

Análisis de la tecnología *Long Term Evolution* (LTE) para su posible implementación en el Ecuador

Karina Muñoz V., Román Lara., Rubén León V.

Abstract- En el presente documento, se realiza un análisis sistemático de la evolución de la tecnología *Long Term Evolution*, sus características, arquitectura y otros aspectos fundamentales, con el fin de dar al lector un entendimiento más amplio sobre esta tecnología. Además se analiza diferentes requerimientos a tomar en cuenta para su posible implementación en el país. Las condiciones a tomar en cuenta para que la tecnología LTE sea implementada en el Ecuador son condiciones de mercado, tecnológicas y regulatorias

I. INTRODUCCIÓN.

Las redes móviles han permitido avances dramáticos y cambios en las telecomunicaciones en las últimas dos décadas, los operadores móviles han llegado a dominar la industria, ofreciendo a sus subscriptores un servicio conjunto tan rico como sus competidores cableados. Aunque las tecnologías de tercera generación (3G) ofrecen velocidades significativamente más altas que las tecnologías de segunda generación (2G), todavía hay más oportunidades para que los operadores inalámbricos capten mayor mercado frente a la creciente demanda de banda ancha inalámbrica. El siguiente paso en la evolución hacia las Redes de Cuarta Generación o 4G se conoce como *Long Term Evolution* [1].

II. LA TECNOLOGÍA LTE.

Esta tecnología recibe también el nombre de *Evolved Universal Terrestrial Radio Access* (E-UTRA) y forma parte del *Release 8* de la especificación de 3GPP.

El objetivo principal de LTE es proporcionar una alta tasa de datos, baja latencia y optimización de paquetes, con una tecnología de acceso de radio con un ancho de banda flexible, permitiendo a los operadores migrar sus redes de HSPA a LTE, para lo cual se dispone de una nueva arquitectura de red, que permite soportar en movimiento un tráfico de conmutación de paquetes, con garantía de calidad de servicio a una mínima latencia.

De igual manera que los sistemas 3G coexisten con los sistemas 2G en redes integradas, LTE coexistirá con sistemas 3G y 2G. Dispositivos multimodo funcionarán a través de las redes LTE/3G o incluso a través de LTE/3G/2G, dependiendo de las circunstancias del mercado.

LTE no está basado en WCDMA al igual que UMTS, en el *downlink* el método de acceso escogido es OFDMA y en el *uplink* el método de acceso usado es *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA), proporcionando ortogonalidad entre usuarios, reduciendo la interferencia y mejorando la

capacidad de la red. Además se incorpora el uso de múltiples antenas.

El sistema puede operar en dos modos *Frequency Division Duplex* (FDD) y *Time Division Duplex* (TDD). LTE permite flexibilidad en el espectro, donde el ancho de banda puede ser escogido entre 1.4MHz y 20MHz dependiendo de la disponibilidad del espectro. El ancho de banda de 20MHz puede proporcionar una tasa de datos de hasta 300Mbps en *downlink* y una tasa de datos de 75 Mbps en *uplink* [2]. Se reduce la latencia a 10ms para la transmisión de un paquete desde la red al dispositivo del usuario

III. ARQUITECTURA LTE.

La arquitectura LTE está diseñada con el objetivo de soportar tráfico de conmutación de paquetes; con movilidad sin fisuras, calidad de servicio y mínima latencia. Presenta una arquitectura más plana y simplificada, con sólo dos tipos de nodos; el núcleo de red llamado *Evolved Packet Cores* (EPCs) y la red de acceso conocida como E-UTRAN, la arquitectura completa es denominada como 3GPP *Evolved Packet System* (EPS), como se muestra en la Figura 1. [3]

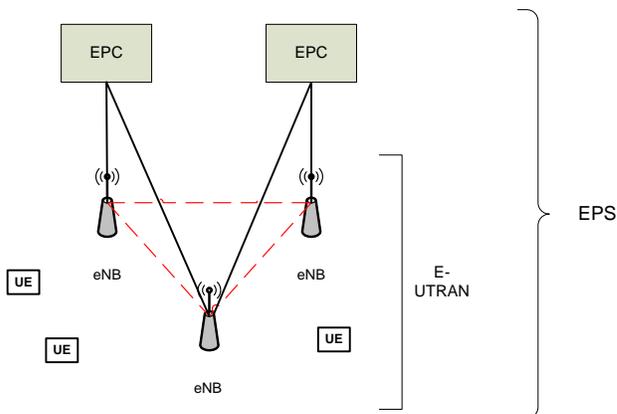


Figura 1. Arquitectura simplificada LTE

Evolved Packet Core (EPC)

La arquitectura EPC se guía por el principio de separación lógica de la señalización y las redes de transporte de datos, está formada principalmente por las siguientes entidades:

- *Mobile Management Entity* (MME), es el principal elemento que maneja el plano de control en el EPC. Proporciona gestión de movilidad y la administración de sesiones se realizan en el MME.
- *System Architecture Evolution Gateway* (S-GW), es el nodo del plano de usuario que une la red de acceso con el núcleo de la red. Actúa como un asegurador de movilidad local cuando existe *handover* entre eNBs y como un asegurador de movilidad entre LTE y otras tecnologías 3GPP.
- *Packet Data Network Gateway* (P-GW o PDN-GW). el punto de interconexión a redes IP externas.
- PCRF: Policy and Charging Rules Function (PCRF), es el elemento de la red responsable de la política y control de carga. Gestiona y provisiona los servicios en términos de QoS y tarificación aplicadas al tráfico de usuario.
- Evolved Packet Data Gateway (ePDG), establece un túnel seguro para la transmisión de datos con el terminal.
- *Home Subscriber Server* (HSS), almacena y actualiza, la base de datos que contiene toda la información de suscripción de usuario.

Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)

E-UTRAN únicamente contiene un *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network Base Stations* (también conocido como eNodeB o eNB) donde el *User Equipment* (UE) se comunica con el eNB y los eNBs se comunican entre sí y con el EPC.

User equipment (UE)

UE es el dispositivo que el usuario utiliza para la comunicación con la red. Normalmente se trata de un dispositivo portátil como un teléfono inteligente o una tarjeta de datos, como las que se utilizan actualmente en las redes 2G y 3G.

En la Figura 2 se muestra la arquitectura completa de LTE.

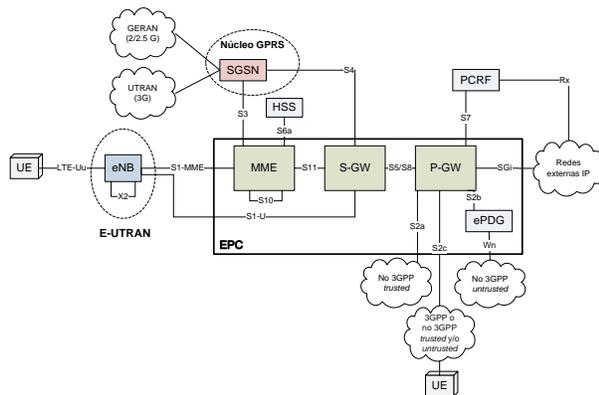


Figura 2. Arquitectura completa LTE

IV. ASPECTOS DEL SISTEMA

Servicios

EPC permite al operador de la red móvil ofrecer al usuario, un nuevo conjunto de servicios a través de su arquitectura plana. Proporciona una serie de características al operador a fin de apoyar el aprovisionamiento, supervisión, control y cobro de estos servicios. A continuación se dará una breve descripción de los servicios que EPC permite.

- Servicio de Datos

LTE y EPC han sido diseñados para permitir servicios IP, lo que significa, en teoría, que cualquier aplicación que necesite comunicación IP, puede utilizar el servicio de acceso IP que ofrece EPC

- Servicio de Conmutación de Circuitos

Uno de los temas que aún no se ha definido para EPS es la administración de los servicios de conmutación de circuitos. Existen varias opciones, entre ellas las siguientes:

Circuit Switched Fall-Back (CSFB) define un mecanismo para el uso de una red de conmutación de circuitos para proporcionar servicios de voz en una red LTE. CSFB permite al suscriptor el traspaso a la red de circuitos para recibir servicios de voz y luego regresar a LTE cuando se haya terminado. La Figura 3 [4] muestra la arquitectura de CSFB. Cuando un suscriptor desea hacer una llamada de voz, UE hace una solicitud de servicio a la red LTE, la cual coordina con la red 3GPP de versiones anteriores para redirigir al UE a la red de conmutación de circuitos (CS).

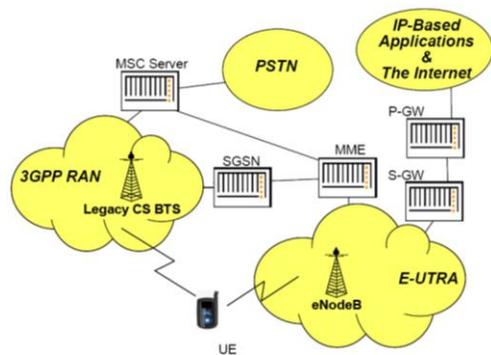


Figura 3. Arquitectura CS Fall-Back

Multimedia Telephony (MMTel) ha sido diseñado para ofrecer llamadas de voz usando IMS. Ofrece más posibilidades que una llamada de voz en una red de conmutación de circuitos. Es una elección para ofrecer servicios de voz cuando se está dentro de la cobertura LTE, sin embargo, no se puede confiar en el hecho que la cobertura LTE esté presente cuando el usuario realice una llamada de voz.

Single-Radio Voice Call Continuity (SRVCC) define una solución de como las llamadas de voz basadas en IP pueden ser entregadas de un sistema “A” a un sistema “B” que permite a la llamada de voz utilizar procedimientos de conmutación de circuitos. La red LTE determina que la llamada de voz tiene que ser trasladada a un dominio de circuitos. Esta notifica al servidor *Mobile Services Switching Center*(MSC) y se inicia un *handover* de la portadora de voz de LTE a la red de circuitos. El servidor MSC establece una ruta de portadora para el móvil en la red y notifica al núcleo IMS que la llamada se está moviendo del dominio de paquetes al de circuitos. El núcleo IMS realiza las funciones necesarias para el interfuncionamiento. Cuando el móvil llega a la red, esta cambia de un proceso de VoIP a un circuito de voz, y continúa la llamada. En la Figura 4[4] se muestra la arquitectura SRVCC.

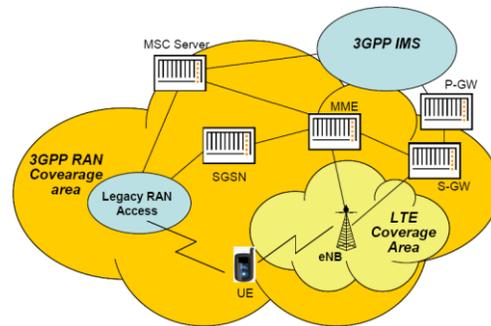


Figura 4. Arquitectura SRVCC con dominio de circuitos 3GPP

Esquemas de múltiple acceso

OFDMA es un esquema elegido para el *downlink* para E-UTRAN. OFDMA es una tecnología que resiste bien a múltiples trayectos, permite una alta eficiencia espectral, compatible con MIMO y reduce la complejidad de implementación. Mientras que SC-FDMA es el esquema de transmisión elegido para *uplink*. Las señales SC-FDMA tienen mejores propiedades *Peak Average Power Ratio* (PAPR). Los esquemas de modulación soportados tanto en el *downlink* como en el *uplink* son QPSK, 16QAM y 64QAM. La implementación de 64QAM en el *uplink* es opcional para los dispositivos [5].

Múltiples Antenas

El uso de múltiples antenas en el receptor y en el transmisor es la tecnología clave para llegar a los objetivos más competitivos en el rendimiento de LTE y se utilizan de diferentes maneras. Para *downlink* comprende: *transmit diversity*, *spatial multiplexing*, *beamforming*.

En el caso del modo *transmit diversity*, cada antena transmite el mismo flujo de información, pero con diferente código. LTE emplea *Space Frequency Block Coding* (SFBC) como un esquema de *transmit*

diversity. Una matriz especial es aplicada en el lado del transmisor, en la etapa de precodificación. En un determinado momento, la antena transmite los mismos símbolos de datos, pero con diferente codificación y subportadora. Este modo incrementa la robustez de transmisión, permite que la señal sea más resistente al *fading* y puede mejorar el rendimiento en condiciones de baja SNR.

Spatial multiplexing permite transmitir diferentes flujos de datos simultáneamente en un mismo bloque de recursos. Estos flujos de datos pueden pertenecer a un único usuario (*single user MIMO* / SU-MIMO) o diferentes usuarios (*multi user MIMO* / MU-MIMO). Mientras SU-MIMO incrementa la velocidad de datos de un usuario, MU-MIMO permite incrementar la capacidad (más usuarios por celda). *Spatial multiplexing* es solo posible si el canal de radio móvil lo permite.

Beamforming, este modo se utiliza para LTE TDD. Permite la mayor direccionalidad de la potencia de las antenas, lo cual mejora la recepción SNR, aumenta la cobertura y capacidad del sistema.

En el *uplink* solo una antena de transmisión está disponible en UE. Sin embargo, con múltiples antenas receptoras en eNB, MU-MIMO puede ser soportada, donde múltiples terminales de usuarios pueden transmitir simultáneamente en un mismo bloque de recursos.

Aplicaciones soportadas

La implementación de LTE es necesaria para proporcionar a los suscriptores una experiencia de

usuario muy similar a lo que tenemos en casa con conexiones xDSL o cableadas.

- *High Definition (HD) video streaming*
- *Video Blogging*
- Videoconferencia
- Sincronización con otros dispositivos
- Web en tiempo real
- Juegos en línea en tiempo real
- Aplicaciones P2P

V. CONSIDERACIONES PARA IMPLEMENTAR LTE EN EL ECUADOR

Para la prestación de servicios LTE, el Estado debe licitar una banda que se encuentre libre. Todas las inversiones que los operadores realicen, dependen de las bandas de frecuencia disponibles, pero no todas las bandas están disponibles en cada una de las regiones del mundo.

Para definir de manera rápida el grado de aceptación de esta nueva tecnología en el usuario final, se ha aplicado un modelo de encuesta. Y se espera que en un futuro este modelo de encuesta pueda ser útil para los operadores móviles, con el fin de verificar la factibilidad de implementación de LTE en nuestro país, para lo cual se debe tomar en cuenta métodos que permitan obtener una muestra adecuada, estableciendo un nivel de confianza estadístico.

La encuesta realizada, determina que gran parte del mercado de clase social media, tiene una buena aceptación sobre la tecnología celular, viéndose reflejado en todas las personas encuestadas al disponer de un dispositivo celular. Actualmente el uso

que se le da a este equipo es para múltiples funciones que necesiten del acceso a internet, convirtiéndose en una necesidad de los usuarios y creando una amplia demanda de servicios con mayor calidad en cuanto a conectividad y velocidad.

A medida que los equipos ofrecen más funciones su precio aumenta, el valor de un dispositivo de 4G tiene actualmente un costo elevado, sin embargo se espera que más adelante este valor disminuya y que los usuarios puedan tener acceso a ellos.

Las soluciones que varios fabricantes ofrecen para la implementación de LTE son muy importantes y presentan al operador alternativas de infraestructura para migrar hacia redes de 4G, entre ellos tenemos Alcatel Lucent, Nokia Siemens Networks, Ericsson y Cisco Systems, entre otros.

VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de las redes de datos se ve evidenciado por las necesidades de telecomunicaciones, su proceso de evolución ha tenido un rápido progreso en el tiempo en cuanto a mejoras tecnológicas, estas mejoras tecnológicas han dando lugar a una convergencia de redes por lo que se recomienda a los organismos de control, realizar una estructuración de nuevas normas regulatorias en el país, determinando en gran parte las condiciones de competencia de los mercados de los servicios de telecomunicaciones.

LTE, WiMAX y UMB son tecnologías basadas en IP que ofrecen altas velocidades de transmisión y que son similares en cuanto a características, el aspecto en el que difieren es el impacto que tendrán en el mercado. LTE será la tecnología con mayor

aceptación, ya que la base principal del mercado Ecuatoriano está constituida por los usuarios de la familia GSM. Esto beneficia a los operadores ya que pueden mantener sus usuarios al migrar de su red existente hacia LTE.

LTE es una tecnología inalámbrica basada en IP, con una infraestructura diseñada para ser tan simple como sea posible de implementar y operar, ofreciendo un alto rendimiento y baja latencia en un entorno móvil, con velocidades de hasta 300Mbps en *downlink* y de 75Mbps en *uplink* con un ancho de banda de 20MHz. La eficiencia espectral de LTE ha tenido una gran mejora, llegando a cuatro veces HSPA en *downlink* y tres veces en *uplink*.

La telefonía móvil en el Ecuador es la tecnología de mayor demanda y penetración en el país, existe un rápido crecimiento de usuarios de telefonía celular en los últimos años, superando los 15 millones de abonados para el año 2010, razón por la cual la implementación de LTE es factible desde el punto de vista del mercado. Sin embargo es recomendable inicialmente migrar hacia las redes HSPA+ ya que la inversión a realizar sería menor que migrar directamente hacia LTE. Además que el operador podrá recuperar su inversión en un plazo estimado de tres años, lo que se considera un plazo perfecto para después lanzar LTE.

Las inversiones que realicen los operadores, dependen de las bandas de frecuencia disponibles. El espectro más adecuado para el despliegue de LTE en el Ecuador, sería la banda del espectro de 700MHz o de “dividendo digital”, ya que las bandas más bajas ofrecen mayor cobertura y mejor propagación, sin embargo la banda de 700MHz no está liberada, razón por la cual es de vital importancia que se propongan

planes estratégicos que permitan liberar dicha banda. Una opción alternativa sería trabajar en la banda de 2.5-2.6 GHz o “banda de extensión 3G”, mientras se procede a realizar la conversión de la televisión analógica a digital.

VII. RECOMENDACIONES

A los proveedores de servicios de internet, ofrecer planes mejorando las tarifas existentes, con el fin de tener un mayor acceso a internet y así apoyar su crecimiento a nivel nacional.

A los entes reguladores, establecer un plan de migración que permita liberar las bandas de frecuencia que se encuentran actualmente brindando servicios de televisión analógica, ya que uno de los aspectos para que la tecnología LTE sea implementada es la banda de frecuencia en la que va a operar.

A los operadores de telefonía móvil, referenciarse sobre el modelo de encuesta propuesto con métodos que permitan obtener una muestra adecuada, estableciendo un nivel de confianza estadístico, con el fin de verificar la factibilidad de implementación de LTE en el Ecuador.

A los operadores de telefonía móvil, establecer un plan de negocios que permita establecer valores exequibles al usuario a planes y equipos de tecnología LTE, permitiendo así la penetración al mercado de esta tecnología.

REFERENCIAS

- [1] FARIAS María, LANZILLOTTA Analía, “Latin America: LTE on the road”, Revista TyN, edición 26.
- [2] www.3gpp.org
- [3] OLSSON Magnus, SULTANA Shabnam, ROMMER Stefan, FRID Lars, MULLIGAN Catherine, “SAE and the Evolved Packet Core: Driving the Mobile Broadband Revolution”, primera edición, 2009.
- [4] “LTE Inter-technology Mobility: Enabling Mobility Between LTE and Other Access Technologies”, Motorola, 2008.
- [5] ERGEN Mustafa, “Springer Mobile Broadband: Including WiMax and LTE”, Springer, 2009.