



XVII Simposio de Ingeniería Eléctrica

Propuesta de Red VoLTE con Calidad de Servicio.

Proposal of VoLTE Network with quality of service.

Ing. Victor Manuel Peláez Fernández¹, Dr.C Félix F. Álvarez Paliza²

1- Victor Manuel Peláez Fernández. ETECSA, Cuba.

E-mail: victor.pelaez@cubacel.cu.

2- Félix F. Álvarez Paliza. UCLV, Cuba.

E-mail: fapaliza@uclv.edu.cu.

Resumen: En la actualidad en Cuba, ETECSA (Empresa de Telecomunicaciones de Cuba) es el único operador de telecomunicaciones, el cual en estos momentos ofrece a los suscriptores servicios provenientes de la segunda y tercera generación de las comunicaciones móviles. En este último caso solo en las cabeceras provinciales. Con el fin de brindar una conexión de alto nivel de cobertura de internet móvil, nuestro país se verá inmerso en una migración no muy tardía hacia las redes de banda ancha, tales como LTE o como algunos prefieren llamar 4G (Cuarta Generación). Distintas serán las arquitecturas de selección para dar solución al funcionamiento de la Voz sobre LTE (VoLTE).

Este trabajo tiene como objetivo proponer una arquitectura que garantice calidad de servicio en redes VoLTE. Para alcanzar dicho objetivo se realizó primeramente una revisión bibliográfica de información actualizada. Luego se analizaron los diferentes parámetros para lograr calidad de servicio (QoS) en redes VoLTE y se propuso una red con sus particularidades propias para funcionar en nuestro país con los equipos existentes. El principal resultado de este trabajo es ofrecer una red VoLTE para un futuro funcionamiento y también el de adquirir conocimientos en un tema tan novedoso y trascendental como lo es VoLTE.

Abstract: Currently in Cuba, ETECSA (Telecommunications Company of Cuba) is the only telecommunications operator, which at the moment offers subscribers services from





the second and third generation of mobile communications. In the latter case only in the provincial head offices. In order to provide a high-level mobile internet coverage connection, our country will be immersed in a migration not too late to broadband networks, such as LTE or as some prefer to call 4G (Fourth Generation). Different will be the selection architectures to give solution to the operation of the Voice over LTE (VoLTE).

This work aims to propose an architecture that guarantees quality of service in VoLTE networks. To reach this objective, a bibliographical review of updated information was first carried out. We then analyzed the different parameters for quality of service (QoS) in VoLTE networks and proposed a network with its own peculiarities to operate in our country with existing equipment. The main result of this work is to offer a VoLTE network for a future operation and also to acquire knowledge in a subject as novel and transcendental as VoLTE.

Palabras Clave: LTE, VoLTE, Calidad de Servicio, Requerimientos, Arquitectura de red, Desempeño.

Keywords: *LTE, VoLTE, Quality of Service, Requirements, Network Architecture, Performance.*

1. Introducción

La aplicación Voz sobre LTE (*Voice over LTE, VoLTE*) es el tópico más disertado de toda la red móvil LTE en la industria mundial de las telecomunicaciones. Con el servicio de voz siendo la mayor fuente de ingresos de todos los servicios ofrecidos en los sistemas 2G y 3G, hubo durante bastante tiempo un debate en la industria sobre lo que debería ser la solución de voz para LTE y diferentes alternativas surgieron amenazando con la fragmentación. La solución y la arquitectura de elección deberían ofrecer los beneficios de la evolución del servicio de voz mientras se asegura el servicio de telefonía actual; este fundamento es sustentado por la evolución de la oferta de servicios haciendo uso de capacidades de banda ancha y fácilmente agregar servicios que generen más ingresos [1]. LTE es un estándar diferente a las antiguas generaciones, principalmente en la transmisión de voz, ya que los servicios de voz migran de la conmutación de circuitos a la conmutación de paquetes, las ventajas del uso de la Voz sobre IP (*Voice over Internet Protocol, VoIP*) son numerosas, pero el uso de la conmutación de paquetes en el servicio





de voz implica considerar un grupo de elementos que inciden en la calidad de servicio (*Quality of Service, QoS*), es decir, dar prioridad a los paquetes IP que transporten servicio de voz.

La voz sobre LTE se declara como VoLTE. Es la evolución más novedosa en tecnología IP y se perfecciona muy rápido. Los principales impulsores de VoLTE han sido el hecho de que LTE es una arquitectura de paquete único y no tiene motor de servicio integrado de voz y SMS. Una solución para voz sobre LTE se necesita tan pronto como terminales móviles comienzan a utilizar el acceso LTE. VoLTE ofrece varias ventajas tanto para el operador como para los usuarios finales al mejorar la eficiencia espectral y de red. Los despliegues de los servicios VoLTE están aumentando a un ritmo muy rápido y requiere un número de métodos de resolución de problemas y optimizaciones para mejorar la calidad de servicio de voz de alta definición [1].

Actualmente 165 operadores están invirtiendo en VoLTE en 73 países y 102 operadores como por ejemplo (Telstra, Orange, AT&T, M1 y Viva, etc.) ya han lanzado servicios VoLTE de alta definición en 54 naciones de acuerdo al reporte presentado por GSA el 30 de enero de 2017 [2]. VoLTE fue introducido y comercializado inicialmente por compañías de telecomunicaciones coreanas en 2012 y lanzado por primera vez en agosto de ese año en Corea y Estados Unidos. En la actualidad todos los operadores de redes móviles en Corea proporcionan servicios VoLTE.

Como **problema científico** de este trabajo se ha partido de cómo lograr calidad de servicio (QoS) sobre redes LTE, para poder soportar servicios de voz sobre una red IP (VoLTE).

A fin de responder a esa interrogante el **objeto de investigación** se enmarca en Redes inalámbricas y dentro de estas las redes LTE. Cuyo **campo de acción** es la calidad de servicio en redes VoLTE.

Teniendo por lo tanto como **Objetivo General**: proponer una arquitectura que garantice calidad de servicio en redes VoLTE.

Estableciendo como Objetivos Específicos:

- Establecer los referentes teóricos sobre la calidad de servicio de voz en redes VoLTE.
- Determinar los principales parámetros a tener en cuenta para lograr QoS en redes VoLTE.
- Diseñar una propuesta de red Voz sobre LTE empleando criterios de QoS.





2. Propuesta de Red VoLTE empleando criterios de calidad de servicio (QoS).

Debido a que la tecnología LTE fue introducida para reducir la latencia en la red, además de proveer alta razón de transmisión de datos, prohíbe la transmisión de servicios relacionados con la voz. VoLTE es la solución para transferir paquetes de voz con tratamiento especial sobre la red LTE, brindando beneficios de baja latencia y calidad de servicio. Como VoLTE es una nueva tecnología tanto para la red como para los proveedores de los dispositivos, trae consigo algunas limitaciones en proporcionar todos los servicios de voz sobre LTE [3].

A. Calidad de servicio en LTE.

Las redes móviles de tercera generación (3G) brindan servicios de voz y datos en forma separada mediante conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, en una misma tecnología. En cambio, una red Long Term Evolution (LTE) presenta un enfoque exclusivo al uso de datos de manera *All IP* (todo con Internet Protocol), de modo que las llamadas deben ser cursadas mediante Voz sobre IP (VoIP) en una red de conmutación de paquetes. Esto se logra haciendo uso de un núcleo de paquetes IP Multimedia Subsystem (IMS), a través de servidores SIP (Session Initiation Protocol, Protocolo de Inicio de Sesión, por sus siglas en inglés) [4].

De esta manera, se heredan los problemas de un servicio ofrecido por mejor esfuerzo mediante IP, surgiendo la gran necesidad de establecer Calidad de Servicio (QoS), mecanismo que establece prioridad de tráfico según las aplicaciones a las cuales acceden los usuarios. Así, resulta obligatorio monitorear el correcto funcionamiento de este mecanismo para cumplir con los acuerdos de nivel de servicio establecidos con el usuario [5].

Los objetivos de LTE son proporcionar una alta eficiencia, baja latencia, flexibilidad espectral y velocidades móviles superiores [6]. La QoS prioriza el tráfico de datos dependiendo del tipo de aplicación que esté utilizando el ancho de banda, ajustando las necesidades a las circunstancias. Entre las aplicaciones se incluyen el acceso móvil a la Web, telefonía IP, servicios de juegos, TV móvil de alta definición, videoconferencias y televisión 3D.

Parámetros para QoS en LTE



En LTE, el modelo de QoS utilizado para definir el comportamiento de un servicio portador EPS se basa en cuatro parámetros [7]:

1. **Identificador de clase de QoS (QoS Class Identifier, QCI):** Escalar que se utiliza como referencia para acceder a parámetros específicos de nodos que controlan el tratamiento de transferencia de paquetes a nivel de portadora. Prioridad de asignación y retención.
2. **(Allocation and Retention Priority, ARP):** Contiene información acerca del nivel de prioridad (escalar), capacidad de derecho de prioridad (bandera) y vulnerabilidad de derecho de prioridad (bandera). El propósito fundamental de ARP es decidir si una solicitud de establecimiento/modificación de portadora puede ser aceptada o necesita ser rechazada debido a limitaciones de recursos.
3. **GBR (Guaranteed Bit Rate):** Denota la razón de bit que se espera sea provista por una portadora EPS.
4. **Máxima razón de bit (Maximum Bit Rate, MBR):** Limita la razón de bit que se espera sea provista por una portadora EPS.

Estos cuatro parámetros, se complementan con dos parámetros adicionales asociados al tipo de subscripción de un usuario. En la Figura 1 se puede ver el conjunto completo de parámetros de QoS considerado en el sistema LTE.

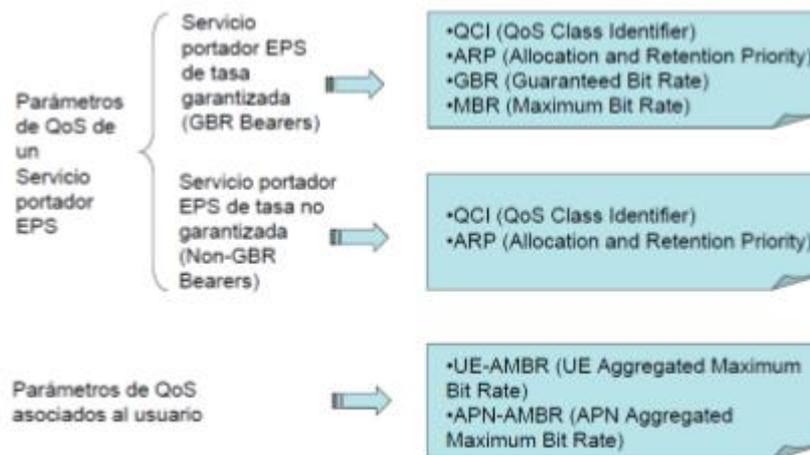


Figura 1. Parámetros de QoS en el sistema LTE. Fuente: [7]

Cada servicio portador tiene asociado como mínimo dos parámetros: el QCI y ARP. El QCI determina el comportamiento del plano de usuario del servicio portador EPS, una mejor visión de este se puede ver en la Figura 2 donde, por ejemplo, el valor de prioridad puede ser utilizado por el planificador para ordenar la asignación de recursos. El



parámetro ARP es utilizado en el plano de control donde, de forma general, se utiliza como un indicador de prioridad en los procesos de establecimiento, modificación, desactivación de un servicio portador para, por ejemplo, poder liberar recursos que deban ser destinados a servicios más prioritarios [5].

QCI	Tipo de recurso	Proridad	Presupuesto de demora (ms)	Razón de paquetes perdidos y erróneos	Servicios
1	GBR	2	100	10^{-2}	Llamadas de voz
2	GBR	4	150	10^{-3}	Videollamadas
3	GBR	5	300	10^{-6}	Video bajo demanda
4	GBR	3	50	10^{-3}	Juego en tiempo real
5	NGBR	1	100	10^{-6}	Señalización IMS
6	NGBR	7	100	10^{-3}	Voz y video en vivo, juegos interactivos
7	NGBR	6	300	10^{-6}	Video bajo demanda
8	NGBR	8	300	10^{-6}	Servicios basados en TCP (www, e-mail)
9	NGBR	9	300	10^{-6}	Servicios basados en TCP (www, e-mail)

Figura 2. QCI estandarizados en LTE. Fuente: [8]

Los valores QCI definen el tipo de servicio que se está utilizando, pudiéndose clasificar en servicios de Razón de Bit Garantizada (GBR) y servicio de Razón de Bit no Garantizada (NGBR). Una característica importante de los servicios de tasa garantizada es que deben someterse siempre a control de admisión, ya que su activación conlleva la reserva de un determinado volumen de recursos de transmisión para poder garantizar dicha razón de datos. Por otro lado, en el caso de los servicios portadores sin tasa garantizada, no resulta estrictamente necesario pasar un control de admisión ya que los servicios NGBR pueden experimentar pérdidas de paquetes en situaciones de congestión [9].

Los portadores GBR tienen asignado un ancho de banda garantizado para transportar tráfico sensible a pérdidas de paquetes y fluctuaciones, como voz sobre RTP. El GBR transportador de voz consume recursos y se crea cuando una llamada VoLTE tiene éxito y se borra en cuanto la llamada termina. El NGBR se crea normalmente para tráfico de datos, como por ejemplo tráfico hacia Internet basado en best effort. La mayoría de los portadores predeterminados, como los que son para VoLTE donde el tráfico SIP fluye sobre servicios de internet no críticos, son NGBR.

Además de los parámetros de QoS asignados a cada servicio portador EPS, un usuario del sistema LTE tiene asociado dos parámetros adicionales: UE-AMBR (Máxima Razón



de Bit Agregada en el UE) y APN-AMBR (Máxima Razón de Bit Agregada en el APN). Ambos parámetros indican la máxima tasa de transferencia en bit/s que de forma agregada podrán experimentar el conjunto de servicios portadores EPS con NGBR. El primero delimita la tasa máxima del equipo del usuario y el segundo también delimita la tasa agregada máxima del equipo de usuario, pero asociado a una determinada red externa. Estos parámetros forman parte del perfil de suscripción del usuario [9].

Requerimientos de Calidad de Servicio en redes VoLTE

Existen varios requisitos básicos para la calidad de servicio en una red VoLTE. Dicha red proporciona conectividad IP basada en la plataforma IMS. Es por esta razón que se hace necesario cumplir con determinados Indicadores Clave o Medidores de Desempeño (*Key Performance Indicator*, KPI) para cumplir con los criterios de calidad de servicio que demanda una red VoLTE.

Deben tenerse en cuenta los siguientes KPI:

Retardo de paquete de extremo a extremo (*End to End Packet delay*): Este parámetro da el retardo total del paquete de voz, es decir, el tiempo desde que se emite el sonido por el usuario transmisor hasta que es percibido por el usuario receptor

Variación del retardo del paquete (*Packet Delay Variaton (PDV)*): Este parámetro da la variación de la demora extremo a extremo entre todos los paquetes recibidos por el usuario.

SI Delay: Es la demora entre el E-Node B y el EPC. Este parámetro da la medida del tiempo tomado por un paquete en atravesar toda la red desde el E-Node B hasta el EPC.

Razón de pérdida de paquetes (*Packet Loss Rate, PLR*): La razón de paquetes perdidos da el número de paquetes de voz que se perdieron en la red debido a la congestión.

Realizar una evaluación eficaz de QoS en VoLTE es un punto crucial para los operadores de redes LTE [10].

En sistemas inalámbricos la calidad de servicio percibida por los usuarios finales también llamada calidad de experiencia (*Quality of Experience, QoE*) es esencial. Subsecuentemente en caso de un servicio de VoIP como VoLTE la QoE se relaciona estrictamente a la calidad de la llamada, las técnicas QoS-orientadas serán llevadas a cabo para reducir la demora de la transmisión o latencias (delay) [11].

La Puntuación de Opinión Media (*Mean Opinion Score, MOS*) es el parámetro más importante de los KPI usados para evaluar servicios de VoIP con QoS incluyendo VoLTE [12].





La Tabla 5 muestra los valores MOS y su relación con la percepción de QoS de una llamada.

NOTA MEDIA DE OPINION (MOS)		
MOS	Calidad	Percepción del usuario
5	Excelente	Imperceptible
4	Buena	Perceptible pero no molesta
3	Suficiente	Ligeramente molesta
2	Pobre	Molesta
1	Mala	Muy Molesta

Tabla 1. Valores MOS y percepción de QoS por el usuario final.

Diferenciación de calidad de servicio entre VoLTE y VoIP.

Para realizar la clasificación del tráfico de VoLTE eficazmente, es necesario diferenciarlo del tráfico VoIP [13]

Aunque ambos servicios VoLTE y VoIP pueden ser entregados a través de la red LTE, la QoS de los dos servicios serían muy diferentes. Para proporcionar garantía de QoS para el servicio VoLTE, se clasifica en diferentes tipos de portadoras. El portador (*bearer*) es una conexión lógica a través del cual un tipo de servicio de tráfico seguro puede efectuarse. El servicio VoLTE se entrega sobre un *bearer* especializado, el cual tiene la prioridad más alta, mientras que el tráfico que no es de VoLTE incluyendo el servicio VoIP es entregado sobre un portador predefinido que solo conserva calidad de servicio con el mejor esfuerzo (*best effort*).

B. Propuesta de Red VoLTE

Se propone una red VoLTE que cumpla con los requisitos de QoS establecidos para disponer de un buen nivel de QoE. Se evalúan diferentes variantes para implementar VoLTE y es escogida la opción de Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC) porque utiliza la infraestructura de LTE conjuntamente con un Núcleo (*Core*) de IMS que brinda la prioridad al tráfico VoLTE y se interconecta con tecnologías heredadas como GSM (2G) y UMTS (3G).

Soluciones para el soporte de VoLTE

- *Circuit Switch Fallback* (CSFB): proporciona una forma conveniente al reutilizar la red GSM/UMTS existente para poder soportar voz en redes LTE.

Esta solución proporciona a los operadores flexibilidad ya que pueden utilizar la red LTE para datos solamente y la red de CS para la funcionalidad de la voz. El usuario realiza un





registro combinado tanto para la red LTE como para GSM/UMTS durante el proceso del registro inicial. Este registro combinado se facilita por la Entidad de Gestión de Movilidad (MME, Mobility Management Entity) en la red LTE que realiza el registro en la red 2G/3G en beneficio del usuario [14].

En el caso de la voz; durante la iniciación de la llamada por el usuario, el MME remite la solicitud hacia el servidor de MSC en el dominio CS. Al reservar exitosamente los recursos en el dominio CS para la llamada, el servidor de MSC responderá al MME el estado de la solicitud. El MME le dice entonces al ENode B que le pida al usuario que realice un handover a la red de GSM/UMTS. La sesión de datos en curso para el usuario en la red LTE está suspendida si la red del destino es una red de GSM. Si la red del destino es una red de UMTS, entonces un handover separado de los portadores de datos existentes desde LTE a la red UMTS tiene lugar después del registro por el usuario en la red de UMTS. Esta solución tiene varias desventajas como el aumento en el tiempo de llamadas establecidas debido al procedimiento del handover y la interrupción de transmisión de datos a lo largo de la duración de la llamada cuando el usuario recae hacia una red GSM. Esta solución puede usarse durante el lanzamiento inicial cuando LTE se usa más para los datos de alta velocidad y la voz es completamente manejada por el CS legado de 2G/3G. Por lo tanto, CS Fallback solo se está viendo como una solución temporal al lanzamiento inicial de la red LTE.

- Voz sobre LTE vía IP Multimedia Subsystem (VoLTE).

En esta solución, la funcionalidad de la voz se proporciona por el IP Multimedia Subsystem (IMS). IMS es una arquitectura de red de núcleo que se integra encima de la red LTE. La red IMS es principalmente usada para proporcionar todo tipo de servicios básicos para voz que se proveen por la red CS existente. Además, proporciona servicios de multimedia mejorados tales como video conferencia, juegos en tiempo real, etc. La ventaja principal de usar una solución basada en IMS es que utiliza la arquitectura de LTE completamente en lugar de contar con la existente red de CS para soportar voz. La red IMS también es capaz de integrarse con el legado de las redes 2G/3G y así puede continuar dando servicios de llamadas incluso cuando el suscriptor se mueve fuera de la cobertura de LTE. De ahí que, el suscriptor pueda experimentar los mismos servicios incluso cuando realice un roaming en las redes legadas.



Esta solución está proyectándose como la solución a largo plazo ya que es capaz de proveer los servicios mejorados de la red LTE y también soportar la integración con las redes existentes 2G/3G.

Single Radio Voice Call Continuity SRVCC

SRVCC es una de las mejores alternativas para la implementación de VoLTE, porque utiliza la Red IMS. SRVCC nos asegura una llamada de voz continua entre las redes E-UTRAN y GSM o viceversa.

Este método trabaja como un proceso que mezcla, el proceso de handover en la red de acceso y el procedimiento de la sesión continua IMS. Esta solución requiere de algunos cambios, estos se deben realizar tanto en el equipo del usuario (UE) como en la red, se incluye señalización adicional para la capacidad de transmisión del SRVCC desde el UE. Además, el ENodeB debe adquirir la característica de permitir enviar la información de handover para que se ejecute el handover SRVCC. Luego el MME debe indicar al servidor MSC por medio del procedimiento del handover para empezar a dividir las portadoras, por lo que solo uno mantendrá la voz [15].

Al poner en función SRVCC se afecta el MME (*Mobility Management Entity*) en el EPS, por lo que se realizan las siguientes funciones:

- Separar las portadoras para la voz.
- Por medio de la interface Sv, se inicializa el SRVCC para el handover de la voz en la celda de las redes GSM o UMTS.
- Coordinar el handover desde PS a CS para los flujos de voz, y posibilitar el handover de PS a PS para otros tipos de flujos.

El servidor MSC (*Mobile Switching Center*) en las redes GSM o UMTS son también afectadas por el SRVCC. Realizan las siguientes funciones:

- Asegurar la disponibilidad de recursos en la red GSM o UMTS antes de que se ejecute el handover.
- Coordinar la ejecución del handover y transferir la comunicación telefónica.
- Iniciar el proceso de la transferencia de la comunicación telefónica.

Propuesta de red VoLTE

Una vez analizado todas las consideraciones que se necesita para la implementación de VoLTE, en la Figura 3 se presenta la arquitectura de red y sus interfaces para brindar servicios de voz a abonados LTE.



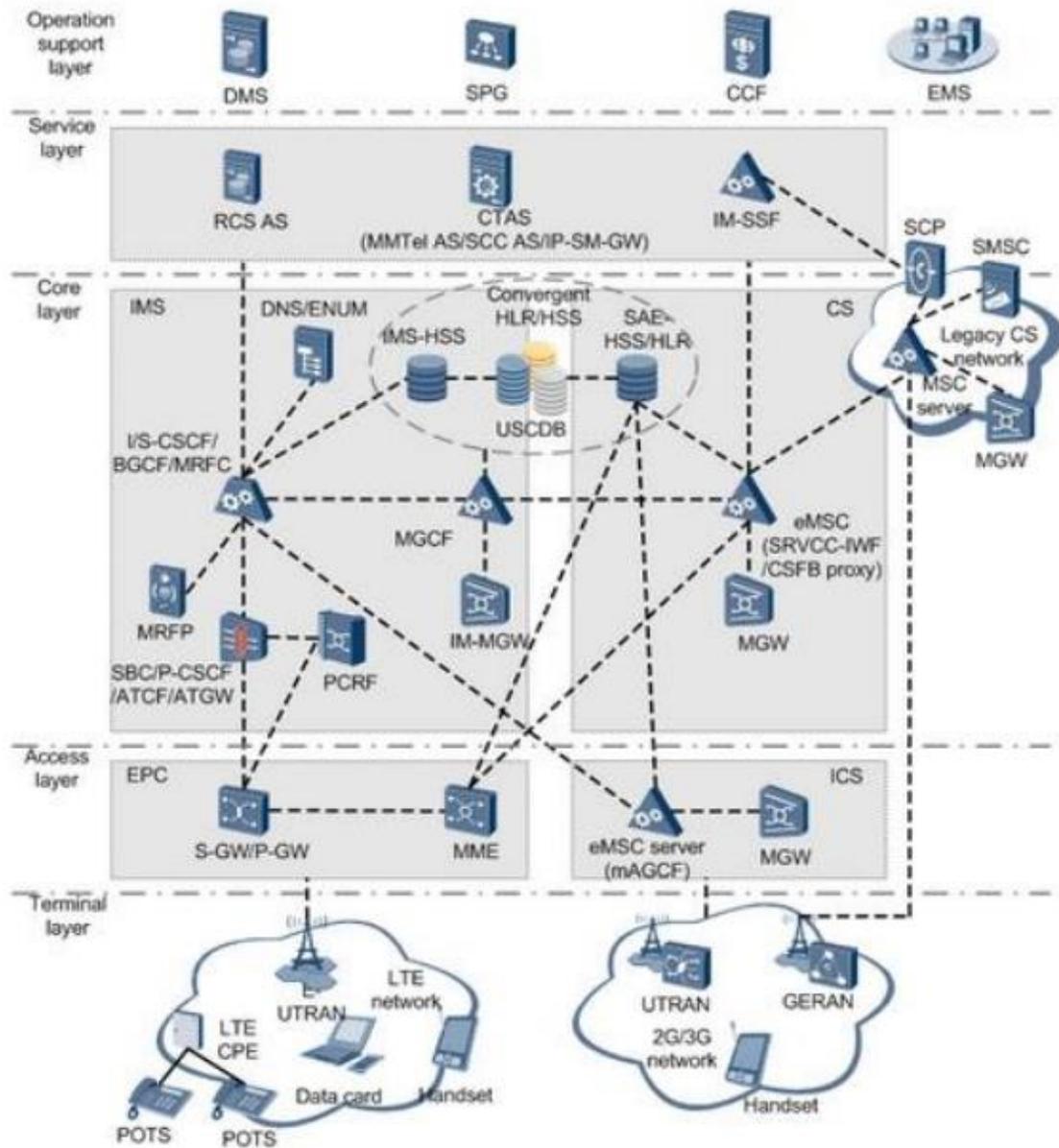


Figura 3. Arquitectura VoLTE Huawei. Fuente: [15]

En la red propuesta se aplican los parámetros de QoS tanto para un servicio portador EPS (QoS en LTE) como para VoLTE, ambos grupos de parámetros fueron explicados anteriormente en el capítulo 2 tales como:

Parámetros de QoS en LTE:

- Los Identificadores de Clases de QoS (QCI)
- Prioridad de ubicación y retenibilidad (*Allocation and Retention Priority, ARP*)
- Razón de bit garantizado, (*Guaranteed Bit Rate, GBR*)
- Máxima razón de bit (*Maximum Bit Rate, MBR*)



Parámetros de QoS para VoLTE:

- MOS
- Retardo de paquete de extremo a extremo
- Variación Del Retardo Del Paquete
- *S1 delay*
- Razón de pérdida de paquetes

Esta propuesta consta de una mezcla de elementos de red que forman parte de dominios como IMS, CS y PS, además del concepto de la convergencia de datos que proporciona que los usuarios puedan manejarse en los diferentes dominios.

Se empleará la solución de una Plataforma VoLTE basado en IMS *Core* por su interoperabilidad con las redes heredadas (GSM y UMTS). Se busca elegir la mejor alternativa para la implementación de esta arquitectura dentro de la red actual de ETECSA, definiendo las funcionalidades de cada uno de los equipos a continuación:

MSC Server – Msoftx3000 permanece en el dominio CS el cual va a proveer funciones para realizar SRVCC, en este equipo se agrega la licencia para que soporte esta nueva característica además que tendrá la necesidad de ser actualizado.

MGW – UMG 8900 se aumentarán tarjetas GE para que soporte el tráfico de media que aumentara según lo proyectado en el número de llamadas simultáneas en hora pico. Con las tarjetas que manejan la capacidad de procesamiento no habría inconvenientes debido a que soporta el tráfico proyectado.

MME – USN9810 será necesaria la licencia para que soporte la característica de esta solución, la interfaz Sv aparece como el camino donde se realizaran diferentes intercambios de señalización con el Msoftx3000. Aquí tendremos un máximo de 10 Gb de capacidad lo cual es lo necesario para esta propuesta, cabe indicar que esta tarjeta tendrá su respaldo (*backup*) para no interrumpir el servicio.

Estos son los equipos que ya existen y se les agregara licencias o se los actualizara para que soporten la solución de VoLTE. Ahora lo nuevo que se agrega es el dominio de IMS, para que la llamada sea VoIP y no tenga que cambiar de dominio que es lo que se hacía con CSFB.

S-CSCF-CSC3300 el software de este equipo consiste de Sistema Operativo Linux, Middleware que tiene una arquitectura propia de Huawei y las aplicaciones que se le quiera instalar como P-CSCF *Proxy Call Session Control Function* o S-CSCF *Serving*





Call Session Control Function que es lo que necesitamos para nuestra arquitectura. El tipo de subrack que se utiliza es T8280.

SBC-SE2600 es un *Session Border Controller* desarrollado por Huawei el cual se despliega en el borde de la red IP para controlar funciones como *CAC Call Admission Control*, Seguridad, Calidad de Servicio. El SE2600 tiene la particularidad de separar el plano de control del de media, lo cual hace que tenga unidades de procesamiento independientes que el *Signaling Processing Unit* y *Media Processing Unit*, los cuales se encuentran en el mismo CPU, pero lógicamente separados.

MGCF – MSOFTX3000 *Media Gateway Control Function*, este equipo actúa como un MGCF para implementar la interconexión entre el dominio IMS y el plano de control.

Este equipamiento cumple plenamente con los estándares del 3GPP en cuanto a la arquitectura IMS y la arquitectura LTE que en conjunto hacen posible el funcionamiento de VoLTE, pero a nivel físico se agrupan las funciones de tal manera que resulta importante considerarlas para evitar la subutilización de recursos existentes y prescindir de adquisiciones innecesarias de hardware.

Se recomienda utilizar equipos con elevada agregación de servicios ya que implica la adquisición de menor cantidad de dispositivos, con lo cual se logra menor tiempo de despliegue y optimización del espacio en el Centro de datos *datacenter*. Como el mayor porcentaje de la tecnología a emplear es del proveedor Huawei, solo con una actualización de software se pueden utilizar para cumplir con las nuevas prestaciones.

3. Conclusiones

Como resultado de la investigación desarrollada en este trabajo de diploma se arriba a las siguientes conclusiones:

1 En las redes LTE, Voz Sobre LTE (VoLTE) es la solución para transferir los paquetes de voz con un tratamiento especial, ofreciendo buena calidad de servicio y una latencia baja.

2 Los principales parámetros para establecer una buena calidad de servicio en redes VoLTE son los siguientes:

- El Identificador de clase de QoS (QoS Class Identifier, QCI).
- *Allocation and Retention Priority*, ARP
- GBR (*Guaranteed Bit Rate*)
- Máxima razón de bit (Maximum Bit Rate, MBR)
- *Packet End to End delay*





- *Packet Delay Variaton (PDV):*
 - S1 Delay
 - *Packet Loss Rate (PLR)*
 - MOS
- 3 IMS es la tecnología clave para proporcionar los servicios de voz en una red LTE (voz sobre LTE, VoLTE). IMS ofrece un marco que respalda los servicios multimedia basados en IP.
- 4 La red VoLTE propuesta basada en una arquitectura IMS con SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*) para la continuidad de la llamada con las redes heredadas esta en función de los parámetros y criterios de calidad de servicio.

5. Referencias bibliográficas

- [1] E. Gujral and J. JS, "- Strategic Approach for VoLTE Performance Improvement," 2016.
- [2] GSA, "Evolution to LTE report -4G MARKET and TECHNOLOGY UPDATE," 2017.
- [3] M. El Wakiel, H. El Badawy, and H. El Hennawy, "VOLTE deployment scenarios: Perspectives and performance assessments," in *Selected Topics in Mobile & Wireless Networking (MoWNeT), 2016 International Conference on*, 2016, pp. 1-8: IEEE.
- [4] C. D. Segura Villalobos, "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE QoS/QoE EN SERVICIOS OTT MONTADOS SOBRE UNA PLATAFORMA LTE/IMS", DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, UNIVERSIDAD DE CHILE 2012.
- [5] S. Sesia, M. Baker, and I. Toufik, *LTE-the UMTS long term evolution: from theory to practice*. John Wiley & Sons, 2011.
- [6] M. Mahfoudi, M. E. Bekkali, S. Mazer, M. E. Ghazi, and A. Najid, "LTE network capacity analysis to avoid congestion for real time traffic," in *Proceedings of 2014 Mediterranean Microwave Symposium (MMS2014)*, 2014, pp. 1-5.
- [7] M. Poikselkä, H. Holma, J. Hongisto, J. Kallio, and A. Toskala, *Voice over LTE (VoLTE)*. John Wiley & Sons, 2012.
- [8] *Technical Specification Group Services and System Aspects; Policy and charging control architecture* 2012.
- [9] R. Agusti Comes, F. Bernardo Alvarez, F.-j. Casadevall Palacio, R. A. Ferrus Ferre, J. Perez Romero, and J. O. Sallent Roig, "LTE: Nuevas tendencias en comunicaciones móviles," ed, 2010.
- [10] A. Vizzarri, "Analysis of VoLTE end-to-end quality of service using OPNET," in *Modelling Symposium (EMS), 2014 European*, 2014, pp. 452-457: IEEE.
- [11] S. Forconi and A. Vizzarri, "Review of studies on end-to-end QoS in LTE networks," in *AEIT Annual Conference, 2013*, 2013, pp. 1-6: IEEE.
- [12] *LTE; Telecommunication management; Key Performance Indicators (KPI) for the Evolved Packet Core (EPC)*, 2011.
- [13] J. Hyun, J. Li, C. Im, J. H. Yoo, and J. W. K. Hong, "A VoLTE traffic classification method in LTE network," in *The 16th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium*, 2014, pp. 1-6.
- [14] O. Kadatskaya and S. Saburova, "Research of requirements to QoS for voice over LTE," in *2014 First International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology*, 2014, pp. 135-138.



- [15] M. C. Chalcán Aguayo " Propuesta para la implementación del servicio de voz sobre LTE en la ciudad de Guayaquil," TRABAJO FIN DE MÁSTER Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación Universidad Politécnica de Madrid 2015.

