

# Desarrollo de las tecnologías de cuarta generación en las comunicaciones móviles 4g

Virgilio Ernesto Reyes Vásquez  
Escuela de Computación  
Universidad Don Bosco  
[virey29@gmail.com](mailto:virey29@gmail.com)

## Resumen

La telefonía móvil constituye uno de los bloques de servicios de telecomunicaciones de mayor crecimiento. La evolución que ha experimentado ha ido propiciando una serie de mejoras y una notoria ampliación de los servicios que se incorporan junto con el transporte de voz por medios móviles. En El Salvador el despliegue de tecnologías de tercera generación ha comenzado. Esta generación incorpora facilidades de convergencia móvil, integrando a los servicios de voz, los datos y vídeo, a tal punto que en la actualidad prefiere hablarse de terminales móviles y no tanto de teléfonos móviles (ya que no se trata de dispositivos exclusivamente diseñados para la comunicación de voz). Las expectativas de desarrollo en generaciones futuras son grandes y requieren de replanteamientos determinantes. Con este trabajo se explorarán esas expectativas y los planteamientos de abordaje tecnológico de las mismas, las implicaciones del tipo de protocolos que se emplearán y las perspectivas de ampliación de aplicaciones, sobre todo en nuestro medio, que estas han de tener.

**Palabras claves:** Comunicaciones móviles, Cuarta generación, LTE, WIMAX.

## Abstract

Mobile telephony is one of the fastest growing telecommunication services. Its evolution has motivated improvements and an increasing number of services besides voice transmission. In El Salvador, third generation technologies have begun to spread. This generation includes easy mobile convergence, integrating data and video to voice services, in such a way that, today, it is better to refer to them as mobile terminals rather than mobile telephones, since they are not devices exclusively designed for voice communication. The expectations for developing future generations are great and require important rethinking. In this paper, these new expectations and their technological approaches are studied, including the type of protocols to be used and the possibilities for expanding the applications they can have, especially in our country.

**Keywords:** Mobile Communications, Fourth Generation, LTE, WIMAX

## Introducción

En El Salvador las comunicaciones móviles de tercera generación (3G) es un segmento que todavía está fortaleciéndose entre los usuarios. La mayoría de operadores móviles no ha terminado la implementación de la infraestructura necesaria en todas las áreas donde se desearía el servicio. Pero la innovación tecnológica es muy rápida y ya hay varias compañías a nivel internacional que ofrecen soluciones 4G a sus usuarios. Por tal motivo las operadoras móviles tienen que hacer un análisis para encontrar una manera de encarar la próxima migración a la siguiente generación y así no pierdan el *"time to market"*

Es muy importante hacer notar que hay varias alternativas que compiten por ser la base de la siguiente generación (Berge 2009). Cada una aporta distintos niveles de complejidad; así como también, ventajas y desventajas. Por ejemplo, dos de los protocolos definidos por la ITU como base para la cuarta generación son: LTE Advanced y WirelessMAN-Advanced (International Telecommunication Union 2010).

Las operadoras y distribuidoras de equipos de telecomunicaciones han comenzado a implementar soluciones 4G en Europa y en Asia. Los protocolos de comunicaciones y la infraestructura sobre la cual se apoyarán las comunicaciones móviles se está poniendo a prueba y dentro de poco podremos ver como los servicios y la calidad de los mismos mejora exponencialmente con la implementación depurada de toda la tecnología 4G.

Es muy importante señalar que también se ha impuesto al estudio una delimitación en cuanto a las tecnologías a analizar. Se explorará el uso y la implementación de WIMAX y LTE como soporte de las comunicaciones móviles de cuarta generación

Los objetivos de este estudio son:

- Identificar la evolución y desarrollo de las comunicaciones móviles que brindan servicios de voz, video y datos de última generación.
- Realizar un seguimiento de las tecnologías de comunicaciones necesarias para la implementación de una infraestructura robusta de comunicaciones móviles de cuarta generación.
- Establecer las tecnologías de comunicación sobre las que circulará el tráfico de la red inalámbrica de cuarta generación.

Para llevar a cabo el estudio se ha procedido a hacer una revisión literaria sobre las tendencias actuales alrededor del mundo con respecto a los avances que los fabricantes de equipos de comunicaciones móviles han logrado con las comunicaciones 4G; así como también, el aporte que las principales operadoras móviles de clase mundial están realizando en dicho tema.

## Marco teórico

¿Qué son las comunicaciones móviles?

Las comunicaciones móviles permiten a un emisor y a un receptor la comunicación sin utilizar cables, vía radio.

Los Sistemas de comunicaciones móviles han sido implementados a lo largo de los años por diferentes tecnologías que en su tiempo brindaron una solución adecuada a las necesidades del momento (Huidobro 2006). Por ejemplo, entre ellas tenemos:

- Sistema PMR
- Sistemas Troncales
- Sistema TETRA
- Sistema GSM (2G)
- Sistema GPRS (2.5G)
- Sistema UMTS (3G)

También se ha utilizado el término "Generaciones" para diferenciar las tecnologías analógicas y digitales de las que se han hecho uso; así como también, el tipo de servicio que es ofrecido en cada generación.

### Primera generación (1G)

La primera generación surgió en los años 80 y utiliza canales de radio analógicos con frecuencias en torno a los 900MHz o superiores con modulación FM. Para ello hubo que desarrollar y protocolizar las redes celulares.

Una red celular es un sistema zonal de antenas transmisoras de baja potencia trabajando de forma coordinada, el cual permite cubrir determinada área geográfica. Al área que cubre cada antena por separado se le llama célula.

Es importante señalar que los equipos 1G comparados con los equipos 2G y 3G de la actualidad son mucho más grandes, pesados y carecen de las funciones incorporadas que acostumbramos a ver en los celulares de hoy en día, pero fueron un gran avance para su época porque permitieron la movilidad en las comunicaciones.

### Segunda generación (2G)

Los avances en la tecnología de materiales y semiconductores permitieron digitalizar las comunicaciones y esto trajo como consecuencia directa comunicaciones más rápidas y una mejora sustancial en los servicios ofrecidos.

Uno de los nuevos servicios ofrecidos en esta generación fue el servicio SMS o envío de mensajes de texto corto entre terminales.

Las comunicaciones digitales permiten ofrecer una mejor calidad de voz, además aumenta el nivel de seguridad permitiendo el cifrado de la información y también se simplifica la fabricación del terminal.

El estándar más conocido de esta generación es GSM (International Telecommunication Union, ITU 1997): Global System for Mobile Communications. El interfaz de radio de GSM se ha implementado en diferentes bandas de frecuencia dependiendo de la región en que se encuentre implementado. Por ejemplo las bandas de GSM están desde los 800MHz hasta los 1900 MHz.

GSM se basa en los siguientes principios:

- Buena calidad de voz.
- Itinerancia.
- Deseo de implantación internacional.
- Terminales realmente portátiles.
- Compatibilidad con la RDSI.
- Instauración de un mercado competitivo con multitud de operadores y fabricantes.

Todo ello condujo a una explosión comercial de celulares a nivel mundial que dura hasta hoy y que permitió que la 2G domine ampliamente el mercado mundial.

## **Generación de transición (2.5G)**

Debido a que GSM solo podía ofrecer una velocidad de 9.6Kbps para servicio de voz y datos, las operadoras se vieron en la necesidad de satisfacer las nuevas demandas del mercado que requerían servicios multimedia y para los cuales GSM no daba abasto.

Para ello implementaron soluciones basadas en GPRS: General Packet Radio Services, que es una extensión de GSM para la transmisión de datos por paquetes. Permite velocidades de datos desde 56Kbps hasta 114Kbps.

Con GPRS las operadoras móviles pudieron ofrecer a sus usuarios servicios como: WAP, SMS, MMS, WWW y E-MAIL.

## **Tercera generación (3G)**

Los servicios ofrecidos por la generación 2.5G se veían limitados por la baja tasa de transferencia de datos a la que los usuarios podían acceder. Por lo tanto las operadoras y fabricantes de equipos de telecomunicaciones móviles se enfocaron en aumentar la capacidad de transmisión de datos para poder ofrecer a sus usuarios servicios tales como: Conexión a Internet desde el móvil, videoconferencias y descarga de archivos a una velocidad máxima de 2Mbps en condiciones óptimas.

Como ha sido costumbre, los países asiáticos han sido pioneros en la implementación de las tecnologías móviles y por el año 2001 Japón se abrió paso en soluciones 3G. Muchos problemas logísticos y técnicos la

han acompañado, pues supuso un nuevo sistema de transmisión de datos y diferentes requerimientos de estandarización.

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System, es la tecnología más usada por los móviles de la tercera generación. UMTS es la tecnología sucesora de GSM y brinda mejores características tales como: velocidad de acceso a Internet elevada, capacidades multimedia y transmisión de voz con calidad semejante a la de las redes fijas.

La ITU elaboró el estándar IMT-2000 (International Telecommunication Union, 1997) (International Mobile Telecommunications-2000) para que todas las redes 3G sean compatibles unas con otras)

## **Experiencias a partir de 3G y 3.5G**

### **Ventajas de una arquitectura de redes por capas**

A diferencia de GSM, UMTS se basa en servicios por capas. En la capa superior está la capa de servicios, que provee un despliegue de servicios rápido y una localización centralizada. En el medio está la capa de control, que ayuda a mejorar los procedimientos y permite que la capacidad de la red sea dinámica. En la capa inferior está la capa de conectividad donde cualquier tecnología de transmisión puede usarse y el tráfico de voz podría transmitirse mediante ATM/AAL2 o IP/RTP.

### **Generación de transición (3.5G)**

#### **HSDPA**

HSDPA, es el acrónimo de High-Speed Downlink Packet Access. Es un Nuevo protocolo para la transmisión de datos por medio de telefonía móvil. En esencia el estándar provee velocidades de descarga en un teléfono móvil equivalentes a una conexión ADSL de un hogar. Es una evolución y mejora de W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access, un protocolo de tercera generación.

HSDPA, consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente (downlink) que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información pudiéndose alcanzar tasas de 14 Mbps. Soporta tasas de throughput promedio cercanas a 1Mbps.

HSDPA mejora la velocidad de transferencia de datos por un factor de al menos cinco en W-CDMA. Aunque los datos pueden ser transmitidos, las aplicaciones con demandas de datos alta como el vídeo y el streaming de música son el foco de HSDPA.

HSDPA mejora W-CDMA mediante el uso de diferentes técnicas de modulación y codificación. Se crea un nuevo canal dentro de W-CDMA denominado HS-DSCH, o de alta velocidad de descarga de canal compartido. El canal funciona de manera diferente que otros canales y permite velocidades de descarga más rápida. Es importante señalar que el canal sólo se utiliza para la descarga. Esto significa que los datos se envían desde la fuente hasta el teléfono. No es posible enviar datos desde el teléfono a una fuente con

HSDPA. El canal es compartido entre todos los usuarios que permite a las señales de radio utilizar con más eficacia la descarga.

## **HSUPA**

High-Speed Uplink Packet Access (Holma 2006) (HSUPA) es un protocolo que trabaja con la red de telefonía móvil 3G, ofreciendo una velocidad máxima de subida de 5.76Mbps.

HSUPA está definido en el estándar Universal Mobile Telecommunications System, versión 6, por la 3GPP, como una tecnología que ofrece una mejora sustancial en la velocidad para el tramo de subida, desde el terminal hacia la red.

HSUPA mejora el rendimiento del canal dedicado (E-DCH) mediante un incremento del rendimiento y una reducción de los retardos. En otras palabras, aumenta la velocidad a la que el dispositivo móvil puede comunicarse con la red. El HSUPA está diseñado para adaptarse rápidamente a la señal y a los parámetros de protocolo necesarios para las comunicaciones inalámbricas. El nuevo protocolo también mejora el rendimiento al reducir la latencia.

HSUPA hace uso de algunas nuevas características, por ejemplo: Fast Hybrid Automatic Repeat ReQuest (ARQ) es uno de ellos. Esto permite que la estación base en la red móvil pueda hacer una petición inmediata de retransmisión de datos. Al hacer más eficiente solicitudes de retransmisión, la transmisión de datos en general se puede producir con mayor rapidez.

## **Cuarta generación (4G)**

Las comunicaciones móviles de cuarta generación, están caracterizadas por contar con dos tecnologías alternativas o complementarias, según la situación particular de cada operador móvil. Ambas comparten muchas similitudes e incluso podrían llegar a converger.

Las dos tecnologías que más adeptos tienen son: LTE Advanced y WirelessMAN-Advanced. El eje de trabajo que acá se reporta lo constituyen el análisis del desarrollo que estas dos tecnologías tienen actualmente y su contribución a la implementación de soluciones 4G.

### **WirelessMAN-Advanced (802.16m)**

El desarrollo de la plataforma WiMAX™ ha sido testigo de importantes contribuciones de los dos sectores que una vez trabajaron por separado: telefonía celular y banda ancha inalámbrica fija. Esto ha dado a WiMAX un enfoque dual que ha sido una fuerza, en términos de una plataforma que puede abarcar varios modelos de negocio.

Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El protocolo que caracteriza esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda

ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de la población presenta unos costos por usuario muy elevados en zonas rurales.

WiMAX puede proporcionar acceso de banda ancha inalámbrica (BWA) a 30 millas (50 km) para estaciones fijas, y 3 a 10 millas (5 - 15 km) para las estaciones móviles. En cambio, la norma WiFi/802.11 inalámbrica de área de red local se limita en la mayoría de los casos a sólo 100 a 300 pies (30 – 100m).

Con WiMAX, los tipos de datos WiFi son fácilmente compatibles, pero la cuestión de la interferencia es reducido. WiMAX opera en ambas formas: con y sin licencia de frecuencias, proporcionando un entorno regulado y un modelo económico viable para los operadores móviles.

WiMAX es un protocolo de segunda generación que permite un uso más eficiente de ancho de banda, para evitar interferencias, y está destinado a permitir mayores velocidades de datos a mayores distancias.

Hay consultoras y operadoras móviles que han venido cuestionando la supervivencia de WiMAX debido al avance en el desarrollo de LTE. Pero según estudios proporcionados por la IEEE (IEEE 2010), menciona que el número de despliegues, de usuarios y de ingresos ha ido en aumento.

Durante 2009 unos 2,3 millones de usuarios se suscribieron a servicios WiMAX. Los ingresos registrados para todo el año pasado fueron de 3.030 millones de dólares casi el doble que lo registrado en 2008, cuando los ingresos fueron de 1690 millones, según los datos de Maravedis.

En el primer trimestre de 2010, estos usuarios WiMAX ofrecían ARPU promedio a nivel mundial de 42 dólares en el sector corporativo y 21 en el residencial.

Motorola anunció su solución evolutiva única para los accesos de radio (RAN) para los operadores WiMAX móvil (802.16e) para que puedan migrar a WiMAX Advanced (802.16m) o a TD-LTE. Además, la solución permitiría que los operadores WiMAX móvil lanzarán en coexistencia una red LTE en una configuración FDD. Con esta solución los operadores pueden migrar a la siguiente iteración de la tecnología o incluso cambiar a LTE aprovechando la mayoría de los componentes instalados para WiMAX móvil.

WirelessMAN-Advanced (Marks 2010), Forma parte del conjunto de estándares IEEE 802.16 (Air Interface for Broadband Wireless Access Systems) de ámbito metropolitano. Para cumplir con las especificaciones de la ITU sobre IMT-Advanced, el grupo de estudio desarrolló el estándar IEE 802.16m, cuyo primer borrador se publicó en julio de 2009. Las características principales respecto a las versiones anteriores de IEEE 802.16 son:

- Estructura de trama basada en subtramas para retransmisión rápida (esquema HARQ) que reduce la latencia general en los planos de usuario y de control y mejora la experiencia VoIP. Esquemas mejorados de subcanalización para reducir encabezados y aumentar la eficiencia de transmisión.
- Transmisión multiportadora en portadoras contiguas y no contiguas con una única instancia MAC. Esta característica permite utilizar anchos de banda de hasta 100 Mhz.

- Esquemas MIMO (Ericsson 2008) mejorados tanto para el enlace ascendente como para el enlace descendente. En el enlace descendente soporta MIMO de estación base única, MIMO con múltiple estaciones base y esquemas monousuario y multiusuario. En el enlace ascendente soporta MIMO monousuario con multiplexación espacial colaborativa (CSM, Collaborative Spatial Multiplexing).
- Servicios de difusión y Multicast mejorados utilizando combinaciones de portadoras Mixtas (tráfico y difusión/multicast) y portadoras dedicadas para difusión/multicast.

## LTE Advanced

LTE (IEEE 2008), siglas de Long Term Evolution, es considerado por muchos como el sucesor obvio para la actual generación de la tecnología 3G UMTS, que está basado en WCDMA, HSDPA, HSUPA y HSPA. LTE no es un sustituto de UMTS en la manera en que UMTS fue un reemplazo para el GSM, sino más bien una actualización de la tecnología UMTS que le permitirá ofrecer velocidades de datos mucho más rápido tanto para la carga y descarga. Verizon Wireless en los EE.UU., que es parcialmente propiedad de Vodafone, ya ha dicho que apoyará LTE como su tecnología 4G de elección, abandonando su actual red CDMA base.

Para los consumidores, LTE permitirá a las aplicaciones existentes poder correr más rápido, además de poner a disposición de las nuevas aplicaciones de telefonía móvil. aplicaciones de vídeo mejorado y la presentación del teléfono móvil puede ser incluido.

LTE utiliza ondas de radio para tener más datos que se transfieren a través del mismo ancho de banda utilizado por equipos de 3G. Como resultado, los proveedores de servicios deberían ser capaces de llegar a la transferencia de datos fuera de sus celdas existentes y, posiblemente, reducir el costo para operar sus redes. Desde LTE se conecta a las redes existentes, los proveedores pueden planificar una transición sin problemas, y luego continuar el legado de utilizar las redes CDMA y GSM como copias de seguridad.

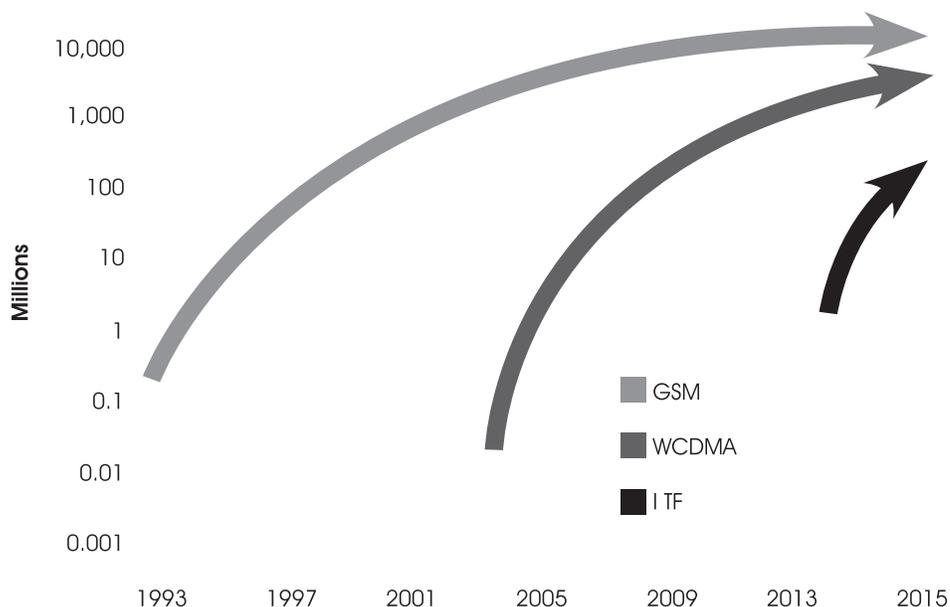


Figura 1. Línea del tiempo para GSM, HSPA/WCDMA, LTE suscriptor/evolución de dispositivos

El eje central de la investigación es ofrecer una visión general de los diferentes estándares y las iniciativas de la industria para ofrecer telefonía móvil de cuarta generación a través del acceso LTE Advanced. La razón de esto es evitar la fragmentación en el mercado de terminales móviles.

La novedad de LTE es la interfaz radioeléctrica basada en OFDMA para el enlace descendente (DL) y SC-FDMA para el enlace ascendente (UL). La modulación elegida por el estándar 3GPP hace que las diferentes tecnologías de antenas (MIMO) tengan una mayor facilidad de implementación, esto favorece según el medio de hasta cuadruplicar la eficacia de transmisión de datos.

Para conseguir una mayor eficiencia, el sistema se realimenta con las condiciones del canal, adaptando continuamente el número de subportadoras asignadas al usuario en función de la velocidad que éste necesita y de las condiciones del canal. Si la asignación se hace rápidamente, se consigue cancelar de forma eficiente las interferencias co-canal y los desvanecimientos rápidos, proporcionando una mayor eficiencia espectral que OFDM

Al igual que WiMAX, esta tecnología ofrecerá servicios de banda ancha inalámbrica (como EVDO ), pero en vez de transmitir señales a través de microondas, LTE utiliza una plataforma de radio. Se necesitará un módem LTE para acceder a la red, que puede ser en formato USB, ExpressCard, PCMCIA, o incrustado en una computadora portátil, y probablemente también se presentará como la conexión a Internet en los PDA y los teléfonos.

Esta red súper rápida promete velocidades de descarga pico de 100Mbps. LTE va a proporcionar una alternativa a DSL, cable, satélite e internet de acceso telefónico, que será una bendición grande para las personas que viven en zonas que actualmente no están atendidos por una red de alta velocidad.

Las redes HSPA+ requieren de 50 a 100 Mbps por estación base y las redes LTE requieren 100 a 200 Mbps por estación base – una magnitud de orden muy superior a la necesitada para las redes 2G o 3G. Además, este tráfico está predominantemente basado en IP. Los sistemas de radio tradicional TDM no pueden manejar este tráfico backhaul y el alquiler de circuitos E1 no es efectivo en su relación costo-beneficio. Los operadores están evaluando ahora tecnologías para el backhaul que puedan reunir los requerimientos de sus nuevas ofertas de servicio. Las dos tecnologías que están primordialmente en consideración son las microondas y la fibra. Además, las opciones de onda de 60-80 GHz están en evaluación para algunas aplicaciones limitadas.

Las características principales de LTE-Advanced (EEExplore 2009) son las siguientes:

- Está basado en LTE y permite una evolución gradual para los operadores móviles. Es espectralmente compatible con LTE.
- Conserva el sistema de acceso SC-FDMA para el enlace ascendente y mejora la tasa de transmisión mediante MIMO.
- Permite operación multiportadora con portadoras en diferentes bandas (contiguas y no contiguas) y agregación de tráfico para manejar anchos de banda de hasta 100 Mhz.

- Permite operación MIMO mejorada. En el enlace descendente permite MIMO de alto orden (hasta 8x8) y MIMO multiusuario para manejar la interferencia de antenas correlacionadas. En el enlace ascendente soporta MIMO monousuario de hasta 4x4.
- Permite comunicaciones multi-salto, en capa física para aumento de la cobertura y en capa de red para backhauling y mejoramiento del desempeño en el borde las celdas.

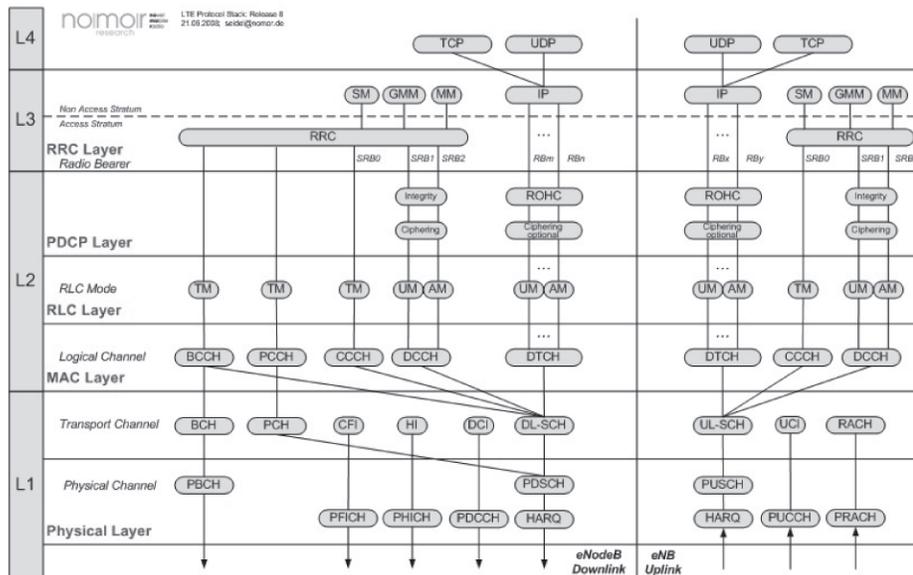


Figura 2. Pila de protocolos de LTE

## ITU y 4G

La ITU ha recibido seis propuestas de tecnologías candidatas para las comunicaciones móviles de cuarta generación. Las seis propuestas alineadas alrededor de la LTE 3GPP Versión 10 y posteriores (LTE-Advanced) y la tecnología IEEE 802.16m, fueron evaluadas con los requisitos de la UIT-R mediante un proceso de evaluación definido. Esta evaluación rigurosa durante el año 2010 contó con el apoyo de grupos independientes de evaluación externa que se han establecido en todo el mundo y se llevó a cabo bajo la dirección de la UIT-R Grupo de Trabajo 5D.

A raíz del anuncio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) de definir oficialmente las dos tecnologías mundiales de banda ancha inalámbrica móvil 4G (IMT Advanced), en octubre pasado, el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) completó la evaluación de seis tecnologías para banda ancha móvil 4G. La armonización de estas propuestas dio lugar a dos tecnologías, LTE-Advanced y WirelessMAN-Advanced, designadas oficialmente con la denominación "IMT-Advanced" y calificadas como verdaderas tecnologías 4G.

## El dividendo digital y su relación con 4G

El momento en el que cesen la difusión analógica y sea sustituida por la digital se ha dado en llamar apagón analógico. Cuando eso ocurra, las bandas que actualmente están siendo ocupadas por la televisión analógica convencional quedarán libres en gran parte, puesto que la televisión digital es del orden de

seis veces más eficaz en cuanto al uso del espectro, pudiendo entonces ser asignadas a otros servicios. Esta "liberación de ocupantes" de las frecuencias de difusión actuales en la banda UHF y la consiguiente liberación de la banda de VHF, se conoce como "dividendo digital".

Las operadoras de telecomunicaciones móviles harán uso del dividendo digital para proveer el servicio de cuarta generación. El gobierno de cada país es quien regula el uso del dividendo digital; en el caso de El Salvador, es la Super Intendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)

En Europa se han comenzado a implantar redes LTE Advanced que hacen uso del dividendo digital para operar. Por ejemplo Deutsche Telekom lanzará a finales de año un servicio 4G en Alemania utilizando espectro del 'dividendo digital' y tecnología de Nokia Siemens Networks.

## Conclusiones

Aunque las proyecciones nos permiten percibir claramente que LTE Advanced contara con mayores asociados a nivel mundial y que será la base sobre la que operaran las comunicaciones móviles de cuarta generación; WirelessMAN-Advanced no dejara de jugar un papel importante en el engranaje de las conexiones entre redes WI-FI, 2G/3G, LTE y WIMAX.

Al igual que el paso de 2G a 3G, la introducción de la tecnología LTE no conlleva una migración, sino que las tecnologías coexisten y se superponen. La clave no es pensar en una persona navegando a 100Mbps, sino pensar en el impacto de cien personas navegando a 1Mbps.

Para implementar LTE Advanced hay necesidad de contar con un espectro muy amplio para poder aprovechar al máximo todas sus prestaciones. LTE Advanced presenta como ventaja que se puede utilizar desde menos de 2 MHz hasta 20 MHz, y ciertamente cuanto menos espectro se utilice menos velocidades se obtienen. Lo que realmente importa es mencionar que LTE Advanced es muy flexible en el uso del espectro. Cuando hablamos de WCDMA, la especificación dice que se deben utilizar 5 MHz por portadora; ya se está hablando en las asociaciones que estandarizan la tecnología la posibilidad de utilizar dos portadoras con la utilización de 10 MHz con lo que en HSPA+ se podrían alcanzar velocidades de 100Mbps.

La tecnología LTE Advanced ya es una realidad. Su interoperabilidad y funcionamiento ha quedado demostrado en las pruebas que llevan realizando operadores de todo el mundo y con los lanzamientos en el Norte de Europa, donde TeliaSonera ya ofrece servicio de forma comercial con la tecnología. Aún así, la tecnología debe acoplarse a las redes existentes 2G y 3G, y encontrar espectro donde poder ser acomodada. La tecnología puede servir a los operadores para poder competir incluso con los operadores fijos de banda ancha incrementando su capacidad y reduciendo el costo por kilobyte.

LTE Advanced goza de diferentes ventajas que hacen que sea el sistema a utilizar en el futuro con total seguridad y fiabilidad. Entre estas ventajas destaca el poder ofrecer servicios más rápidos y económicos, aumentando la velocidad y eficiencia espectral. Con esto disminuirá la latencia y reducirá el costo por bit.

Una de las preguntas que se están haciendo las operadoras de telefonía móvil y las entidades reguladoras de las telecomunicaciones de cada país es: ¿En qué banda espectral los operadores proveerán sus servicios de LTE?

La respuesta la podemos predecir a partir de la experiencia que estamos observando en la actualidad. En Estados Unidos se llevo a cabo la licitación de la banda de los 700Mhz y en Suecia se está licitando la de los 2.6Ghz. En algunos casos veremos la reutilización del espectro y en otros será un nuevo espectro; todo esto unido, al uso del dividendo digital que cada país le dé a sus bandas.

## Referencias

- Berge Ay va zian 2009, "Let the 4G Wars Begin: Comparing the Mobile Broadband Strategies of AT&T, Verizon, Sprint and Telstra", 4G Business + Technology Strategies. PP. 3-4.
- IEEE xplore Digital Library. *Relay technologies for WiMax and LTE-advanced mobile systems*. extraído en October 2009 desde [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=5273815](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5273815)
- Ericsson. A MIMO framework for 4G systems. extraído el 19 de septiembre de 2008 desde [http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/journal\\_conference\\_papers/wireless\\_access/SPAWC07\\_osseiran.pdf](http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/journal_conference_papers/wireless_access/SPAWC07_osseiran.pdf)
- Holma, Harri y Toskala, Antti, HSDPA/HSUPA For Umts. 2a. De, John Wiley & Sons Inc. 2006. PP. 68-95.
- IEEE xplore Digital Library. *Evolving LTE towards IMT-Advanced*. extraído el 24 Septiembre 2008 desde [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=4657145](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4657145)
- IEEE, Spectrum. *4G in the U.S.A.* extraído en Octubre 2010 desde <http://spectrum.ieee.org/telecom/standards/4g-in-the-usa>
- International Telecommunication Union. *ITU, GSM MoU Association sign agreement to benefit developing countries*. Geneva and London, extraído el 2 October 1997 desde [http://www.itu.int/newsarchive/press\\_releases/1997/np-06.html](http://www.itu.int/newsarchive/press_releases/1997/np-06.html)
- International Telecommunication Union. *ITU-R IMT-Advanced 4G standards to usher new era of mobile broadband communications*. Geneva, extraído el 21 October 2010 desde [http://www.itu.int/net/pressoffice/press\\_releases/2010/40.aspx](http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/40.aspx)
- International Telecommunication Union. *ITU-R IMT-Advanced 4G standards to usher new era of mobile broadband communications*. Geneva, extraído el 21 October 2010 desde [http://www.itu.int/net/pressoffice/press\\_releases/2010/40.aspx](http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/40.aspx)
- International Telecommunication Union. *Norma mundial de la UIT para comunicaciones celulares - «IMT- Avanzadas»*. Geneva and London, extraído el 2 October 1997 desde <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=imt-advanced&lang=es>
- José Huidobro, Ramón Millán y David Martínez, *Tecnologías de Telecomunicaciones*, 1a. ed. Alfaomega, 2006. PP.77-106.
- R.B. Marks, approval of WirelessMAN-Advanced as an IMT-Advanced Technology, extraído el 20 Oct 2010 desde <http://www.ieee802.org/16/arc/802-16list2/msg05918.html>