



Mª Cristina Escobar
Gerente de Negocio. Amper
Integración de Redes y Servicios

La próxima generación de telefonía móvil 4G: LTE y Wimax, estado del arte

¿Cuál será el siguiente paso en la telefonía celular?. A la vista de lo presentado en distintos foros internacionales y en base a las nuevas necesidades que surgen tanto en entornos ciudadanos así como en entornos rurales de difícil acceso para las clásicas redes 'GSM' convencionales, las opciones tecnológicas de tercera generación (3G y 3,5G) están evolucionando hacia la cuarta generación, 4G: veamos cómo está ocurriendo, por qué y realicemos un análisis de lo que aporta.

El posicionamiento en cuanto a la tecnología subyacente en 4G depende del entorno de implementación del servicio. Mientras la tecnología WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) se impone en el entorno rural, la tecnología LTE (*Long Term Edition*) toma posiciones en el entorno ciudadano y de fácil acceso. Habrá que analizar en qué escenarios y cuán compatibles son ambas tecnologías.

Se presenta un análisis de negocio y técnico de ambas tecnologías de comunicaciones por radio que van a ser el futuro de la siguiente generación de telefonía móvil para valorar qué sistema es el más conveniente para un despliegue de red de última generación 4G en función de las necesidades particulares y de su entorno de implantación.

Reflexiones sobre el estado del arte de la tecnología y su entorno

El futuro de la telefonía celular va muy ligado a las tecnologías de acceso a Internet. Estas tecnologías presentan una rápida evolución con necesidades de anchos de banda cada vez mayores (actualmente en España se están ofertando ya 50 Mbps y en breve se ofertarán 100 Mbps de tráfico de bajada). Mientras que en otros países el medio de transporte predominante y el acceso a los usuarios finales de Internet fija es el cable de fibra óptica, en España, al reutilizar la infraestructura de cable de cobre existente de Telefónica, la tecnología predominante para la conexión a Internet fija está siendo hasta hoy el ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) sobre línea telefónica exis-

tente y con el hilo de cobre como medio de transmisión.

El usuario de Internet desea tener los mismos servicios y calidades sea cual sea el medio de transmisión o la interface empleada. En definitiva, el usuario de Internet busca un servicio transparente respecto al cómo, cuándo y dónde se utiliza dicho servicio. Esto lleva a ofrecer los mismos servicios y por tanto los mismos anchos de banda para las conexiones a través de terminal móvil (hoy por hoy, los 'smartphones') que los ofrecidos en la 'telefonía fija' mediante ADSL. Para cubrir esta necesidad se está produciendo el despliegue de acceso por radio vía UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) HSPA (*High Speed Packet Access*) con anchos de banda suficientes para cubrir esta demanda de QoS (Calidad de Servicio).

La plataforma de UMTS precisa de infraestructuras muy costosas que no son rentables para entornos de baja densidad de población. Para resolver esta situación, surge WIMAX: para dar acceso a servicios que a día de hoy son básicos tanto a poblaciones pequeñas como a entornos rurales o de difícil acceso donde no llegan las otras infraestructuras.

¿Cuáles son las ofertas actuales de servicios convergentes de las operadoras?

El negocio actual de las operadoras pasa por la oferta de servicios convergentes fijo-móvil conocidos como *'Triple Play'* cuyo contenido es el servicio clásico de voz, los contenidos audiovisuales (varios canales de TV) e Internet de alta velocidad. Más recientemente y en fase de estudio y estandarización, está surgiendo una nueva oferta de servicios llamada *'Cuádruple Play'*, una plataforma convergente para voz, datos, vídeo de alta definición y sistemas inalámbricos (fijos y móviles). Mientras la oferta *'Triple Play'* hace uso de las infraestructuras actuales para cada servicio, la oferta *'Cuádruple Play'* se fundamenta en el uso de una infraestructura común para todos los servicios. La infraestructura común de *'Cuádruple Play'* está basada en un protocolo que combina ETHERNET para el transporte de la información con el LLC (del estándar OSI) para el control de la misma. Esto se conoce como UETS (*Universal Ethernet Telecommunications Service*). Está en fase de análisis en el marco del estandarizador IEEE. UETS facilita la gestión de información a la velocidad de Terabits por segundo que es la que se necesita para transmitir grandes cantidades de información en tiempo real. Otra ventaja de UETS es que uniformiza la plataforma de

información y la hace compatible con la mayor parte de redes móviles existentes que se fundamentan en ETHERNET.

¿Dónde está el foco de negocio actualmente?

A la vista de las reflexiones presentadas podemos ver que las necesidades de negocio para operadoras e instaladores de teleco-

empiezan a estar los llamados *'smartphones'*.

Por supuesto, en cuanto a servicios, se abre un negocio importante de gestión de servicios y contenidos de banda ancha como los mencionados antes de servicios convergentes ofrecidos por las operadoras. También será negocio el trabajo de ingeniería y reinge-

“Está claro que se abre un debate acerca de quién debe pagar por las ampliaciones de redes y el ancho de banda para la red de telefonía móvil generadas por el aumento de necesidad de ancho de banda para los nuevos contenidos y servicios requeridos”

municaciones, están en dar cobertura de servicios de Internet en lugares que a día de hoy no la tienen así como en mejorar la cobertura existente, sobre todo en la red móvil para cubrir las nuevas necesidades de QoS que son insuficientes (en comparación con las prestaciones ofrecidas por la red de Internet fija). Por otro lado, está claro que se abre un debate acerca de quién debe pagar por las ampliaciones de redes y el ancho de banda para la red de telefonía móvil generadas por el aumento de necesidad de ancho de banda para los nuevos contenidos y servicios requeridos.

En cuanto a las necesidades de hardware, los negocios de futuro serán el diseño y fabricación de terminales móviles (con toda la microelectrónica asociada) para que incorporen estos nuevos servicios y a ser posible que incluso puedan competir con las *'tablets'* de nueva creación. En esa línea

niería para proveer a 4G de interoperabilidad con el resto de sistemas (tanto con versiones anteriores 2G, 3G, 3.5G como con plataformas competidoras para 4G como WIMAX).

Por otro lado, en cuanto a negocios de software, integración y contenidos habrá que estar atentos a los acuerdos entre los gestores de contenidos audiovisuales y su presentación en los terminales de los clientes finales vía Internet. La estandarización de este servicio para las distintas interfaces (que son muchas) y para los medios de transmisión será un foco de negocio importante.

¿Cuál es la evolución prevista y cuáles son las prestaciones que se esperan de las nuevas plataformas de telefonía móvil?

La evolución en las plataformas y terminales móviles es muy rápida. Adicionalmente, existen distintas necesidades tecnológicas pro-

pías de cada individuo o de cada grupo corporativo en su operativa de uso particular. Por otro lado, es interesante reseñar que en el negocio del PC- portátil versus terminal móvil se observa que si bien los PCs portátiles están evolucionando hacia tamaños y pesos menores, los terminales de telefonía, por el contrario, presentan tamaños cada vez mayores para aumentar así su reducido tamaño de pantalla. Quizás el futuro ideal sería tener terminales pequeños (bien sean mini-PCs o móviles tipo tabletas) con posibilidad de conectarse a pantallas o teclados externos correctamente estandarizados en función de la necesidad del momento. Así un tecnófilo evitaría tener que llevar la 'tablet', el 'ipod', el teléfono móvil, el navegador GPS y el PC portátil...

También se está produciendo la integración en el propio terminal de sistemas de localización geográfica y posicionamiento por satélite. Además de los múltiples servicios mencionados antes (TV, Internet, etc.), en cuanto al terminal móvil, se deben añadir otros usos ya conocidos y populares como la reproducción de podcasts de audio, música y vídeo junto con la escucha de radio FM/AM.

A los terminales móviles se les exige también que presenten interfaces estándar habituales tanto hardware (como conectores USB o de potencia) como software (APIS, XML, plataformas específicas de redes sociales, etc.).

► Descripción técnica de WIMAX: WIMAX fijo y WIMAX móvil

El origen de WIMAX y su razón de ser es el de cubrir la necesidad

de servicios básicos que no prestan los proveedores habituales de Internet por falta de rentabilidad en entornos de escasa población donde no llegan las centralitas de los proveedores y llevar a cabo un despliegue de cable, infraestructura UMTS o conexión por satélite sería muy costoso.

Para afrontar esta problemática planteada en el entorno de las radiocomunicaciones móviles y para proporcionar conectividad a Internet en lugares aislados se creó en 1998 el grupo de IEEE 802.16 para llevar a cabo la estandarización de la tecnología WIMAX por parte del IEEE (Institute of Electrical

comunicaciones simultáneas posibles en WIMAX. Mientras WIMAX fijo solamente soporta 256 subportadoras con modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) por usuario, WIMAX móvil soporta un máximo de 2048 subportadoras que se pueden asignar a diferentes usuarios mediante el esquema de acceso múltiple al medio OFDMA. El acceso al canal es por medio de ciertas subportadoras asignadas por la BS (Base Station).

Gracias a la multiplexación ortogonal en frecuencia (OFDMA) es posible que varios usuarios compartan el mismo ancho de

“El usuario de Internet busca un servicio transparente respecto al cómo, cuándo y dónde se utiliza dicho servicio”

and Electronics Engineering). Se comenzó estandarizando la versión de WIMAX fija IEEE 802.16-2004 pero actualmente se ha estandarizado también la versión móvil que incluye a ambas, fija y móvil en IEEE 802.16e-2005. WiMAX móvil se puede considerar como una mejora de su predecesora ya que permite dar cobertura móvil además de la fija. Los usuarios móviles pueden mantener la comunicación sin que se perciba el cambio de asociación entre estaciones base por medio del procedimiento de *handover*.

La diferencia tecnológica a nivel físico entre WiMAX fijo y WiMAX móvil es el número de subportadoras utilizadas para modular los símbolos de información. El número de subportadoras es directamente proporcional al número de

banda aumentando así la eficiencia espectral (ver diagrama de OFDMA-Figura 1). El método de asignación de estas portadoras depende de la estrategia del operador y tiene relación directa con la QoS comprometida y con la tasa de transferencia de datos que tendrá el usuario final. Esta multiplexación hace a la señal más robusta frente a la interferencia multicamino. Por el contrario, la señal es más sensible a pequeños cambios de frecuencia y de fase.

Con OFDMA, cada banda de frecuencia disponible es dividida en miles sub-bandas estrechas. A cada par de comunicación (transmisión y recepción) se le asigna un subconjunto de 512 o más de estas sub-bandas, tal como se ve en la figura 2. De este modo se puede conseguir una transmisión de

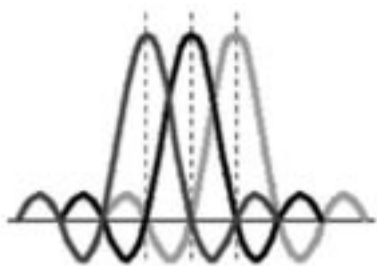


Figura 1. Detalle de la Multiplexación en Frecuencia Ortogonal (OFDM)

datos simultánea, a baja velocidad, de varios usuarios.

En las antenas de WIMAX se utilizan distintos sistemas de multi-antenas como el MIMO (Multiple Input, Multiple Output) que optimizan el nivel de la señal transmitida o recibida mejorando así la relación SNR de la misma.

En España existen dos bandas de trabajo para WIMAX especificadas en el CNAF: la banda licenciada a 3.5 GHz y la banda libre a 5.4 GHz. Si se trabaja con Banda libre se deben hacer estudios espectrales de la existencia de señales interferentes en dicha banda antes de abordar el despliegue.

■ Ventajas de WIMAX

Las ventajas para los clientes finales de trabajar con WIMAX son claras: por un lado está la independencia de las grandes operadoras que ofertan servicios de voz e Internet a la mayor parte de consumidores. Por otro lado, WIMAX resuelve el problema de dar cobertura al servicio de Internet en lugares inaccesibles. Para los usuarios finales es importante saber que ya existen terminales telefónicos que compatibilizan 2G, 3G y WIMAX. Además conviene destacar que WIMAX es un estándar abierto del IEEE.

Las ventajas para las empresas proveedoras de WIMAX también son claras: el precio de la estación base de WIMAX está por debajo de la de 'UMTS' (aunque aquí conviene reseñar que esto es más claro para WIMAX fijo porque los equipos que realizan el *handover* en WIMAX móvil son muy caros. Los instaladores de estos sistemas no requieren de tanta especialización ni conocimientos complejos como sí se requiere para un despliegue de una Estación Base de UMTS.

Otra ventaja para las empresas proveedoras de WIMAX respecto UMTS (y a futuro 4G) es que la banda licenciada WiMAX es más barata que la banda licenciada para 3,5G y 4G.

Por otro lado, para las empresas que despliegan WIMAX, se aligeran los estudios teóricos de cobertura que son más simples (no se precisan herramientas caras y licenciadas). Por el contrario esos mismos estudios de cobertura son más complejos a posteriori ya que faltan estudios a determinadas frecuencias de los modelos WIMAX estandarizados (se están llevando a cabo todavía o no existen aún).

En WIMAX existen antenas que pueden transmitir en condiciones de NLOS (Non Line of Sight)

característica que facilita el despliegue de los equipos y la orientación de las antenas.

■ Inconvenientes de WIMAX

Entre los inconvenientes de WIMAX para el usuario final está que si se opta por la banda libre, existe una dependencia de pequeños proveedores que pueden desaparecer o ser vendidos a terceros. Si se opta por la banda licenciada se tiene una dependencia de quienes tienen dicha licencia y a vista de las tablas de precios actuales por servicios ofrecidos presentan precios bastante más altos que una oferta de Internet estándar en una ciudad y por añadidura los servicios son bastante más restringidos como un ancho de banda limitado e incluso controlado e inferior al ofertado en entornos de ciudad.

Para el usuario final un inconveniente a tener en cuenta es que dependiendo del producto concreto escogido, en el peor caso, se deben instalar ODUS (outdoor unit) e IDUS (indoor unit) además de CPES (Customer Premises Equipment) en su propia casa y esto conlleva un gasto extra de electricidad más el mantenimiento de estos equipos.

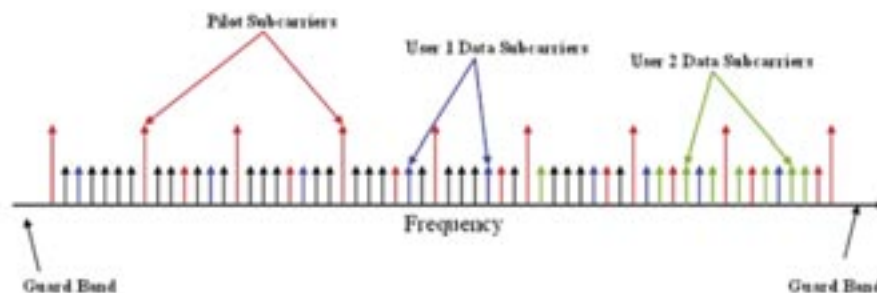
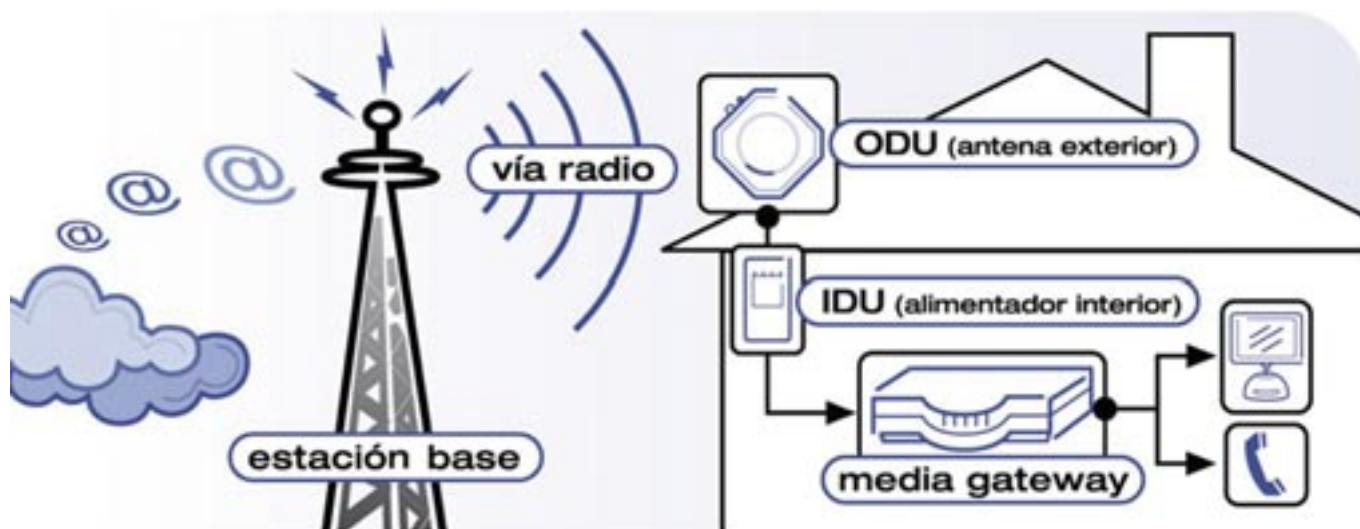


Figura 2. Ejemplo del uso de subportadoras para dos usuarios



Detalle de la instalación WIMAX en una casa

Para las empresas proveedoras, la capacidad de transmisión de WIMAX NLOS (no tener línea de visión directa) no es del todo cierta y se precisan repetidores, mástiles y torretas para procurar que dentro de lo posible se cumpla la LOS (Línea de visión directa) entre

la estación de la señal, se requiere de amplios estudios de confirmación de la QoS comprometida tras instalación de los emplazamientos.

La necesidad de *handover* en WIMAX móvil requiere de equipamientos más complejos y caros

ce como EPS (Enhanced Packet System) y este detalle es importante porque nos habla de la necesidad de convergencia hacia la transmisión por paquetes de toda la información. El grupo 3GPP surgió de un acuerdo de colaboración en tecnología de telefonía móvil y se inició en 1998. En el grupo 3GPP existe una cooperación entre los principales organismos de estandarización: el ETSI europeo, el ARIB/TTC de Japón, el CCSA de China, el ATIS de América del Norte y el TTA de Corea del sur.

Las mejoras que aporta LTE con respecto a lo que ya existía antes (2G, 3G y 3,5G) son velocidades de acceso significativamente mayores (la velocidad de bajada, por ejemplo, es del orden de 100 Mbps), se facilita la interconexión con redes de acceso heterogéneas, se compatibilizan los terminales y lo más importante, la prestación de servicios se realizará únicamente por conmutación de paquetes incluyendo la voz.

A un nivel más técnico, el aumento en las velocidades (de

“Para las empresas proveedoras, la capacidad de transmisión de WIMAX NLOS no es del todo cierta y se precisan repetidores, mástiles y torretas para procurar que dentro de lo posible se cumpla la LOS entre las antenas de la estación base y el usuario final”

las antenas de la estación base y el usuario final.

Por otro lado, los modelos de pérdidas de la señal por propagación más empleados (Okumura-Hata u otros) están probados hasta los 2 GHz. El modelo Goldsmith, por ejemplo, se ajusta algo a WIMAX fijo pero en general faltan estudios a determinadas frecuencias de los modelos WIMAX móvil del standard. Al no tener un buen modelo de pérdidas de propaga-

que WIMAX fijo y esto encarece las redes para las empresas proveedoras. Aún con esto sigue siendo más económico que un despliegue de UMTS.

■ Descripción técnica de LTE

LTE está siendo estandarizado por el grupo 3GPP (3rd Generation Partnership Project). LTE (Long Term Evolution) también se cono-

subida y bajada) se consigue mediante la mejora de uso del espectro que, por ejemplo, escala el ancho de banda en base a la demanda del mismo (mejora en un factor de 3 al actual sistema 3G HSPA). Otra característica técnica que optimiza recursos y facilita el mantenimiento es la separación del plano de usuario con el plano de control mediante interfaces abiertas.

Al igual que en WIMAX, se utiliza la multiplexación OFDM para el acceso al medio en ambos sentidos de la comunicación con los beneficios que esto reporta como ya se ha visto.

En LTE se utilizan también técnicas de multi-antenas MIMO para mejorar la recepción y transmisión de las señales optimizándolas y minimizando las pérdidas de señal.

► Ventajas de LTE

Las ventajas que ofrece LTE son claras: mayor alcance y cobertura (allí donde es posible), mayor ancho de banda y una mayor cantidad de servicios prestados. Por otro lado desde el punto de vista del cliente final conviene destacar que existe mayor competencia: en entornos ciudadanos hay una gran variedad de oferta. En cuanto al gasto de electricidad, la tecnología LTE tiene un impacto menor si se compara con WIMAX ya que no se precisa de ODU e IDUs para su instalación.

En breve se deberá decidir qué se hace con la banda de frecuencia abandonada por el apagón de la televisión analógica. Es una banda especialmente buena para la transmisión y más inmune al ruido que algunas bandas de tra-

bajo de uso habitual por encima de 1GHz.

LTE no presenta un estándar abierto pero es el admitido por las principales operadoras a nivel

(Circuit Switch) empleado para la voz y el PS (Paquet Switch) usado para la transmisión del resto de datos hacia el PS (Paquet Switch) para toda la información requerida y esta evolución en lugares como

.....
“Las ventajas que ofrece LTE son claras: mayor alcance y cobertura, mayor ancho de banda y una mayor cantidad de servicios prestados”

mundial. LTE ofrece una mayor cobertura a nivel mundial respecto a WIMAX. Es la potencia de despliegue que tiene el oligopolio de las grandes operadoras de Telecomunicación.

► Inconvenientes de LTE

Entre los inconvenientes de esta tecnología destaca el hecho de que la arquitectura estandarizada está en plena migración del CS

España va a ser larga y compleja. Por otro lado, la estación base de LTE es bastante más cara que la de WIMAX. Para los operadores, las Bandas licenciadas de LTE son más caras que las de WIMAX.

Adicionalmente, conviene decir que para ofrecer los anchos de banda comprometidos (de alrededor de 100 Mbps) es preciso más ancho de banda. En otros países se está resolviendo con nuevas subastas de bandas de frecuencia.

3GPP LTE versus WIMAX			
Características	802.16-2004, WIMAX FIJO	802.16e-2005, WIMAX MÓVIL	3GPP LTE
Estado	finalizado junio 2004	finalizado diciembre 2005	finalizado diciembre 2008
Frecuencias de trabajo	2 GHz - 11 GHz	2 GHz - 11 GHz para fijo y de 2 GHz - 6 GHz para móvil	(PENDIENTE DE ASIGNAR LA BANDA DE TV ANALÓGICA) 6.9 GHz-2.6 GHz (la banda de LTE está pendiente de asignación)
Aplicación	NLOS FIJO	NLOS FIJO Y MÓVIL	LOS, RED DE RADIOENLACES
Arquitectura MAC	PTM, MALLA	PTM, MALLA	PTM, MALLA
Transmisión	256 portadoras OFDM	OFDM escalable con 128, 256, 512, 1024 o 2048 subportadoras	OFDM downlink y OFDM-SC para uplink
Modulación	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Velocidad de transmisión (Teórica en base a standard)	1Mbps-75Mbps	1Mbps-75Mbps	30Mbps-100Mbps
Velocidad de transmisión (real en download)	5Mbps-20Mbps-40Mbps	5Mbps-20Mbps-40Mbps	20Mbps-50Mbps
Multiplexado	Burst TDM/OFDM	Burst TDM/OFDM	Burst adaptativo TDM/OFDM
Duplexado	TDD / FDD	TDD / FDD	TDD / FDD
Anchos de banda de canal	1.75 MHz, 3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 1.25 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 8.75 MHz	1.75 MHz, 3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 1.25 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 8.75 MHz	1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz
Designación interfaz aérea	WirelessMAN-OFDM	WirelessMAN-OFDM	WirelessWAN-OFDM
Tecnología multiantena	MIMO	MIMO	MIMO
Seguridad	Encriptación AES	Encriptación AES	IPSEC

Figura 4. Tabla comparativa de WIMAX fijo, WIMAX móvil y LTE.

Una desventaja importante de LTE con respecto a WIMAX es que para implantar LTE primero se debe finalizar el despliegue de 2G, 3G y 3,5G aún en vías de implantación por fases. Esto se puede dilatar bastante en el tiempo a no ser que se procure una buena interoperabilidad entre todos estos sistemas.

Para el usuario, el inconveniente mayor es que en zonas de baja densidad de población o en zonas de difícil acceso es muy posible que no exista este servicio. Además el precio final dependerá de la demanda. En lugares de alta concentración de población podrán existir buenas ofertas y al haber competencia, el precio será asequible. En zonas de menor densidad de población la oferta será más limitada y los precios pueden ser bastante altos e inasequibles.

Otro inconveniente que se tiene en LTE es la convergencia de la voz a conmutación de paquetes e IP, el usuario de voz es el mayoritario y no se quiere migrar la voz a IP sin asegurarse de que el servicio y la calidad son correctos. En este sentido, a nivel técnico existe un detalle que debe ser mejorado en la tecnología LTE: el IMS (IP Multimedia Subsystem) está poco desarrollado en 3G y es necesario para incorporar la voz IP.

En la figura 4 se muestra una tabla resumen para poder comparar los parámetros básicos de ambas tecnologías: LTE y WIMAX.

Conclusiones

A nivel global, la ONU va a declarar el acceso a Internet como un derecho universal. Si nos abstraemos a un nivel más local de

nuestro día a día, sabemos que vivir sin Internet es como vivir en la cueva de nuestro antepasado, el *Homo Antecessor* de la gran dolina, en la Sierra de Atapuerca, lejos de todo ápice de los logros de la civilización actual del *Homo Sapiens Sapiens*.

Actualmente hay zonas poco pobladas que a duras penas tienen acceso a estos servicios y las operadoras de plataformas móviles junto con los gobiernos (locales y nacionales) deben dar respuesta a esta necesidad básica. Además, resolviendo esta cuestión, se podría resolver otra optimizando

una mejor comunicación y a una velocidad impensable hasta ahora. Este paso evolutivo, nos lleva a necesitar vorazmente los mayores anchos de banda jamás usados. El espectro de frecuencias es finito y por tanto caro. La liberación de las bandas del apagón de la TV analógica servirá para alimentar la necesidad existente de frecuencias en las plataformas móviles pero ¿será suficiente?

La cuarta generación, 4G, está aquí. Está claro que si el despliegue se realiza en zonas poco accesibles la tecnología subyacente será WIMAX mientras que si existe ofer-

“La cuarta generación, 4G, está aquí.

Está claro que si el despliegue se realiza en zonas poco accesibles la tecnología subyacente será WIMAX mientras que si existe oferta por parte de las operadoras más grandes la tecnología desplegada será muy probablemente LTE o alguna versión anterior”

así el coste del esfuerzo: hay lugares donde no llega el teléfono fijo y la televisión digital es una quimera. Son algunas poblaciones aisladas. Si tuviesen acceso a Internet de banda ancha, a través de las redes móviles por radiofrecuencia, podrían acceder vía Internet a la televisión. Habría que ver cómo se resolvería la cuestión que surgiría debido a que por el servicio de la televisión no efectuamos un pago mensual (por los canales públicos y los privados en abierto) mientras que por Internet sí se paga por el servicio.

La evolución humana nos ha llevado a necesitar nuevos servicios para compartir información que no existían en el pasado e implican

ta por parte de las operadoras más grandes la tecnología desplegada será muy probablemente LTE o alguna versión anterior.

Es preciso un buen trabajo de ingeniería de telecomunicación para fundamentar este despliegue que acompaña a este nuevo paso evolutivo hacia el acceso ilimitado de información global. Es preciso que desde esta ingeniería se vigile para abordar correctamente la interoperabilidad entre tecnologías 4G para conseguir que los nuevos terminales y plataformas sean compatibles entre sí permitiendo al usuario la movilidad y la independencia del lugar donde se encuentre. ☺