



EVOLUCION DE LAS TELECOMUNICACIONES (PRESENTE Y FUTURO)

(Angel González -Angelo-, Mayo 2010)

INDICE

- 1.- Introducción (IP on Everything).
- 2.- ¿Porque es urgente el cambio a IPv6?
- 3.- Características específicas de IPv6.
- 4.- Operación durante la coexistencia IPv4-IPv6
- 5.- Equipos/grupos afectados y dificultades en la implantación.
- 6.- IPv6: realidad actual.
- 7.- Las operadoras y la otra coexistencia: circuitos y paquetes.
- 8.- Un poco de historia: las operadoras e internet.
- 9.- Evolución de las tecnologías fijas.
- 10.- Evolución de las tecnologías móviles.
- 11.- La necesidad de estándares de carácter global: agentes promotores y generadores.
- 12.- Móviles: implantación de tecnologías LTE y 4G.
- 13.- NGN: las redes de nueva generación.
- 14.- Redes fijas y NGN.
- 15.- Tarifas y acuerdos de interconexión entre operadoras.
- 16.- El futuro: convergencia sobre IP y ...tarifa plana asequible a nivel global.

1.- Introducción (IP on Everything).

Como introducción empiezo con una anécdota. En su día, un señor que trabajó en la misma empresa que yo en USA (MCI Communications Corp.), me regaló una camiseta con la siguiente inscripción: "**IP on everything**". Consciente del doble significado de la frase, la tuve guardada como un preciado recuerdo durante varios años. Sin embargo, en los últimos 4 años, cuando llega el verano me la pongo algún que otro día.

En una de estas ocasiones, viajaba yo hacia mi aldea en el barco que cruza la ría de Vigo a Cangas, cuando detecté que una mujer, miraba hacia la camiseta con una leve sonrisa en los labios. En ese momento, yo hablaba con alguien en gallego de aldea. Pensé que posiblemente, la mujer sabía inglés y estaría imaginando, que yo era un paisano ignorante que se compró una camiseta de mercadillo porque le quedaba bien de tamaño y además decía algo en inglés. Decidí acercarme y hablar con ella.

Le pregunté si era de Aldán o Hio (mis aldeas). Dijo que no. Le pregunté si sabía inglés. Dijo que sí. Le pregunté que veía de raro en mi camiseta. Con una sonrisa más abierta, comentó que IP sonaba como "I pee" y... la frase completa le parecía graciosa.

Le pregunté si sabía algo de Internet. Dijo que sí. Le pregunté si sabía el significado de las siglas IP. Dijo que no. Entonces le expliqué que IP (Internet Protocol) se refería al conjunto de reglas que especifican como debe funcionar internet y que en el futuro todas las

formas de telecomunicación electrónica obedecerían a dicho protocolo. De ahí, el significado verdaderamente importante y serio de la frase: "IP en todo".

Seguí con mi explicación y quedó sorprendida, cuando le dije que la tal camiseta me la había regalado, el señor cuya firma aparecía por debajo de la inscripción: un tal Vinton G. Cerf. conocido como el "padre de Internet". Y que desde años atrás, el tal señor, venía proclamando que, de cara al futuro, todas las telecomunicaciones deberían ajustarse a dicho protocolo, pero eran muchos los escépticos que no lo creían. Esa fue la razón por la que el 13 de Julio de 1992, cuando fue el encargado de dar la charla introductoria de las jornadas del IETF (Internet Engineering Task Force), llevaba puesta una camiseta con esa inscripción. Dado su doble sentido hubo muchas carcajadas y aplausos al mismo tiempo. Hasta aquí la anécdota.

Desde aquellas fechas de 1992, las telecomunicaciones, en especial internet y la red de telefonía celular (móviles), han avanzado de forma extraordinaria. Sin embargo, la convergencia total sobre IP no ha cristalizado todavía. De hecho, sobre las redes de telefonía fija (cable y par-de-cobre) ya se podría haber alcanzado ese objetivo, pero tanto los modems ADSL como los del cable de las operadoras, se usan prácticamente solo para el acceso a internet, mientras que los servicios de voz todavía viajan y se apoyan mayoritariamente sobre circuitos conmutados (con IP viajarían y conmutarían como paquetes de datos de voz digitalizada). Mas adelante describo algunas de las razones del retraso en llegar a esa convergencia. Curiosamente, sacando ventaja de esta situación y gracias a su red de VoIP (voz sobre internet), una pequeña empresa como Skype, se ha convertido en la que mayor volumen, de tráfico de voz, transporta a nivel internacional.

Ya existen algunas áreas geográficas donde dicha convergencia empieza a ser una realidad, mientras que en otras, algunas operadoras dominantes están dando pasos en tal sentido. Por otro lado, organizaciones como TISPAN, en el campo de la telefonía fija, y 3GPP, en el campo de la móvil, están impulsando de forma muy activa la elaboración de los estándares que permitirán la implantación de las tecnologías NGN (Next Generation Networking), cuya finalidad es que toda información y/o servicio sea transportado por una red totalmente basada en paquetes IP.

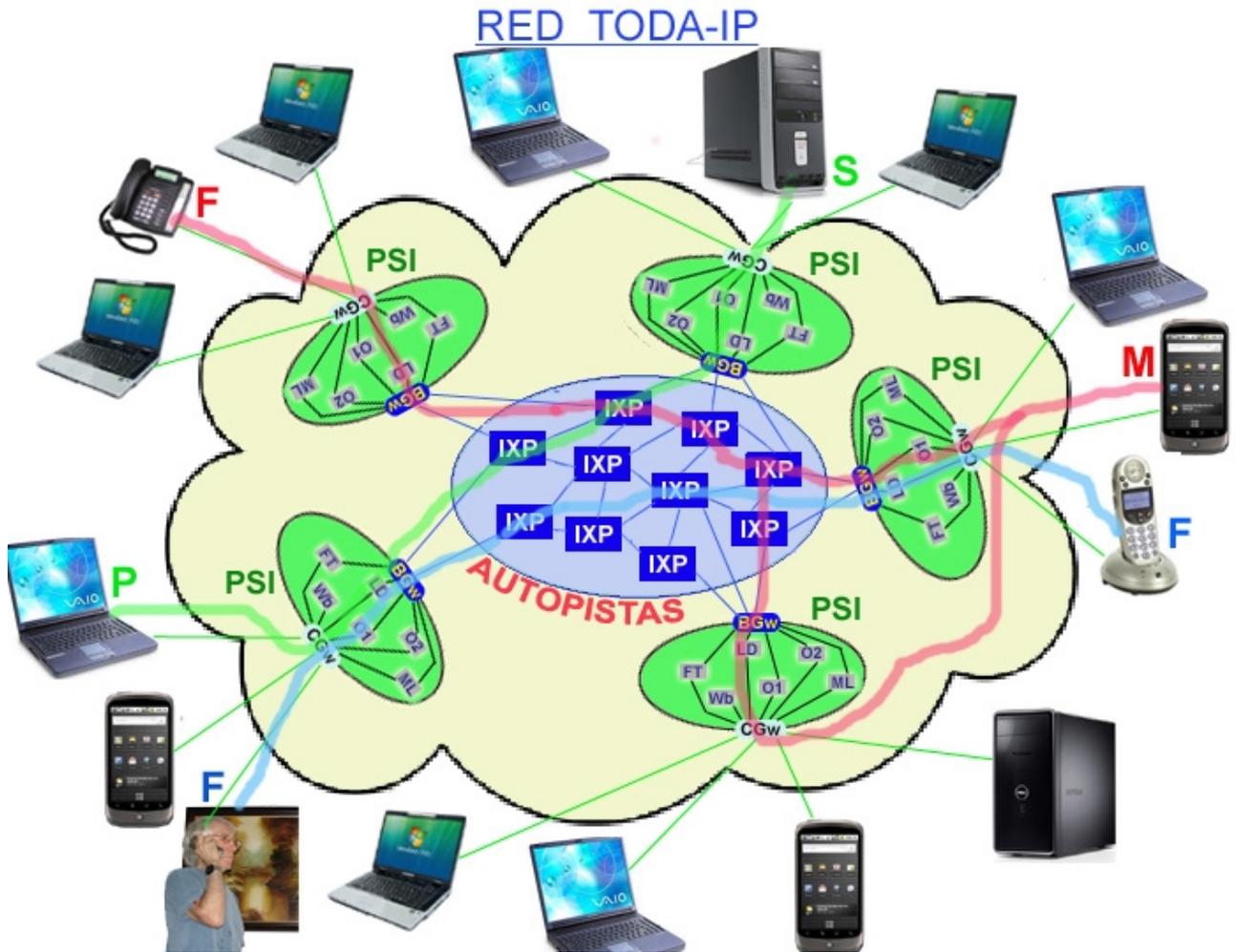
En todo caso, yo creo que dicha convergencia-total está todavía a unos 8-10 años vista. En esta evolución hay una serie de obstáculos en el camino que hay que salvar. Aparte de la necesidad de que algunos de los estándares se refinan y estabilicen, la primera y mas urgente tarea es la conversión de las infraestructuras diseñadas para IPv4 (la versión 4 del protocolo de internet), al nuevo protocolo IPv6.

En los apartados que siguen hablo primero de la transición hacia IPv6, después me ocupo de la evolución histórica de las tecnologías fijas y móviles, a continuación describo su estado actual junto con los estándares que gobernarán su desarrollo futuro (su convergencia sobre una red toda-IP) y en el apartado final presento mi visión de la evolución en los próximos años.

[NOTAS:

1) En diferentes apartados de este este documento, a fin de conseguir un mejor ajuste al contexto de lo descripto, me refiero a la **telefonía fija como telefonía estática** y a la **telefonía móvil como telefonía celular**. Con ello quiero enfatizar el hecho de que lo que llamamos teléfono inalámbrico, que nos permite mover dentro de casa, es parte y se conecta a través de la telefonía fija, y que la diferencia principal entre fijos y móviles es la permanencia del acceso. Durante una conversación, el teléfono fijo no puede cambiar de acceso sin cortar la conversación, mientras que con un móvil se puede mover de un acceso a otro (dentro de una misma célula o pertenecientes a células diferentes) sin que se interrumpa la conversación.]

2):Asimismo en este documento, mis descripciones se apoyan en el modelo internético que muestra la figura de abajo. Se trata de un modelo conceptual simplificado que no refleja la topología real de la red pero lo considero mas didáctico.]



La Red (la nube amarilla) está rodeada por diversos aparatos electrónicos (portátiles, teléfonos fijos y móviles, servidores, etc.) que acceden a la misma a través de PSIs (Proveedores de Servicio de Internet – óvalos en verde). Dichos PSIs presentan, como interfaz de cara a sus clientes, un CGw (Client Gateway) y de cara al resto de la internet global, un BGw (Border Gateway). Estos BGw son los encargados de enrutar los paquetes IP hacia la red de autopistas global (ovales en azul claro), poblada a su vez por equipos IXP (Internet eXchange Points) que redistribuyen/redirigen cada paquete hacia su destino.

Los PSIs pueden ser empresas menores que ofrecen simplemente servicios de correo (MI) y alojamiento de páginas web (Wb), o grandes operadoras con red de transporte propio y sus centros de conmutación y control (rectángulos: O1, O2, etc.). La figura muestra asimismo tres ejemplos de comunicación:

- 1) Teléfono fijo a fijo (senda F-F en azul).
- 2) PC portátil a servidor web (senda P-S en verde).
- 3) Teléfono fijo a móvil (senda F-M en rojo). Obsérvese que en este caso, debido al desplazamiento del móvil durante la comunicación, se muestra con acceso sobre dos PSIs diferentes (transición conocida como "roaming").

2.- ¿Porque es urgente el cambio a IPv6?

Hacia el final de la década de los 80, los expertos de la IETF (Internet Engineering Task Force) se percataron de que el número de direcciones-IP (código numérico que identifica a cada ordenador conectado a internet; ejemplo: 192.239.024.003) incluido en el diseño

inicial, no iba a ser suficiente para atender a todos los ordenadores que quisieran conectarse. Ese diseño inicial incluía nada menos que alrededor de 4.000 millones de direcciones. Sin embargo, su consumo estaba siendo mucho más rápido de lo previsto, lo cual combinado con una gestión poco rigurosa en la distribución de grandes bloques de dichas direcciones, resultaría en su agotamiento en un futuro no muy lejano. Debo apuntar, que la distribución no fue rigurosa, precisamente, porque se desconocía de que forma iba a crecer la Red.

Con la finalidad de evitar ese problema y al mismo tiempo corregir y/o mejorar varios aspectos de IPv4, la IETF publicó, en diciembre de 1998, las especificaciones para IPv6 (documento: RFC 2460). Desde esas fechas, este nuevo protocolo se ha venido probando satisfactoriamente en diferentes entornos y modalidades, pero el camino que debería llevar a su implementación y uso en toda la red, iba a ser lento. Era necesario actualizar toda la infraestructura sobre la que se apoyaba IPv4, pero tanto los PSIs (Proveedores de Servicios de Internet) como las operadoras que controlaban las grandes autopistas de transporte de paquetes IP, no estaban por esa labor. Decidieron recurrir a soluciones más económicas que le permitieran exprimir al máximo las direcciones disponibles en IPv4. Se diseñaron varios esquemas con tal finalidad. Entre los más usados fueron, y siguen siendo, los siguientes:

■ **Asignación dinámica (IP dinámica).**

Este método, lo usan los PSIs con la mayoría de sus abonados. La dirección IP para cada uno de ellos no es fija. Se le asigna en el momento que accede a Internet. Esto permite a los PSIs usar un número de direcciones bastante inferior al de su número de abonados (se asume que no todos tratarán de acceder al mismo tiempo, en caso contrario alguien tiene que esperar).

■ **Dirigentes de tráfico local (NAT).**

Permite que varios ordenadores compartan una sola dirección IP para acceder a internet (ejemplo de uso: los "routers" en casas y empresas). En el caso de las casas y pequeñas empresas, esa dirección compartida es precisamente una IP dinámica. Este método es conocido como NAT (Network Address Translation) debido a que se puede interpretar que a la salida de un paquete (su envío hacia la internet externa), el "router" cambia (traduce) la dirección-IP-de-origen-interno (aquella asignada a cada PC local) por la IP compartida, y a la inversa, cuando entra (desde la internet externa), convierte la IP compartida a dirección-IP-de-destino-interno.

Para evitar que el grupo de direcciones IP internas coincidan con las IP externas (las de la internet global), el grupo interno es privado (no es usado por la internet externa) y consta de unas 65.000 direcciones (169.254.1.0 a 169.254.254.254). Obviamente, la privacidad resulta del hecho de que son usadas solo dentro del entorno del aparato NAT ("router" casero o de empresa). Por lo tanto, ese mismo grupo se puede usar, también privadamente, en cualquier otro entorno NAT y precisamente por ello se les conoce asimismo como link-local-IPs (IPs para enlaces locales).

■ **Hospedaje virtual de las webs.**

Inicialmente cada web residía en su propio servidor (ordenador) y disponía de una dirección IP única. Este nuevo mecanismo, permite que varias webs (cada una con su nombre de dominio independiente) compartan una sola dirección IP en el servidor web que las hospeda.

■ Abolición de las clases.

En su concepción inicial, el conjunto total de direcciones se clasificó en cinco grandes grupos. De esos grupos, los conocidos como pertenecientes las clases A, B, y C, eran los usados para determinar los subconjuntos (bloques de direcciones) que se asignaban a las diferentes entidades que los solicitaban. La clase asignada y sus bloques dependían del tamaño y número de subredes administradas por dichas entidades. La gestión de las solicitudes las hacia IANA (Internet Assigned Numbers Authority), actualmente integrada en ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)].

En paralelo con el crecimiento de la red, se fue comprobando que ese sistema de distribución por clases no se ajustaba a las características de dicho crecimiento. En muchos casos, se habían asignado/concedido bloques de mucho mayor tamaño que lo que iba a usar el solicitante (ni siquiera en un futuro lejano). Era un despilfarro. Era necesario flexibilizar la forma y el tamaño de los bloques a distribuir. Por esta razón, se abolieron las clases lo cual permitió una distribución mas racional de dichas direcciones.

Ahora bien, toda la infraestructura de internet hasta ese momento solo sabía de clases. Esa ignorancia iba a afectar especialmente a los nodos enrutadores, los cuales son en realidad ordenadores equipados con componentes específicos que les permiten dirigir el tráfico a lo largo y ancho de las autopistas de la red (recogen paquetitos y los dirigen cada uno hacia la ruta que les lleva a su destino). Era necesario modificar el software de esos nodos. A tal fin, se diseño un mecanismo, bastante conocido entre los expertos de la red, cuyo nombre fue precisamente CIDR (Classless Internet-Domain Routing). Otro aspecto importante de la introducción de dicho mecanismo es que, al mismo tiempo, permitió reducir la carga de trabajo (proceso) a realizar por esos enrutadores (sus ordenadores, tienen que realizar su trabajo de la forma mas rápida posible, si no es así, por ejemplo cuando los paquetes son de voz, llegarían entrecortados a su destino). El único aspecto negativo de CIDR es que complicó la gestión de la base de datos de esos enrutadores, es decir, hacer cambios en las tablas de redireccionamiento puede resultar complicado.

En fin, esos esquemas fueron simplemente paliativos. Como dice un corolario a la ley de Murphy "si algo es susceptible de acabarse, se acabará". Aplicado a IPv4, implica que, con independencia de las soluciones apuntadas, las direcciones muy pronto se acabarán. Han pasado 12 años desde la publicación de las especificaciones para IPv6. Desde aquellas fechas, la situación se complicó todavía mas debido a que, actualmente, no solamente se conectan a internet las personas con sus ordenadores, sino que también lo hacen otros aparatos electrónicos (entre ellos los teléfonos móviles). Se han analizado varias estrategias para seguir usando la capacidad disponible, pero el consenso general, y en especial por parte de ICANN, es que **hacia finales de 2011, la demanda pasara a ser mayor que lo disponible y lo mas apropiado será terminar la distribución. A partir de ese momento, solo se distribuirán direcciones IPv6.**

Como describo el apartado que sigue, IPv6 ha sido diseñado de forma que ambos protocolos pudiesen coexistir por un cierto tiempo y se evitase una transición brusca y disruptiva de los servicios/aplicaciones existentes. Sin embargo, la realidad actual, es que **el cambio ha entrado en la fase de transición acelerada** y... queda mucho por hacer.

3.- Características específicas de IPv6.

La característica mas importante de IPv6, con respecto a IPv4, es el numero de direcciones IP que ofrece. Es enorme. Escrito en cifras sería aproximadamente el numero 34-seguido-de-37-ceros. Visto de otra forma, si esas direcciones se repartiesen entre todos habitantes de la tierra le tocarían a cada uno un número representado por 5-seguido-de-28-ceros. En términos informáticos, esos valores se expresan en bits (ceros y unos). Dado que el número de bits necesarios para representar una dirección IPv6 es cuatro veces mayor que para IPv4, en la literatura al respecto se acostumbra a llamar direcciones A cuando se habla de IPv4, y direcciones AAAA para indicar Ipv6.

En realidad, ese número tan grande no fue concebido tan solo con la finalidad única de que hubiese direcciones-IP para todo tipo de agentes internéticos (ordenadores, móviles, aplicaciones informáticas y en general aparatos electrónicos). Ese aspecto se cumple holgadamente, incluso después de haber reservado un subgrupo para que sean asignadas a los 4.000 millones de direcciones IPv4. Otra de las razones justificantes de un número tan elevado, fue la idea de diseñar un mecanismo que, al mismo tiempo, permitiese una distribución jerárquica de los bloques de tal forma que se redujese el tamaño de las tablas de enrutamiento (la base de datos en los "border gateways", véase figura en página 3). Tablas mas pequeñas implican menos tiempo de proceso por parte de esos nodos enrutadores (como mencioné antes, al hablar de CIDR, es muy importante reducir su carga de trabajo). De hecho, actualmente, el tamaño medio de la base de datos de dichos para IPv4 sobrepasa ya las 300,000 entradas y... creciendo. Por otro lado, aparte del proceso operativo, también se trató de conseguir, que el mantenimiento/gestión de dicha base de datos fuese mas eficiente.

Lógicamente, se aprovechó la ocasión para introducir, en la especificación de Ipv6, una serie de mejoras y correcciones en aquellos aspectos que se habían detectado como deficientes en IPv4. Entre esas mejoras destaco las siguientes:

■ Seguridad.

Se creó un grupo especial de especificaciones (IPsec), con el fin de incrementar la seguridad y privacidad en las comunicaciones. Por un lado, todo paquete que viaja bajo el formato IPv6 va encriptado y lleva claves que permiten su autenticación, y por otro, se define un mecanismo de forma que, antes del inicio de la conversación entre dos agentes internéticos, permite la autenticación e intercambio de claves entre los mismos (claves que después se usarán en el encriptado de los paquetes). Otro punto muy importante a destacar es que en IPv4 la incorporación de características de seguridad era opcional, pero en IPv6 es un requerimiento imprescindible.

■ Extensibilidad y mayor eficiencia para los nodos enrutadores.

Los paquetes IPv4 que viajan por la red se componen de dos partes: cabecera y carga-de-datos. La información en la cabecera es la que usan los enrutadores para dirigir el tráfico de paquetes. Allí se encuentran las direcciones IP de procedencia y destino de cada paquete, pero ademas se encuentran otros parámetros que no siempre necesitan ser examinados por el enrutador. Por esa razón, para IPv6 se ha cambiado el formato de los paquetes de tal manera que su proceso por parte de los enrutadores sea mas simple y rápido, lo cual constituye otra forma de reducir su carga de trabajo.

El nuevo formato consta de tres partes: cabecera, extensión-de-cabecera y carga-

de-datos. Parte de los datos que antes ocupaban espacio en la cabecera de IPv4 (a veces innecesarios), se han pasado a la extensión-de-cabecera en IPv6, con lo cual la cabecera es mas pequeña y facilita la labor de los enrutadores. En aquellos casos en que sea necesario examinar otros parámetros, el enrutador recurre al examen de la extensión-de-cabecera, pero ese no es el caso típico. Un parámetro llamado ToS (Tipo de Servicio), residente en la cabecera, es uno de los principales determinantes en la decisión de procesar los parámetros de la extensión-de-cabecera.

[NOTA: A lo largo de la evolución de internet, el parámetro ToS se ha interpretado de diferentes formas y con diferentes nombres- Inicialmente se hablaba de QoS (siglas QoS que proceden de la terminología usada para los circuitos telefónicos de voz para referirse a aspectos relacionados con la calidad de la señal analógica. Mas tarde, dado que en realidad define el tipo de servicio asociado con cada paquete pasó, a llamarse ToS. Actualmente, dado que es elemento fundamental para que los routers diferencien las diferente clases de tráfico (web, voz, video, FTP, etc), se denomina DSCP (Differentited Service Code Point).]

■ Movilidad.

Tanto el teléfono móvil, como los PDAs (Personal Digital Asistants) o los PCs portátiles, una vez conectados a internet, pueden desplazarse de tal forma que, a lo largo de una sesión/conversación, el enlace físico de acceso cambie una o mas veces. Para continuar conectado (a pesar del cambio), podría ejecutar una reconfiguración automática de ajuste al nuevo enlace, pero como resultado de la misma, su dirección IP sería diferente con lo cual la sesión se cortaría. Ello se debe a que el terminal de su interlocutor remoto, no está al tanto de los cambios y sigue dirigiendo los paquetes hacia dirección IP inicial. La solución mas adecuada en este caso, fue diseñar los mecanismos correspondientes a fin de que la dirección IP permaneciese sin cambios a lo largo del desplazamiento (con independencia de los enlaces físicos usados).

En tal sentido, de nuevo, la IETF generó y publicó una serie de estándares conocidos bajo el nombre de "Mobile IP" y orientados hacia IPv4 e IPv6. Sin embargo, la versión para IPv6 incorporó una serie de mejoras especificas no incluidas para IPv4 (entre ellas incluso la posibilidad de movilidad para enrutadores y subredes; por ejemplo, la red local de un tren en movimiento). Por esa razón al estándar correspondiente se le conoce como MIPv6 (Mobile IPv6 - documentos: RFC3775 y RFC3963). Operadoras de todo el mundo, en especial en China, ya están en proceso de creación de estructuras de telecomunicación basadas en el estándar MIPv6.

Ahora bien, a pesar de que su implantación funcione de acuerdo a los objetivos establecidos, es normal que una especificación inicial sufra modificaciones posteriores para corregir deficiencias, optimizar o bien incorporar nuevos objetivos. En el caso de MIPv6, dada la importancia que tiene para las comunicaciones móviles, de entre las modificaciones recientes destaco las dos siguientes:

1) Optimización de la ruta.

En la versión inicial, se especificaba que, una vez establecida la conexión, el intercambio de paquetes entre el agente originante (el que inició la conexión) y su destinatario, se ajustase a una ruta triangular. En otras palabras, los paquetes del agente originante viajaban directos hacia el destinatario, mientras que los de respuesta del destinatario, pasaban antes por un "enrutador especial" (pertene-ciente a la operadora del originante), y de ahí eran reenviados al originante. Esta forma de comunicación es ineficiente (en ciertos casos), en el sentido de que la ruta de respuesta puede ser muy larga y exceda los limites de latencia. Por

ejemplo, en el caso de VoIP (voz sobre internet), cuando los dos interlocutores están en la misma ciudad pero el "enrutador especial" está a miles de Km. de distancia, el destinatario recibe el sonido de forma normal, pero el originante puede que reciba la respuesta de forma un tanto anormal (consistentemente retrasada). La modificación de la especificación original propuso un nuevo mecanismo que optimiza la comunicación de forma que sea directa en ambos sentidos (sin intermediarios lejanos).

2) Gestión transparente de la movilidad.

Otra característica de la versión inicial era que algunos aspectos de las funciones de movilidad (especialmente en los cambios fijo-móvil), necesitaban del apoyo de código específico incorporado en el software del agente originante. Lo ideal, con miras a la convergencia fijo-móvil, sería que la conexión fuese transparente (en el sentido de que dicho software fuese ajeno a esas funciones que lógicamente deberían estar en la red y no en el terminal). A tal fin, la IETF está creando una nueva especificación llamada PMIP (Proxy Mobile IP) cuyo objetivo es que sean unos enrutadores específicos, situados a nivel de red, los que se encarguen de detectar el tipo de conexión y modificar los paquetes a fin de que ambos (originante y destinatario) los interpreten como correspondientes a una comunicación normal, sin cambios de IP o de tipo de interfaz.

Estas y otras características asociadas con IPv6, se han venido probando ya desde 1996 (dos años antes de la publicación del documento RFC2460 que definía IPv6). Al efecto, se creó una infraestructura experimental conocida como "6bone". Sobre dicha infraestructura se realizaron multitud de pruebas lo cual facilitó que de forma paralela se fuesen desarrollando los nuevos productos comerciales que incorporaban la capacidad para operar con IPv6. Finalmente, en 2006, la IETF decidió terminar el proyecto "6bone". Consideró que los objetivos para los que se había creado se habían alcanzado y que por otro lado ya existían suficientes sistemas alternativos para probar y refinar IPv6.

En definitiva, IPv6 supone muchas mejoras para el funcionamiento de internet y el cambio es conveniente y necesario. Sin embargo ambos protocolos son incompatibles, en el sentido de que el software que procesa los paquetes formateados para IPv4 es incapaz de procesar paquetes IPv6 y viceversa. Como indico en un apartado mas adelante, es enorme la cantidad de equipos internéticos en uso que solo saben IPv4. Cambiarles el "chip" en menos de dos años es tarea imposible.

Los dos protocolos tendrán que **coexistir temporalmente** sobre la misma infraestructura. En preparación para esta coexistencia, se han diseñado las tecnologías necesarias de forma que la comunicación IPv6 entre ordenadores sea posible a pesar de que la infraestructura intermedia que les separa este constituida por una mezcla de equipos IPv4 o IPv6. En la última fase de la transición, los nuevos equipos que se vayan instalando en los nodos serán solo IPv6. Obviamente, la transición se habrá completado cuando toda la infraestructura funcione solo con IPv6.

4.- Operación durante la coexistencia IPv4-IPv6

Para facilitar la coexistencia, la solución que se consideró mas adecuada fue la creación un software que una vez instalado en los ordenadores situados en los diferentes nodos internéticos, les permitiese operar con ambos protocolos (IPv4 y IPv6). A dicho software

se le denomina "dual-stack software" (software de doble-pila: una para IPv4 y otra para IPv6). De hecho, a nivel de usuario, la mayor parte de los sistemas operativos, navegadores y demás aplicaciones informáticas relacionadas con internet ya han sido actualizadas por los fabricantes para que sean compatibles con ambos protocolos. Incluso los sistemas operativos de los teléfonos móviles de última ola, ya disponen de dicha compatibilidad. Sin embargo, a nivel de otros componentes de la red (enrutadores, servidores, gateways, etc. - véase la figura de modelo internético arriba), la transición se presenta lenta y compleja. Las características de muchos de los entornos IPv4 son tales que el cambio será laborioso.

Dada esta situación, durante el periodo de transición, sobre la infraestructura internética nos encontraremos con nodos cuyos equipos se corresponden con una de las categorías siguientes:

1) Solo-IPv4.

Son nodos que solo operan con IPv4, tienen asignada una dirección IPv4 y no entienden de IPv6. Actualmente son mayoría (especialmente enrutadores, gateways y servidores web y email).

2) Solo-IPv6.

Son nodos que solo operan con IPv6, tienen asignada una dirección IPv6 y no entienden de IPv4. Son relativamente pocos todavía pero irán en aumento conforme pase el tiempo y se avance en la transición (especialmente a partir del momento en que dejen de distribuirse direcciones IPv4).

3) IPv4-IPv6 (dual-stack).

Son nodos que pueden operar con ambos protocolos (tienen incorporado el software de doble-pila y serán los mas usados durante la transición).

Con independencia de la categoría, para que dos de estos equipos se puedan comunicar, de extremo a extremo, el que **inicie** la sesión, debe de estar al tanto de que tipo de equipo tiene al otro lado. A tal fin, la base de datos del sistema DNS (Domain Name System), el sistema encargado de convertir nombres internéticos a direcciones IP, ha sido modificada de forma que la respuesta a la solicitud de conversión, contenga la dirección IP y además el tipo de protocolo que acepta el equipo remoto (documento: RFC 1886). Por lo tanto una vez conocido dicho protocolo, los tipos de comunicación posibles entre dos equipos son: IPv4-a-IPv4, IPv4-a-IPv6, IPv6-a-IPv6, IPv6-a-IPv4.

Mientras la red intermedia sea mayormente IPv4, como lo es actualmente, tanto los equipos solo-IPv4 como los de doble-pila, se comunicarán IPv4-a-IPv4. sin necesidad de cambios/apoyos adicionales.

En cuanto a las comunicaciones IPv4-a-IPv6, IPv6-a-IPv6, IPv6-a-IPv4, precisamente debido a esa prevalencia todavía de equipos IPv4, tendrán que apoyarse sobre esa infraestructura existente. Al efecto se han diseñado varios métodos con sus especificaciones correspondientes (los RFCs de la IETF) con el objetivo de facilitar dicha comunicación. En general, todos esos métodos se apoyan en el mecanismo denominado de "tunnelling". Dicho mecanismo consiste en disfrazar los paquetes de forma que aparenten ser de otro protocolo. Por ejemplo, cuando un ordenador solo-IPv6 quiere acceder a un servidor también solo-IPv6 apoyandose sobre segmentos de comunicación

IPv4, su gateway local toma cada paquete IPv6 y lo mete dentro de un paquete IPv4 (operación llamada "encapsulación"). A continuación envía el paquete sobre la red IPv4. Al llegar a otro lado, el gateway local de destino extrae el paquete IPv6 y se lo entrega al servidor. Visto de otra forma, los paquetes salen como IPv6s, entran disfrazados en un túnel IPv4 y aparecen al otro lado como IPv6s.

Para los PSIs que quieran ofrecer servicios de IPv6 a sus abonados, la instalación y configuración de gateways para operaciones de tunnelling de IPv6 sobre IPv4 es tarea que puede resultar bastante compleja. Dependiendo del nodo o a que nivel de red se realice el encapsulado/desencapsulado de los paquetes, las opciones ofrecidas por los equipos son muy variadas. Por otro lado, la configuración operativa de los mismos equipos puede ser predefinida o automática a partir del análisis de la cabecera de los paquetes Ipv6. Entre las tecnologías mas usadas que ofrecen túnel-eado automático, destaco las siguientes:

- 6to4 – De ruter-a-ruter, basado en el uso de un prefijo global para el direccionamiento y con la dirección IPv4 incrustada. Los ruters actuan como relays para la gestión de los paquetes y su transporte sobre red IPv6 (vease: [ejemplo de configuación](#))
- ISATAP – Entre ordenador y ruter y asimismo entre ordenadores conectados en red local. La dirección IPv4 se incrusta como sufijo en la IPv6.
- 6over4 – Entre nodos con doble pila y apoyándose sobre la capacidad de "multicasting" de la red IPv4.
- Teredo – Su particularidad principal es que su capacidad de tuneleado le permite incluso atravesar el cortafuegos impuesto por el mecanismo NAT (algo que con los demas métodos no siempre es posible).

A los servicios basados en estos mecanismos de tuneleado, se les conoce como "Tunnel Brokers". Uno de los mas populares, y ademas gratuito, es el gestionado por el grupo [Sixxs](http://www.sixxs.net) (<http://www.sixxs.net>). Usa Teredo y sus servidores permiten que usuarios con IPv4 se conecten a servidores IPv6 y, también a la inversa (detalles en: [ipv6gate](#)). Desde luego, es importante recalcar que estos servidores pueden resultar lentos dado que hacen conversión de todos los enlaces en cada página que procesan. En definitiva, se trata de una solución gratuita pero mas bien para uso esporádico.

5.- Equipos/grupos afectados y dificultades en la implantación.

La implantación de IPv6 requerirá actualizaciones y/o reemplazo de equipos existentes. A nivel de usuario, la mayoría de sus ordenadores ya están preparados. Sin embargo, sus ruters-caseros, sus cable-modems y sus xADSL-modems, no lo están. En cuanto a los PSIs, tendrán que actualizar sus gateways, enrutadores y servidores (DNS, web, email y otros tipos de programas de aplicación). Finalmente, las entidades que gestionan las grandes autopistas internéticas (la columna vertebral de internet), tendrán que actualizar mayormente sus enrutadores.

En el caso de intentar actualizar equipos IPv4 existentes, entre las dificultades que unos y otros se encontrarán en el camino, y que habrá que solventar, están las siguientes:

- El fabricante del equipo original ya no existe.

- El fabricante ya no ofrece soporte técnico.
- La actualización del soft es prácticamente imposible por estar encajado en ROM permanente en un sistema compacto sin posibilidad de expansión.
- El equipo carece de los recursos necesarios de hardware para la actualización a IPv6 debido a memoria RAM insuficiente y/o procesador lento.

A los creadores de páginas web no les afectará el cambio, ni tampoco será diferente la interfaz audio-visual que el PC ofrece a sus usuarios. Los problemas surgen cuando las páginas diseñadas se hospedan en un servidor. Si éste es IPv4 no la verán los usuarios que acceden sobre IPv6 y a la inversa (de ahí la importancia de la doble-pila durante la transición).

6.- IPv6: realidad actual.

En el análisis de la transición de IPv4 a IPv6, en primer lugar, se necesita saber donde estamos actualmente en cuanto a la penetración de IPv6 con respecto a IPv4. Una forma de saberlo es midiendo los volúmenes de tráfico para cada uno de los dos protocolos. El hecho de que ya existan muchos equipos capacitados para operar con IPv6, no quiere decir que todos ellos estén generando tráfico IPv6 sobre internet. Es decir, no importa que un ordenador tenga capacidad IPv6 si su enlace, al proveedor de servicios, no tiene dicha capacidad. En esos casos el tráfico IPv6 resultante es cero. Las medidas más recientes realizadas, indican que la penetración actual del IPv6 nativo es aproximadamente un 1% con respecto a IPv4. Repito una vez más, que es muy lamentable que 12 años más tarde después de la publicación de las especificaciones para IPv6, la penetración sea todavía tan insignificante.

Hoy día, según las últimas estadísticas de la [ITU](#) (International Telecommunications Union), internet cuenta, a nivel global, con unos 1.700 millones de usuarios, unos 1.000 millones de ordenadores con conexión, cientos de millones de enrutadores, gateways y cantidades parecidas de software cortafuegos y aparatos intermedios, y muchos de todos esos aparatos y sistemas, acumulan entre todos miles de millones de líneas de códigos de configuración y filtraje que solo saben de IPv4. En definitiva, es materialmente imposible actualizar o reemplazar dichos equipos en **dos años** (máximo que resta para que se acaben las direcciones IPv4 y se pretenda pasar del 1% al 100% en el uso de IPv6).

En España mismo, según las estadísticas de 2008, publicadas por la CMT (con tablas de difícil interpretación debido a la escasez de notas explicativas), hay 1.200 PSIs, que disponen de un total de 6.573 Routers y 467 Gateways (¿border gateways?). Dichas tablas no incluyen los diferentes tipos de servidores instalados, ni tampoco dicen nada acerca de si esos equipos están actualizados con la doble-pila del soft. En todo caso, si a esos números añadimos los "ruters" caseros y de empresa, y los puntos de presencia Wi-Fi (públicos y privados), también aquí, tenemos bastante trabajo por delante.

Nos encontramos ante un escenario donde la dejadez resultante de un interés orientado hacia obtención de beneficios a corto plazo por parte del sector privado, ha conducido a resultados ineficientes para la sociedad en general. Aunque a una escala diferente, tiene un tanto de similitud con la crisis actual (debida mayormente a la extendida creencia de que el ritmo de crecimiento del valor inmobiliario continuaría "forever"). En este otro caso, la creencia es que abundan las direcciones IPv4. La escasez de direcciones IPv4 no

causará tanto daño, pero si que causará distorsiones en el funcionamiento eficiente de internet y por ende en todos servicios que dependan de su operación.

El estar listo para IPv6 no es considerado como algo necesario y urgente por parte de empresas y consumidores. Sus decisiones, en cuanto a inversión y/o compras de equipo, todavía no han cambiado. Es necesario hacer la publicidad adecuada para que tanto usuarios como PSIs sean conscientes de que el cambio es inevitable y no les queda mas remedio que prepararse aprovisionando los recursos necesarios al efecto. A continuación incluyo algunas razones mas que justifican el cambio:

- Si bien es cierto que, usando alguno de los métodos descritos en el apartado 2 (por ejemplo NAT), es posible extender la vida útil de IPv4 por un periodo mas largo, a la larga dichas soluciones conllevan otros problemas cuya resolución supondrá un coste mayor que la opción del cambio ya a IPv6.
- Cada vez son mas los usuarios, aparatos y aplicaciones que necesitan direcciones IP. Un área concreta donde el incremento de direcciones IP se notará mas, será en las comunicaciones M2M (machine-to-machine). Por ejemplo, algún día, a cada contador de consumo eléctrico se le asignará una IP y enviará los datos directamente al departamento de gestión de la empresa eléctrica (vease apartado 16 para mas detalles).
- La convergencia de las telefonías fijas y móviles sobre IP está en marcha y para gestionar la comunicación con todo tipo de terminales multimedia asociados, se necesitaran asimismo un enorme número de servidores y gateways con sus IPs estáticas.
- Los aspectos de seguridad, privacidad y movilidad en las comunicaciones IPv6 ampliamente superan y mejoran los que ofrece IPv4.

Resumiendo, queda claro que la evolución hacia una red "toda-IP", necesita y va a discurrir en paralelo con la conversión a IPv6. Y desde luego, para cuando la red sea "toda-IP" se habrá realizado asimismo la convergencia de las telefonías fija y móvil. Una convergencia que inicialmente afectará al núcleo interno de la infraestructura de transporte y control de datos multimedia, el cual será común para ambos tipos de acceso. Los aparatos terminales todavía son diferentes y lo seguirán siendo, pero muy pronto se popularizarán los terminales de operación multi-modo que se conecten tanto a accesos estáticos como a móviles. De hecho, ya existen actualmente teléfonos móviles (los llamados "smart-phones" de función dual) que se pueden conectar ya bien al acceso inalámbrico de la red móvil celular, o a la red fija a través de un "ruter" casero.

De dicha convergencia y su evolución me ocupo en los apartados que siguen dedicados a la telefonía en general.

7.- Las operadoras y la otra coexistencia: circuitos y paquetes.

Tanto las telecomunicaciones fijas como las celulares de móviles se encuentran en un periodo evolutivo de avances rápidos y continuos. En las móviles, desde el año 1992, pasaron de 2G (Generación 2) a 3G y están a punto de entrar en 4G. Todavía están actualizando/expandiendo sus accesos de radio a HSPA (High Speed Packet Access) y ya

se les cae encima LTE (Long Term Evolution), tecnologías ambas 3G, de las cuales LTE supone cambios sustanciales en las estructuras de red.

El motor principal de esta evolución es precisamente la competencia. Por un lado, entre operadoras y por otro, entre fabricantes de equipo. Las operadoras tratan de atraer y mantener clientes ofreciendo los mejores servicios al mínimo coste, en algunos casos, mediante el empleo de métodos muy poco éticos y, por otro lado, los fabricantes de equipo tratan de crear y poner en el mercado productos mas eficientes, menos complejos, de mas y mejores prestaciones, destinados tanto a operadoras como a usuarios. Tanto un grupo como otro, se apoyan, y al mismo tiempo se benefician de la labor realizada por otros grupos también importantes: los promotores y generadores de estándares, (de ellos también me ocupo en los apartados que siguen).

Actualmente, ambos tipos de telecomunicaciones (fija/móvil) se diferencian no solo en las formas de acceso a los núcleos centrales de conmutación y control, sino que además dichos núcleos son diferentes e independientes. Sus únicos segmentos comunes los constituyen la variedad de enlaces que permiten su intercomunicación.

En el caso de las telecomunicaciones fijas el énfasis evolutivo, en el acceso, se centra mayormente en como reemplazar, de la forma mas económica posible, el cableado de cobre por la fibra óptica, mientras que en las inalámbricas se han diseñado, y se siguen probando varias tecnologías alternativas con el objetivo de conseguir el máximo número de bits/segundo en cada una de las bandas del espectro radioeléctrico.

Con independencia de que el soporte del acceso sean cables u ondas hertzianas, otra forma de dar mas, y mejores servicios por el mismo precio, es usando métodos de transporte de bits mas eficientes. En tal sentido, un transporte basado en el uso de paquetes, es mas eficaz que el uso de circuitos. Y dicha eficacia no solo se corresponde con mayor capacidad de transporte sino que además facilita enormemente la gestión y la intercomunicación de redes. De ahí, la conveniencia de una red toda-IP, tanto para el acceso, como para el núcleo interno de la red que será común a todo tipo de formas de acceso.

Las grandes operadoras telefónicas de todo el mundo, disponen todavía de una ingente cantidad de equipos cuyas funciones de transmisión y conmutación se realizan sobre circuitos (mezcla de digitales y analógicos). Los terminales de voz del usuario, especialmente en la telefonía fija, son del tipo analógico. En cuanto a los terminales móviles, todavía son muchos los que se apoyan asimismo sobre la tecnología de conexión por circuitos. La transformación y evolución de todos esos equipos hacia una infraestructura toda-IP llevará su tiempo. En consecuencia, durante ese tiempo, en paralelo con la coexistencia de IPv4 con IPv6, habrán de coexistir circuitos y paquetes de diferentes tipos.

Por otro lado, en la telefonía celular de móviles no existe una radiofrecuencia de acceso armonizada a nivel global, lo cual impide un "roaming" (el paso de un acceso de radio a otro asociado con una central de conmutación y control diferente), sin problemas cuando se pasa de un país a otro. En conjunto, teniendo en cuenta esos ajustes y otros que menciono en los apartados que siguen, extrapolando de la evolución pasada y dada la situación al presente (abril de 2010), lo mas probable es que dicha transformación no esté completa hasta dentro de unos 8 o 10 años.

En todo caso, el objetivo final de toda esta transformación evolutiva, es ofrecer toda clase de servicios multimedia (voz incluida) cabalgando sobre banda ancha IP y a coste mínimo. Un coste que, en definitiva, resultará de mantener un equilibrio, a lo largo de la transición, entre gastos de capital (CAPEX = Capital Expenses) y operacionales (OPEX = Operating Expenses). Claro está, que dada la enorme cantidad de inversión realizada en las infraestructuras ya existentes a nivel global, mantener dicho equilibrio no va a ser tarea fácil. En otras palabras, las operadoras tendrán que analizar cuidadosamente como, cuando, cuanto y donde inversiones en CAPEX reducirán OPEX y generarán beneficios.

8.- Un poco de historia: las operadoras e internet.

En la anécdota del inicio, hablo de Vint Cerf y su idea de una red toda-IP. Un año antes, William A. Flanagan en el último capítulo de su libro "Frames Packets and Cells in Broadband Networks", publicado en 1991, decía: "... la voz ha viajado y viaja mayormente en forma de flujo-de-bits sobre multiplexores y conmutadores. Sin embargo, los crecientes avances en las tecnologías de conmutación de paquetes, llevarán a que la voz paquetizada se convierta en universal" (traducción un tanto libre del párrafo del libro, en la página 103). A pesar de que W. Flanagan no se refería a internet (mas bien se refería a las redes de datos en general), venía a decir lo mismo que Vint Cerf. Ambos tenían la misma visión de futuro. Claro está, que por aquellas fechas el transporte y la conmutación de paquetes ni era tan rápido, ni se habían diseñado los protocolos necesarios para que la voz viajase empaquetada.

De hecho, también por esas fechas, ni siquiera internet era todavía la red dominante. Se promocionaba y, parecía que iba a ser dominante, la red basada en las especificaciones OSI-del-ISO (Open Systems Interconnection de la International Standards Organization). Finalmente, poco a poco internet fue creciendo e imponiéndose y la mayor parte de los gobiernos del planeta, incluso el de USA, hubieron de cambiar y abandonar la idea de implantar redes OSI. Hoy día, el legado mas importante que nos queda del OSI, es su Modelo de Referencia: una descripción de las funciones a realizar para diseñar una red de datos, en donde dichas funciones se presentan clasificadas en 7 grupos o capas superpuestas de arriba abajo.

Y fue en 1993, con motivo de las Jornadas de Galitronica 93 en Vigo, en la conferencia que impartí acerca de la evolución de las redes de datos e internet, cuando al final de la misma, me atreví a decir: "...en pocos años, la palabra internet será tan popular como la palabra fax". Digo "me atreví a decir", porque en la publicación que contenía las conferencias de dichas jornadas, se me aconsejó suprimir dicha frase argumentando que era mojarse demasiado. La Red era tan poco conocida por aquellas fechas (incluso en el entorno académico), que solo una persona se acercó a mi, al final, para comentar acerca de la frase. Dicha persona era, a la sazón, el director del CESGA (Centro de Supercomputación de GALicia).

También por esas fechas (1993), el CERN (Centro Europeo de Investigación Nuclear) ofrecía al publico, de forma gratuita, la Web y su protocolo HTTP y, casi al mismo tiempo, el grupo que mas tarde fundaría Mozilla, ofrecía también al público (en las mismas condiciones), el primer navegador: Mosaic. Estas herramientas supusieron un impulso extraordinario para la expansión de internet. La cantidad de información almacenada en sus servidores pasó a ser tan grande que, para encontrar lo que uno buscaba, las

herramientas existentes (Gopher por ejemplo), ya no servían. Eran necesarias nuevas herramientas. Así que para completar la revolución web aparecieron los buscadores. En principio, los más populares fueron Yahoo y Altavista, pero en 1998 apareció Google y... arrasó.

A partir de ahí, tanto las grandes empresas del soft como las operadoras de telecomunicaciones, que hasta ese momento habían desdeñado el potencial de internet, empezaron a interesarse. Por un lado, Microsoft diseñó a toda prisa, copiando lo que pudo de los diseños del grupo Mozilla, y puso en el mercado, a trancas y barrancas, su navegador IE (Internet Explorer). Por su lado, las operadoras, se dieron prisa para convertirse en proveedores de servicios internéticos. Sin embargo, hubo un momento en que, algunas de ellas, llegaron incluso al extremo de considerar que internet suponía una amenaza para sus servicios telefónicos de voz. Un ejemplo de ese temor lo expresaron las operadoras de teléfonos en USA, cuando a través de su asociación solicitaron, en marzo de 1996, al FCC (Federal Communications Commission) que prohibiera el uso de internet para comunicarse por voz.

Obviamente, dicha la petición fue rechazada y en consecuencia, más tarde, aparecerían los servicios de voz y video gratis (PC-a-PC) que nos ofrecen hoy día Skype, Google y VoipGATE, y asimismo, ofrecen servicios PC-a-Teléfono (Skype a nivel internacional y MagicJack en USA), a un coste menor que a través de las operadoras clásicas. Otro servicio que asimismo incorpora voz/datos sobre IP, es el "DSL desnudo" (Digital Subscriber Line sin circuito de voz), en el cual al cliente de la operadora solo se le ofrece conexión internética, pero que, con el equipo adecuado, dicho cliente puede usarlo para transmitir VoIP (normalmente ese flujo VoIP lo recibe otra operadora que, con los enlaces y conversiones necesarias, se encarga de que llegue en el formato adecuado a su destinatario).

La marea internética siguió su expansión. Los contenidos y servicios web crecieron de tal forma que se generaron expectativas demasiado optimistas acerca de la rentabilidad futura de los negocios on-line. Las llamadas empresas "punto-com" aparecieron en todas partes. Algunas operadoras consideraron que además de ofrecer servicios de acceso, constituiría un buen complemento para sus negocios la creación de una empresa de ese tipo. No fueron cautas. No supieron ver el futuro. En general, dichas empresas estaban sobrevaloradas y la consiguiente burbuja especulativa reventó en el año 2000 causando la ruina y desaparición de muchas. En España, el caso más sonado fue Terra, del grupo Telefónica, que causó grandes pérdidas a los inversores.

Y en paralelo con este interés por internet, los nuevos avances en las tecnologías de telecomunicación facilitaron la aparición de nuevas operadoras. Por un lado, las empresas de televisión por cable, modificaron sus infraestructuras de distribución convirtiéndolas en bi-direccionales, lo cual les permitió ofrecer servicios "triple-play" (televisión + internet en banda ancha + teléfono). En España, por ejemplo, incluso se constituyeron nuevas empresas que, sin haber tenido experiencia anterior con redes de cable, crearon la infraestructura correspondiente para ofrecer dichos servicios. Por otro lado, los avances en la tecnología inalámbrica celular facilitaron la creación y expansión de las empresas de telefonía celular de móviles.

En esta evolución, un caso aparte es, para mí, la empresa MCI. Es una de las empresas de telecoms para las que yo trabajé en USA. Fue una de las empresas pioneras y más

conocidas en la creación y gestión de los grandes "backbones" (autopistas) de internet, pero además (quizás poco conocido pero muy relevante), está el hecho de que haya sido pieza fundamental en el movimiento de liberalización de las telecomunicaciones (tanto en USA como a nivel mundial). Un movimiento que permitió e impulsó la competencia en el mercado, cuyas consecuencias inmediatas fueron, y siguen siendo, el abaratamiento del coste de los servicios telefónicos y un avance sin precedentes de las tecnologías asociadas. Se inició cuando, como resultado del litigio de MCI contra AT&T (la operadora dominante y monopolio telefónico "de facto" en USA), la FCC (Federal Communications Commission) ordenó el desmantelamiento de dicho monopolio. Actualmente, MCI fué comprada y es parte de la empresa Verizon (operadora num. 2 de telecomunicaciones en USA).

9.- Evolución de las tecnologías fijas.

En el campo de la telefonía fija, la voz sigue viajando mayormente apoyada sobre los circuitos PSTN (Public Switched Telephone Network), cuyo soporte de acceso es un par de hilos de cobre. En cuanto al acceso a internet, los modems analógicos alcanzaron un máximo de 56 Kbit/sec. (y hasta 320 Kbit/sec. con pre-compresión), pero actualmente su uso tiende a desaparecer al haber sido reemplazados por las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line). Una tecnología que usa como soporte el mismo par de hilos de cobre del teléfono normal y que en sus inicios ya ofrecía máximos de hasta 8 Mbits/seg. (para bajada de datos), pero que ha ido incrementándose con cada nuevo avance. Actualmente, con la versión VDSL2 (Very High Speed Digital Subscriber Line 2), sobre dicho par, se pueden obtener hasta 100 Mbits/seg. para distancias de hasta 500 m. a partir del punto transmisor (obviamente, ese valor disminuye en curva descendente conforme el punto se aleja).

Para distancias mayores, la tecnología de mayor capacidad y alcance es la fibra óptica. La tendencia general para las operadoras POT (Plain Old Telephone – las operadoras del viejo teléfono del par-de-hilos-de-cobre), es ir reemplazando grupos de pares-de-cobre por fibra óptica, en fases escalonadas y selectivas en el tiempo, y definidas de acuerdo a la siguiente nomenclatura derivada de su alcance a partir del origen en la central de la operadora:

- FTTN (Fiber To The Node) —► Fibra hasta ciertos puntos/nodos de distribución, localizados en una área geográfica determinada (una ciudad por ejemplo).
- FTTC (Fiber To The Curve) —► Fibra hasta determinados puntos a lo largo de las aceras de las calles.
- FTTB (Fiber To The Building) —► Fibra hasta cada edificio (normalmente de varios pisos) a lo largo de la calle.

En todos estos casos, para el tramo final hasta cada vivienda en particular, se usan los pares de cobre existentes y tecnología DSL. Un esquema parecido lo usan las operadoras de cable pero con la diferencia de que, en ese tramo final, usan cable del tipo coaxial y su tecnología se basa en las especificaciones DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).

La fase final de esta tendencia es FTTH/P (Fiber To The Home/Premises) —► Fibra

directamente hasta cada vivienda o pequeña oficina.

Claro está, que cuando las viviendas están aisladas (caso de zonas rurales), debido principalmente a razones económicas, no es posible llevar la fibra hasta un nodo cercano y mucho menos hasta cada casa. En esos casos, la solución más usada ha sido un combinado de fibra y alguna de las tecnologías inalámbricas estáticas: enlaces de microondas, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) y/o redes WiFi (Wireless Fidelity ?). Asimismo, en algunos casos, se ha considerado como más efectivo desde el punto de vista del coste de implantación, el uso de un enlace a satélite y, a partir de la estación terrestre, extender la cobertura mediante el uso de WiMAX y/o redes WiFi.

Ahora bien, dado que el pasado 3 de abril tuvo lugar el apagón analógico definitivo en toda España, con lo cual quedaron libres las frecuencias entre 790 a 862 MHz, las cuales permiten una cobertura mucho más amplia que la obtenida de las situadas en el rango de los GHz, creo sería una idea excelente reservar, ya, una banda dentro de ese segmento del espectro para dedicarlo, a la provisión de acceso en banda ancha a zonas aisladas. Ello no implicaría que dichas frecuencias no pudiesen ser usadas por las operadoras de móviles en otras áreas. Me imagino que el plan de la CMT es subastar el conjunto total a dichas operadoras, sin embargo bastaría con promulgar las regulaciones adecuadas (especialmente las relacionadas con interferencias) para que ambos objetivos fuesen compatibles. Lo digo porque la experiencia indica que las operadoras evitan áreas que no les den beneficios, por lo tanto no veo exista razón alguna para que otra entidad, con la capacidad de "know how" adecuada, se encargue de dar el servicio en la banda reservada. Sugiero que la tecnología a usar sea WiMAX (enlaces punto-a-punto con antenas direccionales y distribución punto-a-multipunto en cada poblado). En el caso de Galicia se podría mejorar de forma más económica, eficiente y eficaz la situación actual.

10.- Evolución de las tecnologías móviles.

Las redes celulares de móviles terrestres, conocidas asimismo como PLMNs (Public Land Mobile Networks) para distinguirlas de las basadas en enlaces a satélite, comenzaron su evolución allá por 1979 cuando en Japón se creó la primera red con tecnología enteramente analógica (bautizada como generación 1G). A partir de ahí, dicha tecnología ha evolucionado rápidamente a lo largo de generaciones posteriores, cada una de ellas delimitada, con respecto a la siguiente, por la introducción de mejoras relevantes que afectaron a los terminales, los enlaces de acceso y al núcleo interno de la red. Un resumen de dicha evolución es el siguiente:

■ 2G (segunda generación).

Implantada inicialmente en 1991, en Finlandia, se basó en las especificaciones del estándar GSM (Global System for Mobile communications). Se trató de una red ya digitalizada que ofreció mayores ventajas de seguridad y privacidad que la red analógica. Permitió, asimismo el "roaming" de los terminales (el paso de un acceso dado a otro, asociado con una central de conmutación y control diferente, sin que la conversación se corte).

Y dado que las tecnologías digitales permiten el transporte directo de datos (en forma de bits sin necesidad de conversión analógico-digital), con esta generación se introdujo la capacidad de enviar/recibir los SMS (Short Message Service), cuya velocidad máxima por esas fechas era de 14,4 bits/seg. Las tecnologías usadas para el acceso

aéreo, entre el terminal y las estaciones base, fueron TDMA (Time Division Multiplexing Access) o bien FDMA (Frequency Division Multiplexing Access).

Las especificaciones GSM constituyeron la base de las mejoras en subsecuentes generaciones en cuyo desarrollo se procuró conservar la compatibilidad con las anteriores (en el sentido de que los terminales de generaciones posteriores pudiesen acceder y comunicarse con redes basadas en especificaciones de generaciones anteriores).

■ **2.5G (Mejora 1: GPRS sobre GSM 2G).**

Con esta mejora, basada en la especificación GPRS (General Packet Radio Service) para el envío de paquetes sobre la red, se obtuvo mayor eficiencia en el transporte de datos y además se introdujo la posibilidad de acceder desde el móvil a internet (via paquetes IP encapsulados en paquetes GPRS). Sin embargo, debido a que la velocidad de acceso no pasaba de los 114 Kb/seg. y por otro lado, la capacidad de memoria y proceso de los terminales no permitía el uso de un navegador con todas sus prestaciones para el acceso web, se creó un protocolo específico, WAP (Wireless Access Protocol) para el transporte, y un lenguaje, WML (Wireless Markup Language), asimismo específico para la creación de páginas web para móviles. También con esta mejora y apoyándose, en parte, sobre WAP se inició el servicio MMS (Multimedia Messaging Service), que permitió enviar mensajes con imágenes, video, audio y en general texto sin el límite de los 160 caracteres de los SMSs.

■ **2.75G (Mejora 2: EDGE sobre GSM 2G).**

Con esta mejora, introducida en 2003 y basada en la especificación EDGE (Enhanced Data-rates for GSM Evolution), se triplicó el número de bits/seg. en el acceso radioeléctrico. Para conseguirlo se usaron técnicas más sofisticadas de modulación que permitieron sacarle hasta 3 bits (mediante detección de fase) en cada ciclo de la onda portadora de los canales de radio (en la especificación GSM se obtenía un solo bit). En este caso, dado que las modificaciones necesarias solo afectaban a los terminales y a las estaciones base de acceso, las operadoras no tuvieron necesidad de hacer cambios en los equipos del núcleo central de sus redes. Por el hecho de que esta tecnología se empezó a usar ya sobre GPRS, se le conoce asimismo como EGPRS (Enhanced GPRS).

■ **3G (tercera generación).**

Esta generación comenzó a partir del momento en que se inició la implantación de infraestructuras de red basadas en la familia de estándares/recomendaciones definidas por la ITU (International Telecommunications Union) y conocidas bajo el nombre de IMT-2000 (International Mobile Telecommunications - 2000). Su objetivo era aumentar el ancho de banda de cara a los usuarios, ofrecer una gama más amplia de aplicaciones y, en general, facilitar la evolución y crecimiento de las redes celulares de móviles mediante la incorporación de nuevos estándares y, en todo caso tratando al mismo tiempo, de mantener compatibilidad con generaciones anteriores (en tal sentido, incorporaba la compatibilidad con: GPRS y EDGE).

Como nuevas tecnologías se incluyeron los estándares para UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), cuyas especificaciones para el acceso sobre el espectro radioeléctrico se basaban en el uso CDMA (Code Division Multiple Access). De hecho, CDMA se venía usando ya en USA como parte de la familia de estándares conocidos

como CDMA2000, y simplemente se aceptaron e incorporaron como parte de IMT-2000.

Mas tarde, se añadirían a la misma familia los estándares de otras dos tecnologías existentes pero que asimismo habían sido desarrolladas por otros organismos:

- DECT (Digital European Cordless Telephone) para uso en sistemas inalámbricos caseros y creado por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute).
- WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) creado por el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), e incluido en la serie de estándares 802.16 orientados hacia la provisión de acceso por banda ancha sobre el espectro radioeléctrico.

También mas tarde, como resultado de esa continua labor de búsqueda de métodos que permitiesen incrementar el número de bits/seg. obtenidos a partir de los canales disponibles en el espectro radioeléctrico, se incorporaría una nueva tecnología, basada asimismo en CDMA, y cuyas especificaciones se denominaron HSPA (High-Speed Packet Access). La versión inicial permitió obtener picos de hasta 14.0 Mbit/s para la bajada de datos y 5,8 Mbit/s para la subida. Su versión mas reciente, llamada HSPA+, ofrece picos de hasta 84 Mbits/s para la bajada y 42 Mbist/s para la subida de datos.

Finalmente, como ultimo paso dentro de las especificaciones 3G y con el fin de encauzar, de cara al futuro, los avances crecientes en la gestión del espectro radioeléctrico, se crearon y publicaron los estándares del proyecto 3G LTE (3G Long Term Evolution), en el cual se especificó OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) como tecnología para la transmisión radioeléctrica, con picos de transporte de hasta 50 Mbits/s para la subida y 100 Mbits/s para la bajada de datos, una latencia menor que 10 ms. y canales con anchos de banda escalables (1.25, 1.6, 2.5, 5, 10, 15, 20 Mhz). Pero ademas, para facilitar la integración con internet, LTE cambiaba las arquitecturas de acceso y del nucleo de la red: el EPC (Evolve Packet Core). Se definía una arquitectura de red toda-IP, basada casi exclusivamente en los protocolos de la IETF (Internet Engineering Task Force) para internet. Por lo tanto, se trataba de un estándar orientado a reemplazar GPRS, lo que en definitiva constituía una revolución mas que una evolución y que, a su vez, implicaba la necesidad de diseñar soluciones de compatibilidad con las infraestructuras GSM/EGPRS existentes.

Resumiendo, la tecnología celular de móviles esta actualmente en la generación 3G y entrando en la 4G. Las operadoras están mayormente invirtiendo en la implantación de accesos HSPA y HSPA+, pero por otro lado, los fabricantes de equipo ya están ofreciendo equipos LTE, por lo que varias de aquellas, ya desde principios de 2009 han formulado sus planes y han entrado en el proceso de conversión de sus redes a LTE.

11.- La necesidad de estándares de caracter global: agentes promotores y generadores.

En realidad, las especificaciones LTE, constituyen el paso transicional hacia la 4G, pero antes de pasar a dar mas detalles de LTE y 4G es conveniente aclarar aspectos relacionados con las organizaciones promotoras/generadoras de estándares.

Situándonos en la generación 3G, es de destacar que los estándares aceptados como parte de la familia IMT-2000, eran en realidad el resultado de haber agrupado dos conjuntos incompatibles en cuanto a los métodos especificados para el acceso a la red y el núcleo de la misma. Cada uno de estos conjuntos habían sido creados y apoyados por dos asociaciones de entidades diferentes (surgidas precisamente porque hasta ese momento no se había intentado la creación de estándares de carácter global). Estas dos asociaciones y sus particularidades diferenciales evolutivas son las siguientes:

1) Asociación 3GPP (3rd Generation Partnership Project)

Apoya la evolución GSM—►EGPRS—►HSPA—►LTE.....—►red toda-IP.

Sus estándares los genera el ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Cada nueva versión/revisión de los mismos se publica bajo el nombre de "Release xx".

Esta línea evolutiva está implantada en un 80% del mercado mundial.

2) Asociación 3GPP2 (3rd Generation Partnership Project 2)

Apoya la evolución IS-95 (Interim Standard 95)—►CDMA2000 (EV-DO)—►—►UMB.....—►red toda-IP.

Sus estándares, aceptados por la TIA (Telecommunications Industry Association de USA), usan para la interfaz aérea las patentes de la empresa Qualcomm, y como mecanismos de transporte y movilidad, usan mayormente las especificaciones generadas por la por la IETF (véase el apartado: "Características específicas de IPv6").

Esta línea evolutiva está implantada en un 20% del mercado mundial.

En todo caso, dado que ambas asociaciones tenían como objetivo común la evolución hacia una red toda-IP, era conveniente compatibilizar sus iniciativas a fin de crear una arquitectura tecnológica única para móviles e internet que fuese abierta, global e independiente de la tecnología usada en el acceso. A tal fin se creó, en el año 2000, el forum MWIF (Mobile Wireless Internet Forum), el cual sería absorbido dos años más tarde por la asociación/alianza OMA (Open Mobile Alliance) con fines similares pero con una visión más amplia en cuanto al conjunto de estándares a compatibilizar y relacionados con la telefonía móvil, en tal sentido los foros relacionados con los estándares WAP y WML también fueron incluidos en OMA.

En OMA participan como miembros los dos grupos de empresas que tradicionalmente han estado más involucradas en el negocio de la telefonía móvil: los fabricantes de equipo y las operadoras. La participación es voluntaria. A fin de cumplir con su objetivo de cuidar la compatibilidad de estándares de forma que se mantenga interoperabilidad de redes a nivel global, OMA ha mantenido y mantiene una estrecha relación con otras asociaciones promotoras y/o generadoras de estándares para redes celulares de móviles tales como: 3GPP, 3GPP2, ETSI, IETF y IEEE (mencionadas anteriormente), y además con las siguientes (algunas de ellas no directamente relacionadas con los móviles, pero en todo caso partes interesadas en el área de telecomunicaciones):

- **ITU-T** (International Telecommunications Union sector - T), se trata del grupo dentro de la ITU, encargado de la coordinación de sus estándares, los cuales se publican bajo el título de "Recomendaciones de la ITU".

- **GSMA** (GSM Association), es la asociación mas antigua de operadoras de móviles y empresas relacionadas. Fue creada en Europa en 1995.
- **W3C** (World Wide Web Consortium), se trata de la organización internacional de mayor importancia en cuanto a la generación de estándares para la World Wide Web (abreviaciones: WWW, W3 o simplemente Web). La dirige Sir Tim Berners-Lee (el inventor de la Web).
- **TISPAN** (Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks), se trata de un grupo parte de ETSI encargado de la preparación de estándares para NGN (Next Generation Networking), cuyo objetivo es la evolución hacia una red toda-IP donde converjan las telecomunicaciones fijas e internet, cuyos paquetes transportarán toda clase de servicios multimedia.
- **FMCA** (Fixed-Mobile Convergence Alliance), se trata de una organización sin ánimo de lucro cuyo objetivo es conseguir que aquellos productos destinados a ser usados en la convergencia fija-móvil, sean ante todo de alta calidad y de uso fácil y sencillo. La mayoría de sus miembros son empresas que actúan en ambos campos de la telefonía: fija y móvil.
- **CableLabs** (Asociación de las operadoras de cable), se trata de una entidad (consorcio), sin ánimo de lucro, formado por las operadoras de cable con la finalidad de analizar y determinar que mejoras, en los servicios ofrecidos, se pueden obtener usando nuevas tecnologías. Una vez definidas, crea las especificaciones correspondientes en colaboración con operadoras y fabricantes de equipo. Su estándar mas conocido es el DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).

A pesar de esta diversidad de entidades, todas ellas, y algunas mas mencionadas mas adelante, han participado a diferentes niveles y de diversa forma, en la promoción y/o elaboración de los estándares orientados hacia una red toda-IP. Actualmente, las sendas evolutivas de 3GPP y 3GPP2 se acercan cada vez mas. En noviembre, de 2008, la empresa Qualcomm, decidió abandonar el desarrollo de UMB (Ultra Mobile Broadband - estándar equivalente a LTE para el grupo 3GPP2), y adoptó LTE por ser la tecnología de mayor aceptación a nivel global. Si bien es cierto que, en LTE (cuya definición inicial se publicó en Release 8 de 3GPP) quedan ciertos aspectos que necesitan estandarización y depuración, la evolución continua y esas mismas entidades están ya trabajando en la preparación de las especificaciones para 4G de móviles y NGN, cuyo objetivo común es la convergencia total de tecnologías fijas y móviles sobre IP a nivel global. De hecho, en la realidad actual, las organizaciones 3GPP y TISPAN, en una labor conjunta y sincronizada, son las que están generando la mayoría de los estándares relacionados con 4G y NGN.

12.- Móviles: implantación de tecnologías LTE y 4G.

Segun la asociación GSMA, actualmente, de los aproximadamente 4.000 millones de usuarios de móviles, solo un 10% dispone de banda ancha sobre las tecnologías de mayor capacidad (WCDMA y HSPA). No esta muy claro que porcentaje de los demás puedan estar interesados en el uso de banda ancha con esa capacidad y superior. Un buen indicador de ese interés, se puede inferir a partir del análisis del fuerte crecimiento del uso de "smartphones" (iPhone, Blackberry, Nexus One, etc.). En todo caso, lo que si es obvio es que ese 10% actual es bajo y queda bastante mercado por capturar. Por lo

tanto, aquellas operadoras que se adelanten en el ofrecimiento de servicios multimedia completos sobre banda ancha a niveles de LTE, conseguirán una mejor cuota de ese mercado. Es por ello que muchas de ellas ya están actualmente envueltas en el proceso de adaptación, de sus infraestructuras de red, a las especificaciones dictadas por LTE, y mas adelante a las 4G (conocidas como IMT-advanced y cuya especificación inicial se describe precisamente bajo el nombre de LTE-Advanced). A su vez, los fabricantes de equipo están desarrollando y ofreciendo una serie de productos ajustados a esas especificaciones.

Ahora bien, como mencioné al hablar de 3G, LTE supone una revolución, un cambio bastante radical en la senda evolutiva de las tecnologías móviles. Las operadoras tendrán que sopesar cuidadosamente los pasos a seguir para que sus redes se ajusten a los requerimientos de LTE y 4G, especialmente teniendo en cuenta que todavía quedan una serie de aspectos pendientes de resolver. Lógicamente, de forma similar a la transición de 2G a 3G, la consideración principal a tener en cuenta en la introducción de LTE, será proceder de forma que se saque el mayor provecho posible de las infraestructuras de red existentes de generaciones anteriores (2G/3G) y que, al mismo tiempo, se capten nuevos clientes sin pérdida de existentes.

Teniendo en cuenta dichas consideraciones, además de los estándares propios para LTE, 3GPP elaboró una serie de recomendaciones marco orientadas a facilitar la integración de las tecnologías móviles anteriores, y también de las fijas, con LTE. En cierto modo, dichas recomendaciones, constituyen la fase inicial de la convergencia de telecomunicaciones fijas y móviles ya que el núcleo de la red EPC (Evolved Packet Core) sería común a todo tipo de accesos. En tal sentido, y en cuanto a aspectos relacionados con la integración y mejora de tecnologías anteriores, es de destacar la propuesta para el acceso sobre EDGE, una mejora cuya implementación aumentará la capacidad de sus prestaciones. Sin embargo, su recomendación mas importante ha sido IMS (IP Multimedia Subsystem). Se trata de una plataforma de servicio que permitirá a las operadoras ofrecer una serie de aplicaciones multimedia a usuarios con diferentes tipos de acceso a sus redes. Algunas de las características de IMS son las siguientes:

- Permitirá el acceso sobre: GSM, UMTS, Femtocells, WiFi, WiMax, par-hilos-cobre con xDSL, cable bajo DOCSIS, fibra FTTH y desde luego LTE.
- En cuanto a las aplicaciones multimedia servidas sobre IMS, podrían ser las mas populares actualmente tales como: VoIP (voz sobre IP), "streaming" video, capacidad de bajar/compartir videos o audio mp3, juegos interactivos, etc. y... otras futuras.
- En su arquitectura el componente principal de control de servicios está basado en el protocolo SIP (Session Initiation Protocol). Se trata de un protocolo diseñado por la IETF para el control del establecimiento y terminación de comunicaciones multimedia (voz, video, streaming, etc.) sobre internet.
- Dada esa capacidad de aceptar diversas formas de acceso, este subsistema ha sido adoptado por las organizaciones TISPAN, CableLabs y Wimax Forum como componente esencial de los estándares asociados con redes de nueva generación (NGN).

Desde luego, como mencioné antes, quedan aspectos que necesitan mejora, otros cuya

solución no está muy clara y finalmente otros que son precisamente consecuencia de la introducción paulatina de LTE. De entre, ellos destaco los siguientes:

■ **El "handover" y el "roaming" de la voz.**

Cuando un terminal LTE hace "handover" (se mueve de un acceso de radio a otro asociado con la misma central de conmutación y control) o "roaming" (se mueve de un acceso de radio a otro asociado con una central de conmutación y control diferente), se puede dar el caso de que el nuevo acceso no sea LTE. En ese caso el terminal tendrá que tener capacidad para cambiar a uno de los tres modos de acceso siguientes que dependerá de como la operadora haya establecido su plan evolutivo:

- 1) Si el nuevo acceso conecta con una plataforma IMS, dado que dicha plataforma permite VoIP, el terminal cambia al modo de operación correspondiente sobre IP y la comunicación continua, sin interrupción.
- 2) Si el acceso conecta con una plataforma que no es IMS, la opción es que el terminal tenga capacidad para cambiar de modo y operar en el modo correspondiente al acceso (GSM, HSPA, WIMAX, etc).
- 3) Se puede dar el caso de que no exista ninguna cobertura móvil pero si exista cobertura WiFi. En ese caso el cambio es a modo WiFi. De hecho, aunque exista cobertura móvil, si la señal WiFi es adecuada para la comunicación, el cambio sería apropiado por el simple hecho de que aligera la carga sobre el espectro radioeléctrico de cobertura celular que enlaza con las estaciones base. Este tipo de acceso se conoce como VoLGA (Voice over LTE via Generic Access).

■ **Femtocells y LTE.**

De manera similar a como se viene haciendo para tecnologías anteriores, una forma de aligerar la carga de tráfico sobre el espectro radioeléctrico que enlaza el terminal con las estaciones base eNB (enhanced Node B – en el caso de LTE), y al mismo tiempo ofrecer mejor cobertura en interior de viviendas y pequeñas oficinas, las femtocells constituirán un complemento ideal en la implantación de LTE. Se trata de estaciones base, de corto alcance, situadas en el interior de la vivienda y a las que accedería el terminal móvil de la misma forma que a otra estación base externa, pero el enlace de la femtocell con el núcleo central de la red EPC (Evolved Packet Core), no sería a través de un gateway externo de acceso, lo haría a través del modem casero (DSL o cable). Esto permitiría incluso que la banda ancha disponible para el móvil pudiera ser mayor que la obtenida si accediese a través de una estación base externa. De momento las femtocells para LTE, están en fase de desarrollo y serán caras cuando salgan al mercado, pero representan una opción muy atractiva a tener en cuenta en paralelo con la implantación de LTE.

■ **"Backhaul" en LTE.**

En la tecnología de móviles, el backhaul se define como el conjunto de enlaces de transporte situados entre los eNB (estaciones base LTE) y el núcleo central de conmutación y control de la red. El transporte desde los terminales a los eNB será sobre IP, pero para el transporte a lo largo del backhaul, de cara al futuro, la tecnología mas adecuada sería que los paquetes IP viajasen encapsulados en tramas

ethernet. Desde luego, WiMAX también puede ser una buena opción para ciertos enlaces, pero ethernet es una tecnología muy probada, fiable y fácilmente escalable. Y en tal sentido, destaco dos casos de posible uso:

- 1) Dado que una gran parte del backhaul de generaciones anteriores se apoya sobre enlaces ATM (Asynchronous Transfer Mode) con velocidades de transmisión situadas en los niveles bajos de la jerarquía digital y dichos enlaces carecen de capacidad para transportar el agregado resultante de los 100 Mbit/s especificados para LTE, según el tipo de enlaces (su topología), una de las siguientes categorías de ethernet (en la variedad de los Gigas) proveería la capacidad requerida: E-Line (punto-a-punto), E-LAN (multipunto-a-multipunto), E-Tree (punto-a-multipunto) y para muy alta capacidad ESO (Ethernet sobre SOnet/SDH).
- 2) Dado que a nivel de estaciones base la topología para LTE es diferente a la usada en generaciones anteriores (los nodos eNodeB deben estar interconectados entre si en topología de malla), ethernet facilitaría dicha interconexión.

■ Los terminales LTE

Los terminales no están todavía en el mercado. Algún que otro fabricante de equipo ya anunciado pruebas satisfactorias de sus prototipos. Sin embargo, no está todavía claro que funcionalidades incorporarán. Por un lado está el hecho de que LTE usa antenas MIMO (Multiple Input Multiple Output) por lo tanto, las capacidades, su complejidad y el coste de los terminales variará en función del uso de 2x2 o 4x4 (combinaciones de antenas). Por otro lado, como indiqué antes (cuando hablo de "handover" y "roaming"), las funciones asociadas con la compatibilidad de operación sobre infraestructuras de generaciones anteriores, constituirán un factor importante en el diseño por parte de los fabricantes de equipo, lo cual en última instancia, influirá en la estrategia de introducción de LTE por parte de las operadoras.

Otro aspecto que pudiera influir sobre el diseño de los terminales LTE es la falta de armonización de frecuencias a nivel global. Las diferentes sendas evolutivas seguidas por las operadoras ha dado como resultado el uso de diferentes frecuencias y bandas en diferentes partes del mundo. Para que un roaming adecuado (sin cortes, silencios o desconexiones) sea posible, al moverse de un país a otro, es necesario establecer una serie de normas orientadas hacia dicha armonización. En caso contrario, el diseño de los terminales LTE deberá incorporar la capacidad de detección y cambio de frecuencia a fin de facilitar dicho roaming.

En resumen, LTE y LTE-advanced (4G), se han diseñado con la idea de que se conviertan en estándares de carácter completamente global. Ofrecen multimedia sobre banda ancha (incremental y cada vez mas amplia), incorporan mecanismos de coexistencia con infraestructuras de generaciones anteriores, facilitan la interoperabilidad de equipos de diferentes fabricantes, promueven la movilidad (roaming) a través de las diferentes operadoras/países, son todo-IP y presentan una estructura de red mas plana (en el sentido de que a lo largo de la senda que los datos deben recorrer, desde el terminal al núcleo central, atraviesan menos nodos que en generaciones anteriores). A pesar de que quedan ciertos aspectos pendientes de resolver, y/o mejorar, posiblemente en dos o tres años estén resueltos.

Sin embargo, aunque los estándares LTE se hayan completado, en el camino hacia su implantación, las operadoras tienen una considerable tarea por delante que requerirá un planeamiento cuidadoso. Si además se tiene en cuenta el proceso paralelo de transición a IPv6, la transformación llevará todavía más tiempo que esos dos o tres años. Otra parte de esa realidad es que, mientras que con cada nueva generación de móviles, las operadoras pudieron ofrecer más y mejores servicios, por otro lado, la gestión de sus infraestructuras de red se ha hecho más compleja. Una complejidad no solo asociada con cada nueva tecnología sino que además es incrementada por el hecho de tener que gestionar simultáneamente equipos de diferentes generaciones. Un ejemplo concreto de esta complejidad lo ofrece la gestión del tráfico. Desde hace años, de dicha gestión se ha encargado la AIN (Advanced Intelligent Network). Se trata de una red inteligente de control de servicios basada en el SS7 (Sistema de Señalización 7 de AT&T), centralizada y orientada específicamente hacia los servicios de voz. Con internet y las nuevas generaciones de móviles, la situación ha cambiado. La inteligencia de control de tráfico ya no reside en el núcleo, se ha distribuido y extendido incluso hasta los mismos terminales (por ejemplo: tienen capacidad para poder enviar paquetes sobre la red celular de móviles o sobre una WiFi), en consecuencia son necesarias nuevas herramientas de gestión de tráfico. Y no existen todavía, si bien están siendo desarrolladas.

13.- NGN: las redes de nueva generación.

La ITU-T define NGN ([Next Generation Network](#)) como una red basada en transporte de paquetes, equipada para dar servicios (incluidos los Servicios de Telecomunicación) y con capacidad para el uso de múltiples tecnologías de transporte en banda ancha habilitadas con QoS (Quality of Service), y en la que las funciones asociadas con el servicio son independientes de aquellas relacionadas con el transporte. Ofrece a los usuarios acceso sin restricciones a diferentes proveedores de servicios. Ofrece movilidad generalizada que permite que los usuarios tengan acceso a los servicios de manera consistente y desde cualquier lugar.

Esa corta definición generalizada no indica si es aplicable tanto a redes PMLN (móviles) como a PSTN (fijas), ni tampoco el tipo de paquetes usados en el transporte de datos. Sin embargo, al describir sus características específicas (listadas abajo) ya implica que NGN va a ser una red toda-IP (en el sentido de que el elemento básico de transporte de datos de extremo a extremo serán paquetes IP), y aplicable a ambos tipos de redes. Asimismo tanto TISPAN como 3GPP para 4G, incorporan IMS (IP Multimedia Subsystem) como parte de su conjunto de especificaciones.

[NOTA: En la literatura al respecto es frecuente encontrar NGN solo en contextos relacionados con redes fijas. Sin embargo, dado que NGN para móviles es en realidad su cuarta generación, cuando se habla de móviles se usan, generalmente, las siglas 4G. Concretamente en 3GPP se usa 4G, mientras que en el grupo de TISPAN, dedicado actualmente a la generación de las especificaciones correspondientes a la convergencia de redes fijas con internet, se usa NGN.]

Según ITU-T, los aspectos fundamentales que caracterizan NGN son los siguientes:

- Transporte basado en paquetes.
- Separación de las funciones de control entre las capacidades del soporte, llamada/sesión y aplicación/servicio.
- Separación entre provisión de servicios y la red, la cual debe presentar interfaces de carácter abierto de cara a los servicios.

- Ofrezca soporte para una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en el uso de módulos de servicio (incluidos los asociados con operación en tiempo-real, "streaming", sin restricción de tiempo y multi-media).
- Capacidades de banda ancha que incluyan QoS y transparencia de extremo-a-extremo.
- Interoperabilidad con redes legado existentes basada en el uso de interfaces de carácter abierto.
- Ofrezca movilidad generalizada.
- Permita el acceso sin restricciones a los diferentes proveedores de servicios.
- Ofrezca variedad de esquemas de identificación que permitan la conversión a direcciones IP con la finalidad de ser usadas por los enrutadores de las redes IP.
- Para cada servicio, ofrezca un conjunto de características unificadas en cuanto a la forma en que son percibidas por el usuario.
- Incorpore servicios convergentes fijos/móviles.
- Que las funciones asociadas con servicios sean independientes de aquellas que le sirven de apoyo: las asociadas con las tecnologías de transporte.
- Que cumplan normas impuestas por los organismos reguladores, por ejemplo aquellas relacionadas con servicios de emergencia, seguridad/privacidad, etc.

Resumiendo, NGN será una red toda-IP donde converjan redes fijas y móviles, y si bien las formas de acceso serán diferentes, el núcleo de red será común a ambas. En cuanto a sus especificaciones y particularidades relacionadas con las redes móviles ya han sido comentadas en el apartado anterior. En lo que se refiere a redes fijas, cuyas especificaciones han sido generadas por el grupo TISPAN, paso a describirlas en el párrafo que sigue, en el que analizo la evolución de dichas redes y su transformación a redes NGN.

14.- Redes fijas y NGN.

Las telecomunicaciones fijas, en cierto modo, se han estancado y ofrecen un panorama diferente con respecto a las móviles. El transporte de voz sigue, en su mayoría, anclado todavía en las tecnologías de circuitos PSTN (Public Switched Telephone Network) e ISDN (Integrated Services Digital Network). Curiosamente, ambos: voz y datos internéticos, a partir del terminal de acceso a la red, viajan juntos sobre el mismo soporte físico, pero separados por diferentes métodos de transporte: la voz usa circuitos y los datos usan paquetes. La voz podría viajar también empaquetada sobre IP (VoIP), pero las operadoras no lo hacen todavía, si bien es cierto que algunas de ellas cuentan ya con porciones VoIP-adas. Las razones son varias, entre ellas está no solo el hecho de la gran cantidad de equipos existentes a reemplazar (terminales, enlaces troncales y centros de conmutación y control), sino que además la gestión de tráfico, plan numérico y facturación de llamadas se apoyan en la AIN que también habría que cambiar. Por otro lado, al fin y al cabo, y a pesar de su ineficiencia, el coste operacional actual de esos equipos es relativamente bajo y siguen generando beneficios. Sin embargo, tarde o temprano esa situación tendrá que cambiar, entre otras razones debido a que:

- La tendencia entre los usuarios actuales indica un interés creciente a poder acceder a los servicios multimedia en todo momento, desde cualquier parte y mediante el uso de cualquier tipo de terminal (fijo o móvil).
- Los nuevos servicios multimedia requieren un ancho de banda mas amplio que el que la red actual puede ofrecer.

De momento, quienes se están aprovechando de esta coyuntura son las empresas del tipo "skype" que ofrecen servicios multimedia (voz, video, mensajes, intercambio de archivos y detección de presencia incluidos), los cuales para usuarios que disponen de internet, de PC-a-PC son gratis. Por otro lado, las centralitas telefónicas modernas permiten a las empresas comunicarse internamente vía VoIP. Como reacción, las operadoras han bajado sus tarifas (estadísticas recientes indican que, a nivel global, el promedio de ingresos por usuario ha bajado para las operadoras).

Otra más de las razones por las que anteriormente no ha existido interés en la evolución hacia VoIP, ha sido el hecho de que no existían ni estándares, ni marco de trabajo claros que facilitasen su implantación, por lo tanto eran pocos, y faltos de homogeneidad operativa, los equipos ofrecidos por los fabricantes. En tal sentido, los estándares creados por TISPAN (Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking) han venido a subsanar esta deficiencia. Desde 2003 este grupo, a través de sus "releases", orientados hacia NGN para redes fijas, ha puesto a disposición de fabricantes de equipo y operadoras una serie de especificaciones que resumo como sigue:

■ Release 1.

Terminado a finales de 2005, ofreció a la industria el conjunto inicial de estándares de carácter abierto, que iba a permitir el desarrollo, pruebas e implementación de la primera generación de sistemas NGN. En dicho conjunto, es de destacar la adopción del estándar IMS que 3GPP había desarrollado para aplicaciones de la red de móviles, basadas en SIP (Session Initiation Protocol - para la voz sobre IP). Por su parte, TISPAN amplió dichos estándares añadiendo bloques funcionales y subsistemas orientados hacia la operación de cara a aplicaciones que no fuesen del tipo SIP.

■ Release 2.

Terminado a principios de 2008, promulgó los estándares NGN relacionados con la emulación de redes PSTN e ISDN, las redes caseras y de pequeñas oficinas, la interconexión con redes de empresa y la IPTV (Televisión sobre IP). Fue precisamente sobre el transporte de contenidos televisivos donde TISPAN realizó una labor más extensa, creando especificaciones NGN para TV sobre IMS y asimismo para sistemas no-IMS, de manera que respondiesen a las emergentes necesidades de este mercado, tales como las relacionadas con las ofertas de servicios "triple-play" (televisión + internet en banda ancha + teléfono fijo) y "quadruple-play" ("triple-play" + móvil). Dichas ofertas requieren soluciones que sean independientes de la forma de acceso, se integren en entornos multi-servicio y con capacidad para la provisión de servicios mejorados (aquellos derivados de combinar las diferentes características del cada uno de los componentes de dichas ofertas).

■ Release 3.

Se espera que esté terminado a lo largo de este año (2010). Su actividad está centrada sobre los siguientes aspectos de NGN:

- Mejoras en varias de las especificaciones introducidas en releases anteriores.
- Evolución del servicio IPTV.
- Interconexión de redes IP (orientado hacia la interconexión de operadoras)

- a nivel global)
- Intercomunicación de equipos caseros (caja multimedia del televisor, router o gateway casero, home-cinema, etc.), que usan como soporte cables (coaxial o par-de-cobre), el espectro radioeléctrico (WiFi). e incluso el cableado eléctrico.
- Estudios de factibilidad: P2P (peer-to-peer), Interactividad entre la red casera y RACS (Resource & Admission Control Subsystem).
- Nuevos temas: CDN (Content Delivery Network – redes/sistemas de distribución de contenidos).

Resumiendo, estos estándares, generados por TISPAN, facilitarán la convergencia de las redes fijas con internet, pero además conllevan una ampliación del concepto inicial de NGN al definir los estándares asociados con: redes en el interior de viviendas y pequeñas oficinas, la distribución de televisión por cable, la interoperabilidad entre redes de operadoras y los métodos de distribución de contenidos. Esta labor de TISPAN que conjuntamente y en sincronismo con los estándares generados por 3GPP (en el área de móviles), son los principales impulsores de la evolución hacia NGN, llevará primero a la convergencia de redes fijas y móviles, y más tarde a establecer convergencia total y global sobre IP, lo que yo bautizaría como NGGN (Next Generation Global Network).

Desde luego, debido a las razones antes mencionadas, la implantación de NGN por parte de las operadoras va a llevar su tiempo (8-10 años quizás), pero la eficiencia, capacidad y flexibilidad que esas nuevas especificaciones les facilitarán son clave para mantenerse competitivas y tendrán que asumir y planificar, cuanto antes, la transformación de sus redes.

En cuanto a la ruta a seguir para su implantación depende tanto de tipo de redes existentes como de sus características. Según cada caso, serán diferentes las opciones transicionales. Lo que sí está claro es que durante el periodo de transición, las operadoras con infraestructuras de red de ambos tipos (fija y móvil), habrán de dar servicio a 4 tipos de terminales: PSTN/ISDN-fijo, IP-fijo, móvil (de varias generaciones) y IP-móvil (con funciones de acceso mono o dual: celular o WiFi). Un análisis y detallado de dichas opciones se sale del ámbito que inicialmente había pensado para este documento, ya de por sí bastante largo. Me limito a mencionar que, en cuanto a la red fija sobre hilos de cobre, el consenso generalizado es comenzar convirtiendo a NGN-IP el núcleo de la red (sus sistemas de conmutación y control, especialmente clases 4 y 5), y a partir de ahí establecer enlaces de fibra óptica hasta nodos con acceso multi-servicio y situados a menos de 1 Km. de grupos de usuarios xDSL. Esto permitiría dar un ancho de banda mucho más amplio a dichos usuarios, y asimismo, ofrecerles VoIP y demás servicios sobre IP de forma directa. Por otro lado, dado que dichos equipos aceptarían la inserción de tarjetas de conversión de otras formas de comunicación (xDSL, PSTN, ISDN) a IP, el servicio a esos otros usuarios no requeriría cambios en sus equipos caseros (por lo menos durante el periodo de transición).

15.- Tarifas y acuerdos de interconexión entre operadoras.

Antes de pasar al apartado final donde presento mi visión del futuro con NGN, a fin de que sirva de base aclaratoria a esa visión, incluyo aquí unas notas acerca de tarifas y acuerdos entre operadoras.

En el área de la telefonía fija, cuando el llamante y el llamado son abonados de la misma operadora, lo normal en la mayoría de los países del mundo, es que el llamante pague el coste de la llamada mediante una tarifa que puede ser por minuto o plana. Cuando el terminal llamado pertenece a una operadora diferente, entonces, la operadora del llamante debe pagar a la otra el coste del uso de su red ("tarifas de terminación de llamada" es la terminología usada por las operadoras para referirse a esta situación). A fin de recuperar ese coste, la operadora del llamante le impone a su abonado una tarifa mas elevada para este tipo de llamadas. Este es el caso típico para las llamadas internacionales, donde ademas cuenta el coste del enlace entre ambas operadoras (fibra óptica submarina y/o terrestre, satélite, etc.). Dado que el tráfico de llamadas va en ambos sentidos (iniciado en uno u otro extremo), las operadoras contabilizan dicho tráfico y, al final de un periodo de tiempo establecido de común acuerdo entre ellas, determinan el balance de tráfico resultante. Si ha sido el mismo en ambas direcciones, ninguna paga. En caso contrario, si una excede sobre la otra, deberá pagar por esa diferencia.

Esta era la simple situación hasta hace unos años atrás. La evolución de las tecnologías combinada con las diferentes formas de actuación de los organismos reguladores de cada país, ha introducido una serie de cambios a esta situación. Destaco los siguientes:

- La liberalización del mercado de la telecomunicaciones permitió la existencia de más de una operadora en cada país (tanto de redes fijas como de móviles), con lo cual las tarifas de terminación de llamada para cada país pasaron a ser variables (dependen de la operadora del abonado de destino).
- El aumento, de forma casi exponencial, de la capacidad y numero de enlaces de larga distancia (especialmente los submarinos) combinado a su vez con la creación de POPs (Points Of Presence) en los que se puede acceder a dichos enlaces, permitió a las operadoras elegir la ruta (enlace o secuencia de enlaces) mas adecuada a sus necesidades (mínimo coste, mayor calidad, etc.), para la terminación de sus llamadas dirigidas hacia otro país.
- Las redes móviles introdujeron nuevas formas de pago para poder recuperar los costes asociados con terminación de llamada, y no solo de terminación sino que incluso de inicio (aquellos casos en los que un móvil inicia una llamada usando un acceso que no pertenece a su propia operadora, lo cual requiere acuerdos específicos entre operadoras y en general una tarifa muy cara para el abonado). En este caso, se adoptaron dos modalidades de tarificación:
 - MPP (Mobile Party Pays).
En esta modalidad el abonado paga tanto por llamadas salientes como entrantes. En otras palabras, el que inicia la llamada paga por el uso del acceso de comienzo y el que la recibe paga por el acceso de terminación.
 - CPP (Calling Party Pays)
En esta modalidad el abonado paga solo por las llamadas salientes, pero con tarifas que dependen de los acuerdos entre operadoras para llamadas fijo-a-móvil, móvil-a-fijo y móvil-a-móvil.

El establecimiento de una u otra modalidad depende generalmente de la autoridad regulatoria en cada país. De hecho, en España, la CMT ha emitido una resolución

que obliga a las operadoras de móviles nacionales a reducir, de forma paulatina, sus tarifas de terminación de llamada.

- A nivel internacional, otro aspecto que complicó la elección de rutas para la terminación de llamadas en un país dado, fue la introducción de portabilidad del número de los móviles (pasan de una operadora a otra con el mismo número). Una vez establecido un acuerdo de envío de llamadas sobre una ruta, la operadora necesita disponer de tablas actualizadas que le digan que números de móvil son alcanzables sobre dicha ruta. Como es lógico, si las tablas no están actualizadas, o no existen para un determinado país, surgen problemas.

En fin, los párrafos anteriores reflejan la realidad actual. Con la red NGN toda-IP esa realidad será bastante diferente y sobre ello comento en el apartado que sigue.

16.- El futuro: convergencia sobre IP y ...tarifa plana asequible a nivel global.

En ese futuro, la famosa proclama de Vint Cerf que menciono al principio ("IP on Everything", en 1992), será finalmente una realidad. Se sigue avanzando hacia ella pero todavía está a 8-10 años vista, Desde el presente, abril 2010, imagino dicha realidad como una red toda-IP-v6 a nivel global, con interoperabilidad sin problemas entre operadoras de todo el mundo y en donde las redes de móviles habrán armonizado sus frecuencias de acceso de forma que no sea necesario el uso de terminales multifrecuencia al desplazarse entre países. Asimismo asumo que serán realidad los aspectos siguientes:

■ **Convergencia FMC (Fixed-Mobile Convergency).**

Convergencia de los accesos de fijos y móviles sobre un núcleo central de red, común a ambas formas de acceso y donde los equipos de conmutación y control de circuitos habrán sido reemplazados por equipos de conmutación de paquetes IP. También será parcialmente común el llamado "backhaul" (la infraestructura intermedia entre los accesos y el núcleo de la red). Tanto en la conmutación como en enlaces del transporte se usarán equipos ethernet donde los paquetes IP viajarán encapsulados en sus tramas de bits.

■ **Terminales NGN de acceso dual.**

Los nuevos terminales NGN podrán usarse tanto para acceder a través de la red celular de móviles, como a través de la red fija (vía una femtocell o una red WiFi que a su vez permitan la conexión a un modem xDSL o Cable). En otras palabras, dichos terminales deberán estar equipados con la inteligencia necesaria para detectar la cercanía de una femtocell o una WiFi (casera o pública), y abandonar la conexión celular para continuar o iniciar una conversación/sesión sobre la red fija (o a la inversa). Esta nueva capacidad tendrá sus efectos y opciones sobre la red casera:

- En viviendas sin red WiFi, la femtocell podría tener una interfaz directa sobre la red fija, donde además se centralizarían las funciones de la red DECT (Digital European Cordless Telephone - red inalámbrica casera actual). Las femtocells, al presente, son aparatos caros, pero en el futuro la producción en volumen bajará su coste de forma que sea económicamente factible su instalación en cada vivienda. De hecho, en enero, la empresa de servicios

VoIP MagicJack anunció su intención de poner en el mercado una femtocell de bajo coste que permitirá a los usuarios de móviles hacer llamadas desde su casa sin pasar por la red celular de móviles. En otras palabras, serán gratis porque viajarán: móvil → femtocell → aparato MagicJack → internet ... → ... → recipiente.

- En redes con WiFi, ni siquiera será necesaria la femtocell, todo se conectará a través de la WiFi sobre cuyo enrutador se centralizarán asimismo las funciones de la red inalámbrica DECT.
- Esos equipos (WiFi o femtocell), de forma similar a los sistemas DECT actuales, habrán de estar activos de forma permanente, lo cual no supone problema de consumo energético (consumen muy poco).

Desde luego, para aquellos abonados que elijan acceder solo sobre la red fija, las operadoras podrán bloquear su terminal de forma que no acceda sobre la red celular de móviles (exceptuando llamadas de urgencia - 112) . Sin embargo, el acceso sobre la red fija podrán hacerlo no solo en su casa, sino que incluso apoyándose sobre una WiFi (pública o privada). Obviamente, pagando la tarifa correspondiente, podrán llamar a terminales móviles, y asimismo recibir llamadas desde los mismos con independencia de que no puedan iniciar una conversación/sesión sobre el acceso celular.

■ **Sistemas de gestión/facturación de tráfico adecuados.**

Teniendo en cuenta que el espectro radioeléctrico disponible es escaso y a pesar de que nuevos avances consigan incrementar su capacidad de transporte de bits, dicha capacidad siempre será limitada y enormemente inferior a la de la fibra óptica, la consiguiente conclusión es que el transporte sobre la red celular de móviles será siempre mas caro que sobre la red fija. Por lo tanto, es lógico que en la facturación correspondiente se desglosen las duraciones de acceso sobre enlaces de fijos y de móviles.

La característica, antes mencionada, de que los terminales puedan alternar automáticamente de acceso móvil a fijo, ayudará a evitar la posible saturación de las células de móviles, pero al mismo tiempo, la doble alternancia (móvil-fijo-móvil) a lo largo de una conversación/sesión de extremo-a-extremo entre dos terminales, complica la obtención de los datos correspondientes a la duración sobre cada tipo de enlace. Y se complica todavía mas cuando tanto el terminal originante como el de destino se desplacen de tal forma que el inicio/continuación de la conversación/sesión se efectúe sobre accesos pertenecientes a operadoras diferentes de las que dichos terminales estén abonados.

Es de esperar que para esas fechas ya se habrán diseñado e implantado los sistemas de gestión/control de tráfico adecuados que extraigan y generen los datos correspondientes para su proceso por los sistemas de facturación. Obviamente, dichos sistemas deberán tener capacidad DPI (Deep Packet Inspection). Bajo IPv4 dicha capacidad supondría una ralentización del proceso, pero dado que la red será toda-IP-v6, la inspección de paquetes será mas rápida y eficaz pues bastará con examinar la cabecera de los mismos a fin de obtener los datos antedichos.

Ahora bien, también es posible que acuerdos de interconexión entre operadoras y la adopción de tarifas similares a las que describo en los puntos que siguen, pudiesen simplificar el proceso y, al mismo tiempo, facilitarían el establecimiento de estructuras de facturación más justas (muchas operadoras, especialmente las de móviles, han obtenido y todavía siguen obteniendo beneficios adicionales apoyándose en sistemas de facturación que yo veo como abusivos).

■ **Interconexión entre operadoras.**

En esa nueva era, puesto que todo será IP, la interconexión entre operadoras se realizará sobre centros IXP (Internet eXchange Points). Seguirán usándose los enlaces privados de interconexión, pero la mayoría tendrá lugar en esos IXPs, a donde enlazarán sus "border gateways", operando estos de acuerdo a las especificaciones de una muy mejorada versión del protocolo BGP (Border Gateway Protocol). En la internet actual, la distribución geográfica y jerárquica de dichos IXPs, como describo a continuación, es bastante deficiente:

- En muchos países, cuando un usuario abonado a un PSI (Proveedor de Servicios de Internet) quiere acceder a una web situada físicamente en la misma ciudad o comarca pero sobre la red de otro PSI, los paquetes tienen que hacer un largo recorrido (incluso hasta USA) para llegar al usuario. Ello se debe a que no existe un IXP, local, comarcal o nacional que permita una interconexión más corta. Por lo tanto, la única forma de interconexión es través del viaje largo hasta los grandes centros de intercambio de tráfico (estos son propiedad compartida de las operadoras denominadas "Tier 1"). Lo peor del caso es que ambos PSIs locales pagan por esos largos enlaces, lo cual no sería necesario si existiesen IXPs a niveles inferiores.
- Actualmente, el establecimiento de IXPs es una tarea relativamente fácil y económica. Su disponibilidad supondría beneficios substanciales para los PSIs locales en cuanto a coste, fiabilidad, y conexión fácil y rápida. Por otro lado, el agregado resultante del tráfico de los PSIs que confluyan en un IXP local, en dirección hacia la internet externa, les permitiría negociar mejor el coste del ancho de banda con los IXPs situados a niveles superiores.

Es de esperar que, en ese futuro, se habrá creado una jerarquía de centros IXP más acorde con las características de la nueva red y los intereses de las operadoras/PSIs participantes, lo cual facilitará la interconexión y el establecimiento de tarifas más justas. Obviamente, en aquellas áreas geográficas servidas por una sola operadora no hay necesidad de IXP. A partir de dos o más, la jerarquía de centros IXP deberá conformar una estructura de niveles asociados con el tamaño del área geográfica servida, por ejemplo: ciudad (nivel 4), comarca/región (nivel 3), nación (nivel 2) e internacional (nivel 1, los que en la actualidad se conocen como "Tier 1").

También es de esperar que acuerdos de interconexión entre participantes a cualquier nivel sea del tipo "free-peering" (acuerdo mediante el cual las entidades participantes no pagan por el tráfico iniciado o terminado a su nivel). Sin embargo, todos participarán en el pago del mantenimiento del centro IXP y asimismo al correspondiente del coste del "transit" (el enlace, o enlaces redundantes, que le conectan a IXPs situados a niveles superiores).

■ Tarifas probables.

En cuanto a tarifas me imagino que lo típico será ofrecer a los abonados una de las opciones siguientes (en todas ellas implícito el servicio VoIP y el uso de terminales de acceso dual):

■ Acceso solo estático.

Abonados que solo podrán iniciar una conversación/sesión a partir de un acceso estático (sin acceso a la red celular de móviles). Sin embargo, podrán comunicarse con terminales móviles y asimismo recibir llamadas de los mismos. Este es el grupo cuyos abonados no dispondrán de capacidad para iniciar una conversación sobre un acceso celular (estará inhabilitado por la operadora), pero que sin embargo podrán iniciarla apoyándose sobre una femtocell casera o sobre una WiFi (pública o privada). Desde luego, con independencia de esa restricción, los organismos reguladores deberán requerir a las operadoras que permitan a dichos abonados acceder sobre la red celular para llamadas de urgencias.

Para estos abonados existirá una tarifa plana basada únicamente en el ancho de banda solicitado/asignado. Permitirá al abonado, a partir de un acceso estático, comunicarse con cualquier otro terminal situado en cualquier parte del mundo (con algunas raras excepciones). De hecho, esto ya sucede con la internet actual. Un abonado puede acceder desde su PC a cualquier web, o comunicarse con cualquier otro PC vía: voz, video, mensajes, etc. simplemente pagando tarifa plana para internet. Un buen ejemplo de esa tendencia es el servicio ofrecido por Google Voice.

■ Acceso móvil y estático.

Estos abonados podrán iniciar una conversación/sesión tanto a partir de un acceso estático como de uno móvil. Para ellos, el coste mensual podría tener dos modalidades:

▪ Variable.

Una tarifa plana asociada con el uso de acceso estático, a la que se sumaría la variable resultante del uso de accesos móviles basada en volumen de paquetes en ambos sentidos (medidos en MBytes).

▪ Tarifa plana.

Sería la resultante de combinar la tarifa plana de uso acceso estático con la, también plana, basada en ancho de banda solicitado/asignado a su terminal para el acceso celular.

En una estas modalidades también se encuadrarían aquellos abonados que sin tener un acceso estático propio (en su residencia) quieran acceder sobre cualquier tipo de acceso disponible en el lugar donde se encuentren (el equivalente de los solo móvil de hoy)

Obviamente, con independencia de la tarifa y la forma de transporte, los usuarios deberán pagar por aquellos servicios y/o contenidos cuyos proveedores los ofrezcan en modalidad de pago.(ejemplos : fútbol, películas, The Wall Street Journal, etc).

■ Tarifa plana universal-asequible.

Teniendo en cuenta que, en ese futuro, el transporte de voz supondrá un ancho de banda mínimo en comparación con la capacidad de los accesos móviles (actualmente ya se ofrecen hasta 100 Mbps. para móviles, mientras que un troncal para voz SIP de

calidad solo necesita unos 82 Kbps), pienso que se deberá establecer una tarifa plana única, económicamente asequible y global, y que sea independiente del tipo de acceso (estático o móvil).

Dicha tarifa ofrecería al abonado únicamente dos servicios mínimos: la voz (VoIP) y un nuevo formato de SMS (Short Message Service) con el que se pudieran enviar hasta 1000 caracteres en texto simple (Unicode) sobre IP. Estos dos servicios debieran ser considerados de carácter universal-asequible (el concepto universal, aplicado a servicios, implica que debe estar disponible para todos los ciudadanos del mundo y añadido lo de asequible para hacer énfasis en que además lo puedan pagar las personas de menos recursos).

■ **Nuevos servicios y aplicaciones para viviendas y pequeñas oficinas.**

Una vez más, insistiendo en el hecho de que la red será toda-IP-v6, en la cual el número de direcciones IP disponibles es tan grande que permite asignar una de ellas a cada ciudadano e incluso a todo aparato que, en su vivienda, tenga capacidad de conexión a internet, desaparecerá la necesidad de que los PSIs asignen IPs dinámicas a sus clientes (véase apartado 3 - "Características específicas de ipv6"). Por lo tanto, a los clientes se les asignará una IP fija e incluso podrán solicitar IPs adicionales. Esta nueva situación facilitará el establecimiento de nuevos servicios y aplicaciones en viviendas y pequeñas oficinas. Por poner ejemplos incluyo los dos siguientes que se me ocurren en este momento, casi al final de este escrito que cuando lo empecé no pensaba hacerlo tan largo:

■ **Ejemplo1:** Un servidor web casero propio (con IP estática).

Se trataría de un servidor web que instalaría el cliente en su casa, donde "colgaría" sus propios contenidos para compartir con su familia, amigos, etc. En el caso de una pequeña oficina podría usarse para contenidos relacionados con el negocio. Dicho servidor usaría el ancho de banda que haya contratado con la operadora/PSI. No sería necesario, a menos que quisiese anunciarlo a todo el mundo, el registro de nombre alguno en el sistema DNS (Domain Name System). Bastaría con informar/distribuir, a los demás, la dirección IPv6 correspondiente. Si bien es cierto que la mayoría de los usuarios de internet, muy raramente ponen, en la casilla de la dirección del navegador, una dirección IP (ejemplo: <http://122.064.221.190/>), se acostumbrarían fácilmente a hacerlo. En todo caso, también se podría añadir una nueva prestación al diseño de los navegadores. Describo:

- En los navegadores de hoy día, basta con poner, en la casilla de dirección, la cadena "xxx.es" y el navegador se encarga de convertirla, en "<http://www.xxx.es>", antes de enviarla al sistema DNS a fin de obtener la IP correspondiente.
- De forma similar, el navegador podría ofrecer a los usuarios la posibilidad de crear una tabla personal de nombres y sus direcciones IPv6 asociadas. Una vez creada dicha tabla, el usuario, pondría en la casilla de dirección algo así como: "milista://pepiño-do-hio/" y... el navegador al "parsear" y detectar "milista://", entendería que tendría que ir a la tabla y extraer de allí la dirección IPv6 de "pepiño-do-hio". Usando dicha dirección el navegador presentaría a dicho usuario las páginas de la web de "pepiño-do-hio".

Hoy día, cualquier PC comercial puede usarse como servidor con esta finalidad. En cuanto al software, usando software-libre es la mejor opción. Basta con instalar los siguientes componentes LAMP (Linux + Apache + MySQL + PHP). En otras palabras:

- Sistema operativo: LINUX
- Servidor web: Apache
- Gestión de Base de Datos: MySQL
- Procesador del lenguaje de script PHP.

Y para la creación de los contenidos (páginas web), hay varias opciones, Desde aquellas que requieren conocimientos de PHP, MySQL, JavaScript, HTML, etc. hasta otras que prácticamente solo requieren saber como usar el navegador. Entre estas últimas está la instalación de software para la creación de wikis. Se puede elegir entre: DokuWiki (para tareas de documentación en pequeñas oficinas), IpbWiki (muy similar a la usada para Wikipedia) y... otras. Una vez instalada en el servidor una de estas wikis, las páginas web se crean usando el navegador.

Otro aspecto interesante es que dada la abundancia de direcciones IP, también se podrá disponer, en casa, de un servidor de correo (con IP estática). En ese caso y para los usuarios que lo instalen, a los proveedores de servicios web-mail (el "cloud computing" de masas, ofrecido por google, microsoft, yahoo y otros), posiblemente les convenga rediseñar y reconfigurar los mecanismos sobre los que se apoyan sus servicios.

A todo esto, cuando existan millones de estos servidores en todo el mundo, me pregunto como se las arreglarán los que propusieron esa ley conocida como "Sinde". ¿Obligarán a la creación de un sistema DNS específico para todos ellos?, ¿Crearán un buscador que actúe como detective en busca de enlaces ilegales?... dentro de unos años quizás lo sepamos.

▣ **Ejemplo 2:** Lectura y envío automático de datos de contadores.

Actualmente, las empresas eléctricas, del gas o del agua usan (o están empezando a usar) contadores automáticos del consumo que de forma periódica recogen los datos correspondientes y los envían a la central de facturación. De esta forma evitan el gasto que supone el envío de empleados, cada mes, a fin de que efectúen las lecturas, o bien recurran al envío de los engañosos estimados que tanto molestan a los consumidores (cuando reciben el sorprendente ajuste... de cuentas).

Los métodos usados para el envío automático de los datos recogidos, se apoyan en redes de diferentes tipos: sobre los cables de la red eléctrica, sobre una WiFi, etc., pero en ningún caso, los datos salen directamente IP-ados a partir del contador, ni tampoco viajan como paquetes IP (en el caso de la WiFi existe una conversión previa). Las nuevas redes caseras todo-IP, sobre WiFi o femtocell, estarán permanentemente activas, por lo tanto se prestarán muy bien para recibir y enviar dichos datos. Además, si a cada contador se le asigna una IP, servirá como identificativo y facilitará la opción de envío de comandos de configuración y/o diagnóstico a los mismos. Mi conclusión es que tanto los diseñadores de contadores como los del software de recepción en la central,

deben empezar ya a planear con miras a ese futuro NGN-ico donde todo será IP.

Y para cuando todas estas previsiones de futuro sean una realidad, las operadoras habrán hecho cuidadosas pero substanciales inversiones para actualizar sus redes a NGN. Sin embargo, sus costes operativos serán menores, especialmente en lo que se refiere al área de móviles, donde la existencia de buenas herramientas SON (Self-Optimizing/Self-Organizing Network), simplificará la planificación, configuración, optimización y en general la gestión de los accesos de tal forma que dichas tareas requieran un mínimo de intervención humana.

Pero al mismo tiempo, la red telefónica, como negocio empresarial, se habrá transformado. Habrá pasado de ser un servicio de telecomunicación por el que había que pagar de acuerdo a los minutos de conversación, a ser un simple servicio de transporte sobre el que se apoyarán una serie de servicios y contenidos multimedia (la voz incluida), muchos de ellos generadores de nuevos y crecientes ingresos que no irán a las arcas de las operadoras. En otras palabras, dichos servicios usaran la red, pero serán independientes de la misma. Combinado esto, con la dificultad de aumento de clientela debido a la saturación del mercado y un ingreso medio por abonado decreciente (algo que ya está sucediendo actualmente), habrá dado como resultado que las operadoras hayan tenido que buscar y poner en práctica nuevas formas de obtención de ingresos a fin de seguir generando beneficios similares a los obtenidos en tiempos pasados. En ello están actualmente y barajan varias opciones. Entre ellas están la búsqueda de esquemas de acuerdos/alianzas con los proveedores de servicios y/o contenidos.

Desde luego, esperemos que entre esas opciones no esté la tentación obtener ingresos violando la llamada "neutralidad de la red". Los sistemas de gestión de tráfico que incorporen DPI permitirán examinar la procedencia y/o destino de los paquetes IP, y por lo tanto será posible ralentizar o bloquear dichos paquetes de forma discriminatoria, favoreciendo unos servicios a costa de otros (ejemplo: bloqueando el tráfico de Skype). La neutralidad del transporte sobre internet ha sido uno de los principios fundamentales que han propiciado que se haya convertido la mayor y mas diversa plataforma de comunicación y expresión humana, por lo tanto se debe mantener. A tal fin, de forma similar a lo que sucede con la distribución de la energía eléctrica, en internet las entidades de transporte de datos deben ser independientes de aquellas que generan sus contenidos.

Demos tiempo al tiempo y mientras tanto... esperemos que los reguladores estén atentos y generen/promulguen las regulaciones pertinentes.

*Angel Gonzalez (Angelo)
Vigo, Mayo 2010*

Para comentarios pulse [AQUI](#).
