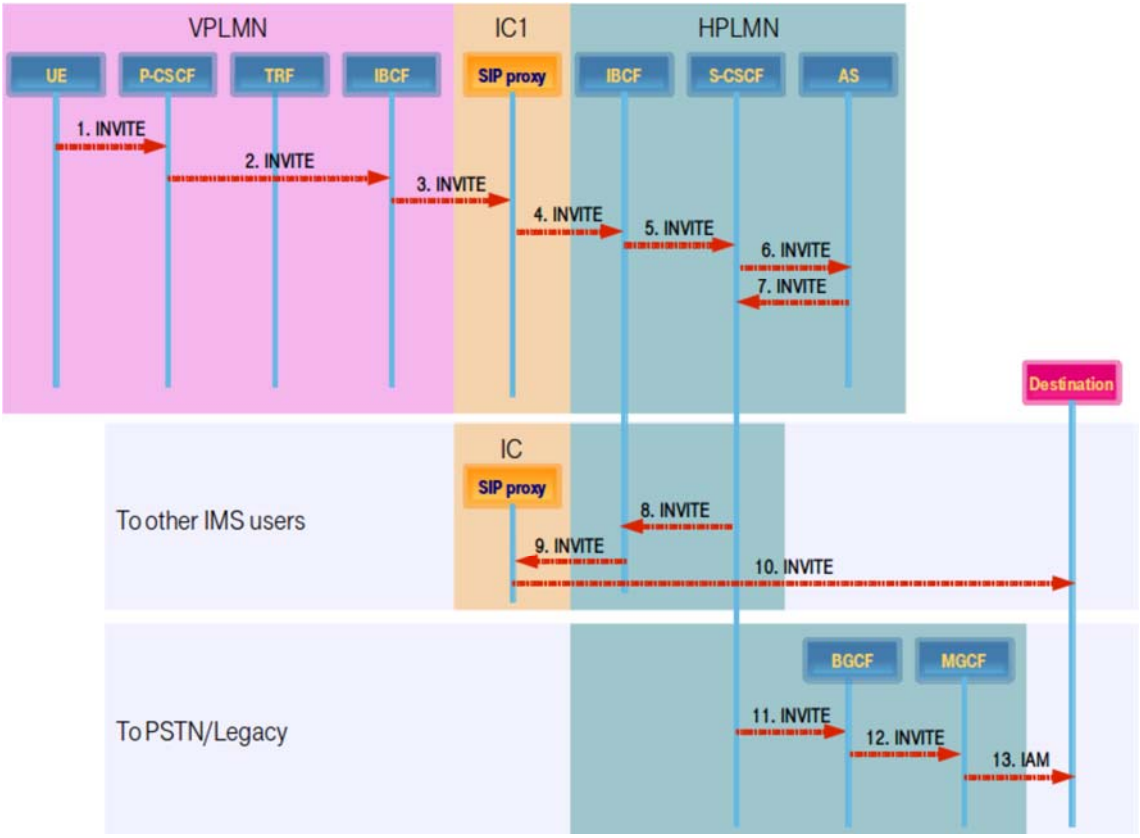

Figura 46 Proceso de llamada HOME Routing [RILTE15]

5.3.2 Impacto de las soluciones

En el documento TR 23.850 creado por la 3GPP en colaboración con la GSMA se analizan multitud de soluciones alternativas, la cuales pueden considerarse variaciones sobre las aquí presentadas.

En la tabla 17 se realiza una síntesis de las implicaciones que conlleva la implementación de cada una de las soluciones por parte de la operadora HPLMN.

Tabla 17 Impacto de las soluciones Roaming VoLTE

	Home Routing	**RAVEL**
Interconexión con la VPLMN	Plano de control y de usuario	Se pueden separar plano de control y usuario
Intercepción legal	Simple	Solo si la VPLMN permite la intercepción a la HPLMN
Anuncios	Sin cambios respecto a los servicios tradicionales.	Se debería implementar la solución OSCAR
eSRVCC	Varias implementaciones	Sin impacto
Tráfico de control	Optimización de señalización	Adición de una pata adicional
Tráfico de usuario	VPLMN→HPLMN→Terminating	VPLMN →Terminating
Impacto en VPLMN	La VPLMN debe correlar los CDRS.	Adición de TRF (Transit Roaming Function)

Facturación	Se depende del P-CSCF de la VPLMN	El TRF almacena toda la información.
Pruebas de nuevos acuerdos	Simple	Aumento de cantidad de test para comprobar las redes terminating.

Tras el análisis de las posibles soluciones **se opta por la implentación la solución Home Routing** puesto que en esta solución la HPLMN, quien es la que finalmente ofrece los servicios a los usuarios, tiene control total sobre el routing del servicio, además de una mayor capacidad para realizar las labores de mantenimiento y detección de averías.

Cada operadora HPLMN puede decidir la solución a implementar, puesto que en la misma VPLMN ambas soluciones pueden coexistir.

5.4 Requisitos técnicos

Para llevar a cabo **solución LBO a nivel de conectividad EPS con los núcleos IMS conectados a través de los interfaces Ici/Izi,** usando la alternativa de **Home Routing a nivel de sesión** es necesario la implementación de las interfaces que se muestran en la tabla 18, con las entidades implicadas y los protocolos utilizados en ellas.

Tabla 18 Interfaces interconexión VoLTE

Interfaz	Entidades que interconecta	Protocolo	Descripción
S6a	MME Visited HSS Home	Diameter	Interfaz de control entre HSS y MME, a través de la cual se descarga la ficha de cliente y se autentica el usuario.
S9	PCRF Visited PCRF Home	Diameter	Interfaz para la aplicación de las reglas PCC. Necesaria en los **escenarios con Local Breakout y Home Routing con PMIP**.
Ici	IBCF Visited IBCF Home	SIP	Interfaz de control de sesión entre núcleos IMS.
Izi	TrGW Visited TrGW Home	Megaco	Interfaz para el tráfico múltimedia de las sesiones IMS.
Mw	Entre CSCFs	SIP	Utilizado por los CSCF para reenviarse señalización SIP de registro o control de sesión (originada desde o destinada a un UE) entre ellos según sus criterios de encaminamiento.

SGi		IP – U Radious/DHCP-C	Interfaz entre el P-GW y el PDN

Con el propósito de crear esta interconexión son necesarios una serie de requisitos técnicos que se analizan a continuación.

5.4.1 IPX

Los servicios IMS, así como el resto de servicios de las redes 2G y 3G o incluso las redes fijas que hacen uso de las redes de paquetes, requieren de conectividad IP. Para esto los operadores pueden optar por la creación de conexiones directas entre sus nodos o hacer uso de un proveedor IP o IPX (IP Packet eXchange).

El establecimiento de una cuerdo IP directo entre operadores queda fuera del alcance de este proyecto, por lo que se analizará a un alto nivel, la arquitectura de un IPX así como los servicios ofrecidos por estos proveedores para asegurar el servicio VoLTE.

5.4.1.1 Arquitectura y servicios

Los IPX ofrecen:

- Servicio GRX (GPRS Roaming eXchange) sin QoS, incluido MMS.
- End-To-Ent QoS, necesarios para los servicios IMS.
- Varias soluciones de conectividad: IPX Transport, IPX Service Transit o IPX Service Hub entre otras.
- Servicios DNS y ENUM de acuerdo a al establecido en el IR67 de la GSMA

Debe ofrecer estos servicios cumpliendo los requisitos de seguridad establecidos en el IR77 de la GSMA, además de cumplir con otros requisitos como la transparencia y neutralidad, la generación de CDR o traducción IPV4/IPv6 entre otros.

La arquitectura básica se muestra a continuación, aunque puede presentar variaciones en función de los servicios ofrecidos.

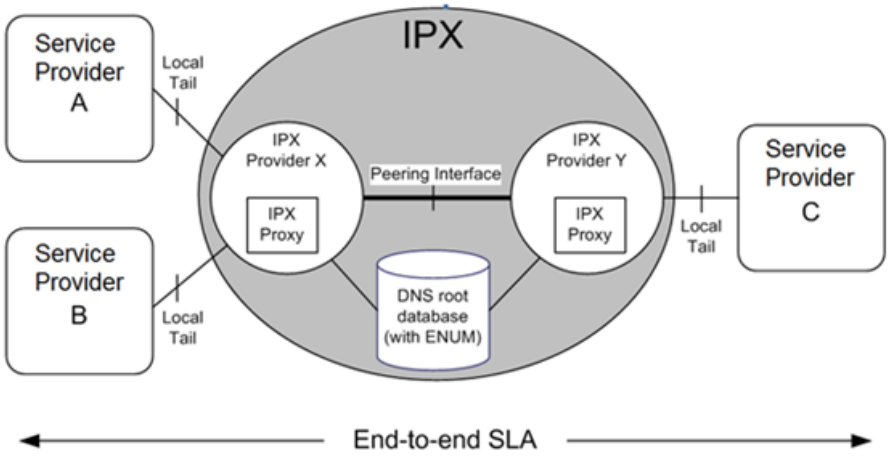

Figura 47 Interconexión Arquitectura IPX [IR34]

Los operadores (Service Providers en la Figura 47) deben de configurar en sus nodos el routing adecuado para alcanzar los nodos del operador destino, enviando su tráfico a través del IPX.

Estos operadores pueden tener más de un proveedor IPX, por lo que se pueden presentar caminos redundantes en sus BG/Firewall para alcanzar el mismo destino.

5.4.1.2 QoS

Para ofrecer servicios VoLTE es necesario que el IPX ofrezca garantía de QoS punto a punto, para la cual se deben cumplir requisitos en cuanto disponibilidad, retardo, jitter y pérdida de paquetes.

En el documento de la 3GPP TS 23.203 se definen los QCI ofrecidos en el EPS, lo que llevado a términos de la conectividad IPX se traduce en la siguiente tabla:

Tabla 19 : Mapeo de QCI EPS a CoS/ DSCP [IR34]

EPS	QoS Information			Ethernet Transport		IP transport	
QCI	**Traffic Class**	**THP**	**Signalling indication**	**CoS**	**Binary**	**Diffserf PHB**	**DSCP**
1	Conversational	N/A	N/A	5	101	EF	101110
2							
3							
4	Streaming	N/A	N/A	4	100	AF41	100010
5	Interactive	1	Yes	3	011	AF31	011010
6			No	3	011	AF32	011100
7		2	No	2	010	AF21	010010
8		3	No	1	001	AF11	001010
9	Background	N/A	N/A	0	000	BE	000000

En la primera columna aparecen los QCI definidos para el EPS, el resto de columnas muestran los parámetros necesarios para ofrecer la conectividad implícita en dicho QCI.

- **Traffic Class**, con cuatro posibles valores: Conversational, Streaming, Interactive y Background
- **THP** o Traffic Hand Priority
- Parámetros para el **transporte Ethernet** (parémtros CoS y Binary) o **IP** (parámetros PHB y DSP del protocolo DiffServ)

Esta capacidad ofrecer QoS diferenciados es necesaria para implementar un servicio VoLTE independientemente de que se trate de un escenario de IMS interworking o IMS roaming, al

mismo tiempo que permite implementar la capacidad Optimal Media Routing que se describe a continuación.

5.4.2 Optimal Media routing

El **IPX debe soportar la funcionalidad Optimal Media Routing (OMR),** con la finalidad de que los operadores implicados puedan **establecer el plano de usuario de tal forma que se garantice una experiencia de usuario**, al menos equiparable a una llamada sobre conmutación de circuitos.

Los procedimientos OMR son llevados a cabo por la entidades IMS que son capaces de controlar los recursos multimedia y manipular las sesiones Session Description Protocol (SDP), o lo que es lo mismo, aquellas entidades que pueden actuar como Application Level Gateway (ALG) o como User Agent (UA):

- IBCF actuando como IMS-ALG
- P-CSCF actuando as IMS-ALG
- AS como B2BUA adaptando los procesos IMS-AL al MRF
- AS como B2BUA adaptando los procesos UA al MRF
- MGCF actuando como UA

Entre los **procesos generales de OMR** se encuentra la **encapsulación de la información SDP o la modificación de la información relativa a las codecs** entre otros.

Analizar en detalle cada uno de estos procedimientos no es uno de los objetivos del proyecto, pero a modo de ejemplo se muestra el formato de un mensaje SIP Invite, donde mediante el protocolo SDP se define la sesión de usuario:

```
INVITE SIP: user_B@operator_Y.net; SIP/2.0
SIP headers according to 3GPP TS 24.229 [4]
Content-Type: application/sdp
Content-Length: (…)
v=0
o=- 2987933615 2987933615 IN IP4 192.0.2.1
s=
t=0 0
c=IN IP4 192.0.2.1
m=audio 49170 RTP/AVP 96 97
a=curr:qos local none
a=curr:qos remote none
a=des:qos mandatory local sendrecv
a=des:qos none remote sendrecv
a=rtpmap:97 AMR
a=fmtp:97 mode-set=0,2,5,7; mode-change-period=2
a=rtpmap:96 telephone-event
a=maxptime:20
```

Fuente TS 29.079

Las capacidades multimedia son definidas en el TS 26.114, y es necesario que sean soportadas tanto por el UE como por los nodos IMS de las redes implicadas. Alguna de estas:

- **Codecs**. Se debe soportar codecs Adaptative Multi-Rate (AMR)
- **Protocolos de transporte de información.** Tanto el UE como los nodos deben implementar el plano de usuario utilizando RTP sobre UDP

5.4.3 Diameter Agent

Varias de las interfaces detalladas en los apartados anteriores utilizan Diameter como protocolo de comunicación entre diferentes entidades, por lo que para ofrecer un diseño escalable, flexible y de fácil mantenimiento se implementa un agente **Diameter puente, DEA (Diameter Edge Agent)**, siendo este el único contacto de la PLMN.

En el RFC 3588 Diameter Base Protocol se definen cuatro tipos de agentes Diameter:

- **Diameter Relay**, el cual retransmite los mensajes sin inspeccionar el mensaje, simplemente lo enruta de acuerdo a su información.
- **Diameter proxy**, cuya principal diferencia es que este puede inspeccionar los mensajes Diameter para aplicar políticas de control o añadir información (AVP).
- **Redirect Agent**
- **Translation Agent**, utilizado para realizar la traducción entre dos protocolos, usualmente Diameter y Radious.

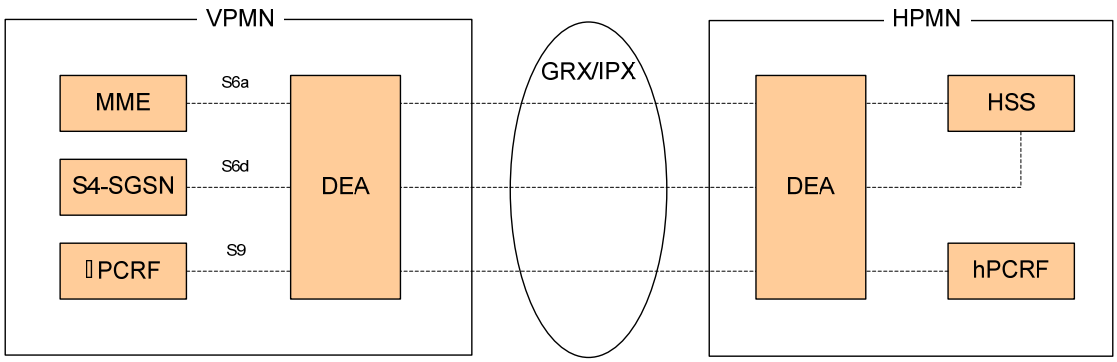

Figura 48 Arquitectura Diameter para Roaming [IR88]

5.4.4 DNS

El sistema de DNS (Domian Name Server) es crítico tanto para el funcionamiento del servicio GPRS/LTE como para la interconexión IMS.

Este sistema permite la traducción de nombres a IP, aunque la finalidad del DNS dentro de un IPX es totalmente diferente al sudo de Internet. En estos permite la resolución de los nombres de los nodos de los MNO, convirtiéndolo en un servicio de vital importancia para el interworking y la estabilidad de las redes.

5.4.4.1 Arquitectura

El servicio DNS presenta una arquitectura donde los DNS de los GRX/IPX o incluso los DNS de las propias operadoras, trabajan en modo esclavo, Slave Root, de un Master Root al que se sincronizan a través de las zonas de transferencia.

Con este mecanismo se busca añadir una capa extra de seguridad además de asegurar congruencia de la información en todos Slave Root.

La información de la Master Zone se almacena en el fichero de la Master Zone, el cual recibe su información de varias fuentes como pueden se los operadora, los GRX/IPX provider, y además es validado y controlado por los Master Root Server Provider, los cuales operan bajo la autorización de la GSMA.

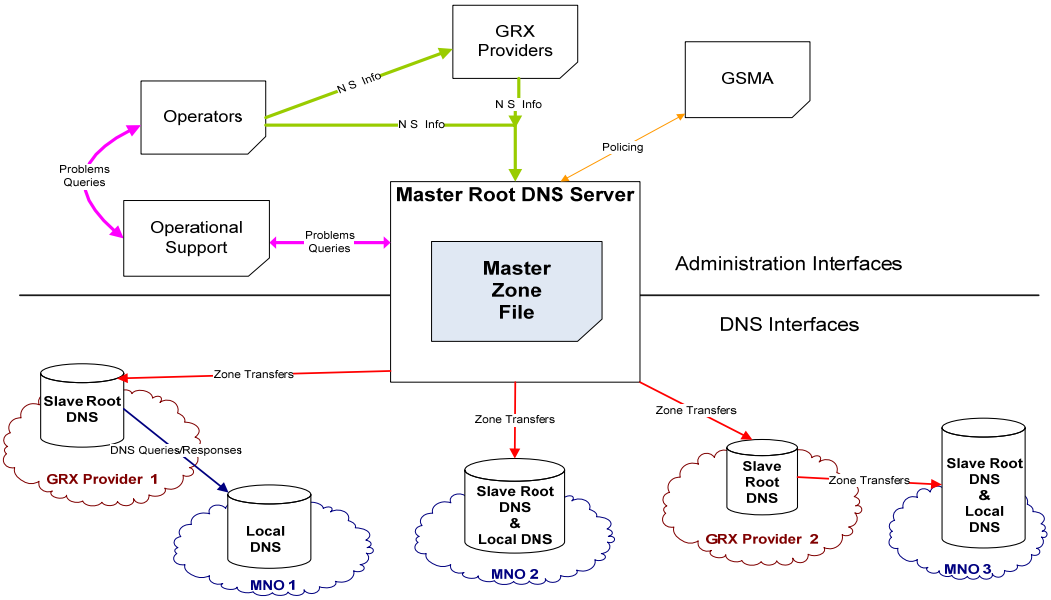

Figura 49 Arquitectura DNS [IR67]

5.4.4.2 Resolución de nombres

En la arquitectura presentada, la resolución de nombres permite que a los resolutores (nodos que necesitan realizar la traducción) obtenga la IP buscada mediante el siguiente procedimiento

1. Consulta a su DNS local, el cual delega la consulta en el Slave Root de su propio dominio o de su GRX/IPX.
2. Si este Slave Root conoce la resolución le responderá directamente. En caso de no conocerla, la petición es enviada al Master Root.
3. El Master Root devuelve la dirección de los DNS encargados del dominio consultado (authoritative DNS)
4. Se consulta a los DNS authoritative.
5. Estos authoritative DNS responden con la IP asociada a la consulta realizada.

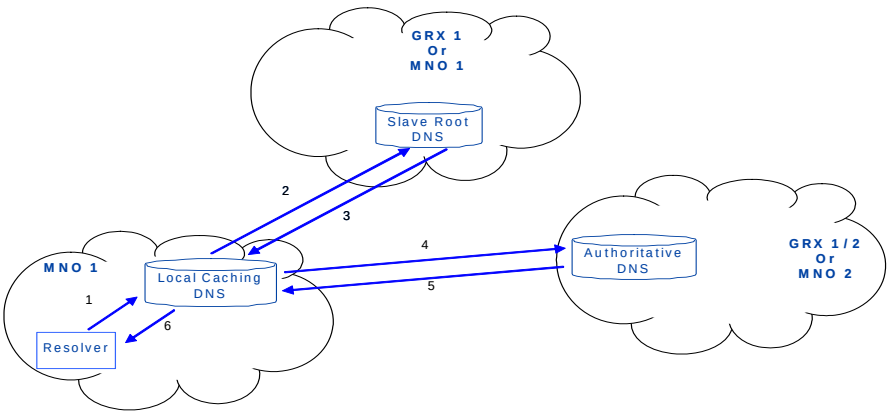

Figura 50 Procedimiento de resolución DNS [IR67]

5.4.4.3 Dominios

A diferencia de los DNS de internet, en los DNS IPX existe un número limitado de dominio.

- **.gprs.** Usado principalmente para el servicio GPRS, aunque también es utilizado en los RAT (Routing Area updates) y en los handovers entre SGSN.
- **.3gppnetwork.org,** usado en los realms de EPC y el enrutamiento SIP
- **.ipxsp.org**. No es utilizado para nigún servicio en especial, aunque los proveedores de servicios pueden utilizarlos.
- **.e164enum.net**. Dominio de las consultas ENUM.
- **.in-addr.arpa.** Reservado para los lookups inversos.
- **.ip6.arpa.** Reservado para los lookups inversos en IPv6.
- **.ipxnetwork.org**. Sin uso particular.

Nombres EPC

Los nombres de los nodos del EPC o realms deben seguir el siguiente formato:

```
epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

Donde MNC corresponde al código del operadora y el MCC al código del país.

Nombres IMS

En el caso de los nodos IMS, el formato es el siguiente:

```
<Node name>. ims.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

Donde, al igual que en el nombre de los nodos EPC, el MNC corresponde al código del operadora y el MCC al código del país.

5.4.5 Traducción de numeraciones E-164. ENUM

Tal y como se ha descrito en el la sección de direccionamiento y nombre del núcleo IMS, los usuarios de la red VoLTE son identificados y localizados a través de sus identidades públicas, las cuales pueden tener diferentes formatos como por ejemplo E.164, sistema de numeración esta compuesto por CC+NCD+CC.

En la actualidad la asignación de numeraciones se complica debido a la portabilidad numérica entre operadoras, por lo que no es posible asociar los rangos de números a una operadora propietaria.

Haciendo uso del mecanismo ENUM es posible traducir una numeración E.164 a una dirección IP realizando la consulta de portabilidad, además de obtener una lista de servicios asociados.

Esta tecnología ha sido estandariza por el IETF y especificada por la GSMA en el IR67.

En la Figura 51 se muestra de forma el procedimiento de resolución:

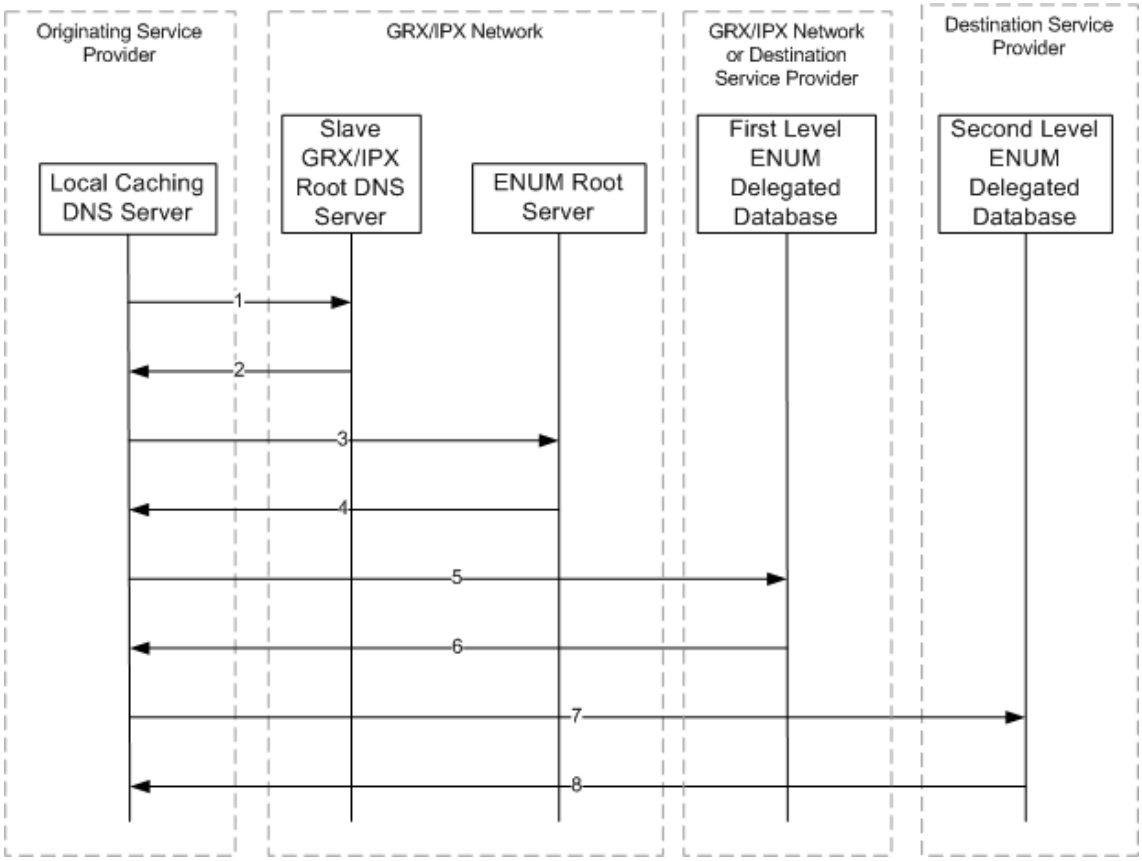

Figura 51 Procedimiento de resolución de E-164 a IP [IR 67]

En el procedimiento anterior, haciendo uso de los DNS de forma similar a la que se obtienen las IPs de los nodos de transporte, se resuelve con la IP del servidor ENUM que utiliza la MNO para resolver las numeraciones E.164, el cual delega la consulta hasta encontrar la dirección IP asociada a la numeración.

Las consultas presentan formato que se muestra:

```
sip:+<E.164_number>@<xxx>.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org;user=phone
```

Donde:

- SIP indica el protocolo utilizado
- E.164, numeración que se busca
- <xxx>.mnc<MNC>.mcc<MCC> nombre establecido mas el MNC/MNC de la MNO.

El resultado de la consulta al servidor ENUM será el nombre del Gateway que permitirá enrutar la llamada hacia el destino, el cual será traducido a una dirección IP destino haciendo uso de un servidor DNS.

Este Gateway corresponde con la entidad MGCF de la arquitectura del núcleo IMS mostrada en el apartado 3.3.1 de este documento.

El proceso completo se muestra en la siguiente figura.

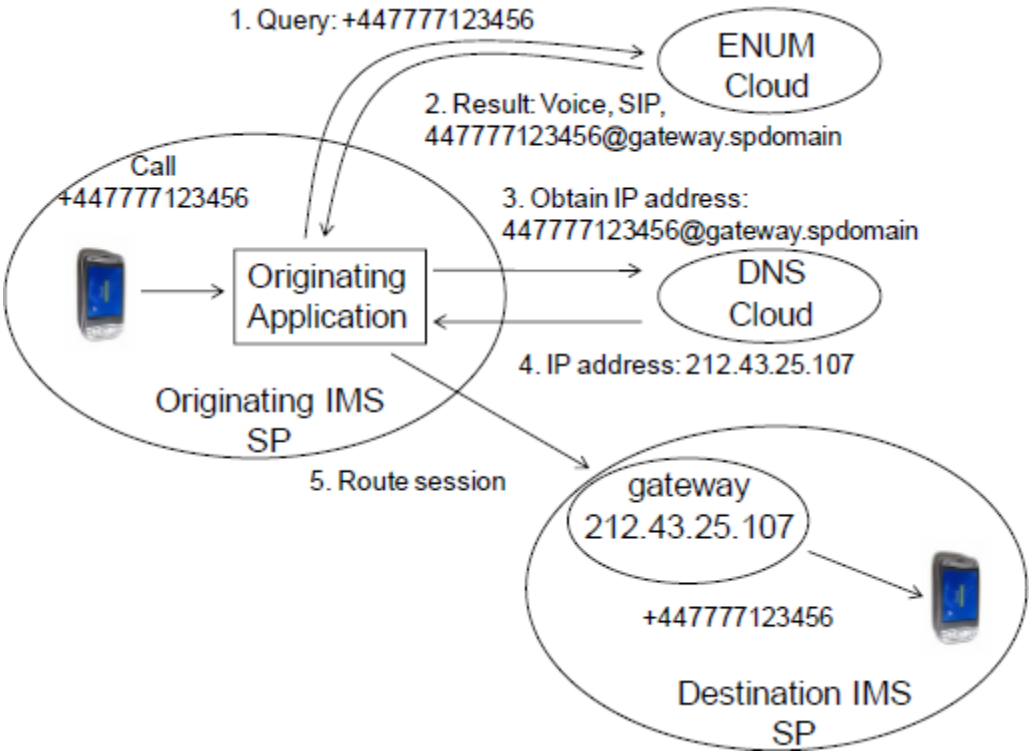

Figura 52 Funcionalidad ENUM [Volte14]

5.4.6 Complementación con redes Circuit Switched

Con el objetivo de ofrecer a los usuarios un servicio de ámbito global se han de contemplar aquellos **escenarios en los que la red LTE se complemente con las redes Legacy** o de conmutación de circuitos. Es posible que los usuarios realizan roaming en redes en la que aún no se ofrecen la tecnología VoLTE o tan siquiera servicios LTE.

5.4.6.1 Single Radio Voice Call Continuity (SR-VCC)

En el TS 23.216 se presenta el **Single Radio Voice Call Continuity (SR-VCC) para permitir handover entre E-UTRAN y otras redes de acceso,** como las redes Legacy o las NO-3GPP como WiFI (VoWiFi).

Este servicio permite el traspaso de una llamada en curso entre los diferentes nodos, para lo que es necesario incluir en la arquitectura el Service Call Continuity Application Server(SCC AS), el cual se encarga de alertar a las MSC de la presencia del UE, para que este este disponible para continuar con la llamada.

A su vez, este AS es el encargado de transferir la llamada RTP a las MGW controladas por la MSC.

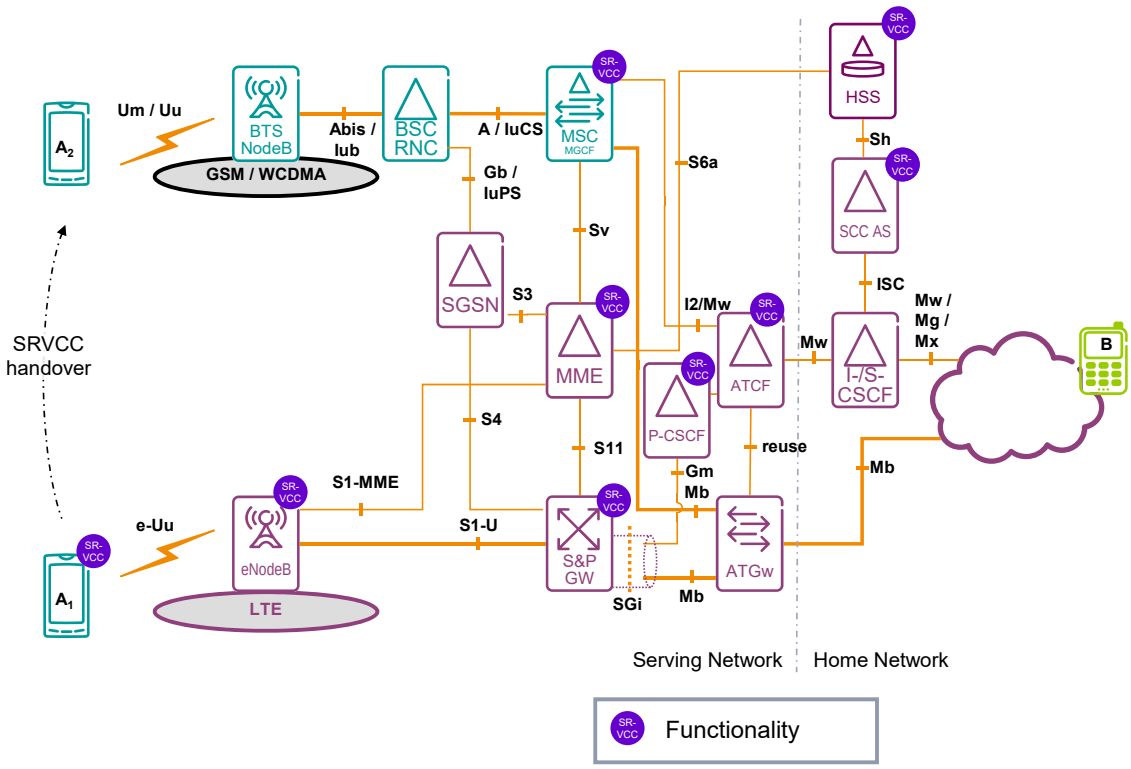

Figura 53 Arquitectura SR-VCC [IR64]

5.4.6.2 CS Fallback

En aquellas redes en la que no esté disponible el servicio VoLTE una posible solución es realizar una registro conjunto, tanto en la red LTE como en la red 2G/3G. De esta manera cuando sea necesario realizar una llamada de voz esta se cursará a través de la red de circuitos.

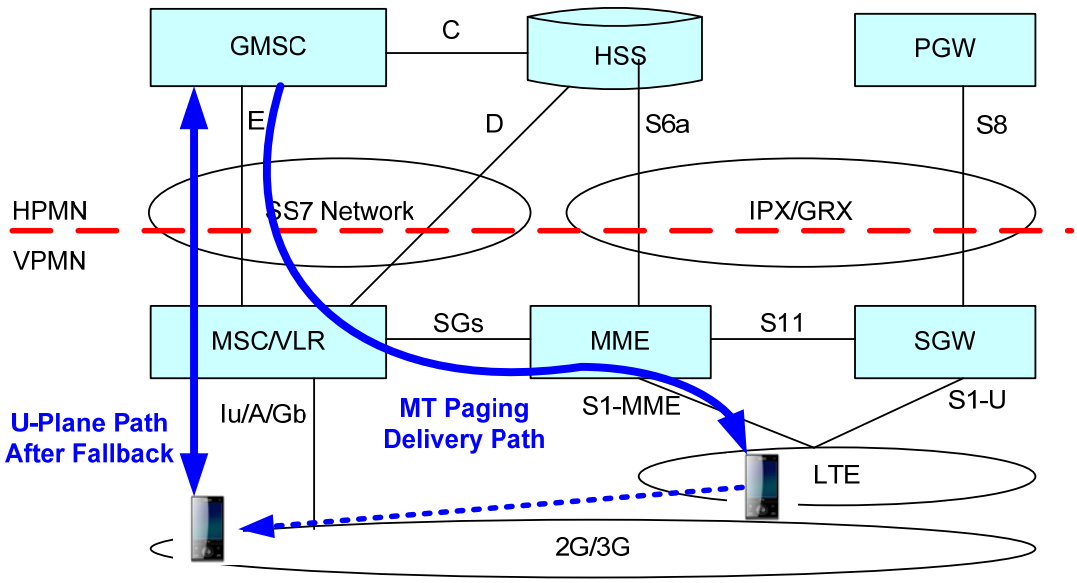

Figura 54 CS Fallback [IR.88]

6 Señalización END-TO-END

En este apartado se muestra uno de los procedimientos básicos implicados en el servicio VoLTE en un escenario de roaming, el resgistro.

Se pretende mostrar los procesos implicados tanto a nivel de transporte, con mayor nivel de detalle en la parte de núcleo o EPC, como en la capa de servicio, realizando mayor énfasis en la señalización de control.

Se recomienda la lectura de [Volte14], el TS 23.228 y el TS 24.229 donde aparece una gran cantidad de ejemplos de señalización así como un mayor detalle de los procesos implicados.

Así mismo, este apartado se complementa con el apartado 5.3.1 Escenarios VoLTE donde se analizan las diferentes configuraciones posibles para implementar el servicio. En dicho apartado se parte del supuesto de que el usuario se encuentra registrado en el núcleo IMS, por lo que los procesos que se muestran a continuación han de ser un requisito previo para llevar a cabo llamadas VoLTE.

6.1 Registro VoLTE

De acuerdo a lo descrito en el apartado de Arquitecturas, el EPS ofrece garantía de QoS End-To-End mediante la creación de sesiones EPS que son definidas por las reglas PCC que el PCRF instala en el PCEF (o P-GW en el caso del EPC).

El cliente puede disponer de varias sesiones EPS, y estas asociadas a los diferentes APN que figuran en su perfil EPC.

Así mismo, el usuario es a la vez subscriptor de uno o varios servicios, tal y como debe figurar en su perfil IMS.

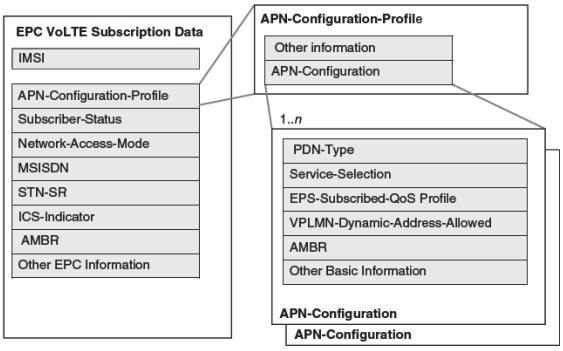

Figura 55 Perfil EPC
[PoikselkäHolmaHongistoKallioToskala12]

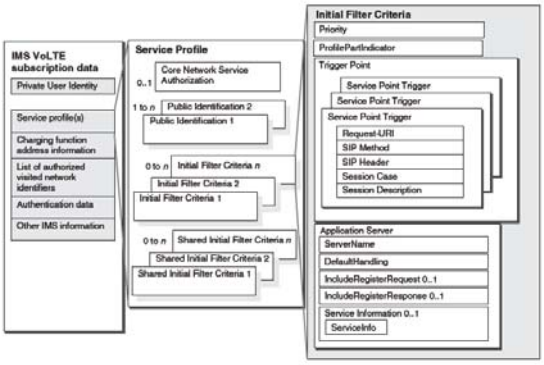

Figura 56 Perfil IMS
[PoikselkäHolmaHongistoKallioToskala12]

Esta sección se divide a su vez en dos procesos, el registro en la capa de transporte o EPS y registro en la capa de servicio.

6.1.1 Registro EPS

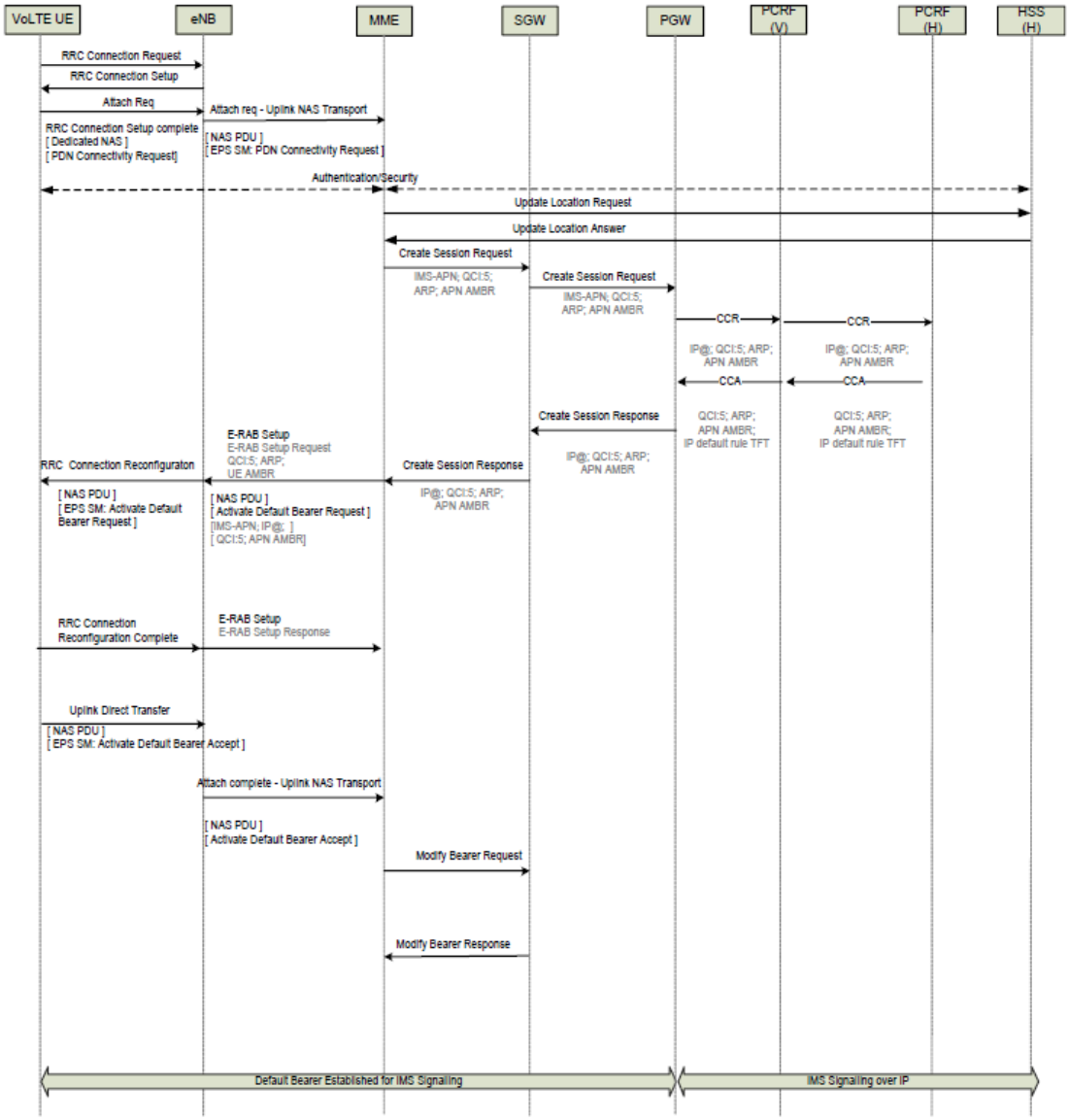

Figura 57 Registro EPS [Volte14]

1. **LTE-Uu –S1**

El UE envía PDN Connectivity Request hacia el MME a través de los interfaces LTE-Uu y S1-MME.

En este mensaje EMM, Attach Retquest, debe ir incluida la siguiente información obligatoria: Protocol Configuration Options (PCO), PDN type, Voice Domain Preference, UE's Usage Setting (indicando si soporta voz IMS) y el mensaje ESM contenido.

2. **MME→HSS**

El MME lleva a cabo el proceso de autenticación y registro para obtener el perfil del usuario.

El UE no debe especificar el APN en el Attach inicial, sino que debe ser el HSS el que lo facilite al MME para establecer la conexión con el PDN. En caso de que este no sea el APN IMS se crearía en una primera instancia el EPS bearer hacia el PDN prefijado.

3. MME→S-GW

El MME inicia el Create Session Request para la creación del Default Bearer para la señalización IMS el cual, de acuerdo a las Figura 20, debe tener el parámetro QCI=5, AMBR (UL/DL) = 100 Kbps/100 Kbps.

El S-GW crea una nueva entrada en la tabla de los beares EPC localizando el TEID de control del bearer creado para el tráfico de control entre el MME y el S-GW.

4. P-GW →PRCF

El S-GW envía el Create Session Request al P-GW, el cual proporciona una IP válida al UE utilizando dynamic PCC para iniciar el CCR (Credit Control Request) hacia el PCRF de la HOME, a través del PCRF de la red VISITED. En este mensaje CCR va contenida la información de localización, la IP del usuario o el RAT entre otras.

De esta forma, el PCRF mapea los datos del UE y obtiene la regla PCC para el default bearer para la señalización IMS.

5. P-GW →S-GW

El P-GW crea una nueva entrada en su tabla de bearers con la información obtenida del PCRF y con los TEID de control y de datos.

A su vez envía el Create Session Response con la IP del UE, el TEID de datos y control, el PCO y parámetros QoS al S-GW.

El P-GW mapea el APN IMS con el P-CSCF recibido en el PCO como el P-CSCF preconfigurado.

6. MME→UE

El MME envía el Attach Accept al e-NodeB, el cual se lo comunica al UE para actualizar la información RRC.

Tras este proceso se dispone de un Bearer EPS Default para el tráfico de señalización IMS END-TO-END.

6.1.2 Registro IMS

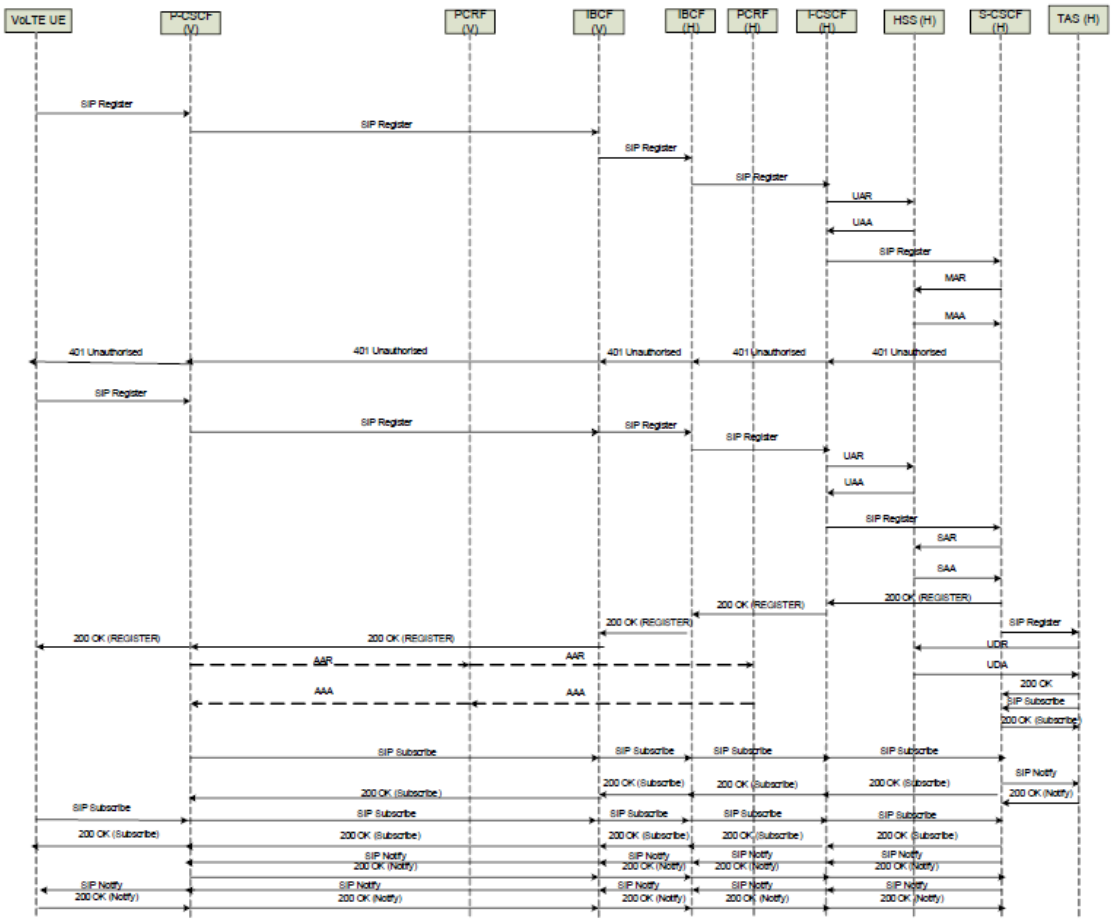

Figura 58 Registro IMS [Volte14]

1. UE→ P-CSCF

El UE inica el SIP Register hacia la IP del P-CSCF obtenida durante el proceso de registro en el EPS, donde figura IMPU e IMPI del subscriptor, la información de acceso o las cabeceras IMS AKA utilizadas en el proceso de autenticación entre otros.

2. P-CSCF → IBCF

El P-CSCF recibe el SIP y añade la cabecera Path con la SIP URI que le identifica, P-Charging-Vector header, P-Visited-Network-ID para identificar el domino.

En el caso de roaming, se identifica que el usuario pertenece a otro dominio, por lo que envía el SIP Register al IBCF, el cual es descubierto haciendo uso del DNS.

3. IBCF-V → IBCF-H

El IBCF modifica el mensaje SIP para realizar funciones de seguridad THIG (de acuerdo a lo definido en TS 24.229) y modifica la cabecera Path antes de enviarlo a la red HOME.

4. IBCF-H → I-CSCF → HSS

El IBCF-V envía el mensaje al I-CSCF, el cual envía el User Athentication Request (UAR) al HSS para validar al usuario y obtener el S-CSCF. En caso de que el usuario no dispongo de un S-CSCF se proporciona al I-CSCF las características que este debe cumplir en el User Athentication Answers (UAA).

5. **S-CSCF – HSS**

Una vez recevido el SIP Register desde el I-CSCF el S-CSCF inicia la Multimedia Authentication Request (MAR) contra el HSS para recibir los vectores IMS-AKA. En este momento el HSS almacena la información del S-CSCF.

6. **S-CSCF →P-CSCF**

El S-CSCF almacena el vector XRES y envía hacia el usuario (haciendo uso de la cabeceras PATH) un mensaje SIP Resgister con código 401 Anathorised incluyendo los parámetros RAND y AUTH.

7. **P-CSCF → UE**

El P-CSCF elimina la clave de cifrado y de integridad y envía al UE el RAND y AUTH. El UE extrae estos parámetros y calcula el RES y envía un nuevo SIP Register al P-CSCF.

8. **P-CSCF-V→S-CSCF-H**

Del mismo modo que los pasos descritos anteriormente se envía el mensaje hacia el S-CCSCF, tras haber sido verificado por el P-CSCF el RES obtenido por el UE.

Se envía de nuevo User Athentication Request al HSS, el cual responde con la dirección del S-CSCF almacenada previamente.

El S-CSCF valida los parámetros de seguridad y realiza un Server Assigment Request (SAR) al HSS ara descargar la ficha del usuario en el Server Assigment Answer (SAA).

El S-CSCF responde con 200 OK.

9. **P-CSCF-H→ PCRF-V→PCRF-H**

El P-CSCF envía el AAR al PCRF-V el cual pasa el mensaje al PCRF-H a través de la interfaz S9 para realizar el mapeo del default bearer para el tráfico de control IMS.

6.2 Beares QoS en EPS

Come se ha indicado anteriormente un usuario VoLTE puede disponer de varias sesiones asociadas a diferentes PDN, las cuales implican la creación de diferentes EPS bearer para el mapeo de los diferentes SDF.

El caso más común es aquel en el que usuario tiene contratado un servicio de acceso a Internet además del servicio VoLTE.

Usuario registrado en ambos PDN

El estado de los beares EPS cuando el subscriptor se encuentra registrado en ambos PDN es el mostrado en la tabla 20.

Tabla 20 EPS Bearer usuario registrado

Bearer	Nombre PCC	Plantilla SDF	GBR	MBR	QCI/ARP	Gating	Charging
Default APN web	Internet	UL: (UE,IP,*,*,*,*) DL: (*,UE,IP,*,*,*)	-	UL:Ilimitado DL:Ilimitado	QCI=9 ARP=7	Abierto	Offline
Default APN IMS	IMS C	UL: (UE,IP,*,SIP,*,UDP) DL: (*,UE,IP,SIP,*,UDP)	-	UL: 100 Kbps DL: 100 Kbps	QCI=5 ARP=7	Abierto	Offline

Llamada VoLTE en curso

Una vez establecida la comunicación entre el origen el destino aparece un nuevo bearer Dedicated.

Tabla 21 Beares EPS llamada VoLTE en curso

Bearer	Nombre PCC	Plantilla SDF	GBR	MBR	QCI/ARP	Gating	Charging
Default APN web	Internet	UL: (UE,IP,*,*,*,*) DL: (*,UE,IP,*,*,*)	-	UL:Ilimitado DL:Ilimitado	QCI=9 ARP=7	Abierto	Offline
Default APN IMS	IMS C	UL: (UE,IP,*,SIP,*,UDP) DL: (*,UE,IP,SIP,*,UDP)	-	UL: 100 Kbps DL: 100 Kbps	QCI=5 ARP=7	Abierto	Offline
Dedicated APN IMS	IMS U	UL: (UE,IP,*,RTP,*,UDP) DL: (*,UE,IP,RTP,*,UDP)	UL:88 Kbps DL:88 Kbps	UL:88 Kbps DL:88Kbps	QCI=1 ARP=7	Abierto	Offline

Sobre las entidades EPS se crean los bearer IMS que se muestran en la Figura 59.

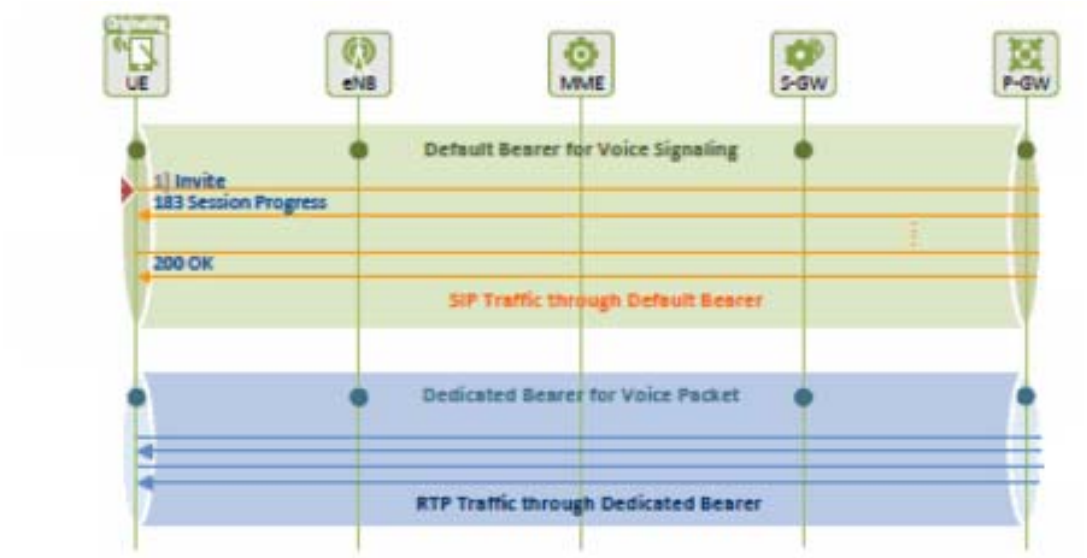

Figura 59 Bearers EPS Defaul y Dedicated para una llamda VoLTE en curso

7 Conclusiones

El servicio VoLTE diseñado permite ofrecer a los usuarios la capacidad de realizar llamadas de voz con independencia del lugar en el que se encuentre y hacia cualquier destino, siempre y cuando los servicios analizados en este documento se hayan desplegado entre las partes involucradas.

La **arquitectura del servicio** se analiza en el **apartado 3** de Arquitecturas, donde el lector puede identificar las entidades de las diferentes capas que son necesarias para implementar el servicio VoLTE, así como los **principales protocolos implicados** en los planos de control y usuario en el **apartado 4**.

Puesto que la finalidad es la de desplegar un servicio móvil con cobertura global sobre la red 4G, se han seguido principalmente las indicaciones definidas por la 3GPP, tanto a nivel de transporte como de servicio y aplicación, con el resultado que se puede ver en el apartado 3.4.

La **interconexión necesaria** para permitir que las redes de dos operadores estén conectadas, y por tanto, permitir tanto el roaming de los usuarios en sus redes como el interworking necesario para el establecimiento de llamadas entre ellos, se analiza en detalle evaluando las diferentes alternativas presentadas hasta el momento por las organizaciones y foros de expertos.

Tabla 22 Escenarios roaming con solución LTE

Escenario	EPS	Núcleo IMS	Interworking IMS	Solución VoLTE
Escenario 1	HRS8	HPLMN	No	Simple PLMN
Escenario 2	LBO	HPLMN	No	Simple PLMN
Escenario 3	LBO	VPLMN	SI	HR
Escenario 4	LBO	VPLMN	SI	Ravel

El **resultado final** del diseño es el uso de la **solución LBO a nivel de conectividad EPS con los núcleos IMS conectados a través de los interfaces Ici/Izi,** considerando la alternativa de **Home Routing a nivel de sesión** la mas adecuada para el desarrollo del servicio.

De esta forma el tráfico del usuario hacia los PDN que no sean IMS se realizará de forma directa desde el P-GW de la VPLMN a través del interfaz Gi, sin tener que enrutarse a través del IPX para llegar a la HPLMN, y desde esta alcanzar el PDN como en la solución HRS8. Se considera una solución más eficiente.

En cambio, la **implementación RAVEL a nivel de sesión se ha descartado** debido a los inconvenientes que presenta a la hora de establecer nuevos acuerdos, así como para el mantenimiento y supervisión del servicio.

Se ha optado por una solución Home Routing donde el tráfico de usuario para el caso de servicios IMS se enruta hacia la **HPLMN, donde esta podrá decidir sobre la ruta más más adecuada** así como una más simple implementación de servicios de valor añadido que impliquen el uso de locuciones o la detección y corrección de averías. También será más simple la

intercepción legal obligatoria o incluso la combinación de llamadas VoTE y CS para alcanzar determinados destinos.

Existen diferentes alternativas para llevar a cabo el despliegue del servicio, y debe ser el operador el que decida cual se ajusta más a sus necesidades de diseño.

8 Referencias Bibliográficas

8.1 Artículos

[ElHattachi15,Erfanian15] Rachid El Hattachi, Javan Erfanian. "*5G White Paper".* NGMN. 17/02/2015.

[Roa14] GSMA. "*Intenational Roaming Explained".*2014

[Volte14] GSMA. "*VoLTE Service Description and Implementation Guidelines".*2014

[iDA14] IDATE. "*LTE 2015. Markets & Trends. Facts & Figures".*Digiword-iDate

[Ver15] Nishi Verma Nangia. "*Voice and video calling over LTE".*Ovum 2015

[HueM314] Víctor Huertas García. "*NGN/IMS a fondo".* Apuntes asignatura Redes de Nueva generación Máster Ingeniería de Telecomunicación UOC-URL.

[HueM414] Víctor Huertas García. "*Integración de servicios".*Apuntes asignatura Redes de Nueva generación Máster Ingeniería de Telecomunicación UOC-URL.

[Eri15] Ericsson. "*Ericsson Mobility Report, on the pulse of the network Society".*Noviembre 2015.

[RILTE15] GSMA RiLTE, *"Voice Over IMS roaming in 3GPP",* GSMA 2015

[NTT15] NTT Docomo. "*VoLTE Roaming Interconnection Standard Technology".*NTT Docomo Technical Journal Vol 15. Nº 2.

[Nok13] NSN White paper. "*From Voice over IP to Voice Over LTE".*Nokia Solutions and Networks, 2013.

8.2 Libros

[SesiaToufikMatthew11] Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker. "*LTE–the UMTS long term evolution: from theory to practice".* Willey 2011

[PoikselkäHolmaHongistoKallioToskala12] Miikka Poikselkä, Harri Holma, Jukka Hongisto, Juha Kallio and Antti Toskala "*Voice Over LTE, VoLTE".* Willey 2012

8.3 Estándares

Número de documento	Título
3GPP	
TR 29.949	Study on technical aspects on roaming end-to-end scenarios with Voice Over LTE (VoLTE)
TR 23.850	Study on roaming architecture for voice over IP Multimedia Subsystem (IMS) with local breakout
TR 29.949	Study on technical aspects on roaming end-to-end scenarios with Voice over LTE
TS 21.905	Vocabulary for 3GPP Specifications
TS 23. 228	IP Multimedia Subsystem (IMS)
TS 23.002	Network architecture
TS 23.003	Numbering, addressing and Identification
TS 23.221	Architectural requirements
TS 23.401	General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access
TS 24.173	IMS Multimedia telephony communication service and supplementary services; Stage 3
TS 24.229	IP multimedia call control protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP)
TS 24.301	Non-Access-Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System (EPS)
TS 26.114	Media Handling and iteraction
TS 29.060	GPRS Tunnelling Protocol (GTP) across the Gn and Gp Interface
TS 29.079	Optimal Media Routeing within the IP Multimedia Subsystem (IMS)
TS 29.165	Inter-IMS Network to Network Interface (NNI)
TS 29.212	Policy and Charging Control (PCC); Reference points
TS 29.230	Diameter application, 3GPP specific codes and identifiers
TS 29.274	Tunneling Protocol for Control Plane (GTPv2-C)
TS 36.300	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description
ITU-T	
Y.2011 (10/2004)	General principles and general reference model for Next Generation Networks.

Y.2001 (12/2004)	General overview of NGN.
Y.2012 (04/2010)	Functional requirements and architecture of Next Generation Networks.
GSMA	
IR.34	Guidelines for IPX Provider networks (Previously Inter-Service Provider IP Backbone Guidelines)
IR.64	IMS Service Centralization and Continuity Guidelines
IR.65	IMS Roaming and Interworking Guidelines
IR.67	DNS and ENUM Guidelines for Service Providers and GRX and IPX Providers
IR.88	LTE and EPC Roaming Guidelines
IR.90	RCS Interworking Guidelines
IR.92	IMS Profile for Voice and SMS
IETF	
RFC 791	Internet Protocol
RFC 793	Transmision Control Protocol
RFC 1035	Domain Names – Implementation and Specificaction
RFC 2474	Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers
RFC 3261	SIP: Session Initiation Protocol
RFC 3525	Gateway Control Protocol Version 1
RFC 3588	Diameter Base Protocol
RFC 3588	User Datagram Protocol
RFC 3761	The E.164 to Uniform Resource Identifiers (URI)Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Application (ENUM)
RFC 5061	Stream Control Transmission Protocol

8.4 Referencias en Internet

[UGT15]UGT Comunicaciones. "Noruega pone fecha de cierre al 2 y 3G". -29/06/2016.

http://comunicaciones.smcugt.org/noticia/noruega-pone-fecha-de-cierre-al-2-y-3g-id-51402.htm

[Cru15] Margarita Cruz, "Turquía pospone subasta del 4G; presidente propone pasar del 3G al 5G". 18/05/2015

http://www.mediatelecom.com.mx/index.php/agencia-informativa/noticias/item/86511-turqu%C3%ADa-pospone-subasta-4g-presidente-quiere-pasar-de-3g-a-5g

[Ope15] OpenSignal, "The state of the 4G". Septiembre 2015

http://opensignal.com/reports/2015/09/state-of-lte-q3-2015/

[IP15] GSMA, "Delivering an all-IP world", Diciembre 2015

http://www.gsma.com/network2020/all-ip-statistics/

[NetLTE13] Netmanias, "LTE Network Architecture: Basic". Julio 2013

http://www.netmanias.com/en/?m=view&id=techdocs&no=5904

[Net13] Netmanias, "LTE EMM and ECM States". Septiembre 2013

http://www.netmanias.com/en/post/techdocs/5909/ecm-emm-lte-mobility/lte-emm-and-ecm-states

[NetPCC14] Netmanias, "LTE Policy and Charging Control (PCC)". Agosto 2014

http://www.netmanias.com/en/?m=view&id=techdocs&no=6562

[Eve15] EvenHelis, "GSM, LTE, UMTS and IMS Call Flows".

http://www.eventhelix.com/RealtimeMantra/Telecom/#.ViKNS37hDcs

[News15] GSMA, "VoLTE News".

http://www.gsma.com/network2020/volte/related-links/volte-news/

[NTTVoLTE15] NTT Docomo News, "DOCOMO Successfully Verifies VoLTE Roaming in Commercial Environment". 26 de Febrero de 2015.

https://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media_center/pr/2015/0226_00.html

[KTNTT15] GSMA News, "KT Corporation and NTT DOCOMO land world's first with launch of bilateral VoLTE service". 20 de Octubre 2015.

http://www.gsma.com/newsroom/blog/kt-corporation-and-ntt-docomo-land-worlds-first-with-launch-of-bilateral-volte-service

[Korea15] GSMA News, "GSMA WELCOMES LAUNCH OF WORLD'S FIRST COMMERCIAL INTERCONNECTED VoLTE SERVICE IN SOUTH KOREA". 18 de Junio 2015.

http://www.gsma.com/newsroom/press-release/gsma-welcomes-launch-of-worlds-first-commercial-interconnected-volte-service-in-south-korea/

[Tec14] TechZone360, "AT&T, Verizon Target VoLTE Interop in 2015, RCS Later". 04 de Noviembre 2014.

http://www.techzone360.com/topics/techzone/articles/2014/11/04/392978-att-verizon-target-volte-interop-2015-rcs-later.htm

[tel15] Telecompaper, "Vodafone Spain launches VoLTE". 7 de Julio 2015.

http://www.telecompaper.com/news/vodafone-spain-launches-volte--1091282

9 Apéndices

9.1 Glosario

- **B2BUA:** Back.to.back user agent. Es un elemento lógico en las aplicaciones SIP que maneja la señalización de control, pasando por este los mensajes y actuando tanto de User Agent Client como de User Agent Server.
- **Best Effort**: comunicación sin garantía de entrega ni de una determinada calidad de servicio.
- **Codec:** configuración del tráfico multimedia que se especifica mediante SDP. Para una sesión multimedia se suele soportar diferentes codes.
- **EPS Bearer.** Túnel virtual con un tratamiento específico de los paquetes IP con unos parámetros de calidad determinados ente el UE y el PGW, y así ofrecer una garantía END-TO-END.
- **FDD:** Frecuency Division Duplex es una técnica donde se utilizan bandas de frecuencias diferentes para transmitir y recibir.
- **HPLMN:** Home Public Land Mobile Network, red PLMN a la que pertenece el usuario.
- **ISIM**. SIM utilizada en IMS.
- **ISUP:** protocolo de circuitos conmutados utilizado para configurar, manejar y gestionar las llamadas de voz sobre la RTB.
- **IVR:** Interactive Voice Response es un sistema telefónico que permite interactuar con el usuario a través de grabaciones de voz y reconocimiento de respuestas simples.
- **MCC:** Mobile Country Code, es el código de país asociado el MNO.
- **MNC:** Mobile Network Code, es el código de operador asociado el MNO.
- **NAT/PAD:** Network Addres Translation/Port Address Translation, son mecanismos que permiten la reutilización de IP entre redes mediante la multiplexación de las comunicaciones haciendo uso de los puertos de comunicación.
- **NGN**: Next Generation Network son aquellas redes basadas en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios
- **OMR:** Optimal Media Routing son aquellos procedimientos llevados a cabo por las entidades IMS que son capaces de controlar los recursos multimedia y manipular las sesiones Session Description Protocol.

- **OTT**: Over The Top son aquellos servicios ofrecidos sobre las redes de telecomunicación por una compañía diferente a la que ofrece los servicios de conectividad. Ejemplos de compañías que ofrecen OTT: Google, Facebook, Microsoft o Twitter.

- **PDN.** Packet Data network. Redes externas a las que se conecta el EPS a través del P-GW

- **PIMP:** Proxy Mobile IP, es una arquitectura de red que implementa la gestión de movilidad en redes IP propuesta por la IETF en el RFC 5213.

- **PLMN:** Public Land Mobile Network, red creada y operada por un administrador reconocido por la Recognized Private Operating Agency (RPOA) con el fin de ofrecer servicios de telecomunicación al público.

- **Proveedor multimedia:** aquellas entidades de una red IMS que proporcionan flujos de datos y son controladas por entidades aplican OMR. TrGW, BGW o MRF son ejemplos de proveedores multimedia en una red IMS.

- **RDSI:** Red Digital de Servicios Integrados o ISND en inglés, y se trata de una evolución de la red RTC ofreciendo servicios digitales extremo a extremo.

- **Roamgin partner:** operador con el que se abre un acuerdo de roaming.

- **Roaming**: uso de los servicios contratados con el operador HOME (HPLMN) en la infraestructura de otro, VISITED (VPLMN).

- **RTC:** Red de Telefonica Comunitada. Es sinónimo del término inglés PSTN (Public Switched Telephone Network) y hacen referencia a la red tradicional de conmutación de cirtuitos.

- **SEG**: Security Gateway es utilizado para originar y terminar asociaciones seguras entre el eNodeB y el UE. Establece tuneles IP con claves de seguridad y encriptado para llevar a cabo comunicaciones seguras a través de las interfaces S1-MME, S1-U o X2.

- **SIM**, Subscriber Identity Module donde se almacenan datos del usuario e interviene en los procesos de registro y autenticación de los usuarios en la red.

- **SS7:** Sistema de Señalización por canal común nº 7, es un conjunto de protocolos de señalización telefónica utilizado para el establecimiento finalización de las llamadas.

- **TDD:** Time Division Duplex es una técnica en la que el transmisor y el recetor emiten la misma banda de frecuencias pero en tiempo diferentes.

- **VoLTE**: Voice Over LTE permite ofrecer llamadas de voz sobre una red IMS-LTE con independencia total de la red de circuitos, por lo que comunicación se realiza íntegramente sobre IP.

- **VPLMN:** Visited Public Land Mobile Network red PLMNN que presta su infraestructura a un usuario ajeno a su red.

9.2 Abreviaciones

ALG	Application Level Gateway
APN	Access Point Name
AS	Application Server
ATCF	Access Transfer Control Function
ATGw	Access Transfer Gateway
BGCF	Breakout Gateway Control Function
CDR	Charging Data Record
CS	Circuit Switch
CSCF	Call / Session Control Function
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name System
DRX	Discontinuous Reception
DTX	Discontinuous Transmission
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
ENUM	E.164 Number Mapping
EPC	Evolved Packet Core
eSRVCC	Enhanced Single Radio Voice Call Continuity
E-UTRAN	Evolved UTRAN (also known as "LTE")
GERAN	GSM / EDGE Radio Access Network
GRE	Generic Routing Encapsulation
GRX	GPRS Roaming eXchange.
GSM	Global System for Mobile telecommunications
GTP	Gprs Transport Protocol
HDVC	High Definition Video Conference
H-PCRF	Home Network- Policy and Charging Rules Function
HPLMN/HPMN	Home Public (Land) Mobile Network

HRS8	Home Routing over S8
HSS	Home Subscriber Server
IBCF	Interconnection Border Control Function
I-CSCF	Interrogating CSCF
ICSI	IMS Communication Service Identifier
IM-MGW	IP Multimedia – Media Gateway
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMS-AGW	IMS Access Gateway
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IM-SSF	IP Multimedia – Service Switching Functionality
IPX	IP eXchange
ISIM	IMS SIM
LBO	Local Break-Out
LTE	Long Term Evolution (of RAN)
MCC	Mobile Country Code
MGCF	Media Gateway Control Function
MGW	Media Gateway
MNC	Mobile Network Code
MNO	Mobile Network Operator
MRF	Multimedia Resource Function
NAPTR	Naming Authority Pointer DNS Resource Record
NAT	Network Address Translation
NAT–PT	Network Address Translation – Protocol Translation
NGN	Next Generation Network
OAM	Operation, Administration and Maintenance
OMR	Optimal Media Routing
OSA	Open Service Access

OTT	Over The Top
PCF	Policy Control Function
P-CSCF	Proxy CSCF
PCO	Protocol Configuration Options
PDN-GW	Packet Data Network Gateway
PDP	Packet Data Protocol
PDP	Policy Decision Point
PDU	Protocol Data Unit
P-GW	Packet Gateway
PMIP	Proxy Mobile IP
PoC	Push-to-talk over Cellular
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RAVEL	Roaming Architecture for Voice over IP Multimedia Subsystem (IMS) with Local breakout
R-SGW	Roaming Signalling Gateway
SCC AS	Service Call Continuity Application Server
S-CSCF	Serving CSCF
SDF	Service Data Flow
SDP	Session Description Protocol
SGW	Signalling Gateway
SIGCOMP	SIGnalling COMPression
SIP	Session Initiation Protocol
SLF	Subscription Locator Function
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SOA	Service Oriented Architecture
SRVCC	Single Radio Voice Call Continuity
TAP3	Transferred Account Procedure version 3

TAS	Telephony Application Server
THIG	Topology Hiding Inter-network Gateway
TRF	Transit and Roaming Function
TrGW	Transition Gateway
T-SGW	Transport Signalling Gateway
UA	User Agent
UE	User Equipment
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Universal Resource Locator
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
ViLTE	Video Over LTE
VoHSPA	Voice over HSPA
VoIMS	Voice & video over IMS (includes IR.58, IR.92 and IR.94)
VoLTE	Voice over LTE
VoWiFi	Voice over WiFi
V-PCRF	Visited Network- Policy and Charging Rules Function
VPLMN/VPMN	Visited Public (Land) Mobile Network

9.3 Índice Alfabético

2

2G, 63

3

3 GPP, 30
3G, 63
3GPP, 18, 22, 27, 30, 32, 57

4

4A, 9
4G, 15, 27, 28
4G+, 15

5

5G, 15
5G-PPP, 15

A

AAA, 48
AMR-WD, 17
API, 45
Application ID, 49
Application Level Gateway, 65
Application-ID, 49
AS, 38, 45
AVP, 49

B

B2BUA, 65
beares, 36
broadcast, 29
Business Intelligence, 11

C

Carrier Grade, 9
CCR, 74
CS, 18
CS Fallback. *Véase*
CSCF, 62

D

DEA, 66
Diameter, 48, 49, 50, 62, 66
Diameter proxy, 66
Diameter Relay, 66
DNS, 42, 63, 66, 68, 69

E

E.164, 41, 68, 69
ECM, 36
EDGE, 29
El Registrador, 50
EMM, 36
eNB, 29
eNB- eNode, 29
END-TO-END, 33
eNodeB, 28
ENUM, 63, 68, 69
EPC, 27, 30, 32, 50, 68
ePDG, 30
EPS, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 52, 54, 64
EPS bearer, 33
EPS Bearer, 33
EPS Bearer Management, 31
E-UTRAN, 27, 28, 29, 30

F

FDD, 29

G

GGSN, 32
GPRS, 29, 30
GRE, 56, 87
GRX, 63
GSM, 29, 30
GSMA, 57, 67, 68
GTP, 32, 50

H

handover, 18
Home Routing, 62
HPLMN, 52, 54
HSPA, 30
HSS, 28, 31, 32, 38, 41, 62

I

IBCF, 55, 65
IBFC, 55
I-CSCF, 37
IETF, 48, 49, 68
iFC, 46
II-NNI, 55
IMPI, 41
IMPU, 41
IMS, 10, 18, 36, 37, 38, 42, 43, 46, 48, 52, 54, 62, 63, 65, 68, 69
IMS interworking, 57
IMS roaming, 57
IP, 24, 30
IPX, 63, 68
ISIM, 41
ISUP, 38
ITU, 22, 27
ITU-T, 27

K

Keep Alive, 17

L

LBO, 57
Legacy, 70
Local Breakout, 62
LTE, 10, 11, 13, 15, 28, 29, 31, 33, 70, 71

M

M2M, 11
Master Root, 66
Master Root Server provider, 67
Master Zone, 67
Megaco, 62
MGCF, 65, 69
MME, 29, 31, 32, 62
MMS, 63
MMTel, 46
MMTEL, 44
MNC, 69
MNO, 69
Mobility management, 31
MRFC, 38

N

NAS, 34
NAT-PAD, 55
NGN, 10, 16, 44
NGNM, 15
NNI, 24

O

OCS, 33
OFCS, 33
OMR, 65
Optimal Media Routing, 65
Originating, 57
OTT, 9

P

PCC, 32, 34, 62, 74
PCEF, 32, 34
PCRF, 32, 34
P-CSCF, 65
PDN, 32, 33
PGW, 33
P-GW, 32, 33
P-GW, 33
PLMN, 31
PMIP, 62
PRCF, 32

Q

QCI, 33, 64
QoE, 23
QoS, 10, 23, 33, 41, 43, 63

R

Radio Data beares, 29
Radious, 48
RAT, 74
RCS, 25
RDSI, 38
Redirect Agent, 66
RFC, 48, 49
Rich Communication Suite, 14
roaming, 31, 70, 72
RRC, 29, 36
RTC, 38

S

S5, 32
S6a, 31
S8, 32
SAE, 27
S-CSCF, 37, 38
SCTP, 48, 50
SDF, 34
SDP, 36, 43, 49

Service Call Continuity Application Server, 70, 89
Service Enablers, 44
Servidor de redirección, 50
Servidor proxy, 50
Session Description Protocol, 65, 85
S-GW, 29, 31, 32
Signaling Radio Beared, 29
SIM, 41
SIM card, 41
SIP, 36, 38, 42, 49, 62
Slave Root, 66
SMS, 30
SON, 29
SPR, 32
SRVCC, 18
SS7, 38

T

TCP, 48, 50
TDD, 29
Terminating, 57
THIG, 38, 55
Translation Agent, 66
TrGW, 55

U

UA, 50
UAR, 75
UDP, 50
UE, 29, 31, 32, 33, 36, 41, 43
Um, 43
UMTS, 29, 30
UNI, 24
URI, 49
User Agent, 65
USIM, 41

V

ViLTE, 14
VLR, 31
Vodafone, 15
Voice Call Continuity, 70
Voice HD, 15
VoIP, 9, 10
VoLTE, 9, 14, 15, 18, 19, 21, 25, 27, 28, 30, 44, 52, 68, 71
VoWiFi, 15, 18, 70
VPLMN, 52, 54

W

WCDMA, 29
WiFi, 30
WiMAX, 30