

La telefonía móvil de cuarta generación 4G y Long Term Evolution

Ing. Esteban Mauricio Inga Ortega Mgt.
einga@ups.edu.ec



Resumen

Los avances de la tecnología sobre la telefonía celular enmarcan un mercado asiduo de servicios de valor agregado, capaces de superar los índices de penetración a partir de la segunda década del presente siglo. Cada año los desechos tecnológicos son incrementados por la obsolescencia que genera una demanda de marketing publicitario y el mercado consumista que necesita estar a la vanguardia, la denotación de los nuevos niveles de poder social para no sentir la relegación por parte de la misma y la automatización electrónica de un sinnúmero de procesos, ahora prácticamente necesarios, ha generado la política de las empresas generadoras de hardware celular que cubra las expectativas de los clientes más exigentes como: video, internet, voz de mayor calidad, cobertura, multimedia entre otros. Las primeras pruebas de países como Japón sobre una nueva tecnología que estaría sobre la actualmente 3.5G harían pensar que en los próximos años no solamente se entregarán al mercado una nueva interfaz hombre-móvil, sino que también permitirá generar una exigencia de actualización tecnológica para las empresas que brindan el servicio de telefonía. En Ecuador la competencia se generaría entre Telefónica (Movistar), Porta y la estatal Alegro, estas dos últimas con sus nombres comerciales respectivamente.

Palabras clave

Evolución a Largo Plazo (Long Term Evolution), GPRS (Servicio general de paquetes vía radio), GSM (Sistema Global para la comunicaciones Móviles), IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), IP (Protocolo de Internet), WI-FI (Wireless Fidelity), WIMAX (Interoperabilidad Mundial para acceso por Microondas), QoS (Calidad de Servicio), VoIP (Protocolo de Voz sobre Internet), UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles).¹

Las fuentes bibliográficas pertinentes para el presente artículo han sido gracias al apoyo de los estudiantes *Student de IEEE* J. Inga y A. Ortega tesis de la Universidad Politécnica Salesiana (Cuenca- Campus El Vecino) (correos e.: hachas_13@hotmail.com; andresortega_4387@hotmail.com).

Introducción

El presente artículo ha sido generado en virtud del interés por las telecomunicaciones y sus avances particulares en diferentes tecnologías que serán aplicadas posiblemente a finales del 2010, pero todavía no se ha conocido qué tipo de tecnología usará y los posibles servicios de valor agregado que se podría brindar por parte de las operadoras que ofertan el servicio de telefonía móvil celular; la comparación de las tendencias a lo largo de los últimos años y las proyecciones nos brindarán un panorama de lo eventos esperados por los estándares y, sobre todo, de las medidas que se deberán tener para conseguir un funcionamiento adecuado y un servicio correcto de aquella tecnología

La importancia de generar nuevos avances tecnológicos por tratar de mejorar los servicios ofertados a los clientes, hoy más exigentes, permiten crear nuevos estándares que superan los anteriores servicios con grandes ventajas. Así Long Term Evolution logrará ser elevado a 4G (Cuarta Generación), logrando el acceso ilimitado a la información sin importar el tamaño del archivo o lograr satisfacer la necesidad de los consumidores del cine como disfrutar de un video de alta definición o el empleo WiMax se vislumbra que serán los actores principales de la cuarta generación de tecnología para los móviles celulares.

La tecnología 4G se soporta en el estándar 3GPP (tercera generación) que basa su sistema en IP, es decir es un sistema de sis-

temas y una red de redes y superándose posteriormente en la convergencia entre redes de cable o redes wireless, ordenadores, dispositivos eléctricos-electrónicos, TIC entre otras para proveer de velocidades de acceso entre 100Mbps en movimiento y 1Gbps en reposo, pero lo más importante es que mantenga la calidad del servicio (QoS) de punto a punto (*end-to-end*), con una alta seguridad con la finalidad de masificar el número de servicios adicionales en cualquier lugar apostando a tener el menor coste posible.

En reciprocidad a las consecuencias del calentamiento global por parte de las operadoras han dado como resultado de investigaciones para la reducción en la utilización de energía, es decir en la reutilización o incremento del número de servicios que se pueden desprender del uso de la energía eléctrica es por esto que desde octubre de 2008 se lanza el estándar Gbn 9960 de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), la cual buscará su penetración en el mercado entre finales del 2010 y principios del 2011, dicho estándar buscará la reutilización del sistema eléctrico y junto a PLT (*Poder Line Telecomunication*) brindar otros servicios adicionales, que las operadoras celulares podrán utilizar con la finalidad de reducir el consumo desmedido de energía eléctrica.

El avance de las operadoras en las dos últimas décadas advierte con facilidad una búsqueda incansable de participar en el mercado por brindar nuevos servicios a los actualmente ofertados, dando una visión mucho más atractiva que las tradicionales operadoras como las que pertenecen al estado y manifestar la posibilidad de comunicarse desde donde el cliente lo decida.

Entre las compañías que disputan sus investigaciones están LG, Samsung, Alcatel, Nortel y Motorola con un paso firme desde el tradicional ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line o Línea de Suscripción Digital Asíétrica) hacia una red de banda ancha móvil.

Long Term Evolution tiene como objetivo principal el mejorar los sistemas actuales

de redes basadas en UMTS (Universal Mobile Telecommunications System-Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) las mismas que son parte de la posible defenestrada 3G y LTE será reconocida como 4G en redes móviles. Al ser uno de los objetivos principales de LTE la mejora del espectro, reducción de costos, mejora de los servicios y mejorar la integración con estándares abiertos (PLT, Gbn entre otros), y la necesidad de los clientes por probar aquellas potencialidades tecnológicas, entonces podríamos pensar en la reducción del uso de la telefonía fija.

Una de la ventajas que posee LTE sobre WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access-Interoperabilidad mundial para acceso por microondas*), consiste en que será capaz de ofrecer velocidades de descarga hasta 60Mbps y envíos de paquetes de información hasta 40Mbps, como ejemplo de ello tenemos que un archivo de 700Mbytes lo descargaríamos en aproximadamente 3 minutos u otras operadoras como Telefónica plantean que un archivo de RGB tendrán una descarga en 54 segundos frente a las 34,7 horas que podría descargar en GPRS ó 20 minutos en redes HSPA Fase II, su latencia no superará los 100ms y su valor agregado consiste en que utilizaría las redes GSM actuales, es decir, su costo de implementación para las operadoras será mucho menor.

Las proyecciones entregadas por las investigaciones realizadas por ABI Research advierten que en el año 2013, LTE tendrá 32 millones de terminales en uso, suponiendo los principios de penetración desde el 2010, obteniendo como resultado en tres años un índice de crecimiento alentador para todas las inversiones generadas por las operadoras.

Los estudios e implementaciones realizadas en Suecia por la compañía TeliaSoneira han permitido instalar su red 4G en Oslo, Estocolmo y Noruega, lo que permitirá que los primeros clientes estén presentes desde mediados de 2010.

En asincronía con las redes está la falta de equipos móviles para la utilización de dicha

tecnología lo que podría retrasar la experimentación del sistema e inicialmente sólo se podrá utilizar en ordenadores portátiles de última generación con un módem especial que en primera instancia lo fabricaría Samsung.

Un servicio adicional atrayente para los más pequeños es la posibilidad de usar juegos en línea mientras están en movimiento o mirar videos desde el equipo portátil.

Debido a que su diseño sucederá a la 3.5G se esperaba que las operadoras en un tiempo no muy extenso actualicen sus sistemas a esta tecnología, en Estocolmo la empresa que instaló la red fue Ericsson, y en Oslo la empresa china Huawei, pero todavía no se conocen los precios por los que fueron instalados dichos sistemas.

La empresa Telefónica que espera usar LTE 4G tendrá velocidades de descarga que superen los 140Mbps, o sea 10 veces más rápida que la actual HSPDA (*High Speed Downlink Packet Access* – 3GPP), pero en estudios realizados han alcanzado velocidades de hasta 326Mbps en descarga y 86Mbps en subida.

Las operadoras competirán entre algunos de los servicios adicionales por proporcionar mayores velocidades de acceso mayores a las que ofrecían tecnologías como GPRS o GSM.

Según Telefónica, en lo referente a servicios multimedia, manifiesta que LTE opera en un espectro mucho más flexible y mayor que tecnologías anteriores entre 1,4 y 20Mhz, las pruebas les han resultado satisfactorias en la realización de llamadas y videollamadas entre terminales LTE, pero sobre todo las convergencias entre las redes actuales y la nueva red de cuarta generación, logrando como prueba de laboratorio una videollamada satisfactoria entre un teléfono en red LTE y un terminal en red 3G.

La cuarta generación será capaz de evaluar la demanda de ancho de banda del cliente y asignar el espectro más optimizado para dicha demanda y en pruebas de Telefónica se ha llegado hasta 142Mbps.

Se espera que operadores como te-

lefónica desplieguen entre un 10%-12% en estaciones base para lograr la cobertura LTE, desplegando así una potencial red multimedia, para video, música, juegos interactivos y otros servicios aplicables al mercado residencial y en conjunto con otros estándares como Gbn para el servicio empresarial (Servicio de lectura de medidores eléctrico usado para la reducción de pérdidas comerciales).

La característica de LTE sería su interfaz radioeléctrica basada en OFDMA (Orthogonal Frecuencia División Múltiple Acceso-Multiplicación por División de Frecuencias Ortogonales) para el enlace descendente (DL) y SC-FDMA (Single Carrier Frecuencia División Múltiple Acceso) para el enlace ascendente (AL). La modulación que brinda el estándar 3GPP hace que las diferentes tecnologías de antenas (MIMO – Múltiple Input; Múltiple Output) tengan una facilidad de implementación favoreciendo según el medio, y así lograr cuadruplicar la eficacia de transmisión de datos.



Figura 1. Expectativas de migración en la telefonía móvil por parte de las operadoras en Ecuador hacia LTE.

Para el enlace de bajada en OFDMA permite que se tenga receptores sencillos en las terminales en caso de un ancho de banda grande, permite que haya selección por frecuencia en el enlace y permite la modulación y codificación adaptiva hasta 64-QAM. En el enlace de subida SCFDMA permite un esquema de transmisión basado en FFT como OFDM con mejor PAPR (*Peak to average power ratio*).

Su velocidad es muy alta debido a que su tasa de transferencia de datos presenta picos de 100Mbps en el enlace de bajada y 50Mbps en el enlace de subida. Por cada 5MHz por célula se pueden tener por lo menos 200 usuarios activos. El espectro se puede aprovechar

de mejor manera usando espacios tan pequeños como 1.5MHz o tan largo 20MHz.

La red LTE está pensada como una red donde se desea que todo este basado en IP y el 3GPP (3rd Generation Partnership Project) propuso, desde el año 2004, que el futuro UMTS fuera usar una red de todo IP o 'All IP'. La arquitectura de una red de sistema LTE es conocida como SAE (System Architecture Evolution) la misma que es una evolución del núcleo de red GPRS con algunas diferencias:

- Arquitectura simplificada dirigida

hacia una red todo IP.

- Soporte para múltiples sistemas tales como GPRS y también sistemas distintos como WiMAX.
- Movilidad entre diferentes redes de acceso de radio.

El componente principal de una arquitectura SAE es el EPC (Evoled Packet Core) también conocida como el SAE Core o el núcleo del SAE. Además del núcleo se tiene el EnhancedNodo B y las puertas de acceso o Access Gateway.

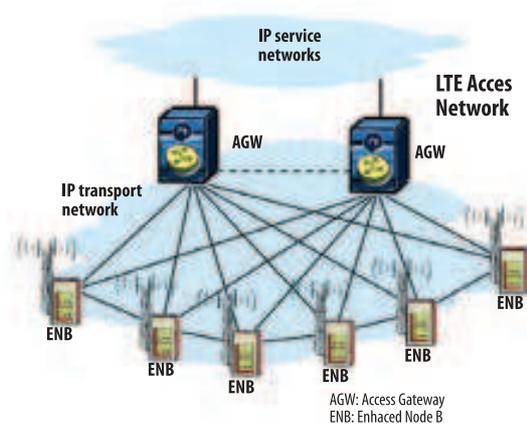


Figura 2. Arquitectura de red de acceso LTE.

Debido a que la 3G y 3.5G tienen poco tiempo en el mercado, es probable que la 4G no la veamos en el mercado ecuatoriano hasta que haya sido costoso el dinero invertido en las tecnologías anteriores. El objetivo principal será entonces transmitir entre 20Mbps y 1Gbps.

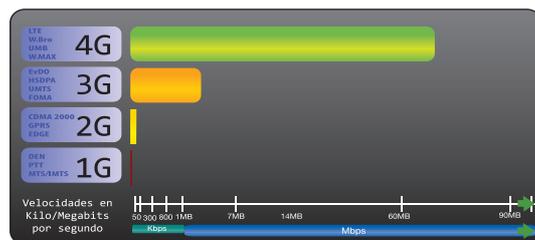


Figura 3. Velocidad en Generaciones Celulares y la visión esperada de LTE 4G.

Eficiencia Espectral

El aumento del número de usuarios se relaciona con el aumento de tráfico, se diría en principio que el particular se resolvería colocando más portadoras en la BS, pero llegará el momento que esto no sea posible debido a que la cantidad de espectro destinado a comunicaciones móviles es limitado. Entonces la forma de mejorar la capacidad del sistema es colocar más BS para que transmitan con una potencia más baja de tal manera que puedan reutilizar las frecuencias a distancias menores; este proceso es costoso pues exige a las operadoras nuevas ubicaciones, equipos, licencias, arrendamientos, etcétera, por lo tanto, para evolucionar este aspecto se trabajaría en sistemas que manejan un mayor número de usuarios.

rios por MHz, en definitiva es mejorar la eficiencia espectral.

La eficiencia espectral se calcula como

cociente entre la tasa de bits o la velocidad de información ($R=Bits/s$) y el ancho de banda necesario para su envío, $B(Hz)$: $\eta_0 = R/B(bps/Hz)$.

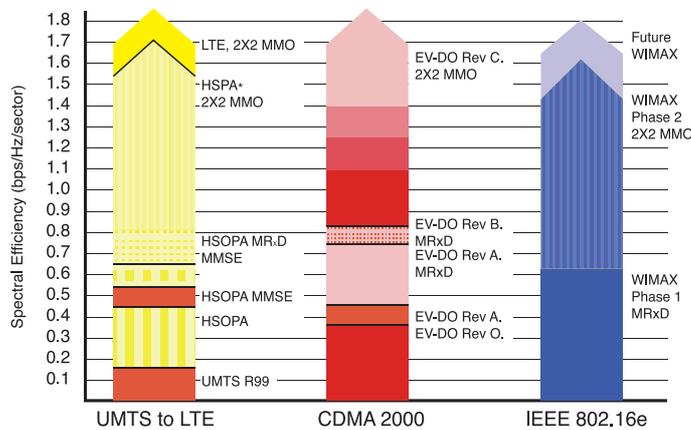


Figura 4. Tecnologías inalámbricas y la mejora de la eficiencia espectral.

De acuerdo a la Figura 4, las tres tecnologías proyectadas a futuro tienen una eficiencia espectral casi igual, cercana a 2bps/Hz esto depende de la velocidad de transmisión de cada una y el ancho de banda a la que se trabaja. Si se comparan con la eficiencia de trabajo de los actuales sistemas se evidencia un aumento de este indicador; se puede concluir que estos sistemas permitirán ajustar el espectro para poder aplicar sus servicios. (Tomado: *Javier Alonso Navarro Giovanetti-Chile- Valdivia 2008-Evolución de 3G y su convergencia a 4G en comunicaciones móviles*)

WiMax & LTE

Estas tecnologías que se basan en arquitectura de red IP, operan sobre una arquitectura de red parecida a Wi-Fi e Internet en relación a las actuales redes de telefonía móvil, se pueden ver como tecnologías ADSL inalámbricas, donde la telefonía se basará en VoIP.

Las dos plataformas comparten las tecnologías OFDM y MIMO, se podría decir que posiblemente equipos lleguen a manejar WiMax y LTE ya que según Motorola, el 85% del trabajo y tecnología aplicada para crear

un chip WiMax puede ser rehusada para el desarrollo de un chip LTE.

De acuerdo a las pruebas realizadas, LTE ofrece mayor ancho de banda que WiMax pero para AT&T no es lo único importante para ofrecer calidad al usuario final, es decir también habría que optimizar todo el sistema de distribución IP, debido a que la velocidad que el usuario experimenta está determinada por la parte más lenta de la red.

Para la ITU-R la tecnología del futuro estándar 4G, denominada *IMT-Advanced* (*International Mobile Telecommunications-Advanced*), requiere una transferencia de datos de 1Gbps para usuarios que se trasladan de un lugar a otro y de 100Mbps para usuarios móviles a velocidades superiores a 300Km/h y se espera su respectivas evoluciones WiMax 802.16m y LTE Advanced y que posiblemente sean calificadas en 2011 por la IMT-Advanced.

El mercado tiene a dos ofertantes WiMAX en el sector de las tecnologías informáticas y LTE en el sector de las Telecomunicaciones, el primero de ellos basado en los estándares de la IEEE, y LTE impulsado por los grandes operadores telefónicos y sus respectivos vendedores de equipo celular.

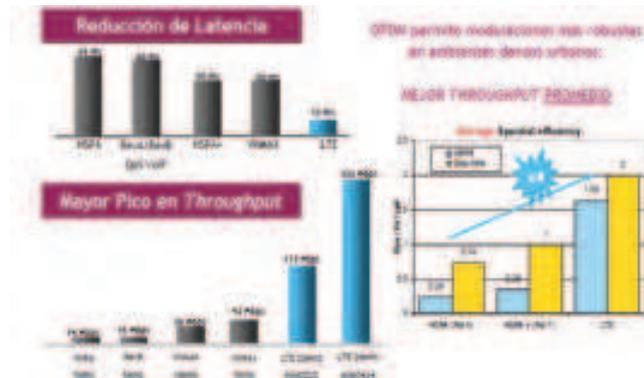


Figura 5. Redistribución del espectro (La capacidad ligada a la tecnología).

Entonces surge la interrogante una red WiMAX desde sus inicios debería tener un coste menor que su equivalente a LTE, pero el coste de los terminales está determinado

por la economía de escala y en la medida que LTE ofrezca un mercado potencial mayor, sus terminales entonces tenderán a ser más económicas.

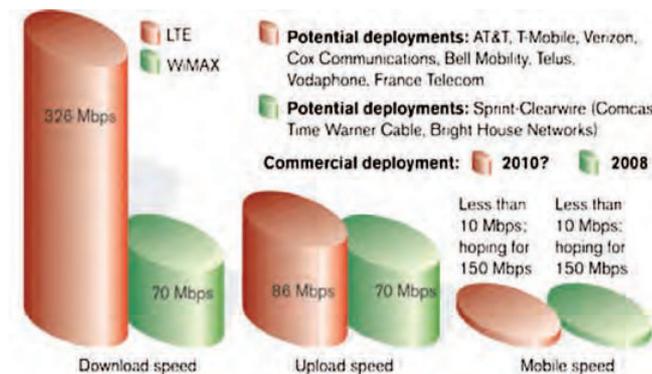


Figura 6. Las cifras son los máximos teóricos de LTE a su máxima carga asumida con configuración de 4x4 antenas y las velocidades de descarga. Capacidad de 20MHz de espectro.

El mercado actualmente constata a INTEL como impulsador de WiMAX, mientras que Vodafone, Verizon y AT&T, adoptarían LTE como su tecnología 4G. La competencia entonces estará a nuestra disposición, por ejemplo, US Sprint lanzó su servicio WiMax en septiembre del 2008 y LTE comenzaría sus operaciones a finales del 2010.

Incluso WiMAX tratará de instalar como una opción válida en tecnología 4G, razón por la que la industria móvil agrupada en 3GPP y 3GPP2 aceleró su desarrollo de LTE por lo que no se ve un futuro alentador

para WiMAX ya que LTE será el sucesor por naturalidad de la tecnología de comunicaciones móviles. Esto se debe en parte a que la tecnología WiMax es limitada para ofrecer acceso inalámbrica de banda ancha ya que para soportar servicios de voz, tendrá que incluir parámetros de calidad de servicio, afectado el rendimiento en el transporte de datos, además que existen en el mercado tecnologías como HSPA y HSPA+ que permiten ofertar anchos de banda equivalentes a WiMax y da la opción de reutilización de la red ya instalada.

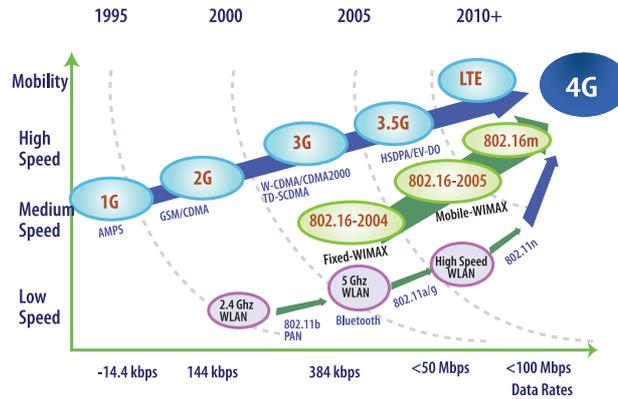


Figura 7. Convergencia de la Tecnología más allá de 3G.

La ventaja que se ve a WiMAX sobre LTE, es que WiMAX ya es una realidad en comparación a LTE que sigue en desarrollo y se afirma que en una próxima revisión del estándar 802.16 se harían las diferencias

entre tasas de transferencia, para que sean menores, esto da a WiMAX una mejor probabilidad de convertirse en el estándar 4G, aunque no se puede determinar un estándar definitivo.



Figura 8. Ejemplo de implementación LTE.

La cantidad de espectro disponible está ligada a la banda de frecuencia, la imposición de limitaciones de espectro solamente dificulta el crecimiento y desarrollo de las redes y lo hace más complejo, dicho costo usualmente se traslada al usuario final.

Para la UIT, la tecnología verdaderamente 4G la llama oficialmente IMT-Avanzadas y la UIT-R (Sector de Radiocomuni-

caciones) es la organización reconocida que produce la definición oficial de los sistemas inalámbricos de cuarta generación 4G llamados IMT-Avanzados y dado que es parte de la familia de tecnologías del 3GPP genera expectativa la presentación de LTE-Avanzada o Acceso de Radio Universal Evolucionado (E-UTRA) para lo cual podrían salir especificaciones en 2011 con la versión 10,

WiMAX también es candidata para pertenecer a las IMT-Avanzadas en una versión Mobile WiMAX 2.0 a ser especificada en IEEE 802.16m.

El espectro es el oxígeno según la UIT para impulsar el desarrollo exitoso de LTE, es decir que el éxito depende de que los operadores de todo el mundo obtengan más espectro.

El WWRF (*Wireless World Research Forum*) define 4G como una red que funcione en la tecnología de internet, combinándola con otros usos y tecnologías tales como Wi-Fi y WiMAX. La 4G no es una tecnología o estándar definido, sino una colección de tecnologías y protocolos para permitir el máximo rendimiento de procesamiento con la red inalámbrica más barata. Con empleo de MIMO con OFDMA tenemos:

- Para el acceso radio abandona el acceso tipo CDMA característico de UMTS.
- Uso de SDR (*Software Defined Radios*) para optimizar el acceso radio.
- La red completa prevista es todo IP.
- Las tasas de pico máximas previstas son de 100Mbps en el enlace descendente y 50Mbps en enlace ascendente (con espectros en ambos sentidos de 20MHz).

Los nodos principales dentro de esta implementación son el Evolved Node B (BTS evolucionada), y el System Access Gateway, que actuará también como interfaz a internet, conectado directamente al Evolved Node B. El servidor RRM será otro componente, utilizado para facilitar la inter-operabilidad con otras tecnologías.

Primeras pruebas

Algunas operadoras se encuentran desplegando ya la versión móvil de WiMax como una capa adicional a su actual red, que está basada en CDMA (*Code Division Multiple Access*) y que ha sido actualizada ya en varias ocasiones.

Sin embargo, en muchas ocasiones, estos nuevos servicios hacen que sólo se incremente la velocidad en, por ejemplo, la voz, cuando la verdadera tecnología 4G debe ofrecer las mismas velocidades para voz y datos.

En cualquier caso, los analistas del mercado coinciden en que no hay un 'killer application' para 4G al día de hoy. Si se alcanzan las velocidades que se prometen con 4G, los usuarios podrán participar, en tiempo real, en videoconferencias mientras caminan por la calle o acceder a aplicaciones que necesiten mucho ancho de banda.

En Japón está la empresa NTT DoCoMo a la vanguardia. Esta empresa realizó las primeras pruebas con un éxito rotundo el 20 de agosto de 2004, logrando una transferencia de 100 Mbps a 200 km/h, y a partir de esto, se planearon pruebas de campo en los próximos años, y espera poder lanzar comercialmente los primeros servicios de 4G en el año 2010. En el resto del mundo se espera una implantación sobre el año 2015.

Se han establecido los cimientos para el camino hacia la cuarta generación y a las NGNs (*Next Generation Networks*). Los análisis han sido provistos por 802.20, HSDPA, y lanzamientos subsecuentes de UMTS, UMTS TDD, y tecnologías apropiadas de ancho de banda inalámbrico, tales como FLASH-OFDM, los cuales son considerados como pasos para llegar a la 4G.

Bibliografía

Books (Libros):

- [1] Agrawal, R. y Bedekar, A. (2007) Network Architectures for 4G: Cost Considerations. *IEEE Communications Magazine*, 76-81
- [2] Arunabha Ghos, David R. Wolter, Jeffrey G. Andrews and Runhua Chen, "Broadband Wireless Access with WiMAX/802.16: Current Performance Benchmarks and Future Potential", *IEEE Communications Magazine* Feb, 2005, pp. 129-135.

- [3] Camarillo, G y Martín García, M.A. (2006) *The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS)*, (2a edición). Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.
- [4] J Kan Zheng, Lin Huang, Gang Li, Hanwen Cao, Wenbo Wang and Mischa Dohler, "Beyond 3G Evolution", *IEEE Vehicular Technology Magazine* Jun, 2008, pp. 30-36.
- URLs (Internet):**
- [5] Comsysmobile, LTEvsWiMAX, encontrado Agosto 2008, <http://www.comsysmobile.com/pdf/LTEvsWiMax.pdf>.
- [6] Dr. Erik Dahlman, 3G long-term evolution, encontrado Agosto 2008, http://www.signal.uu.se/Research/PCCWIP/Tunisia/WIP05_EAB.pdf.
- [7] Ericson, LTE, encontrado Agosto 2008, http://www.ericsson.com/technology/research_papers/wireless_access/doc/the_3g_long_term_evolution_radio_interface.pdf.
- [8] LTE vs WiMAX: A Little 4G Sibling Rivalry, <http://gigaom.com/2008/03/05/a-little-4g-sibling-rivalry/>
- [9] LTE vs. WiMax: The Battle Is in the Market, Not the Lab, <http://www.itbusinessedge.com/cm/community/features/interviews/blog/lte-vs-wimax-the-battle-is-in-the-market-not-the-lab/?cs=22841>
- [10] SENATEL-CONATEL, "Estadísticas Sector de Telecomunicaciones", www.conatel.gov.ec
- [11] Ulrich Barth, 3GPP LTE/SAE Overview, encontrado Agosto 2008, http://www.ikr.uni-stuttgart.de/Content/itg/fg524/Meetings/2006-09-29-UIm/01-3GPP_LTE-SAE_Overview_Sep06.pdf.
- [12] WiMAX, LTE and the Future of 4G, <http://www.marketresearch.com/product/display.asp?productid=2027415&g=1>
- [13] WiMAX vs. LTE, <http://mobile-voip.tmcnet.com/topics/mobile-communications/articles/21917-wimax-vs-lte.htm>
- [14] WiMax vs. LTE - The Battle For Wireless Domination, <http://mmadan.wordpress.com/2008/02/13/wimax-vs-lte-the-battle-for-wireless-domination/>
- [15] 3GPP Organization, Long Term Evolution, encontrado Agosto 2008, <http://www.3gpp.org/Highlights/LTE/lte.htm>.
- [16] www.itu.int/ITU-D/treg/
- [17] <http://www.4g.co.uk/Archive.html>
- [18] [http://www.idg.es/pcworldtech/Promesas_\(y_futuras_realidades\)_de_4G/art185167-movilidad.htm](http://www.idg.es/pcworldtech/Promesas_(y_futuras_realidades)_de_4G/art185167-movilidad.htm)