

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**PLATAFORMA MULTISERVICIOS CON INFRAESTRUCTURA DE
REDES NGN**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

HUNAN AURELIO QUISPE MANOTUPA

**PROMOCIÓN
2001 - I**

**LIMA - PERÚ
2008**

PLATAFORMA MULTISERVICIOS CON INFRAESTRUCTURA DE REDES NGN

A mis padres por ser ejemplos de coraje y esfuerzo, mi esposa e hijos adoración de mi vida.

SUMARIO

El presente informe tiene como propósito ser un documento de referencia para aprender sobre las tecnologías actuales de redes, arquitecturas de red emergentes y las nuevas definiciones de estándares y protocolos.

Existe una gran demanda por servicios de telecomunicaciones cada vez más sofisticados y de menor costo. Las redes tradicionales tales como la PSTN, CATV, etc. poseen infraestructuras dedicadas a servicios y no son flexibles para atender estas nuevas demandas. Además sus altos costos de operación y mantenimiento ocasionan tarifas elevadas de los servicios de telecomunicaciones.

Los descubrimientos de nuevas técnicas de transmisión de datos han permitido a los operadores maximizar el uso de las redes tradicionales y extender su vida útil.

Las innovaciones tecnológicas están ocurriendo en general tanto a nivel de las redes de acceso y redes tránsito. La tendencia actual de integrar todo tipo de servicios en la única infraestructura de red IP ha puesto de manifiesto las deficiencias que actualmente tienen las soluciones clásicas en temas como la capacidad, calidad de servicio, seguridad, fiabilidad y capilaridad.

El principal problema del dominio de conmutación por paquetes es que brinda servicios basados en el mejor esfuerzo de la red sin calidad de servicio.

Las redes de tercera generación apuntan a solucionar estos problemas y unir los dos paradigmas de las telecomunicaciones que tienen mucho éxito: La Internet y la Telefonía Celular para aprovechar aquellos aspectos de cada uno que les ha dado mucho éxito.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

REDES TRADICIONALES

1.1	Redes de Telefonía	3
1.2	Redes de Televisión por Cable	5
1.3	Redes Inalámbricas	8
1.4	Redes de Datos	10

CAPÍTULO II

EVOLUCIÓN Y CONVERGENCIA

2.1	Nuevo Modelo de Red	13
2.1.1	Capas del Nuevo Modelo de Red	14
2.1.2	Consecuencias y Tendencias	16
2.2	Redes de Transito	17
2.2.1	Tecnologías de Transporte	17
2.2.2	Evolución a Redes Totalmente Ópticas	22
2.2.3	Calidad de Servicio en Redes IP	25
2.2.4	IPv6	33
2.3	Redes de Acceso	35
2.3.1	Redes de Acceso Basados en Fibra	35
2.3.2	Evolución de las Redes de Acceso por Par de Cobre	40
2.3.3	Evolución de las Redes de Acceso por Cable Coaxial	47
2.3.4	Evolución de las Redes de Acceso por Radio	51
2.4	Evolución de Terminales Móviles	58

CAPÍTULO III

REDES MULTISERVICIOS

3.1	Modelo Conceptual NGN	62
3.2	Modelo Evolutivo NGN	65
3.2.1	Tendencias en IP	66
3.2.2	El mundo IP en la red móvil	66

CAPÍTULO IV**IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM**

4.1	Motivación de IMS	69
4.2	Organismos de Estandarización	71
4.2.1	Relación entre los Organismos de Estandarización	71
4.2.2	Internet Engineering Task Force	72
4.2.3	Third Generation Partnership Project	73
4.2.4	Third Generation Partnership Project 2	73
4.2.5	Open Mobile Alliance	74
4.3	Arquitectura IMS	75
4.3.1	Control de Sesión	75
4.3.2	Protocolo de Transporte	76
4.4	Operativa de IMS	78
4.4.1	Procedimiento de Registro	78
4.4.2	Procedimiento de Inicio de Sesión	80

CAPÍTULO V**ESCENARIO ACTUAL DE LAS TELECOMUNICACIONES**

5.1	Impacto de las Plataformas Multiservicios en la Sociedad	83
5.2	Modelo regulatorio para servicios sobre el entorno IP	83

CONCLUSIONES**GLOSARIO****BIBLIOGRAFÍA**

PRÓLOGO

Se puede afirmar que el proceso de evolución hacia entornos Todo-IP es general en todo el sector de las telecomunicaciones, tanto fijas como móviles. Se observa asimismo que es posible, desde el punto de vista tecnológico, establecer infraestructuras comunes para ambos entornos. Sin embargo, el grado de convergencia final entre ambos no dependerá únicamente de aspectos tecnológicos.

Este proceso evolutivo ha provocado cambios en el modelo de negocio de muchos operadores. Se ha pasado de un modelo vertical, en el cual la red y los servicios aparecen estrechamente ligados, a un modelo vertical-intermedio, en el que se mezclan redes y servicios de una forma no siempre óptima, para terminar en un modelo horizontal en el que se propone una independencia absoluta entre ambos y una única solución de red común a todos ellos.

El presente informe hace un análisis de la evolución y modelos que se están adoptando en estos nuevos escenarios de las redes.

El Capítulo I hace una breve descripción de las redes tradicionales, arquitectura, conceptos básicos y características de estas redes.

El Capítulo II describe el estado de arte de las tecnologías de redes y protocolos, y modelos de convergencia.

El capítulo III hace un estudio de las redes de nueva generación y como posibilita brindar múltiples servicios mediante una única infraestructura de red.

El capítulo IV analiza la arquitectura IP Multimedia Subsystem (IMS), elemento clave para las redes de tercera generación y describe el papel de los organismos de estandarización involucrados.

Finalmente el capítulo V describe el escenario actual de las telecomunicaciones y las necesidades sobre la regulación en estos nuevos entornos.

CAPÍTULO I REDES TRADICIONALES

El desarrollo de las redes tradicionales se realizó tomando en cuenta que el ancho de banda era un bien escaso y por lo tanto costoso, por tal motivo los servicios se encuentran estrechamente ligados a la infraestructura de red. Estas redes no son flexibles para atender nuevas demandas de servicios. Presentan además equipamientos complejos y elevados costos de operación y mantenimiento.



Fig. 1.1 Redes Tradicionales [14]

Son características de las redes tradicionales:

- Especializadas por servicio.
- Inteligencia en la red.
- Responsable de red claramente definido.
- La tecnología condiciona la introducción de nuevos servicios.
- Conmutación de circuitos y/o Difusión.
- Calidad garantizada uniforme.
- Enrutamiento jerárquico con reglas preestablecidas.

1.1 Redes de Telefonía

También conocidas como PSTN, originalmente diseñada y optimizada para transportar tráfico de voz. La topología de esta red es muy rígida y requiere mucha coordinación para agregar o modificar elementos de red. Tiene además un alto grado de función centralizada y alto grado de confiabilidad. La configuración de los equipos de red se da en base a estadísticas de tráfico. Las comunicaciones de voz se caracterizan por usar la banda de 300 - 3400 Hz.

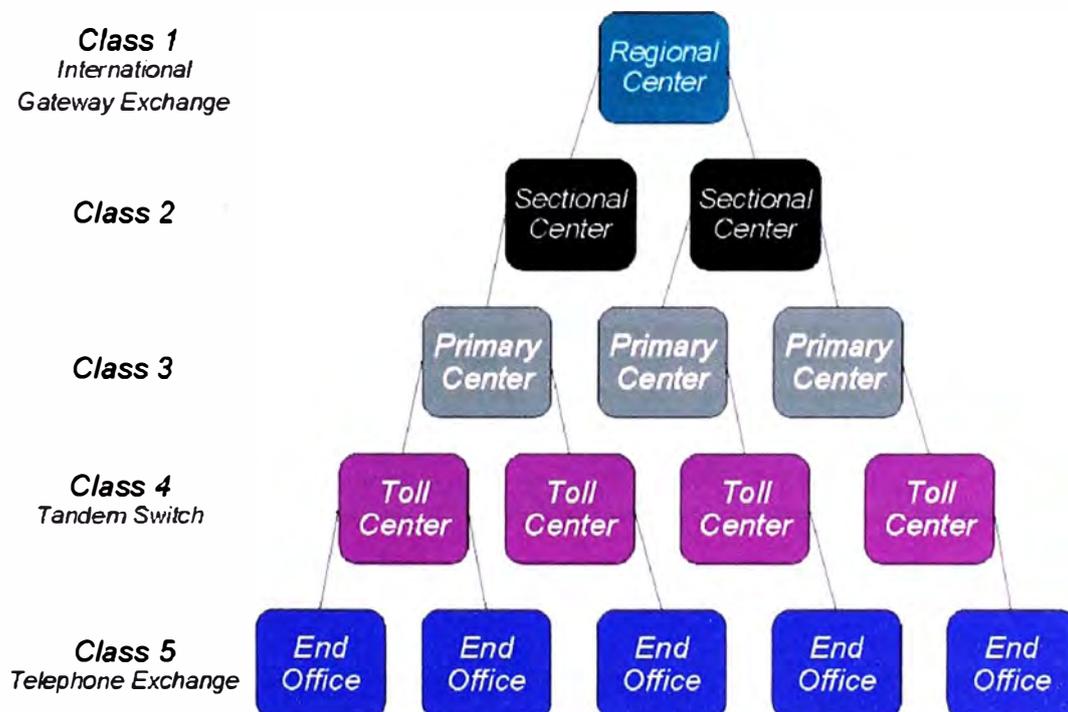


Fig. 1.2 Jerarquía de Conmutadores AT&T [15]

a) Arquitectura de Red

La PSTN es una red conmutada por circuitos, las conexiones ocupan ancho de banda aun cuando no hay transferencia de información.

El sistema de señalización numero 7 (SS7) proporciona inteligencia a la red.

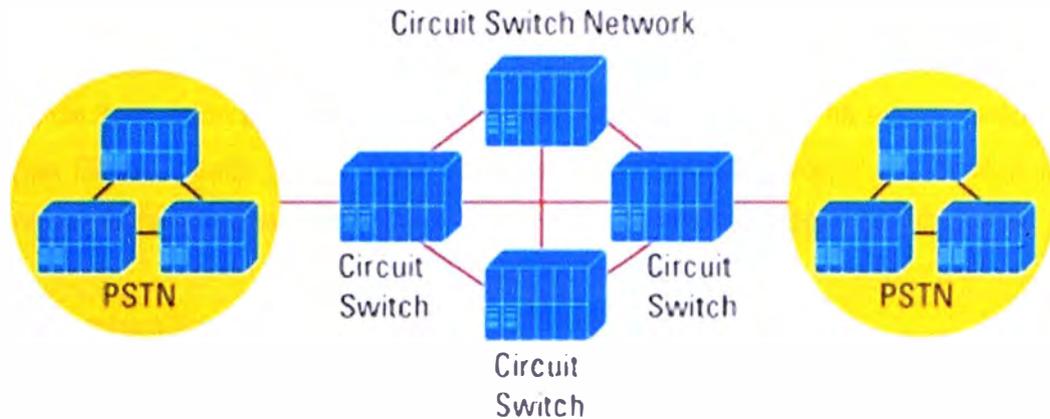


Fig. 1.3 Arquitectura de Red PSTN

b) Señalización en la PSTN

Para enrutar las llamadas que cursan por la PSTN es necesaria la comunicación entre los conmutadores de voz que la constituyen. La señalización es un medio para la transferencia de información de red entre conmutadores y entre el conmutador central y abonados. La señalización entre conmutadores se da través de la Señalización SS7 el cual es una red independiente separada de forma lógica. La señalización entre el conmutador y los abonados se realiza usando el protocolo DMTF, para los accesos RDSI se usa el protocolo Q.931 que lleva la señalización sobre un canal separado que esta físicamente asociado con el canal de abonado.

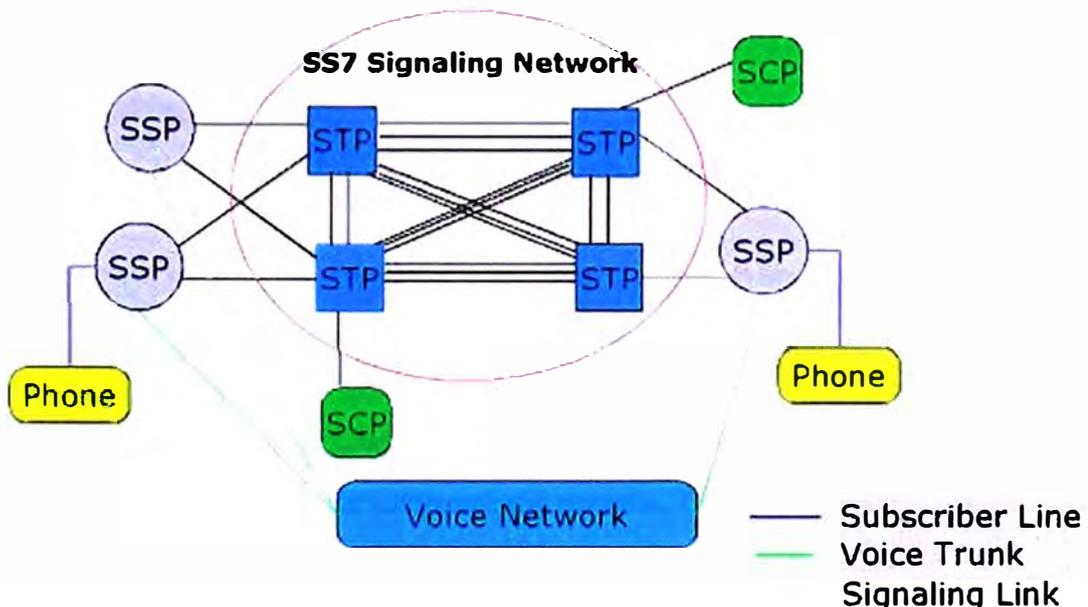


Fig. 1.4 Red de Señalización SS7 [16]

1.2 Redes de Televisión por Cable

También conocidas como redes CATV, fueron originalmente inventadas para brindar buena calidad de TV en las áreas rurales. Se caracterizan por ser redes basadas en difusión. Transporta información sobre el cable coaxial híbrido usando la multiplexación por división de frecuencia (FDM). Usualmente hace uso del rango espectral que va de 50 a 550 Mhz, cada canal usa ancho de banda espectral de 6 MHz.

Las redes de Televisión por Cable inicialmente todo Cable Coaxial ha evolucionado a una red Híbrida Fibra-Coaxial (HFC). Está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red troncal, la red de distribución, y el tramo de acometida al hogar del abonado.

a) Arquitectura tipo árbol y rama

Red netamente Cable Coaxial, requiere decenas de derivaciones y amplificadores intermedios, las conexiones a usuarios se toman de los puntos de distribución, la calidad de la señal depende de la distancia de la cabecera a los puntos de distribución, la gran cantidad de dispositivos encadenados generan múltiples puntos de falla.

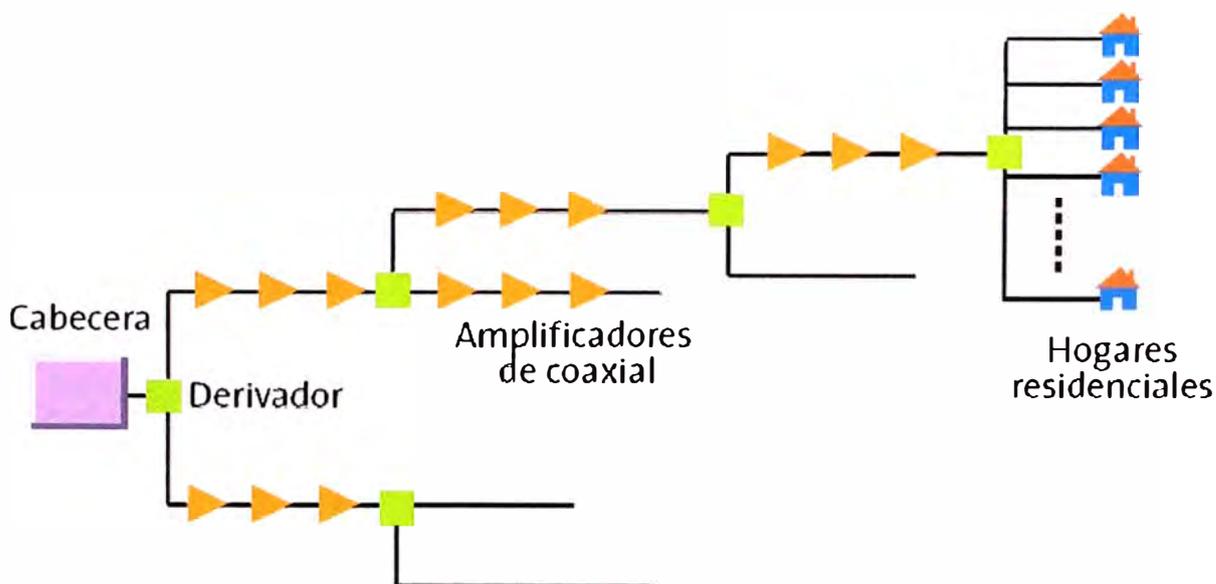


Fig. 1.5 Red tradicional de cable [13]

b) Arquitectura tipo HFC

Es una arquitectura híbrida de fibra óptica y cable coaxial, los enlaces de fibra óptica vinculan pequeños nodos con la cabecera del sistema. Cada variación de diseño tiene su acrónimo.

- Cable Área Network (CAN). Reemplaza partes de la línea troncal por enlaces de fibra óptica, mejora la confiabilidad y calidad de la señal al reducir cascadas de amplificadores, permite implementar sistemas redundantes si se utiliza la vieja troncal como reserva.
- Fiber to the Backbone (FTTB). Invierte la posición de algunos amplificadores de la vieja troncal para optimizar la relación entre cascada y cantidad de enlaces de fibra. Se pierde la redundancia al no poder utilizarse la vieja troncal como reserva.
- Fiber to the Feeder (FTTF). Define el alcance del nodo óptico en función de la extensión geográfica. La calidad de señal requerida limita la extensión del nodo óptico. En el tramo coaxial se diferencian las líneas expreso (express feeder) y líneas de distribución.
- Fiber to the Last Active (FTLA). Ubica un nodo óptico con varias salidas operando en alto nivel para alimentar gran cantidad de clientes (típico 100). No existen amplificadores en cascada y la distribución es totalmente pasiva (PON).
- Fiber to the Curb (FTTC). El cable de fibra óptica llega hasta la puerta de la casa del suscriptor. Se basa en nodos pequeños de bajo costo. Distribución totalmente pasiva.
- Fiber to the Home (FTTH). El cable de fibra óptica ingresa a la casa del cliente. Se requieren cables con gran cantidad de fibras ópticas.

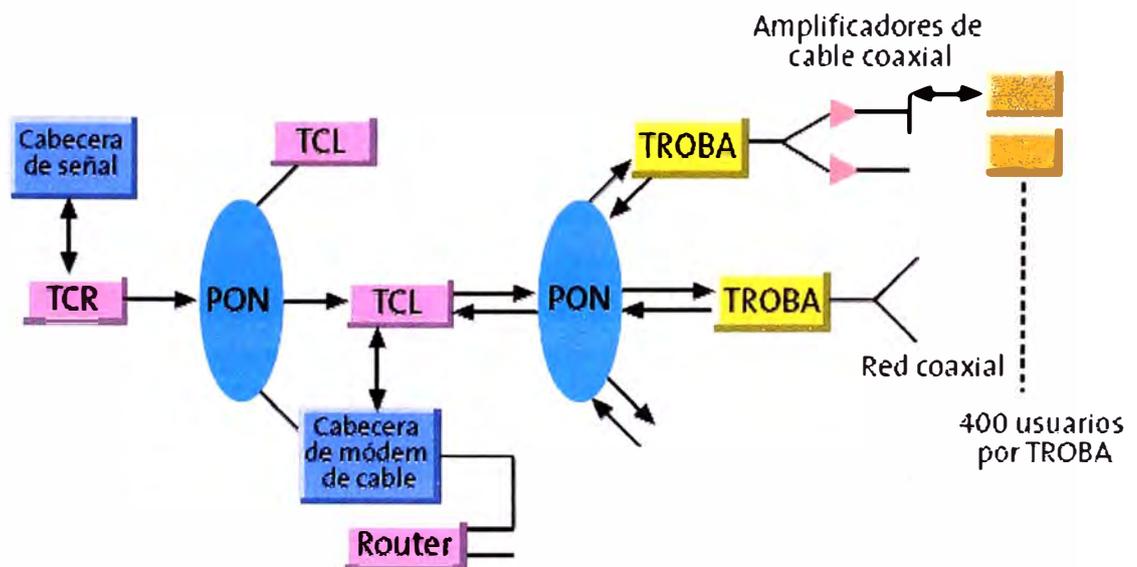


Fig. 1.6 Red CATV HFC [13]

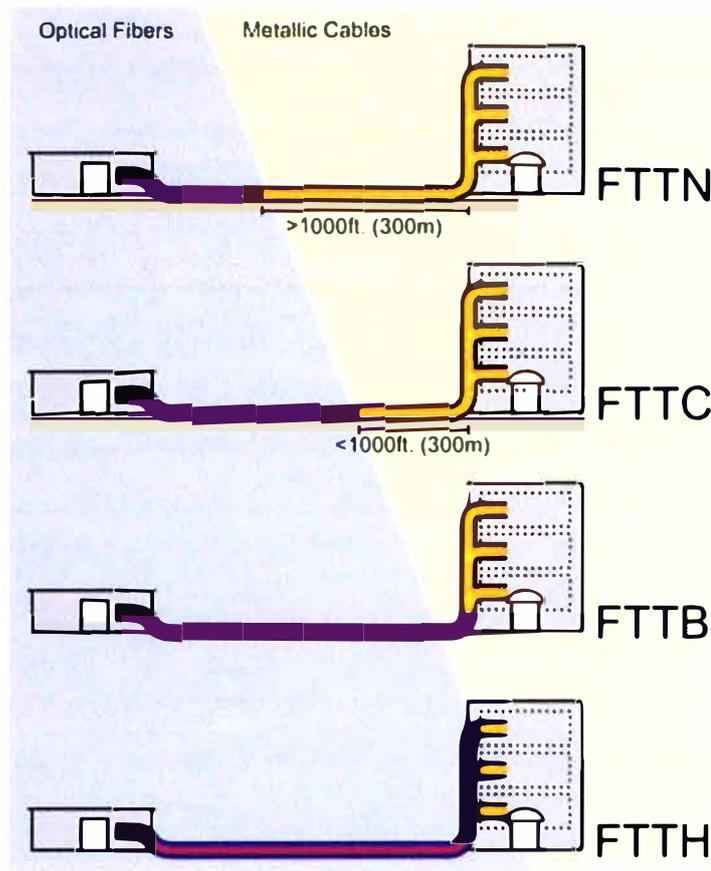


Fig. 1.7 Tecnologías de Accesos por Fibra [17]

c) Componentes Red CATV

- La cabecera. Órgano central desde donde se gobierna todo el sistema. Dispone de equipamiento para captar la señal de diferentes sistemas de distribución (satélite, microondas, etc.), cabeceras, estudios de televisión, etc.
- Red troncal. La fibra en la red de cable puede formar estructuras con anillos redundantes que une nodos ópticos entre sí. En los nodos ópticos las señales descendentes (de la cabecera a usuario) pasan de óptico a eléctrico y llegan al hogar del abonado a través de la red de distribución de coaxial. En los sistemas bidireccionales, los nodos ópticos también se encargan de recibir las señales del canal de retorno o ascendentes (del abonado a la cabecera) para convertirlas en señales ópticas y transmitir las a la cabecera.
- Red de distribución. Compuesta por una estructura tipo bus de coaxial que lleva la señal descendente a la última derivación antes de llegar al hogar del abonado. En el caso de la red HFC normalmente la red de distribución contiene un máximo de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha y abarca grupos de unas 500 viviendas. En otros casos la fibra óptica de la red troncal llega hasta el pie de un edificio, de allí sube

por la fachada del mismo para alimentar un nodo óptico que se instala en la azotea, y de éste parte el coaxial hacia el grupo de edificios a los que alimenta.

- La acometida. Llega a los hogares de los abonados y es el último tramo antes de la conexión, en el caso de los edificios es la instalación interna.

1.3 Redes Inalámbricas

El objetivo de estas redes originalmente fue ofrecer los mismos servicios que brinda la telefonía fija agregando movilidad a las comunicaciones.

La filosofía de los sistemas celulares es utilizar estaciones base de pequeña o mediana potencia y dar servicio a una zona de cobertura conocida como célula o celda. En cada celda se puede utilizar un subconjunto de frecuencias dentro de la banda total que el operador tiene asignado. Con cada celda adicional se amplía la cobertura del servicio.

La ventaja de estos sistemas es que si las celdas están lo suficientemente alejadas podrán reutilizar el mismo radiocanal.

La necesidad de ampliar y aumentar el alcance de los servicios dio lugar a la evolución de estas redes en sucesivas generaciones.

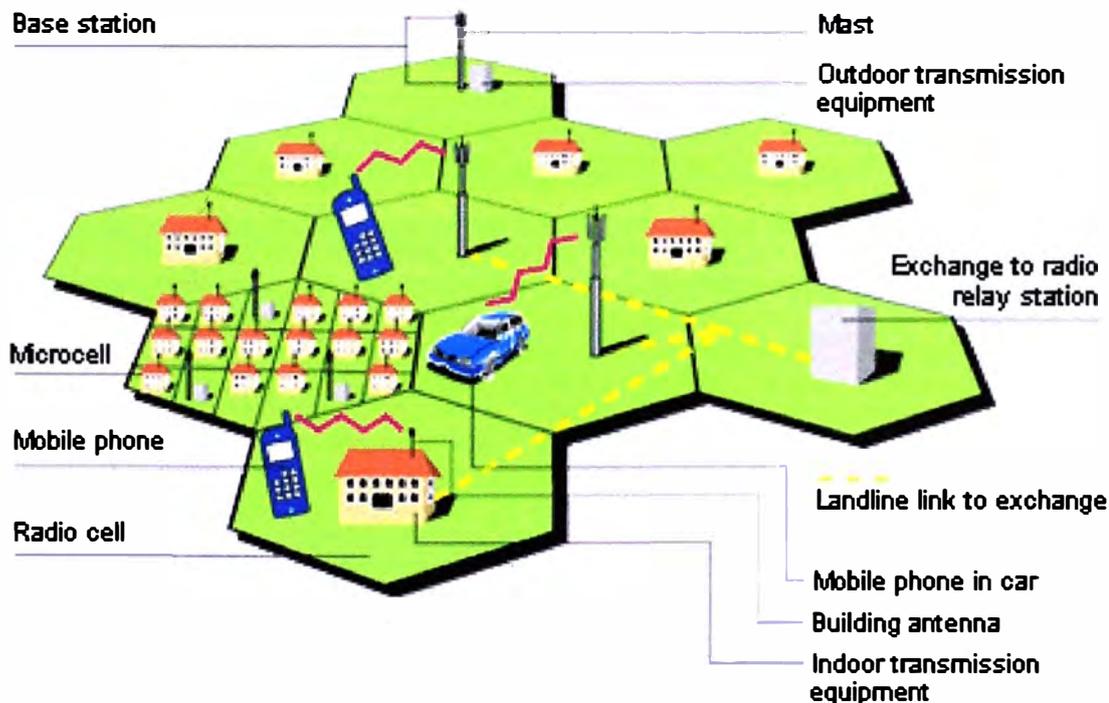


Fig. 1.8 Esquema de Red Celular [18]

a) Primera Generación

Surge en la década de los 80, la interfaz radio utilizada en estos sistemas es analógica. Existe una gran cantidad de sistemas incompatibles entre sí, lo que hacía imposible el roaming. Usa la multiplexación por división de frecuencia y señalización fuera de banda. Se usan las bandas de 450, 800 y 900 MHz.

En EEUU se desarrolla el AMPS (American Mobile Phone System) analógico.

En Europa se desarrolla el sistema NMT (Nordic Mobile Telephone) que se conoce como TACS ó TMA-450, por trabajar en la banda de los 450 MHz.

Cuando el sistema usa la banda de los 900 Mhz aparece el denominado E-TACS ó TMA-900.

Esta red estaba parcialmente integrada en la PSTN y constaba de un único nivel jerárquico. La transmisión de datos se conseguía a un máximo de 1200 bps sin ningún tipo de protección de la información.

b) Segunda Generación

Son sistemas digitales que ofrecen una mejor calidad en comparación con las redes celulares de primera generación. Se realiza un esfuerzo de normalización para conseguir un servicio más global, sin tener islas de sistemas móviles, pero siguen existiendo sistemas distintos.

GSM (Global System for Mobile communications) se convierte en estándar europeo, dado por la ETSI en 1982, esta normalización permite la posibilidad de roaming, el éxito comercial de GSM ha sido el más evidente de los sistemas de 2G. En EEUU se utiliza un sistema distinto AMPS digital e incompatible con GSM.

GSM permite servicios más avanzados como: Desvío de llamadas, llamada en espera, agenda electrónica, multiconferencia, transmisión de datos a 9600 bps, buzón de voz, restricción de llamadas, mensajes cortos (SMS), indicación coste de llamada, identificación/ocultación de identidad, etc. Asimismo, permite cursar mayor tráfico en la red, una óptima utilización del espectro, mejora la seguridad y consumo de energía de los terminales.

La señalización SS7 es mucho más eficiente y con mayor capacidad que en los sistemas de primera generación que facilitan la interconexión con la RDSI.

c) Generación 2.5

GPRS son las siglas de "General Packet Radio Service", se diseñó como una tecnología para transferir paquetes utilizando la interfaz radio de GSM.

Se efectuaron cambios tanto a nivel software como hardware en la red GSM y la introducción de algunos elementos nuevos. Se superpone al sistema una de red de transporte IP (IP Backbone) que trabaja en paralelo con el núcleo clásico GSM cuya función es realizar la conmutación de paquetes, las conexiones a Internet y otras redes de datos basadas en paquetes. El tráfico que se cursa a través de este nuevo núcleo de red es distinto al cursado a través de los tradicionales MSC (Conmutadores en la arquitectura de telefonía móvil) y para acceder al mismo se utilizan los intervalos de tiempo libres sin asignar en la interfaz radio (entre terminal y estación base).

Debido a que se utilizan los intervalos libres la capacidad de estas conexiones no es constante e impide ofrecer niveles de calidad de servicio altos, ofrece sólo conexiones del tipo "best effort" o mejor esfuerzo de la red que no asegura calidad al usuario.

1.4 Redes de Datos

Se diseñaron inicialmente para interconectar computadores, servidores y plataformas de gestión entre ellos.

El despliegue de las redes de datos tuvo auge tras la introducción generalizada de computadores en las empresas y en las universidades con motivo del progreso alcanzado en el campo de la tecnología de la información.

Las redes de datos reflejan una determinada neutralidad en relación con las aplicaciones que aceptan, caracterizada generalmente por la transferencia de datos en paquetes, cada uno de los cuales contiene todos o parte de los datos que han de transferirse entre dos computadores y la dirección del computador de destino.

La red se encarga de transferir los paquetes al computador de destino con una calidad de servicio definida por el usuario sin ningún conocimiento a priori de la naturaleza de esa aplicación.

La ventaja en este caso es la de una red con servicios múltiples cuya arquitectura no está subordinada a una aplicación específica, siendo posible incluso utilizar la red más adelante para aplicaciones que aún no han sido creadas en el momento de su instalación original.

Esta flexibilidad conduce, por ejemplo, al empleo de redes de datos para nuevos tipos de aplicaciones de comunicación como es el caso de la transmisión de voz y de vídeo mediante dispositivos con capacidad de ejecutar un determinado subconjunto de aplicaciones de comunicación.

Esta búsqueda de apertura y generalidad conlleva a definir el modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI). La piedra angular de este modelo es una arquitectura de siete capas en la que cada una de esas capas ofrece servicios a la capa inmediatamente

inferior, mientras que la capa de aplicación está situada en el nivel superior del modelo. Al final de la década de 1960, se desarrolló un protocolo de interconexión conocido como el protocolo Internet, con la finalidad inicial de posibilitar la comunicación entre los computadores. El protocolo Internet pertenece a la capa 3 del modelo OSI.

CAPÍTULO II EVOLUCION Y CONVERGENCIA

El sector Telecomunicaciones se encuentra en transformación constante por los avances tecnológicos en las redes de acceso, redes de transporte, protocolos de redes, etc. Estos nuevos escenarios obligan a los Operadores a efectuar un replanteamiento de los modelos clásicos de negocio para mantener sus posiciones en el mercado que involucran la innovación de sus redes, aplicaciones y servicios. El inicio se dio con la integración de servicios, creando plataformas comunes, y ahora se están generando “Redes Convergentes”.

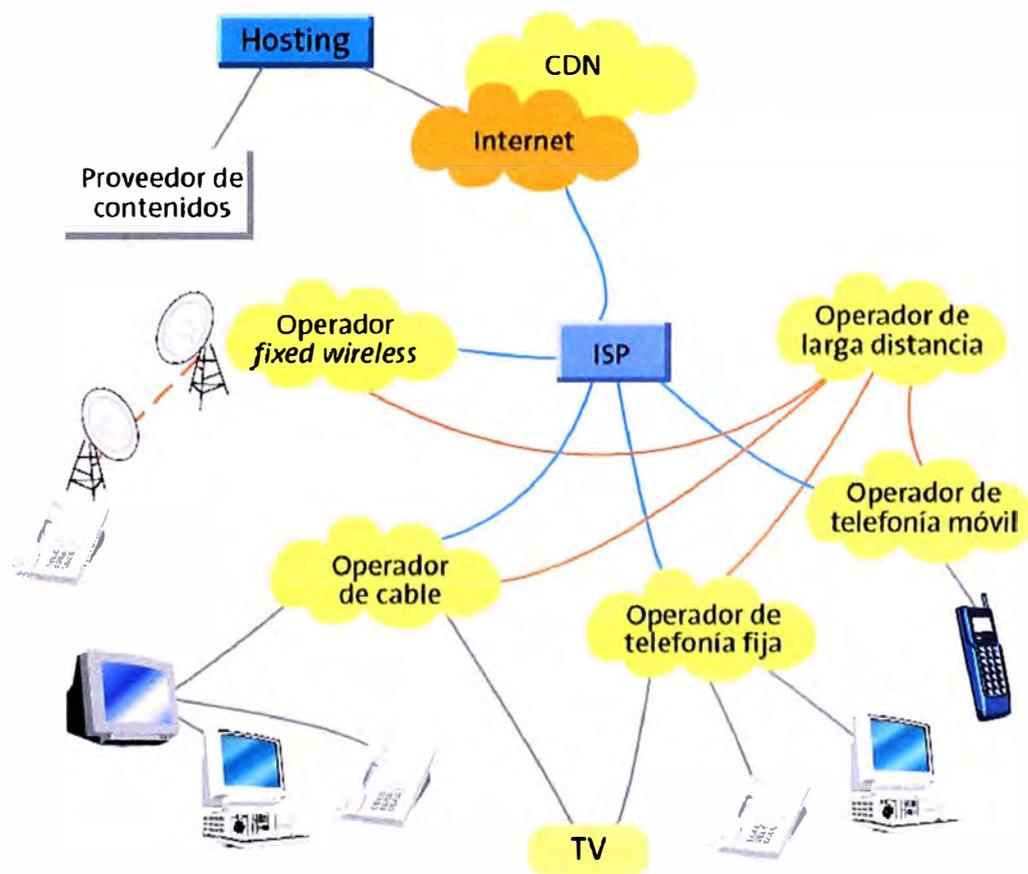


Fig. 2.1 Integración de Redes [13]

2.1 Nuevo Modelo de Red

Resultado de la evolución de las tecnologías, se está difundiendo la propuesta de un nuevo modelo de red, que sería el soporte adecuado para los negocios de telecomunicaciones, tanto tradicionales como nuevas.

Este nuevo modelo de red tiene una concepción muy revolucionaria. Desde el punto de vista tecnológico, los cambios se reflejan en dos tendencias diferenciadas.

a) Tecnología de transporte

La mejora en las prestaciones de las técnicas de conmutación de paquetes está permitiendo satisfacer los estrictos requisitos impuestos por las aplicaciones de tiempo real. Este hecho adquiere mayor importancia en un escenario en el que el tráfico de datos ha experimentado un gran incremento, llegando a superar en volumen al tráfico de voz.

Ante esta nueva situación, los operadores empiezan a vislumbrar una serie de ventajas importantes en la concepción de una única red, basada exclusivamente en el intercambio de paquetes, como soporte a los flujos de voz y de datos. Este hecho supone un paso importante en el proceso de convergencia de voz y datos, y constituye el punto de partida para el desarrollo de nuevos servicios que combinen tráfico de ambas naturalezas, permitiéndoles aportar un valor añadido para el usuario final.

b) Tecnología de servicios

En este campo también se está planteando un escenario con marcadas diferencias en comparación con el tradicional. Hasta ahora las aplicaciones estaban ligadas a los conmutadores que residen en el núcleo de la red y se implementaban haciendo uso de soluciones propietarias de cada fabricante, de manera que los operadores estaban atados a los proveedores de equipos a la hora de desarrollar los servicios.

Este modelo está cambiando en la actualidad. La experiencia adquirida gracias a Internet está provocando un cambio de estrategia y se está adoptando un modelo descentralizado basado en el empleo de estándares abiertos.

Los servicios se montan en servidores externos conectados a la red de transporte, lo que permite desligarlos de los equipos que la componen y, con ello, de los fabricantes.

La consecuencia directa de todo lo expuesto pasa por la necesaria disgregación de la funcionalidad de la red en capas distintas, que provoca la concepción de un nuevo modelo de red en el que el transporte y la inteligencia de servicios residen en dos capas independientes, cuya comunicación se encarga de garantizar una tercera capa de control.

2.1.1 Capas del nuevo modelo de red

Los cambios tecnológicos conducen a un nuevo modelo en el que se distinguen tres capas.

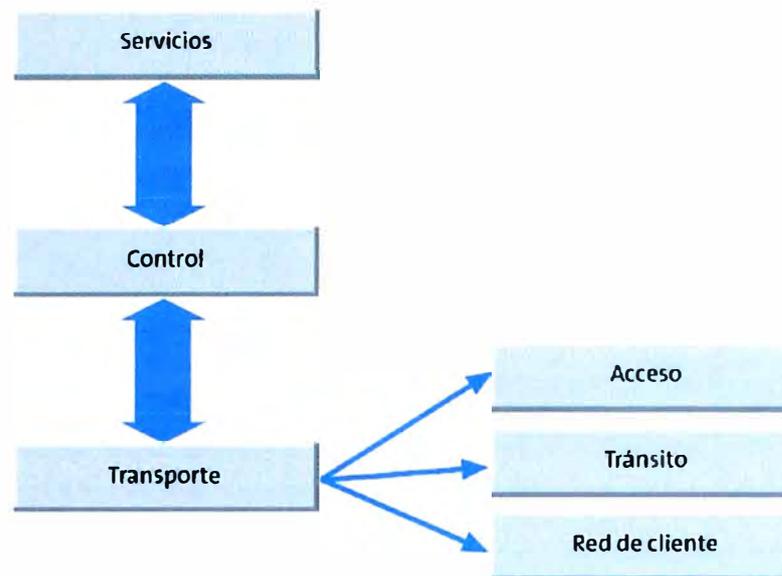


Fig. 2.2 Estructura de Capas del nuevo modelo de Red [13]

a) Capa de Transporte

En esta capa se incluyen todas las funcionalidades de conmutación, encaminamiento y transmisión de paquetes por la red.

- Subcapa de acceso. que hace referencia a la red a través de la cual los usuarios acceden a los servicios. En la actualidad esta subcapa supone el verdadero cuello de botella de las redes por dos motivos distintos:

1. El bucle de abonado. Solución adoptada de manera mayoritaria en el sector residencial y de pequeños negocios, fue originalmente diseñado para cursar tráfico telefónico analógico de banda estrecha, hecho que impide su empleo para el acceso a los servicios digitales avanzados de banda ancha que se están desarrollando en la actualidad. Además se plantea otro problema adicional, y es que los bucles de todos los abonados constituyen la mayor parte de los activos de los operadores (se habla de hasta el 80 por ciento). Este hecho hace inviable su sustitución inmediata y obliga a los operadores entrantes a buscar vías alternativas para poder alcanzar a los usuarios finales.

Para tratar de aliviar estos problemas, en este momento se están desarrollando nuevas tecnologías de banda ancha que permitan extender los nuevos servicios hasta los usuarios, usando el par de cobre tradicional o cualquier otra tecnología que no se traduzca en un coste desorbitado para los operadores.

2. Marco regulatorio. Los distintos organismos regulatorios obligan a los operadores tradicionales a poner los bucles de abonado existentes a disposición de los nuevos entrantes, a cambio de una determinada contraprestación económica, para tratar de aumentar la competencia y favorecer así el desarrollo de nuevas tecnologías.

- Subcapa de tránsito. Se trata del núcleo en sí de la red, encargado de asegurar la interconectividad entre las distintas redes de acceso. En los últimos tiempos se ha visto favorecida por grandes avances tecnológicos. El desarrollo de técnicas ópticas como WDM está impulsando la obtención de velocidades realmente altas en los enlaces, que permiten sobrevivir al espectacular incremento del volumen de tráfico transportado que se está produciendo en el interior de las redes troncales.
- Subcapa red de cliente. Contiene los elementos de red que están interconectados entre sí en casa del cliente, permitiendo servicios más avanzados.

b) La capa de servicios

Incluye toda la infraestructura necesaria para la prestación de servicios. Se trata de la parte de red que pertenece al proveedor de servicios.

En las primeras etapas, los operadores convencionales deben tenerla en consideración, ya que también debe incluir las funcionalidades de Red Inteligente y toda la gama de nuevos servicios avanzados que surja como consecuencia del proceso de convergencia en el ámbito tecnológico.

c) La capa de control

La misión fundamental de esta capa es la de asegurar la comunicación entre la capa de transporte y la capa de servicios.

Se debe encargarse de interpretar la señalización de la capa de transporte para desencadenar las tareas oportunas que lleven a cabo la provisión de los servicios. También debe ocuparse de la traducción entre los diferentes protocolos de señalización, que se plantea como tarea imprescindible, sobre todo en el corto plazo, durante el período de tiempo en el que todavía convivan las futuras redes de paquetes con las actuales redes de circuitos, puesto que el proceso de sustitución de las mismas no será inmediato, sino que previamente pasará por una etapa inicial de migración entre ambas.

2.1.2 Consecuencias y Tendencias

La adopción del nuevo modelo de red supone la unificación de las redes, por lo que se hace necesario homogeneizar aspectos como los protocolos utilizados, los mecanismos para garantizar la calidad de servicio o los mecanismos de gestión utilizados en el diseño de las redes de comunicaciones. Sólo con esta unificación es posible el funcionamiento correcto de los elementos incluidos tanto en la capa de control como en la capa de servicios, es decir, si no se produce la unificación no sería posible asegurar el funcionamiento de los servicios que sobre la red se desarrollen.

Esta unificación lleva consigo la necesidad de hacer coexistir los servicios actuales y los que se pudieran desarrollar en el futuro utilizando la misma red.

De esta forma, el usuario sólo necesitaría un único acceso a la red de comunicaciones a través del cual accedería a los servicios que podría contratar individualmente a distintos proveedores. Incluso sería posible elegir en cada momento el proveedor de entre aquéllos con ofertas similares.

El modelo plantea un escenario en el que la inteligencia se traslada a los extremos de la red. La red se limita a transportar la información de un lado a otro de forma transparente. En este contexto, sería posible acceder a los mismos servicios desde ubicaciones distintas, siempre que se disponga de los terminales apropiados en cada caso. Esto supone la existencia de servicios que gestionaran la movilidad de los usuarios y que le permitieran acceder desde cualquier lugar geográfico.

De lo expuesto no deduce la ubicuidad de los servicios.

Hay que tener en cuenta que existirán limitaciones impuestas por los terminales que se utilicen, tal y como hoy existen al utilizar teléfonos móviles, donde es más importante la facilidad de transporte del dispositivo que características como el tamaño de la pantalla o del teclado.

Tal y como se ha descrito, los planes de evolución son muy ambiciosos y las expectativas no pueden escapar al hecho de que serán necesarias grandes inversiones para evolucionar las redes actuales.

La tendencia será hacia la reutilización de las infraestructuras existentes.

2.2 Redes de Transito

Debido al crecimiento de la gran demanda de ancho de banda, sobre todo para tráfico IP, estas redes presentan retos de arquitectura y de capacidad mediante el desarrollo de diferentes tecnologías.

- Técnicas de transmisión óptica.
- Mecanismos para garantizar la calidad de los servicios en las redes IP.
- Equipos de conmutación avanzados.
- Técnicas de distribución de contenidos.

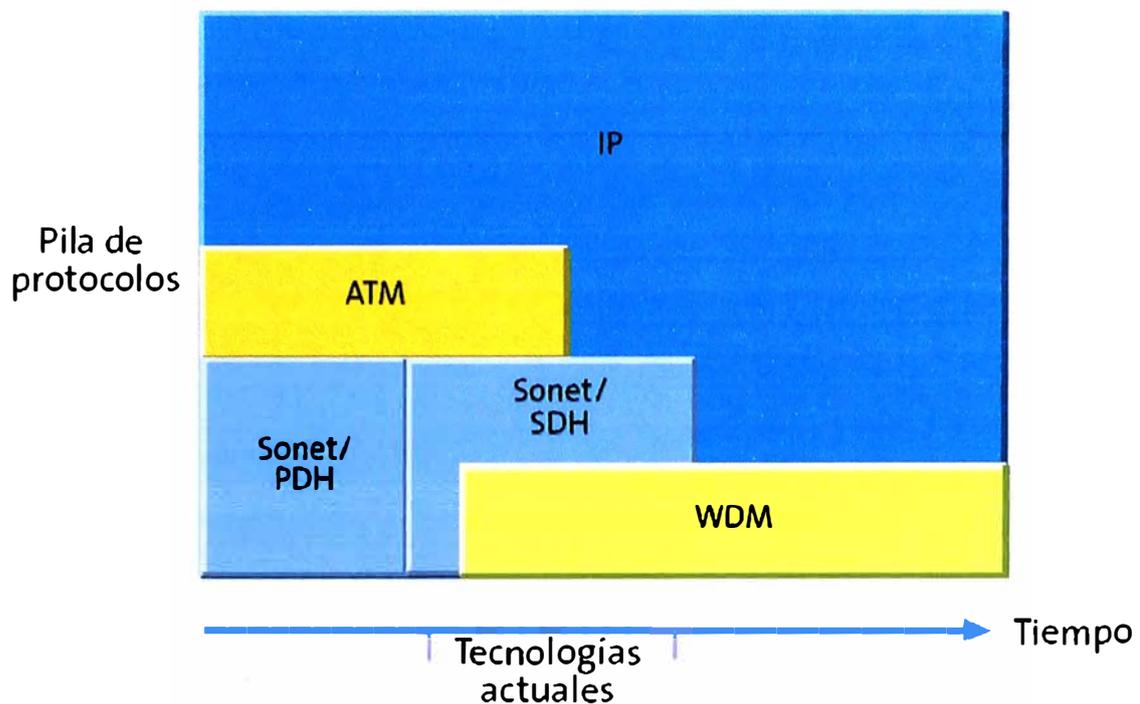


Fig. 2.3 Tendencias a nivel de protocolo en la capa de transporte [13]

2.2.1 Tecnologías de Transporte

a) ATM

Protocolo inicialmente diseñado para dar soporte a redes multiservicio, debido a que permite integrar el tráfico procedente de distintas aplicaciones de una manera muy flexible. Posee las siguientes características:

- Calidad de servicio. Por un lado, permite al operador de red establecer distintos controles de tráfico, ya sean controles de admisión o mecanismos capaces de manejar prioridades, que permiten garantizar a los flujos una determinada calidad de servicio en términos de pérdidas de información, retardo y variación del retardo (jitter). Ésta es una de las capacidades imprescindibles para la integración de varios

servicios dentro de una red, puesto que permite garantizar una calidad definida que se ajuste a los requisitos de cada uno de ellos.

- Redes privadas virtuales. ATM también facilita la configuración de subredes lógicas dentro de una misma red física de una manera mucho más sencilla y económica que la solución tradicional basada en el empleo de líneas alquiladas.
- Gestión. Su orientación a conexión le permite disponer de grandes capacidades en lo que respecta a la ingeniería de tráfico que permiten a los operadores gestionar de manera flexible el tráfico de sus redes, pudiendo establecer rutas predefinidas para determinados flujos o equilibrados de carga.

Sin embargo, la especificación de ATM es, en gran medida, anterior al crecimiento de tráfico IP, por lo que presenta una serie de inconvenientes importantes a la hora de acomodar tráfico de esta naturaleza:

- Existe un uso poco eficiente de ancho de banda procedente del hecho de que los paquetes IP deban ser fraccionados para acomodarlos al formato de las células ATM, que además incluyen una nueva cabecera, la cual se traduce en una mayor proporción de información inútil para el usuario final. Este efecto se denomina cell-tax.
- También existe un defecto a nivel de proceso. En la solución de IP sobre ATM, se dispone de una serie de routers IP que se enlazan entre sí por medio de enlaces ATM. En esta situación, en cada router se debe esperar a que lleguen todas las células correspondientes a un mismo paquete para reconstruirlo y que, a partir de él, se puedan tomar las correspondientes decisiones de encaminamiento. Esto introduce una serie de retardos que hay que controlar sobre todo para cierto tipo de aplicaciones, como las basadas en el intercambio de información en tiempo real.
- La solución IP/ATM presenta serios problemas de escalabilidad. En un escenario en el que los routers IP se unen por medio de enlaces ATM punto a punto, el número de enlaces crece cuadráticamente con el número de routers, lo cual supone un problema cuando las redes adquieren una cierta dimensión.
- Aunque ATM permita llevar a cabo una gestión de la red eficiente, esto se hace a costa de introducir un nivel de complejidad muy elevado. Si el tráfico que soporta es IP podrían producirse redundancias por el hecho de que alguna funcionalidad apareciera duplicada en la capa IP, como controles de flujo o de congestión, por ejemplo.

Se están empezando a diluir las ventajas que aporta el empleo de ATM, mientras que persisten sus inconvenientes, de manera que parece inevitable su eliminación en un futuro más o menos cercano.

Se ha comprobado que existe una clara tendencia a que la mayoría del tráfico transportado por las redes se ajuste a patrones IP. En este escenario, la única razón de peso que parece justificar el empleo de la solución IP/ATM pasa por la necesidad de proveer una determinada calidad de servicio a cierto tipo de aplicaciones, en concreto a las de tiempo real.

b) SDH

La mayor parte de los equipos de transmisión que se emplean en este momento utilizan tramas SDH y SONET. Al igual que ocurre con el caso de ATM comentado anteriormente, su definición es anterior al desarrollo del tráfico IP.

En Europa, la ITU-T definió el estándar SDH (Synchronous Digital Hierarchy) o JDS (Jerarquía Digital Sincrona en la traducción de la UIT), que especifica velocidades de transmisión desde 155 Mbit/s.

En EE.UU., por su parte, fueron el ANSI y Telcordia los que especificaron SONET (Synchronous Optical Network), que estandariza velocidades desde 51,8 Mbit/s.

Ambos protocolos fueron inicialmente concebidos para permitir la multiplexación de flujos telefónicos de 64 kbit/s para su posterior transmisión por enlaces de fibra óptica de mayor capacidad. Mediante el empleo de multiplexores de adición/extracción (ADMs - Add/Drop Multiplexers), es posible multiplexar varios canales telefónicos hasta completar la trama SDH para su posterior transmisión por la fibra. En el extremo receptor, el ADM se encarga de la tarea contraria. Realiza la demultiplexación y la extracción de los distintos canales.

Son varias las características de SONET/SDH que han justificado su utilización en el seno de las redes de fibra óptica durante los últimos tiempos. Sin embargo, algunas de ellas determinan también su difícil adaptación al futuro escenario de las redes y son las causas de que se plantee la eliminación de la capa SONET/SDH. Estas características son las siguientes:

- Se trata de una solución muy robusta. Permite restaurar las conexiones punto a punto en el caso de que se produzca algún problema en una fibra o equipo intermedio, encontrando caminos alternativos para la transmisión. Esta característica tiene mayor o menor importancia según las funcionalidades que incorporen las capas superiores. Resulta de gran utilidad para servicios de tiempo real (no olvidemos que SONET/SDH fue concebido para la transmisión de tráfico telefónico convencional), puesto que contribuye de manera notable a la robustez de la red. En el caso de que la mayor parte del tráfico viaje en forma de paquetes IP, que es un protocolo no orientado a conexión, su importancia es bastante menor, puesto que el propio nivel IP cuenta con mecanismos de

encaminamiento que, aunque todavía lentos, son capaces de reaccionar de forma robusta ante posibles fallos en equipos o enlaces. Cuando se solucionen los problemas de convergencia de esos algoritmos de encaminamiento está claro que existirán redundancias entre ambas capas, por lo que no será imprescindible la utilización de SONET/SDH.

- Las tramas SONET/SDH se conforman con 260 octetos de información a los que se añaden 10 octetos de cabecera. Esto supone un uso ineficiente de ancho de banda, que, en todo caso, tampoco se puede considerar exagerada, sobre todo en un escenario en el que se prevé que no haya demasiadas restricciones por lo que a la capacidad de las redes se refiere.

El mayor inconveniente de SONET/SDH es su costo. Los equipos tienen precios muy elevados y además en los últimos tiempos se ha demostrado que existen alternativas tecnológicas que permiten asegurar un uso mucho más eficiente de los recursos.

c) WDM

El principio de funcionamiento de WDM (Wavelength Division Multiplexing) y DWDM (Dense WDM) se basa en el transporte de varios flujos de información, cada uno codificado sobre una longitud de onda distinta y multiplexados dentro de una única fibra. De esta manera se logra incrementar de manera considerable la capacidad de las redes de fibra óptica. Este aumento de capacidad se puede lograr generalmente de varias formas:

- Incrementando el número de longitudes de onda incluidas en una fibra y, con ello, el número de canales transportados por la misma. DWDM permite alcanzar altas densidades de empaquetado de portadoras dentro de una sola fibra óptica. Hoy en día son típicos valores de 16 ó 32 longitudes de onda por fibra, pudiendo llegar en el caso de enlaces submarinos hasta 128 o incluso 256.
- Aumentando la velocidad de transmisión soportada por cada una de las longitudes de onda. A esto contribuye la fabricación de unas fibras de cada vez mayor calidad, pero existe un límite físico determinado por su dispersión. Actualmente se trabaja con valores de 2,5 Gbit/s (STM-16 / OC-48), llegando en algunos casos a 10 Gbit/s (STM-64 / OC-192).

La utilización de tecnologías WDM aporta otra serie de ventajas importantes:

- WDM trae consigo una reducción de costes en la instalación de fibra óptica. Al ser mayor su capacidad, debido principalmente al hecho de que se pueden transportar varias longitudes de onda dentro de una sola fibra, será necesario desplegar un

número menor de fibras, o aprovechar la ya instalada, para atender una demanda de tráfico creciente.

- Permite a los operadores aumentar la capacidad de sus redes de manera incremental, dándoles la posibilidad de ajustarse a la demanda que exista en cada momento. Para ello, les basta con instalar la fibra e ir activando sus diferentes longitudes de onda de manera progresiva conforme se vayan necesitando. Esto también se traduce en una mayor rapidez a la hora de afrontar aumentos en la capacidad de la red. Esta característica resulta fundamental para que nuevos agentes entren al mercado sin tener que hacer frente a un elevado coste de inversión inicial. Para ello les basta con desplegar una fibra e ir activando longitudes de onda conforme vayan necesitando más capacidad de transmisión.
- Cada una de las longitudes de onda puede incluir información transmitida a diferentes velocidades y con distinto formato. Es decir, que DWDM permite transportar información de diversas naturalezas y procedente de aplicaciones distintas dentro de una misma fibra.
- Se puede aumentar la capacidad de la fibra para adaptarse a incrementos de la demanda con sólo cambiar las interfaces de los equipos de transmisión. Por ejemplo, se puede pasar de 16 STM-16 a 80 STM-16 con sólo cambiar las tarjetas de dichos equipos.
- En WDM, las funciones de gestión se simplifican en gran medida, puesto que la propia capa óptica en sí goza de una mayor sencillez. La eficiencia del sistema de gestión óptico pasa porque la mayoría de las tareas se puedan realizar en el dominio óptico, sin necesidad de realizar ninguna conversión optoelectrónica, que lo único que produce es un mayor consumo de recursos e introduce más complejidad en las redes, como se comenta en el apartado siguiente.

Sin embargo, también hay que tener en cuentas los siguientes condicionantes:

- Las características de las fibras influyen de manera directa en las prestaciones de DWDM, pudiendo llegar a limitarlas de manera considerable. Cuanto mayor sea la pureza de la fibra, mayor será el número de longitudes de onda que podrá transportar así como la velocidad de la información transmitida por cada una de ellas.
- Se requieren componentes ópticos (láseres, fibra) de gran calidad, que elevan el coste de la solución.
- Hay muchos parámetros que difieren en función del suministrador (como la distancia máxima sin amplificación, el número de canales por fibra, el ancho de

banda de cada canal o la tasa óptica agregada de salida) y que van a influir de manera directa en la configuración y las prestaciones de los sistemas.

Parece evidente que este tipo de tecnologías desplazarán en un futuro a las redes de transmisión SDH/SONET. La UIT-T ha iniciado la estandarización de lo que será su evolución, bajo el nombre de OTN (Optical Transport Network). La evolución fundamental se basa en que OTN incorpora el uso de WDM en la estructura de transmisión, añadiendo una subcapa (canal óptico, correspondiente a cada longitud de onda) a la estructura básica de SONET/SDH. La unidad de transporte de información en estos sistemas será el Módulo de Transmisión Óptica (OTM - Optical Transport Module), que puede transportar varios canales ópticos de diferentes velocidades. Paralelamente, se están desarrollando los protocolos de señalización para permitir el uso automatizado de las capacidades de transporte de OTN por parte de las redes de nivel superior (voz, ATM o IP).

2.2.2 Evolución a redes totalmente ópticas

Los avances en el contexto de las comunicaciones ópticas tienen como fin hacer realidad el concepto de "red todo óptica".

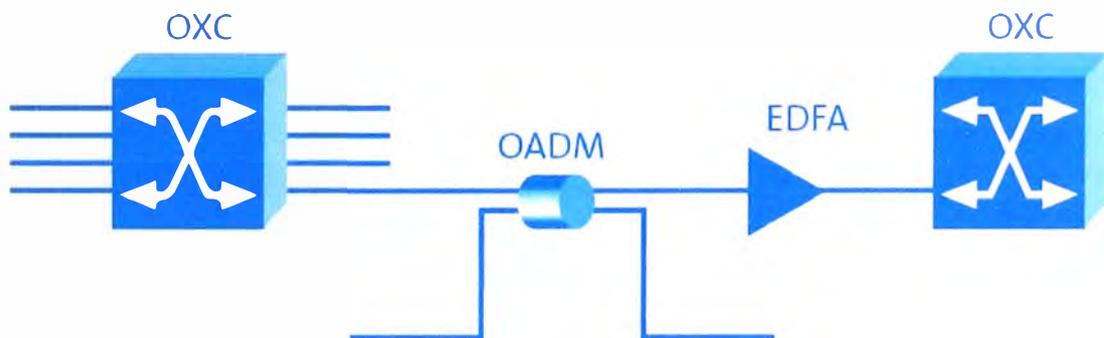


Fig. 2.4 Elementos de una red todo óptica [13]

- Amplificadores ópticos EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifiers). La fibra, como todo medio de transmisión, introduce una determinada atenuación que provoca la necesidad de emplear amplificadores o regeneradores cuando los enlaces superan una cierta longitud. En los últimos tiempos se han desarrollado nuevos amplificadores EDFA, amplificadores de fibra dopados con erbio, capaces de completar todo el proceso de amplificación en el dominio óptico. Otra de las ventajas que introducen este tipo de dispositivos es que permiten amplificar varias o todas las longitudes de onda que se transmiten en una fibra.

- Multiplexores de Inserción/Extracción (OADM). Estos dispositivos son capaces de extraer la información contenida en cualquiera de las longitudes de onda de la fibra en cualquier punto intermedio de la misma. Además de la extracción, también permiten introducir canales a mitad de fibra.
- Conmutadores ópticos (OXC). Por otro lado, también existen avances significativos en el desarrollo de conmutadores ópticos. Algunos fabricantes aseguran tener ya disponibles dispositivos que permiten realizar la conmutación sin pasar al dominio eléctrico incluso entre longitudes de onda de distintas fibras. Las versiones más sencillas presentan matrices de conmutación de 16x16, aunque ya hay quien habla de matrices de incluso 256x256.

Opciones de evolución de una red de transmisión totalmente óptica:

- IP sobre DWDM, evolución por defecto.
- Red GMPLS, o integración de la transmisión óptica con la capa IP.
- Red "todo óptica" independiente.

a) IP sobre DWDM

Los elementos de red son básicamente crossconnect y ADM del tipo SDH. Se utilizan enlaces ópticos independientes para interconectar elementos de las redes de transporte. La red de transporte es IP y sus elementos de red son routers. Dependiendo de su capacidad de conmutación de tráfico, reciben el nombre de Terarouters, TSR, o Gigarouters, GSR, para capacidades 10^{12} bit/s o 10^9 bit/s, respectivamente. Asimismo, los routers se conectan entre sí mediante enlaces ópticos DWDM punto a punto.

En la red IP sobre DWDM, no se realiza ningún proceso a nivel óptico: el encaminamiento y las funciones de protección se llevan a cabo a nivel eléctrico en los routers y, por consiguiente, si un paquete o conjunto de paquetes IP tienen que atravesar n routers sufre n procesos de conversión optoelectrónica.

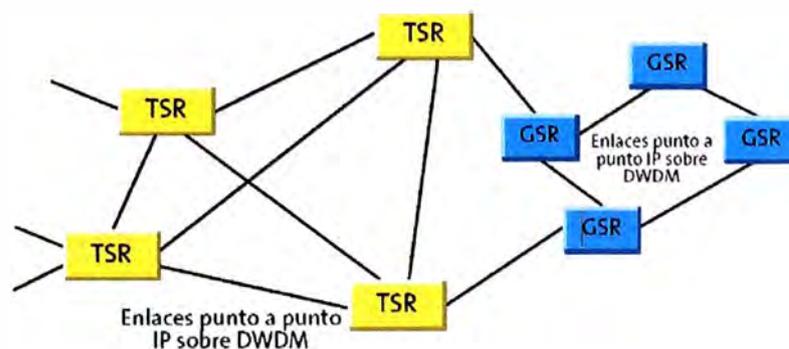


Fig. 2.5 IP sobre DWDM [13]

Esta opción tiene el atractivo de su simplicidad de planificación, al no existir una capa óptica. Por el contrario a medida que el tráfico en las rutas sube a centenares de Gbit/s, las conversiones optoelectricas y el tránsito en los nodos intermedios obliga a aumentar de forma innecesaria el tamaño, consumo y número de los routers, así como la complejidad y coste de sus sistemas de gestión.

b) Red GMPLS

Acrónimo del término MPLS generalizado. Su objetivo es integrar en un mismo plano de control la red IP y los conmutadores ópticos, de forma que el operador vea el encaminamiento óptico como una funcionalidad más de los routers IP.

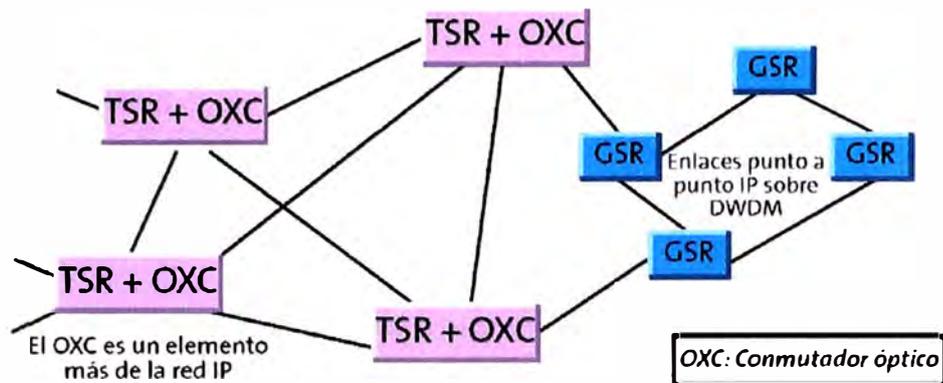


Fig. 2.6 Red GMPLS [13]

En GMPLS se contempla la existencia de matrices de conmutación óptica, OXC, que descargan a los routers de gran parte del tráfico que no va destinado a ellos. La ventaja que representa utilizar conmutadores ópticos, GMPLS ofrece las ventajas propias de las estrategias de integración:

- Al realizar bajo un mismo proceso la agregación eléctrica con la multiplexación óptica se optimiza el uso del ancho de banda.
- La monitorización y protección se realiza a nivel eléctrico, eliminando la necesidad de introducir para ello mecanismos adicionales a nivel óptico.
- No existe sistema de gestión de la capa óptica.

En GMPLS las capas ópticas y eléctricas son vistas por el operador como una única entidad, pero en realidad existen como entidades físicas distintas. Esto obliga a que ambas sean del mismo fabricante. GMPLS propone para implementar la función de encaminamiento de tráfico todos los conmutadores y routers se disponga de un mapa detallado de toda la planta. Teniendo en cuenta el grado de desarrollo de los estándares MPLS, obliga a que todos los routers sean del mismo operador.

c) Red “todo óptica” independiente

La red de transmisión proporciona conectividad con encaminamiento a nivel óptico y granularidad de portadora a las diferentes redes de transporte, y es independiente de todas ellas.

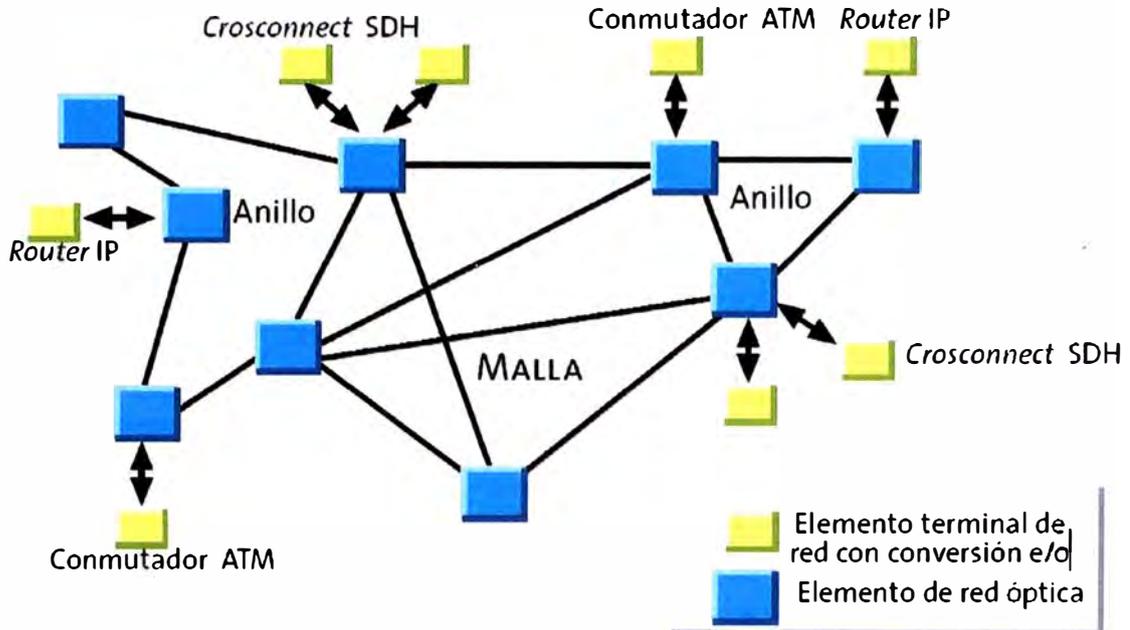


Fig. 2.7 Red “todo óptica” independiente [13]

La principal característica que diferencia a esta opción de las anteriores es la independencia con respecto a las redes de transporte.

- Independencia de formatos de modulación. La transmisión óptica es independiente del sistema de multiplexación eléctrico, incluso en las capas más bajas 1 y 2. La adaptación entre el entorno eléctrico y óptico se realiza en los transponders.
- Independencia de sistemas de gestión.
- Independencia de sistemas de protección.

2.2.3 Calidad de servicio en redes IP

Uno de los requisitos principales para el proceso de migración hacia una red única convergente se desarrolle con éxito es que las tecnologías de conmutación de paquetes permitan ofrecer servicios de tiempo real, típicamente la voz, asegurando a los usuarios los mismos niveles de calidad que les ofrecen hoy en día las arquitecturas basadas en conmutación de circuitos.

Desde sus orígenes, las redes IP han centrado su funcionamiento en mecanismos del tipo best-effort, que consiste en que todos los paquetes reciben el mismo tratamiento, y la red simplemente se limita a asegurar que éstos alcanzan su destino final, pero sin llegar a

adquirir compromisos de calidad de ningún tipo. Esta filosofía ha aportado una gran sencillez a la gestión de red, lo que ha sido un factor muy importante para la rápida extensión de las redes IP. Como es lógico, las degradaciones del servicio en términos de throughput, retardo y jitter afectan en el modelo best-effort a todos los servicios por igual, y esto puede no ser tolerable en las redes de nueva generación, en cuyo seno va a convivir tráfico perteneciente a servicios de naturaleza muy diferente y con requisitos muy distintos: aplicaciones no sensibles a retardos, como el correo electrónico o la transferencia de archivos, y aplicaciones basadas en el intercambio de flujos en tiempo real.

Existe en la actualidad la idea de que el sobredimensionado de la red en términos de ancho de banda y de prestaciones de equipos evitará cualquier posible situación de congestión (y así evitará los retardos intolerables para las aplicaciones más exigentes). A esta propuesta contribuyen decisivamente el crecimiento de la capacidad de las redes y el abaratamiento sostenido del precio de la capacidad de transmisión (es decir, cada vez se pueden transmitir más bit/s de forma más barata). No obstante, desde otros sectores de considerable influencia (operadores tradicionales y fabricantes de equipos), se afirma que hasta ahora el incremento de la demanda ha ido siempre en paralelo a los avances tecnológicos, por lo que se hacen necesarios nuevos mecanismos que permitan diferenciar el tratamiento de la red a los distintos servicios con requisitos de calidad heterogéneos.

Por otra parte, en los últimos tiempos ha aumentado de manera espectacular el número de usuarios de las redes de telecomunicación. Como consecuencia de este crecimiento, ha sido inevitable la segmentación de los clientes. La demanda ha dejado de ser homogénea y ahora confluyen usuarios con perfiles muy distintos, cada uno con sus propias necesidades y buscando una utilidad distinta a su conexión a la red. Algunos, por ejemplo, la emplean como herramienta de trabajo, mientras que otros buscan en ella un simple medio de entretenimiento para satisfacer sus momentos de ocio.

Bajo estas condiciones, y desde un punto de vista de negocio, puede ser beneficioso para los operadores ofrecer niveles diferenciados de calidad que se ajusten a los distintos segmentos de clientes, fijando el precio en función de la calidad ofrecida por cada clase de servicio.

Estas son las razones por las que desde hace cierto tiempo se está invirtiendo un esfuerzo considerable en que las nuevas arquitecturas estén capacitadas para diferenciar flujos de tráfico procedentes de aplicaciones de características distintas, y en que incluyan mecanismos avanzados de gestión de tráfico.

Con el propósito de habilitar las redes de nueva generación para soportar servicios de tiempo real, se están desarrollando diferentes soluciones que permiten la implementación de mecanismos de provisión de calidad de servicio en el seno de redes basadas en el protocolo IP. En estos temas se está centrando gran parte de los esfuerzos de la IETF, encargada de estandarizar soluciones como MPLS y DiffServ, que son las propuestas más maduras entre todas las realizadas en los últimos años en este campo.

La aportación principal de MPLS pasa por las mejoras que permite alcanzar en la gestión de las rutas que siguen los flujos de tráfico, mientras que la mayor aportación de DiffServ viene dada por los mecanismos que introduce para manejar la prioridad de los flujos de tráfico.

a) MPLS

El protocolo MPLS (MultiProtocol Label Switching) auna las capacidades de gestión de tráfico de nivel 2 con la flexibilidad y escalabilidad propias del encaminamiento de nivel 3. El funcionamiento de este protocolo se caracteriza porque realiza la conmutación de los paquetes IP de acuerdo a la información contenida en una etiqueta (label) introducida entre las cabeceras de nivel 2 y nivel 3. De esta manera se consigue que las redes de datagramas sean capaces de funcionar como redes de conmutación de circuitos virtuales, lo que les proporciona una cierta orientación a conexión. El objetivo final es que se pueda realizar una gestión de los recursos de red basada en reserva de capacidades de transmisión extremo a extremo.

Una ventaja añadida es que la conmutación basada únicamente en una etiqueta simplifica considerablemente el procesado respecto a la conmutación de datagramas IP, ya que se evita la ejecución de una serie de procesos, como algoritmos de encaminamiento de nivel de red.

Una red MPLS está constituida por una agrupación de LSRs (Label Switching Routers), que son routers capaces de realizar el encaminamiento en función de la etiqueta MPLS, la cual identifica el paquete como perteneciente a un determinado camino. La correspondencia entre los flujos y las etiquetas se realiza en los routers de borde de la red, denominados en este contexto LERs (Label Edge Routers).

Cada LSR de la red se encarga de analizar la etiqueta de los paquetes recibidos para determinar el enlace de salida por el que deben ser retransmitidos, así como la nueva etiqueta que los debe acompañar. Toda esta información está contenida en tablas de conmutación que deben residir en todos los nodos y ser inicializadas como paso previo a la transmisión de los paquetes.

Se denomina LSP (Label Switching Path) al camino específico que sigue un paquete a través de la red determinado por las etiquetas que se le asignan. Es conceptualmente similar a un canal virtual de ATM y puede ser punto a punto, punto a multipunto, multipunto a punto o multipunto a multipunto.

En una primera fase, el LSR de entrada a la red debe establecer un LSP por el que se van a transmitir los paquetes. Para ello envía un mensaje hacia el LSR destino, el cual contesta con la transmisión, siguiendo el camino inverso, de la etiqueta que se debe emplear. Cada uno de los nodos de este camino procesa el mensaje guardando la etiqueta que debe usar para transmitir los paquetes hacia el LSR siguiente y lo reenvía hacia el nodo anterior incluyendo la etiqueta que éste debe emplear para comunicarse con él. De esta manera queda establecido el LSP. El encargado de esta misión es siempre el nodo destino de cada enlace en el que se utiliza una etiqueta: es éste el que, tras tomar la decisión sobre el significado, la distribuye a sus antecesores.

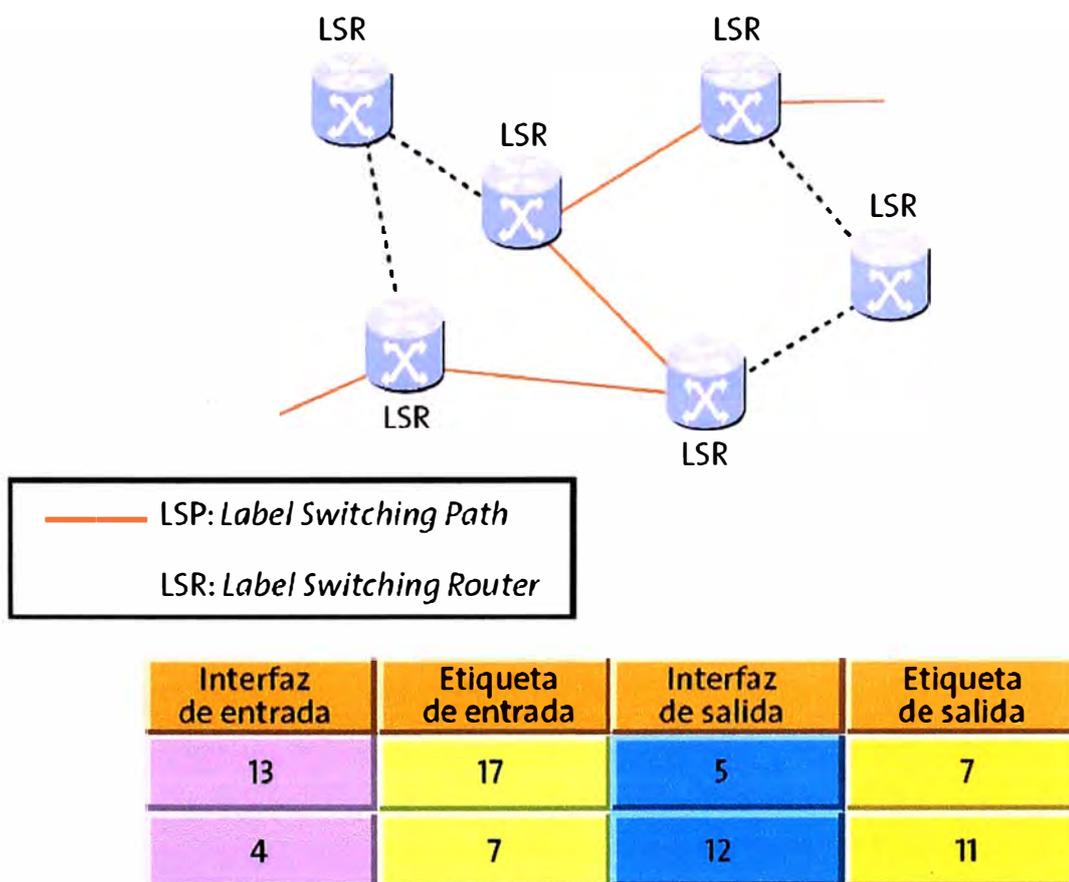


Fig. 2.8 Ejemplo de red MPLS [13]

Para realizar esta función de distribución se utilizan varios protocolos, similares en su funcionalidad a los protocolos del plano de control de ATM:

- LDP (Label Distribution Protocol). Es específico de MPLS. Su extensión CR-LDP (Constrained Routing LDP) tiene en cuenta los requisitos del flujo y las condiciones de la red para establecer el LSP por el que debe ser transportado.
- RSVP (Resource reSerVation Protocol) con extensiones. Se amplía el protocolo de reserva RSVP, originalmente diseñado para señalar demandas de calidad de servicio extremo a extremo.
- BGP (Border Gateway Protocol) con transporte de etiquetas. Las redes privadas virtuales y la interconexión entre redes de proveedores de servicio se perfilan como las principales aplicaciones de este protocolo, que distribuirá etiquetas de segundo nivel de jerarquía dentro de los núcleos de red.

El empleo de MPLS aporta una serie de ventajas que complementan al protocolo IP:

- Agregación de flujos. Por un lado, posibilita la realización de agregación de flujos. Permite que varios flujos distintos sean transmitidos a través de un camino común identificados por una única etiqueta y siendo tratados, a todos los efectos, como un solo flujo.
- Integración de tráfico. Otra de las grandes aportaciones de MPLS pasa por la mejora de la calidad de servicio que pueden ofrecer las redes IP. El encaminamiento actual de Internet se realiza atendiendo a una serie de criterios demasiado simples: las tablas de encaminamiento permiten buscar la ruta óptima según una determinada métrica y los posibles caminos alternativos no son empleados, concentrando todo el tráfico en determinados puntos de la red y produciendo una utilización de los recursos poco uniforme.

Haciendo uso de MPLS, en la fase de establecimiento del LSP se pueden tener en cuenta criterios apropiados de Ingeniería de Tráfico con el fin de establecer rutas prefijadas para los paquetes. De esta manera, se da una cierta orientación a conexión a la red IP que permite introducir una serie de mecanismos de cara a obtener una mejor gestión de los recursos que pueda garantizar determinados niveles de calidad de servicio para los flujos. También es posible dirigir el tráfico desde enlaces sobrecargados de la red hacia otros que estén infrautilizados, obteniendo una distribución más uniforme de la carga, que se traduce en un mejor aprovechamiento de los recursos.

- Redes privadas virtuales. Las "redes privadas virtuales" (VPNs – Virtual Private Networks) ofrecen conectividad entre varios sitios privados empleando un núcleo de red compartido y aportando las mismas funcionalidades (seguridad, fiabilidad, capacidad de gestión, etc.) de las que se dispondría si se hiciera sobre una red

privada. Pueden ser implementadas sobre la Internet pública o sobre la red de un proveedor de servicios.

Todavía no está claro que la solución a la calidad de servicio garantizada pase por el uso generalizado de MPLS. En principio, esta era una solución al problema puntual de integración de entornos IP y ATM, que ha sido un éxito. Por otra parte, como se ha señalado, su orientación al paradigma de la conmutación de circuitos la hace ideal para la gestión de VPNs. Sin embargo, esta misma concepción presenta ciertos inconvenientes:

- El modelo de red que propone MPLS, si bien soluciona el problema de escalabilidad que presentaba ATM, requiere todavía unas labores de gestión complejas. Los sistemas orientados a conexión son efectivos en entornos locales (intradominio) o estáticos (como la red telefónica). MPLS es difícilmente gestionable en una red de alcance mundial y de desarrollo muy dinámico, como Internet.
- A pesar de los esfuerzos de IETF, la tecnología MPLS no es todavía un estándar de facto. Los fabricantes de equipos, a pesar de que afirman casi sin excepción que incorporan el protocolo en sus equipos, suelen ofrecer versiones propietarias que no se comunican entre sí (salvo, quizás, en los aspectos más básicos del estándar). Esto hace que el despliegue de una red MPLS operativa obligue a depender de un único suministrador, o, en caso contrario, estar dispuesto a realizar complicadas tareas para unificar la gestión de los equipos (problemas, por otra parte, que han sufrido mucho tiempo los operadores telefónicos).

b) DiffServ

La definición de arquitecturas como IntServ (Integrated Services) ó DiffServ (Differentiated Services), permiten diferenciar entre sí los flujos que atraviesan una red en términos de prestaciones, de acuerdo a unas garantías (IntServ) o expectativas (DiffServ) de calidad.

Los esfuerzos para el desarrollo de una arquitectura de IntServ fracasaron. Se intentaba brindar un tratamiento individualizado a cada uno de los flujos que atravesaban las redes lo cual presenta serios problemas de escalabilidad, puesto que el número de flujos puede llegar a ser realmente elevado dentro de la red de transporte.

Como alternativa DiffServ propuso una arquitectura en la que el tratamiento se lleva a cabo sobre agrupaciones de flujos, de manera que se trata por igual a todos los flujos que requieren la misma clase de servicio. Así se consiguen evitar los problemas de escalabilidad de los que adolecía IntServ.

Por medio de un contrato de tráfico, la red se compromete a dar un determinado trato a los paquetes, con vista a ofrecer una calidad de servicio definida, siempre y cuando el flujo satisfaga unos determinados parámetros estadísticos, como pueden ser la tasa de pico o la tasa media.

El tratamiento viene determinado por el contenido del campo DS de la cabecera del paquete IP, que se establece con el campo TOS (Type Of Service), en el caso de IP, o con el campo Traffic Class, cuando se trata de IPv6. Los paquetes entran en la red de tránsito con una determinada marca, indicativa de la calidad de servicio de que son acreedores, en función de que cumplan o no con el contrato de tráfico previamente establecido, que va a condicionar el tratamiento que los nodos y enlaces les otorguen. Todos los nodos del núcleo de la red (tanto los exteriores como los interiores) deben disponer de mecanismos de prioridad capaces de discriminar los paquetes en función de sus marcas (este es un requisito que cumplen la práctica totalidad de los equipos actuales). El tratamiento de los paquetes se concreta en lo que se conoce como PHBs (Per Hop Behaviours), que establece distintos niveles de prioridad:

- **Prioridad de servicio.** Determina qué paquete se atiende en primer lugar de todos los que están esperando a ser transmitidos por un enlace.
- **Prioridad de descarte.** En el interior de los nodos los paquetes son almacenados en buffers de tamaño finito. Como consecuencia de esto, cuando se agota su capacidad hay que proceder al descarte de uno o más paquetes. La prioridad de descarte permite determinar cuáles son los paquetes que se van a descartar cuando se produzca esta situación.

Durante su recorrido a través de la red, un paquete recibe distintos PHBs. en los nodos de la misma, en función del tratamiento de que sea acreedor, de manera que el servicio ofrecido a un flujo viene determinado por esa sucesión de PHBs. En este contexto, es necesario definir un conjunto de servicios extremo a extremo como sucesiones de PHBs.

La IETF se ha centrado en la especificación de dos tipos de PHBs distintos:

- **EF (Expedited Forwarding).** Define el tratamiento que se debe dar a los paquetes pertenecientes a flujos de servicios de tiempo real, permitiendo asegurar bajos retardos extremo a extremo, bajo jitter, baja probabilidad de pérdidas y una tasa mínima garantizada. A los paquetes conformes con el contrato de tráfico se les da un tratamiento de máxima prioridad de servicio en las colas de los distintos nodos, mientras que a los no conformes no tiene sentido darles un tratamiento de menor prioridad, puesto que se traduciría en unos retardos demasiado altos y, en todo

caso, inaceptables para este tipo de aplicaciones. Por esta razón son descartados directamente evitando de esta manera el consumo innecesario de recursos.

- AF (Assured Forwarding). En este caso se definen cuatro prioridades de servicio diferenciadas, cada una de las cuales soporta tres niveles de prioridad ante descartes distintos. La diferenciación en niveles de calidad de servicio viene determinada por la reserva de recursos (ancho de banda y espacio en colas). Además, se trata de minimizar las congestiones a largo plazo mediante la inclusión de mecanismos activos de gestión de colas, como RED, RIO o WRED.

Dentro de una misma clase de servicio, los paquetes pueden presentar tres probabilidades de descarte distintas en caso de congestión, con vistas a que el tráfico conforme al contrato no sufra tanto este inconveniente. De esta manera, a los paquetes no conformes se les otorga una menor prioridad, que equivale a una mayor probabilidad de descarte. Así pues, el tratamiento ofrecido a los paquetes de un determinado flujo dependerá de la cantidad de recursos asignados para los flujos de su clase, de la carga de los mismos y de su probabilidad de descarte ante situaciones de congestión.

DiffServ se plantea como la solución más adecuada para ofrecer calidades diferenciadas en el seno de las futuras redes. Además es compatible y complementaria de MPLS. Usando las dos de manera combinada se pueden aprovechar las capacidades de gestión de tráfico de la primera y las de ingeniería de tráfico de la segunda para ofrecer una cartera de servicios más amplia haciendo un uso más eficiente de los recursos.

Esta arquitectura por si sola no supone por si sola la diferenciación de servicios en las redes IP:

- El modelo DiffServ se limita a ofrecer expectativas de calidad a los flujos, y no garantías absolutas, es decir, asegura que a unos flujos se les trata mejor que a otros, pero no garantiza unos parámetros de calidad concretos a cada grupo de flujos.
- El control sobre los flujos de tráfico se realiza únicamente dentro del dominio IP del operador, pero no se tiene un control extremo a extremo de la comunicación.

En resumen, el modelo Diffserv supone una herramienta simple para ofrecer servicios diferenciados, aunque sea necesario complementarla con otras herramientas de gestión o de dimensionado para explotar todas sus posibilidades.

2.2.4 IPv6

La principal motivación para desarrollar IPv6 fue solucionar las ineficiencias de IPv4 tales como escasez de direcciones IP, ausencia de jerarquía de encaminamiento entre otros. El resultado fue una nueva versión del protocolo IP que aporta un gran número de mejoras que van más allá del aumento del espacio de direcciones.

El nuevo protocolo IP se presentó en el Internet Draft "The Recommendation for the IP Next Generation Protocol" [RFC 1752] en 1995, que se convirtió en un "Proposed Estándar" [RFC 1883] en 1995. En 1998 el núcleo del protocolo IPv6 se convirtió en un "Draft Estándar" [RFC 2460].

Entre las mejoras introducidas cabe destacar el aumento del espacio de direcciones y la mejora de su gestión, la calidad de servicio, la autoconfiguración, la seguridad, los servicios anycast y multicast, la movilidad, y el multihoming.

a) Aumento de espacio de direcciones y mejora de su gestión

Las direcciones de IPv6 tienen una longitud de 128 bits, es decir existen 2^{128} direcciones, lo que elimina la necesidad de usar direcciones privadas y servidores NAT.

El IETF ha elegido un esquema jerárquico basado en agregación para la asignación de las direcciones IPv6, porque combina las ventajas de la asignación geográfica y por proveedor:

- Los TLAs (Top Level Aggregators) son puntos públicos de tránsito (exchanges) donde los grandes carriers y operadores establecen sus conexiones.
- Los NLAs (Next Level Aggregators) representan a los grandes proveedores y a las redes corporativas globales. El campo NLA se puede dividir en varios subcampos, con lo que se puede crear una nueva jerarquía, siguiendo el esquema actual, donde los ISPs pequeños se subscriben a ISPs grandes.
- El campo SLA (Site Level Aggregation) identifica a la red local.

Esta jerarquía de direcciones da lugar a una jerarquía de encaminamiento global, que permite la agregación de rutas, por lo que los routers ya no se ven obligados a almacenar y mantener tablas con información de encaminamiento para cada red existente. Este mecanismo es comparable al CIDR usado en IPv4, que gracias al uso de prefijos de red de longitud variable, permite una agregación de rutas a varios niveles de la jerarquía de Internet.

b) Calidad de servicio

Todas las soluciones de calidad de servicio desarrolladas para IPv4 son válidas para IPv6. ATM, RSVP, DiffServ y MPLS han sido también especificados para IPv6. En la cabecera

de IPv6 hay una "etiqueta" de 20 bits, que sirve para identificar los flujos, que facilita la gestión de tráfico basada en flujos de extremo a extremo.

c) Autoconfiguración

La autoconfiguración facilita la administración de las redes, ya que los nodos se reconfiguran automáticamente cuando reciben el nuevo prefijo de red, sin que sea necesario hacerlo manualmente o usar clientes DHCP. IPv6 tiene la capacidad de asignar a una única interfaz varias direcciones que pueden ser identificadas como válidas, deprecadas o "no válidas". Así, en un proceso de reenumerado, la dirección IPv6 de una interfaz se convierte en deprecada si se le asigna una dirección nueva. Durante un período de tiempo después de asignar la nueva dirección válida, la dirección deprecada continua recibiendo y enviando tráfico, lo que permite que las sesiones y comunicaciones basadas en la dirección antigua puedan terminar de forma segura; pasado un tiempo las direcciones deprecadas se convierten en "no válidas" y las direcciones válidas son las únicas que se usan.

d) Seguridad

IPv6 proporciona mecanismos de seguridades estándar y robustas gracias al uso de las cabeceras de encriptación y autenticación. La cabecera de autenticación garantiza la integridad de los datos así como la veracidad de la identidad de los emisores y receptores. El uso de esta cabecera permite que la autoconfiguración sea segura, ya que elimina los ataques de tipo spoofing (manipulación de las direcciones de los paquetes).

La cabecera de encriptación proporciona encriptación estándar a nivel de red, garantizando así la confidencialidad de los datos y evitando los ataques producidos por el uso ilícito de los programas analizadores de tráfico.

La encriptación se puede hacer en modo túnel (se encripta todo el paquete IP) o en modo transporte (se encriptan los datos de nivel de transporte).

La encriptación total de los datagramas es más segura que el modo de transporte porque las cabeceras del paquete no pueden ser analizadas, ya que están totalmente encriptadas. Así, la encriptación total permite que las direcciones contenidas en las cabeceras de routing del paquete IPv6 no sean visibles en la porción pública del camino, lo que la hace especialmente valiosa para crear túneles de seguridad entre los firewalls de dos sitios remotos.

e) Los servicios “anycast” y “multicast”

El servicio multicast es un servicio estándar en IPv6. Este servicio dispone de la posibilidad de usar "ámbitos" para granularizar los grupos multicast. Este servicio es muy útil para la distribución de contenidos multimedia.

El servicio anycast permite la asignación de una única dirección IP a un grupo de nodos, con la particularidad de que un paquete enviado a una de estas direcciones sólo será entregado a un nodo del grupo (el que esté más cerca según el protocolo de encaminamiento empleado). El uso de este tipo de direcciones proporciona robustez y permite balancear la carga, ya que se puede asignar una única dirección a varios servidores (o routers) y, en el caso de que uno falle, el tráfico se encaminará automáticamente a uno de los nodos activos.

f) Multihoming

IPv6 permite el multihoming, es decir, un nodo puede estar conectado a varias redes (ISPs) diferentes a la vez. Un nodo conectado a varios proveedores creará, mediante la autoconfiguración de IPv6, una dirección IP por cada prefijo que reciba (es decir, por cada red a la que esté conectado) y será el sistema operativo o la pila IP el que decida qué dirección y, por tanto, qué red usar en cada momento.

Esta capacidad de IPv6 no sólo proporciona una gran fiabilidad y robustez sino que, además, permite el balanceo de carga y la selección dinámica de proveedores en función de requisitos tales como el coste, la calidad de servicio que requiera una determinada conexión, etc.

2.3 Redes de Acceso

El acceso juega un papel de gran importancia, desde el punto de vista tecnológico, en el desarrollo del nuevo modelo de red. La evolución de las tecnologías de acceso debe facilitar el despliegue de las nuevas redes y servicios. Cada vez en mayor medida los usuarios demandan accesos de banda ancha que les permitan acceder a los nuevos servicios y prestaciones que ofrecen las redes de comunicaciones.

A continuación la evolución de las redes de acceso de mayor difusión: redes de acceso por par de cobre y redes de acceso por cable coaxial; y redes de acceso por fibra.

2.3.1 Redes de acceso basados en fibra

La evolución de la red de acceso es, a largo plazo, una red de acceso basada única y exclusivamente en fibra óptica como medio portador según la arquitectura FTTH.

Desde el punto de vista de la transmisión de información, la fibra óptica es un portador con unas prestaciones muy superiores al cable, debido a su mayor capacidad, su menor atenuación y al desacoplo entre portadores.

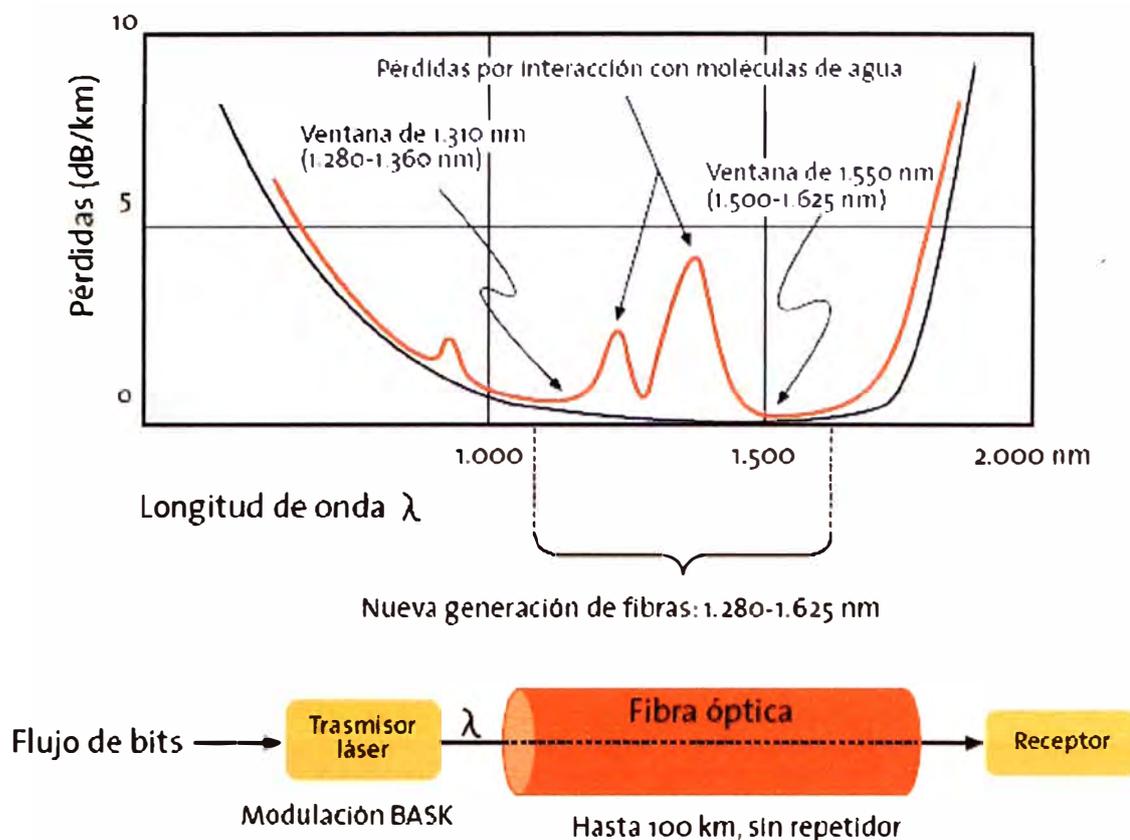


Fig. 2.9 Características de transmisión de la fibra [19]

En la Figura 2.9 se observa que en las ventanas de transmisión de 1.310 y 1.550 nm la atenuación es mínima. Estas fibras se corresponden con las categorías G.652.A y G.652.B especificadas en la recomendación G.652 [20].

La nueva generación de fibras que eliminan los picos de absorción producidos por las moléculas de agua, especificadas en [20] que se denominan Low-Water-Peak Fiber (categorías G.652.C y G.652.D). Este tipo de fibras extiende la ventana de transmisión desde 1.260 nm hasta 1.625 nm, y permiten el despliegue de sistemas de muy alta capacidad basados en la multiplexación por división en longitud de onda en sus modalidades: DWDM (Dense) y CWDM (Coarse). Observando el ancho de banda de las ventanas de transmisión de la fibra, podemos considerar a ésta como un medio de transmisión con un ancho de banda ilimitado.

Para una red de acceso basada únicamente de fibra óptica se han planteado diversas alternativas. Buena parte de esas opciones se basan en un modelo PON (Passive

Optical Network), cuya ventaja radica en el hecho de ser una solución sin elementos activos. Soluciones PON estandarizadas:

- BPON (Broadband Passive Optical Network). Recomendación G.983.x de la UIT-T.
- EPON (Ethernet Passive Optical Network). Estándar 802.3ah del IEEE.
- GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network). Recomendación G.984.x de la UIT-T.

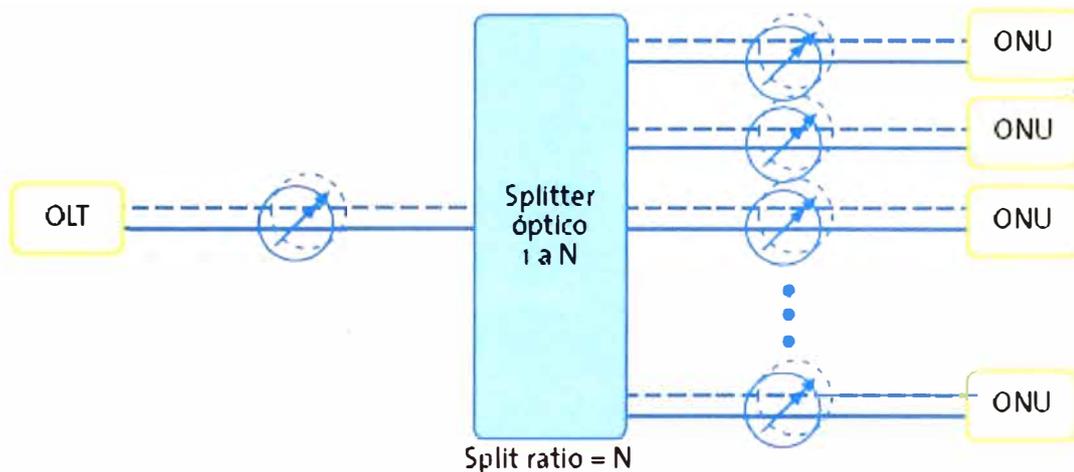


Fig. 2.10 Topología de una red PON [19]

En un modelo PON la transmisión es sobre fibra y los únicos dispositivos optoelectrónicos se sitúan en los extremos de la red de acceso óptico, no existiendo ningún elemento activo, incluido el splitter, en el medio de transmisión.

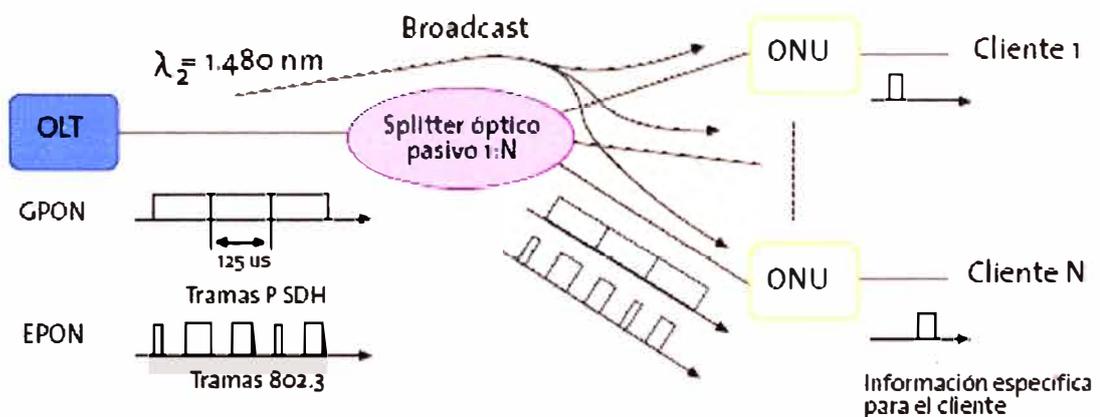


Fig. 2.11 Comunicación EPON y GPON en sentido downstream [19]

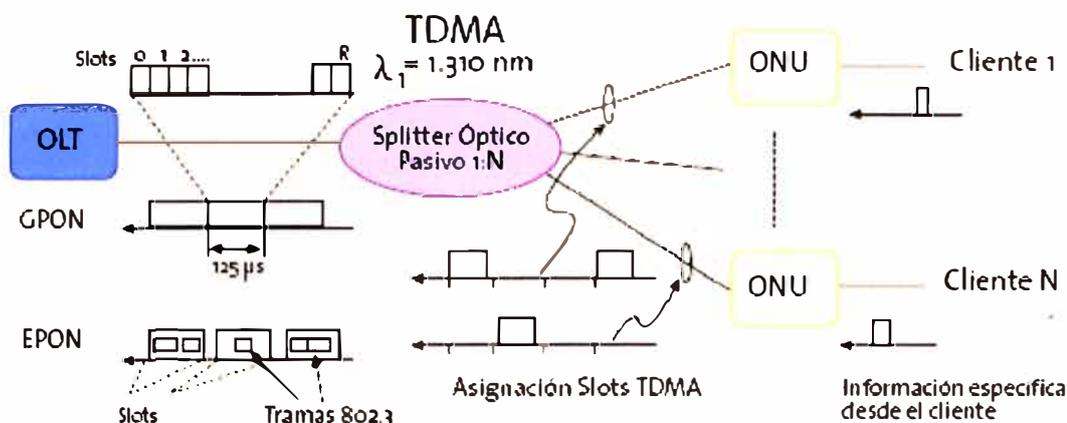


Fig. 2.12 Comunicación EPON y GPON en sentido upstream [19]

La interfaz de red se denomina OLT (Optical Line Termination) y reside en la central local, mientras que la interfaz de cliente se denomina ONU (Optical Network Unit) y reside en el propio local del cliente o próximo a él.

El acceso puede estar compuesto por una o dos fibras. En el caso de trabajar con una sola fibra, la comunicación bidireccional se logra empleando multiplexación de longitudes de onda, de modo que se emplea una λ distinta para cada sentido de transmisión. En cambio, cuando se trabaja con dos fibras, en ambas se trabaja con la misma longitud de onda (λ).

La capacidad de este tipo de acceso puede aumentar de forma prácticamente ilimitada, utilizando múltiples longitudes de onda por medio de alguna de las modalidades de WDM, por ejemplo, CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing).

El splitter es un dispositivo óptico pasivo con unas pérdidas de retorno altas y, en el sentido de red a usuario, con unas pérdidas de transmisión inversamente proporcionales a N, siendo N el número de fibras en las que se reparte la señal óptica procedente del OLT. La señal óptica enviada por una OLT llega a todas las ONU, mientras que en sentido ascendente cada ONU transmite sólo durante un periodo de tiempo (timeslot). Es decir, la técnica de acceso al canal es:

- Broadcast TDM (Time Division Multiplexing) en sentido descendente.
- TDMA (Time Division Multiple Access) en sentido ascendente.

TABLA N° 2.1 Comparación entre alternativas PON [19]

	BPON	EPON	GPON
Estándar	UIT-T G.983.x	IEEE 802.3ah	UIT-T G.984.x
Caudales	<ul style="list-style-type: none"> 155,52 Mbit/s Down y 155,52 Mbit/s Up. 622,08 Mbit/s Down y 155,52 Mbit/s Up. 622,08 Mbit/s Down y 622,08 Mbit/s Up. 1.244,16 Mbit/s Down y 155,52 Mbit/s Up. 1.244,16 Mbit/s Down y 622,08 Mbit/s Up. 	<ul style="list-style-type: none"> Régimen de línea: 1.250 Mbit/s, simétrico. Codificación de línea 8B/10B. Régimen de trama: 1.000 Mbit/s, simétrico. 	<ul style="list-style-type: none"> 1.244,16 Mbit/s Down y 155,52 Mbit/s Up. 1.244,16 Mbit/s Down y 622,08 Mbit/s Up. 1.244,16 Mbit/s Down y 1.244,16 Mbit/s Up. 2.488,32 Mbit/s Down y 155,52 Mbit/s Up. 2.488,32 Mbit/s Down y 622,08 Mbit/s Up. 2.488,32 Mbit/s Down y 1.244,16 Mbit/s Up. 2.488,32 Mbit/s Down y 2.488,32 Mbit/s Up.
Tipo de fibra	Monomodo (UIT-T G652)	Monomodo (UIT-T G652)	Monomodo (UIT-T G652)
Número de fibras	1 ó 2 fibras	1 fibras	1 ó 2 fibras
Longitudes de onda	<p>Con una sola fibra:</p> <ul style="list-style-type: none"> Down: <ul style="list-style-type: none"> 1.480 a 1.500 nm para datos. 1.550 a 1.560 nm para distribución video. Up: 1.260 a 1.360 nm. <p>Con dos fibras: una para cada sentido de transmisión. En todas ellas se trabaja en la banda de 1.260 a 1.360 nm (se mantiene la banda de 1.550 a 1.560 nm para distribución de video en sentido descendente).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Down: 1.550 a 1.560 nm para distribución de video. Up: 1.260 a 1.360 nm. 	<p>Con una sola fibra:</p> <ul style="list-style-type: none"> Down: <ul style="list-style-type: none"> 1.480 a 1.500 nm para datos. 1.550 a 1.560 nm para distribución video. Up: 1.260 a 1.360 nm. <p>Con dos fibras: una para cada sentido de transmisión. En todas ellas se trabaja en la banda de 1.260 a 1.360 nm (se mantiene la banda de 1.550 a 1.560 nm para distribución de video en sentido descendente).</p>
Split ratio	Hasta 32	Hasta 16	Hasta 128
Alcance máximo	20 km	20 km	60 km
Variación máxima de distancia entre ONUs	20 km	20 km	20 km
Encapsulado de la información entre OLT y ONU	Sobre celdas ATM	Sobre tramas ethernet	Sobre celdas ATM, o bien empleando Ethernet o TDM, usando para ello GEM (<i>GPON Encapsulation Mode</i>), basado en GFP (<i>Generic Framing Procedure</i>), o dual

Como cada ONU puede estar emplazada a una distancia de la OLT diferente de la del resto de ONUs atendidas por esa misma OLT, el retardo con el que llegan las señales ópticas enviadas por cada ONU es diferente, lo que podría dar lugar a solapamiento. Por esta razón, en los sistemas PON es imprescindible una correcta estimación de la distancia entre OLT y ONU, lo que se denomina ranging, con el fin de permitir una correcta multiplexación en sentido ascendente de las señales transmitidas por cada ONU. El número de fibras en las que el splitter divide la señal es lo que se denomina split ratio, e indica el número máximo de equipos a los que se puede atender desde una OLT.

Existe una alternativa WDM-PON actualmente en desarrollo, en la que existe un amplio abanico de posibilidades y propuestas de desarrollo de dispositivos ópticos. Como un simple ejemplo se puede mencionar que para evitar la utilización de múltiples láseres en la OLT se propone la utilización de fuentes que generen simultáneamente varias longitudes de onda.

De todos los sistemas PON descritos, BPON ha sido el primer estándar, por lo que sus prestaciones son inferiores al resto.

Si comparamos los sistemas EPON y GPON desde el punto de vista de costes, EPON es el sistema más económico, pero presenta deficiencias en cuanto a su capacidad. En un escenario en el que el tráfico TDM y de paquetes sea del 20 por ciento y del 80 por ciento respectivamente, EPON ve mermada en un 50 por ciento por el uso de una codificación 8B10B y otras ineficiencias que contribuyen notablemente a disminuir su capacidad útil.

GPON es funcionalmente más complejo y, por tanto, su coste es mayor. Su eficacia es muy superior a la de EPON. En un escenario en el que el tráfico TDM y de paquetes sea del 20 por ciento y del 80 por ciento respectivamente, su eficacia es del 94 por ciento.

Para una configuración de $N=16$ EPON proporciona una capacidad neta por cliente de 37Mbps. Podemos concluir que EPON tiene serios inconvenientes, el coste por cliente es pobre y su capacidad por cliente no es adecuada en un escenario de red a medio y largo plazo.

GPON proporciona una capacidad de bajada de 70 Mbit/s para una configuración de $N=32$, que unido a su coste le hace un candidato para despliegues masivos en red.

2.3.2 Evolución de las redes de acceso por par de cobre

Los avances tecnológicos han hecho posible que los operadores puedan ampliar sus ofertas de servicios obligados por la cada vez mayor competencia:

Los operadores tradicionales de voz pueden entregar contenidos de TV y vídeo bajo demanda sobre redes IP (IPTV), y acceso a Internet, gracias a las tecnología xDSL.

Están invirtiendo principalmente en las siguientes infraestructuras de red para ofrecer banda ancha sobre el acceso fijo:

- Redes basadas en cobre. En este tipo de redes se usan tecnologías de acceso xDSL desplegadas desde la central o desde nodos emplazados en las proximidades del domicilio del cliente, empleando en este último caso fibra óptica para la conexión de los nodos con la red troncal (FTTN y FTTB).
- Redes basadas en fibra óptica hasta el hogar. En este caso se usan tecnologías GPON (FTTH).

a) Acceso xDSL

La finalidad de las tecnologías de acceso DSL (Digital Subscriber Line) asimétricas (ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL o VDSL2) o simétricas (HDSL o SHDSL), es la de proporcionar una gran velocidad de transmisión sobre las redes de acceso fijo. Se realizara un enfoque de las modalidades asimétricas DSL.

La asimetría se adapta bien a los requerimientos de ancho de banda para servicios como Internet, vídeo y TV.

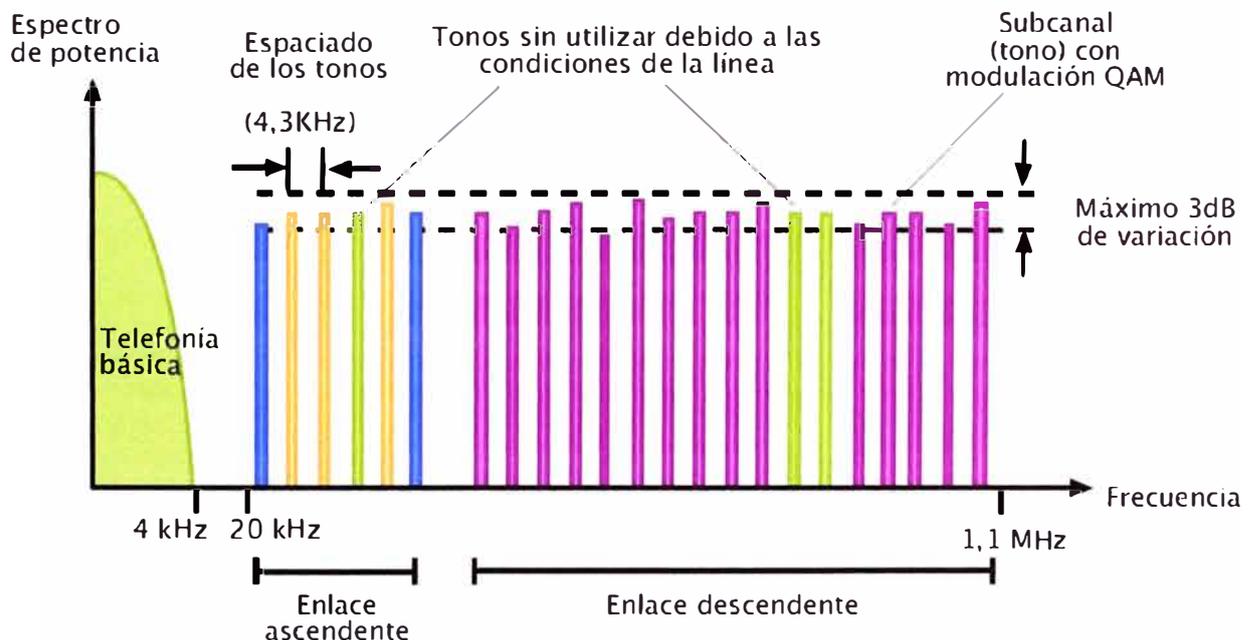


Fig. 2.13 Espectro de frecuencias de banda estrecha ampliado para ADSL [21]

Los sistemas xDSL asimétricos se basan en modulaciones DMT (Discrete MultiTone), también conocidas como OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Consisten en un conjunto de tonos equiespaciados, denominados subportadoras, modulados en QAM (Quadrature Amplitude Modulation) en una parte del flujo de datos a transmitir. La dimensión de la modulación QAM aplicada a cada subportadora dependerá de lo que permita la respuesta estimada del canal a la frecuencia de esa subportadora. Para conseguir una transmisión full-duplex, simultánea en ambos sentidos, una parte de las subportadoras se emplean para la transmisión en sentido ascendente o upstream, y el resto para la transmisión en sentido descendente o downstream.

Los anchos de banda que proporcionan las tecnologías de acceso xDSL varían con la longitud del bucle, de manera que:

- A mayor longitud del bucle, mayor será la atenuación.
- La atenuación introducida por el par de cobre aumenta con la frecuencia.

Cuanto mayor sea la longitud del bucle, mayor será la atenuación total experimentada por las señales transmitidas.

TABLA N° 2.2 Características técnicas xDSL asimétricas [21]

Modalidad de xDSL	Separación entre subportadoras contiguas	Número máximo de subportadoras	Modulación de cada subportadora	N° de bits por subportadora	Bandas de frecuencias "upstream"	Bandas de frecuencias "downstream"
ADSL (UIT G.992.1)	4,3125 kHz	256	QAM	Entre 2 y 15 (de 4-QAM a 32768-QAM)	25,875 kHz - 138 kHz	138 kHz - 1.104 kHz.
ADSL2+ (UIT G.992.5)	4,3125 kHz	512	QAM	Entre 1 y 15 (de 4-QAM a 32768-QAM)	25,875 kHz - 138 kHz	138 kHz - 2.208 kHz.
VDSL2 (UIT G.993.2)	4,3125 kHz	4.096	QAM	Entre 1 y 15 (de 4-QAM a 32768-QAM)	<ul style="list-style-type: none"> • 25,875 kHz - 138 kHz • 3.750 kHz - 5.200 kHz • 8.500 kHz - 12.000 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 138 kHz - 3.750 kHz. • 5.200 kHz - 8.500 kHz • 12.000 kHz - 17.664 kHz

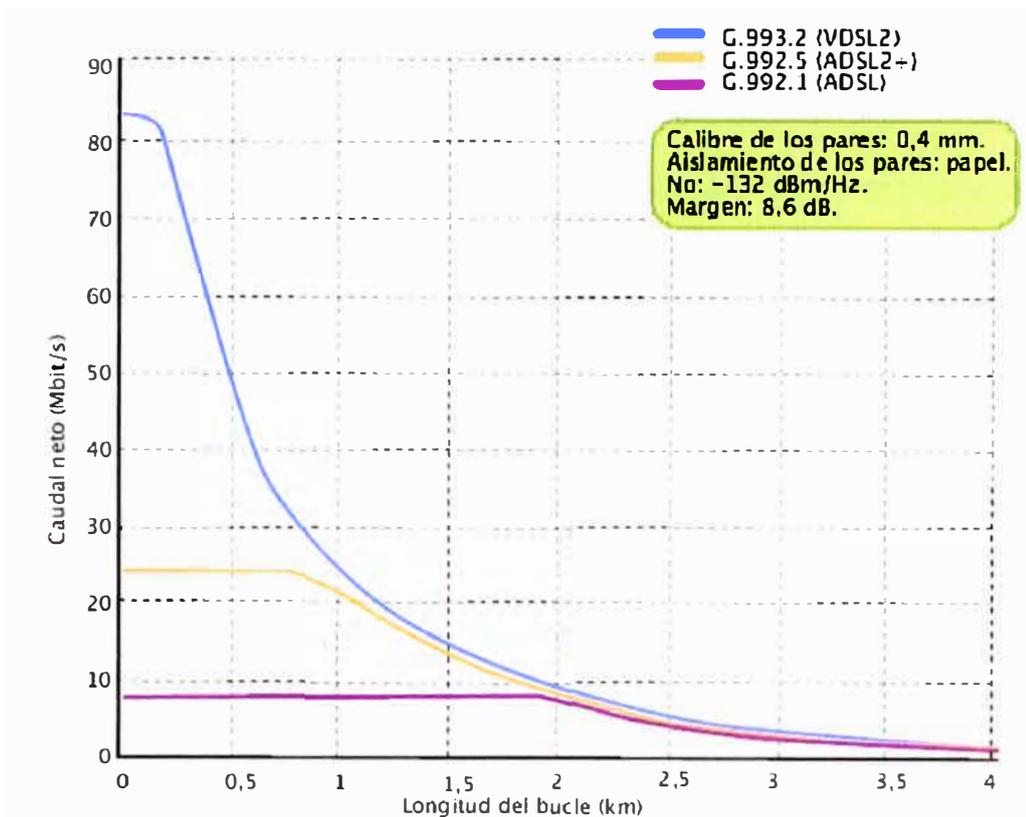


Fig. 2.14 Variación de velocidad "downstream" [21]

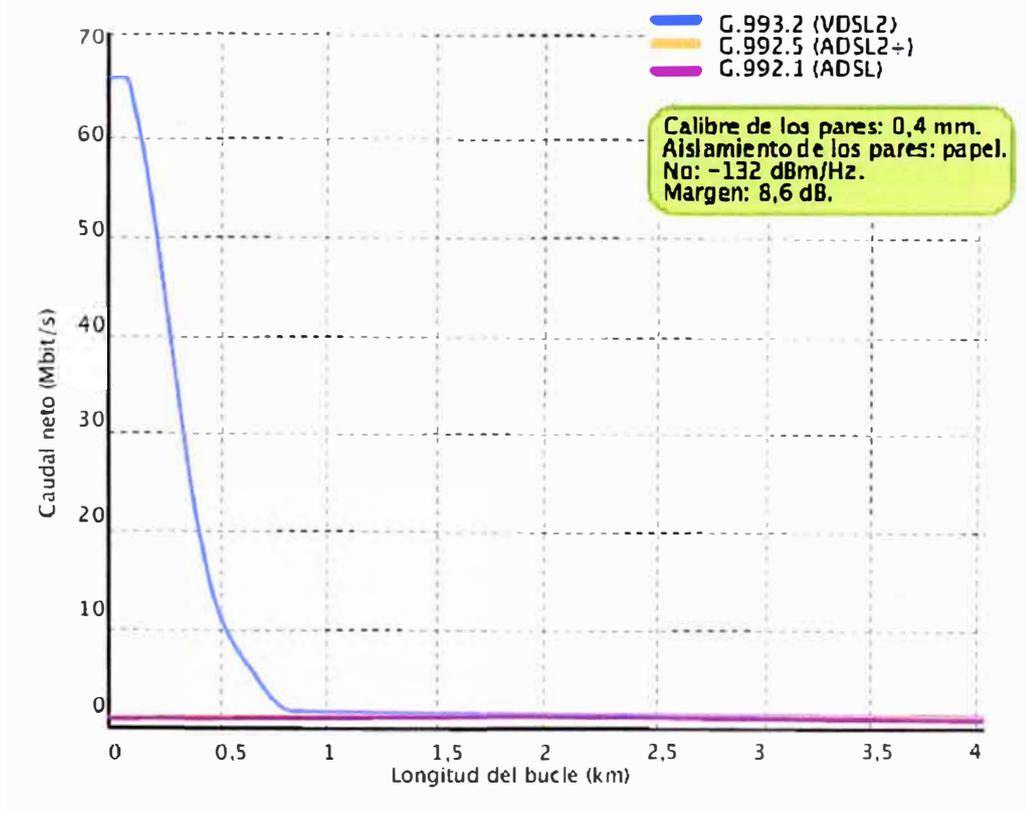


Fig. 2.15 Variación de velocidad "upstream" [21]

b) Acceso FTTx

Las tecnologías de fibra hasta el hogar (FTTH), de acuerdo al modelo PON (Passive Optical Network), plantean el uso de fibra óptica desde terminadores de líneas ópticas en central (TLO) que permite ofrecer velocidades de hasta 2.488 Gbps simétricos a un mismo cliente. Se puede conseguir cantidades menores instalando splitters ópticos que permiten una bifurcación de la fibra hasta llegar, por ejemplo, a velocidades de acceso próximas a los 100 Mbps para cada cliente.

Una alternativa es utilizar la tecnología híbrida de fibra hasta las cercanías de cliente (FTTN o FTTB), alternándola con la tecnología VDSL2 en el acceso al cliente para distancias menores de 500 metros, que permite ofrecer servicios individualizados de 50 Mbps. Esta aproximación de acortamiento de bucle exige que el operador realice una inversión tanto en el despliegue de la fibra óptica como en la instalación de los equipos en edificios o aceras que incrementan los costes operativos (OPEX).

De lo anterior se deduce la necesidad de usar redes de acceso mixtas FTTx + xDSL para ofrecer accesos de banda ancha con una amplia cobertura. Se introduce fibra en la red de acceso para que la longitud de los pares de cobre sobre los que se proporcionan los accesos de banda ancha sean lo suficientemente cortos como para permitir grandes velocidades de acceso empleando xDSL.

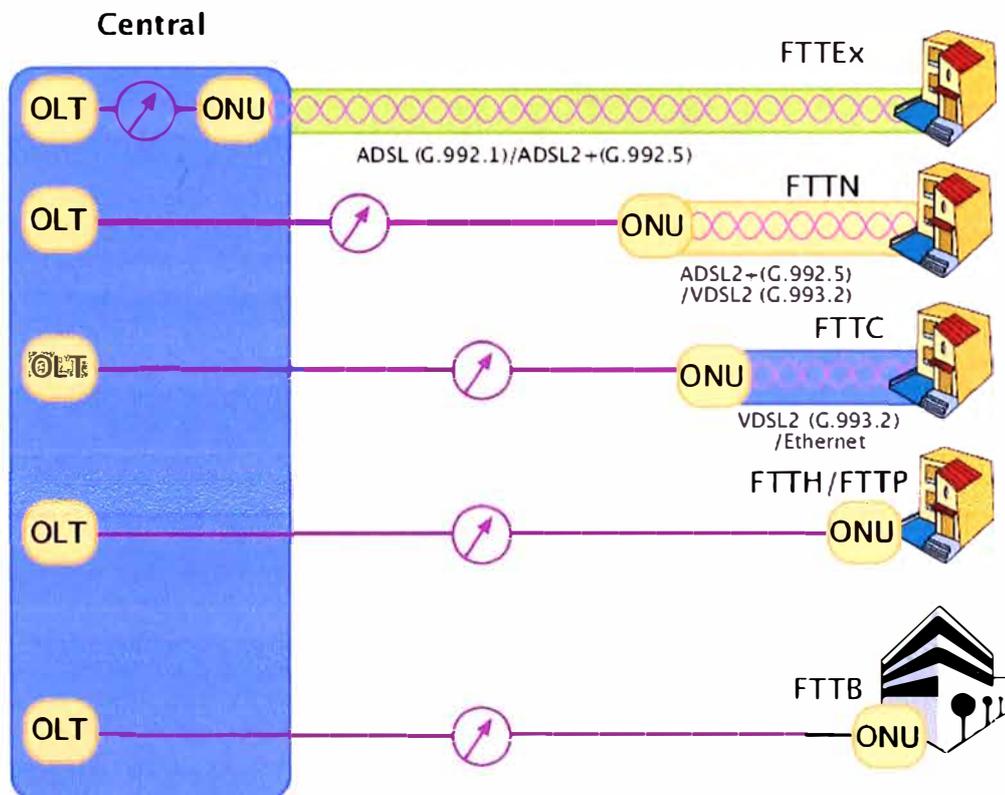


Fig. 2.16 Escenarios FTTx + xDSL [21]

En una red de acceso híbrida FTTx + xDSL se pueden plantear dos posibilidades.

- La primera opción consiste en el empleo de las soluciones PON, como puede ser BPON (Broadband PON, UIT-T G.983.1), EPON (Ethernet PON) o GPON (Gigabit-capable PON, UIT-T G.984.1), con acometidas sobre par de cobre en el tramo final desde el ONU (Optical Network Unit) hasta el domicilio de cliente.
- La segunda opción consiste en el despliegue de una red mixta de fibra más par de cobre, con una topología en estrella (hub & spoke), empleando para ello conmutadores ethernet con interfaces GbE (Gigabit Ethernet), que por medio de enlaces punto a punto conectan con DSLAMs emplazados en las proximidades del domicilio del cliente. Estos enlaces están equipados con interfaces de línea ADSL2+ o VDSL2, desde donde se efectúa la acometida final al usuario.

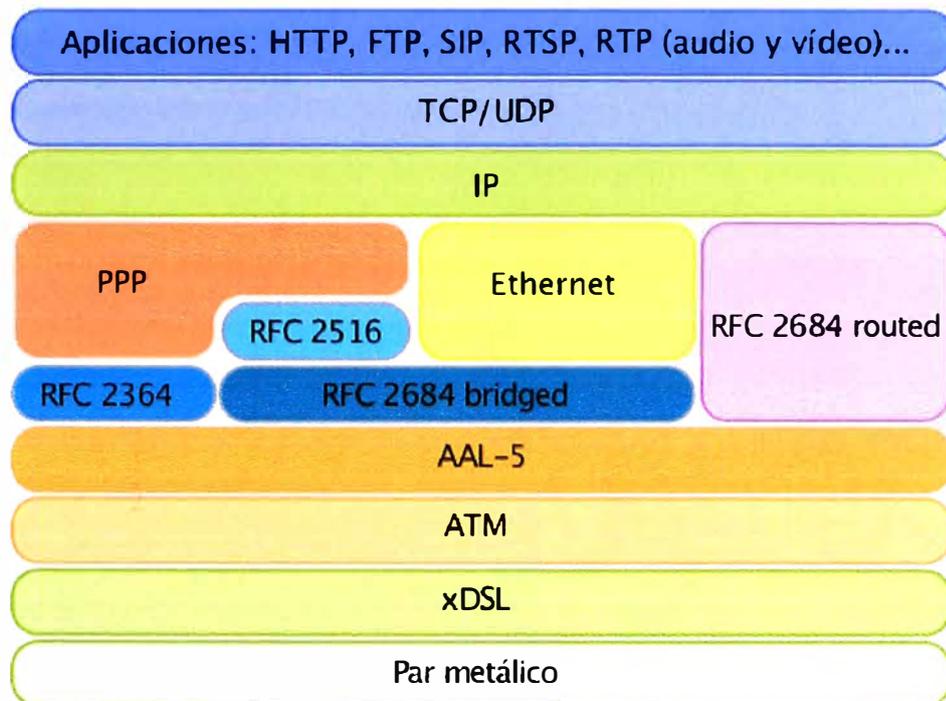


Fig. 2.17 Torre de protocolos empleados en xDSL [21]

Un operador de telefonía tradicional puede ofrecer una oferta de servicios triple play usando xDSL considerando:

- Sobre el enlace xDSL se definen VCCs (Virtual Channel Connections) ATM. Que permite por ejemplo independizar y priorizar el tráfico (de voz, de Internet y de TV), pudiendo asegurar una calidad de servicio por PVC (Permanent Virtual Channel).
- Empleando la capa de adaptación ATM AAL-5 (ATM Adaptation Layer - 5), se encapsulan los paquetes IP conforme a diferentes mecanismos desarrollados por el IETF.

- Los paquetes IP permiten el transporte extremo a extremo de los flujos, tanto de señalización como de media, correspondientes a múltiples aplicaciones, entre las que se encuentran las de videotelefonía, el streaming de audio y vídeo, y los canales de TV sobre IP.

Se puede resumir entonces que sobre un enlace xDSL incorporado dentro de un modelo de red "todo IP", se puede proporcionar una triple oferta de servicios usando IP como protocolo de red.

- Los servicios de telefonía (servicio de voz, de videotelefonía, de videoconferencia) se pueden proporcionar sobre IP usando SIP (Session Initiation Protocol) como protocolo de señalización y RTP (Real-time Transport Protocol) para el transporte de los flujos de voz. El hecho de que en un enlace xDSL el ancho de banda no sea compartido con otros usuarios y que se garantice un ancho de banda mínimo suficiente en sentido ascendente, implica que se trata de una solución óptima para este tipo de servicios.
- Los servicios de vídeo y TV se pueden proporcionar también sobre IP, aprovechando el ancho de banda asimétrico que proporcionan los enlaces xDSL, y usando RTSP para la señalización de las sesiones de streaming, IGMP para la petición de canales de TV sobre IP y RTP para los flujos de audio/vídeo asociados a ambos tipos de contenidos.

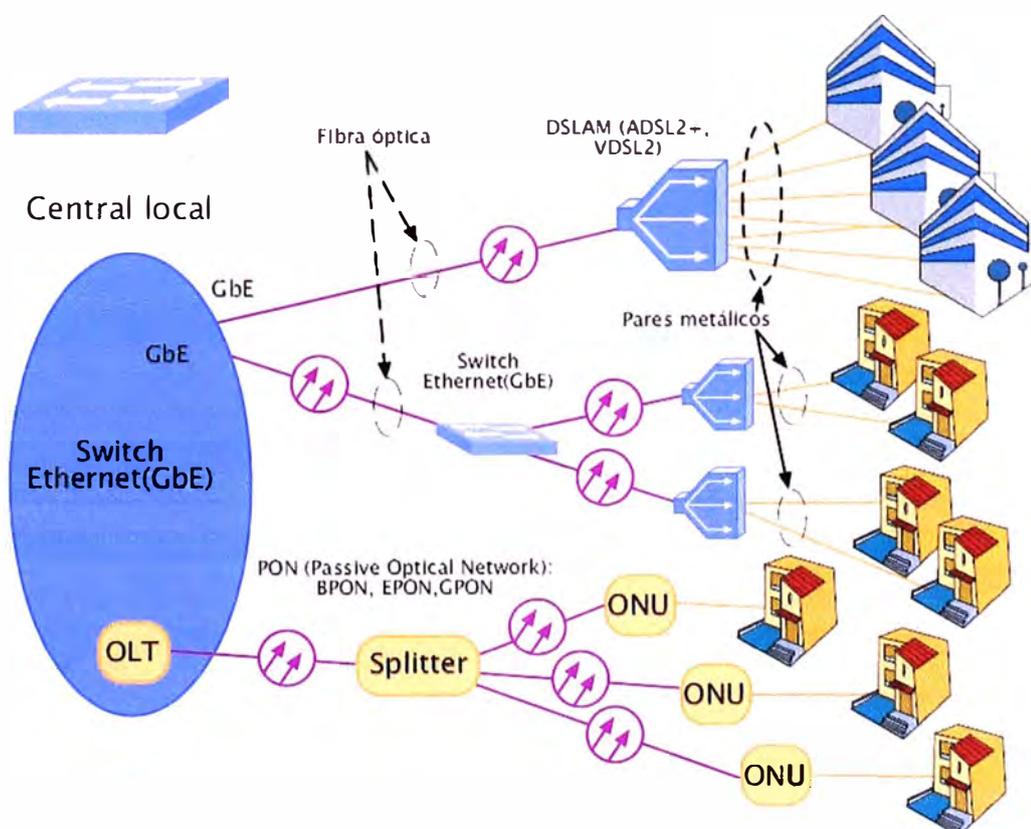


Fig. 2.18 Estructura de acceso híbrida: fibra óptica más par de cobre [21]

2.3.3 Evolución de las redes de acceso por cable coaxial

De forma similar a lo ocurrido con las redes de acceso por par de cobre, los avances tecnológicos y la agresiva competencia obligaron a los operadores de televisión por cable a ofrecer paquetes de servicios sobre sus redes de acceso por cable coaxial.

En la transmisión a grandes distancias, la atenuación introducida por el cable coaxial también aumenta rápidamente. Tiene un comportamiento equivalente al del par de cobre en el caso de los sistemas xDSL, pero en este caso sobre unas bandas de frecuencias mayores. Este problema se solucionó mediante la introducción de transmisión por fibra en el primer tramo de la red de cable, dejando el cable coaxial para el tramo final, en la acometida a los usuarios. La introducción de la fibra en el tramo troncal es lo que lleva al concepto de red HFC (Hybrid Fiber Coaxial).

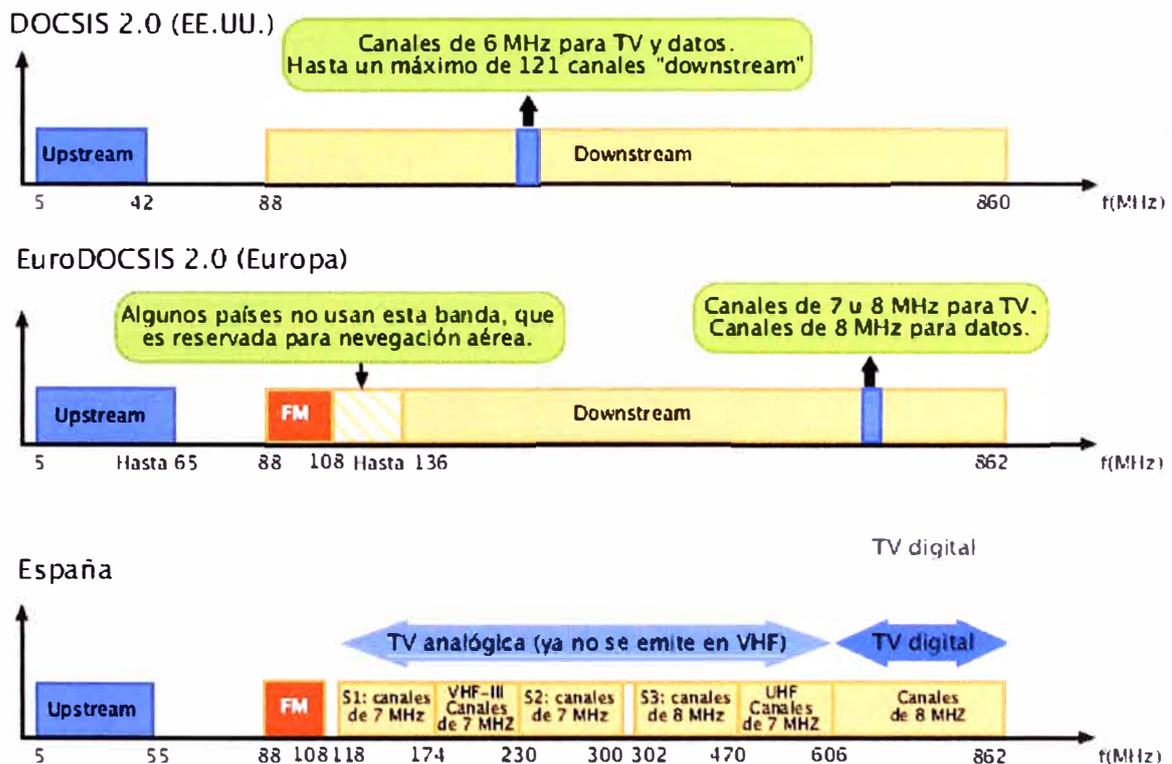


Fig. 2.19 Bandas de frecuencias en redes de cable [21]

Un operador de telecomunicaciones por cable puede ofrecer una oferta de servicios triple play, proporcionando conjuntamente servicios de telefonía, vídeo/TV y acceso a Internet de alta velocidad.

TABLA Nº 2.3 Ancho de banda ascendente y descendente en redes de cable [21]

	Sentido descendente			Sentido ascendente		
	Ancho de banda	Modulación QAM máxima	Ancho de banda	Ancho de banda	Modulación QAM máxima	Ancho de banda
DOCSIS 1.1	6 MHz	256-QAM	42,86 Mbit/s	Hasta 3,2 MHz	16-QAM	10,24 Mbit/s
DOCSIS 2.0	6 MHz	256-QAM	42,86 Mbit/s	Hasta 6,4 MHz	64-QAM	30,72 Mbit/s
EuroDOCSIS 2.0	8 MHz	256-QAM	55,65 Mbit/s	Hasta 6,4 MHz	64-QAM	30,72 Mbit/s

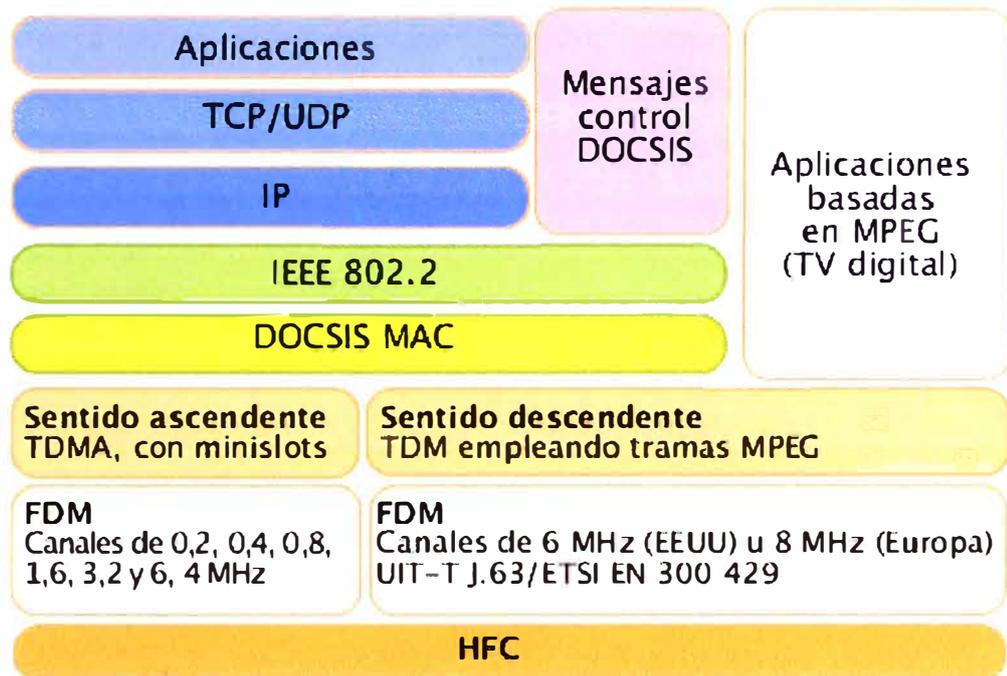


Fig. 2.20 Torre de protocolos usado en HFC [21]

a) Servicios de video/TV en las redes de cable

Las redes de cable han sido diseñadas para la distribución de canales de TV analógica. Estas redes al tener una topología árbol - rama han demostrado ser idóneas para la distribución de canales de TV digital. La canalización de frecuencias en el cable y las modulaciones empleadas hacen posible el que se puedan transmitir múltiples canales de TV digital por un canal de RF (6 MHz en EEUU y 8 MHz en Europa). Esto es válido tanto en los servicios de broadcast como en los servicios de Pago Por Visión (PPV o Pay Per View). Sin embargo en los servicios de distribución de TV la arquitectura HFC plantea debilidades, como ocurre en los servicios de vídeo bajo demanda (VoD o Video on Demand), donde a cada petición del usuario se ha de enviar un flujo multiplexado con otros contenidos, lo que en un medio de transmisión compartido supone un consumo notable de recursos.

b) Servicios de datos en las redes de cable

Las redes HFC también se pueden emplear para realizar el acceso a Internet. De hecho, los estándares DOCSIS han tenido como objetivo especificar la forma en la que ofrecer servicios de datos basados en protocolos IP sobre redes HFC.

Para la prestación de los servicios de datos se sigue un esquema de acceso mixto FDM/TDM en sentido descendente y FDM/TDMA en sentido ascendente. En lo que respecta al sentido descendente, el elevado y gran ancho de banda que proporcionan las técnicas de modulación aplicadas M-QAM (con un valor de M de hasta 256), que son las mismas que las que se usan para TV digital, permiten ofrecer un gran ancho de banda al usuario final, aun cuando el ancho de banda disponible en un canal haya de ser compartido por todos los usuarios conectados al mismo canal.

En las redes de cable se emplean dos mecanismos diferentes para el envío de la información, dependiendo del sentido de transmisión, y el tratamiento de la información viene dado en función del tipo de servicio datos o vídeo/TV, al contrario de lo que ocurre en xDSL.

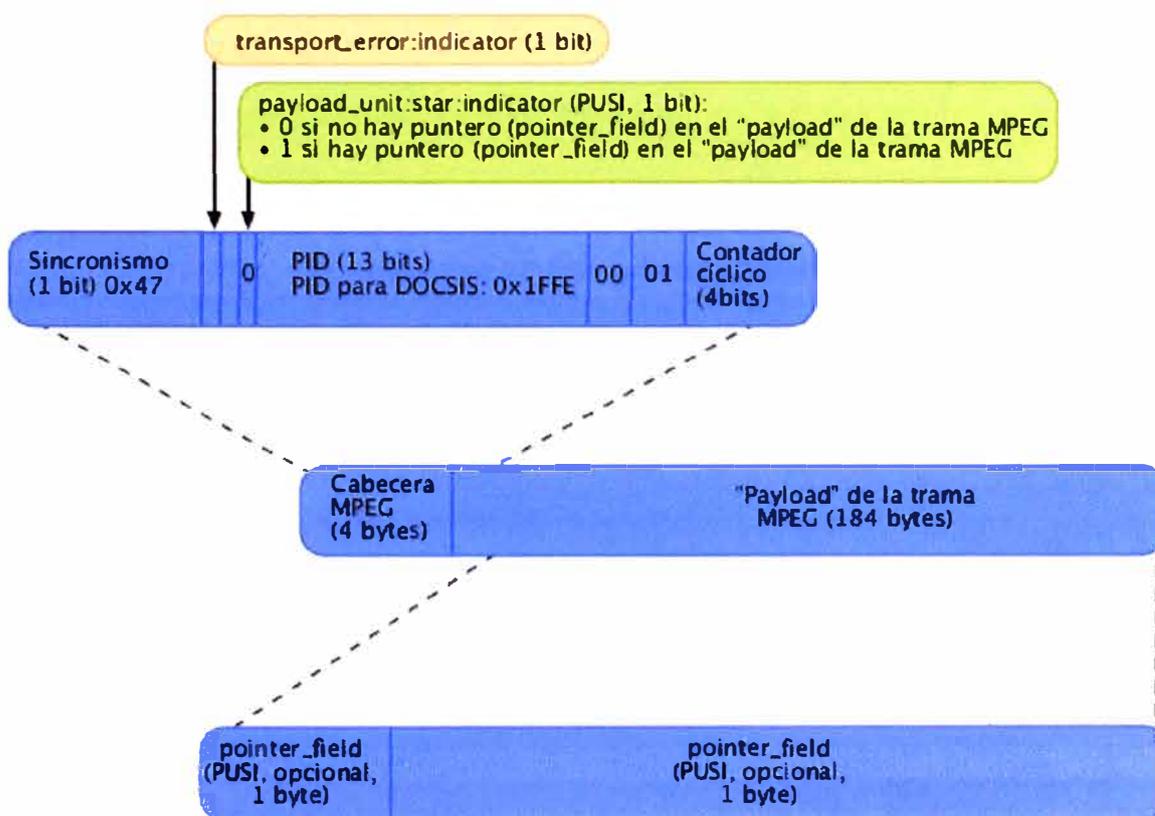


Fig. 2.21 Formato de tramas MPEG [21]

La figura 2.21 muestra el formato de las tramas MPEG que es el protocolo de codificación sobre el que se apoya la transmisión en sentido descendente, tanto en el caso de la TV digital como en el de los servicios de datos basados en IP.

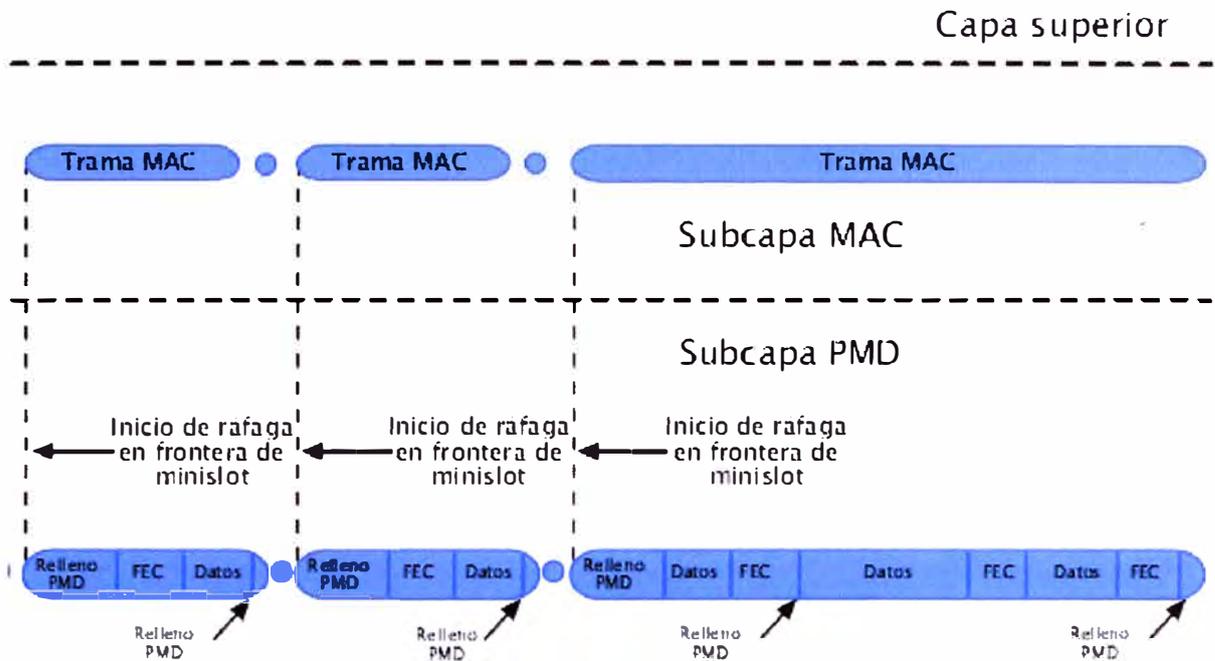


Fig. 2.22 Transmisión en sentido ascendente en redes HFC [21]

La figura 2.22 muestra cómo se efectúa la transmisión en sentido ascendente estructurada en time-slots. En sentido ascendente el ancho de banda disponible es sensiblemente menor. La técnica de acceso múltiple empleada es TDMA (Time Division Multiple Access). Implica que todos los usuarios finales tengan que entrar en disputa por el recurso, el ancho de banda en sentido ascendente, cuando quieren transmitir. Como se trata de una red con una topología árbol - rama, el equipamiento del usuario desconoce si ha tenido éxito o no en su petición de acceso al canal ascendente. Para resolver el problema, el canal ascendente se divide, lógicamente, en dos canales: uno de contienda, para solicitar la transmisión, y otro reservado, al que se tiene acceso cuando la petición no ha colisionado con la de otros usuarios. Ello supone que se pierda parte del ancho de banda que pueden proporcionar los canales reservados para la transmisión en sentido ascendente, y esa pérdida será tanto mayor cuanto mayor sea el número de clientes atendidos desde un mismo CMTS.

Lo indicado anteriormente hace que la eficiencia del canal de retorno se reduzca. Si a ello se le añade el hecho de que el ancho de banda disponible en los canales ascendentes es bastante menor, resulta que las redes HFC serán adecuadas para los servicios IP sólo

cuando el tráfico sea fuertemente asimétrico, pero no será así para otro tipo de aplicaciones como pueden ser el peer to peer o los servicios de telefonía y videotelefonía sobre IP, en las que el tráfico es simétrico.

c) Servicios de telefonía en las redes de cable

Las redes HFC no son las más idóneas para brindar este tipo de servicios. Durante los años 90 se desarrollaron soluciones de telefonía adaptadas a la topología de las redes HFC, pero no tuvieron mucho éxito. Esta ha sido la razón por la cual los operadores de redes de cable emplean en los nuevos despliegues de red un par de cobre junto al cable coaxial, usando los pares para prestar el servicio telefónico básico. En los nuevos despliegues los operadores de cable han optado por una solución basada en una doble red de acceso: una red HFC para los servicios de TV y de datos sobre IP, y una red basada en pares de cobre para el servicio telefónico.

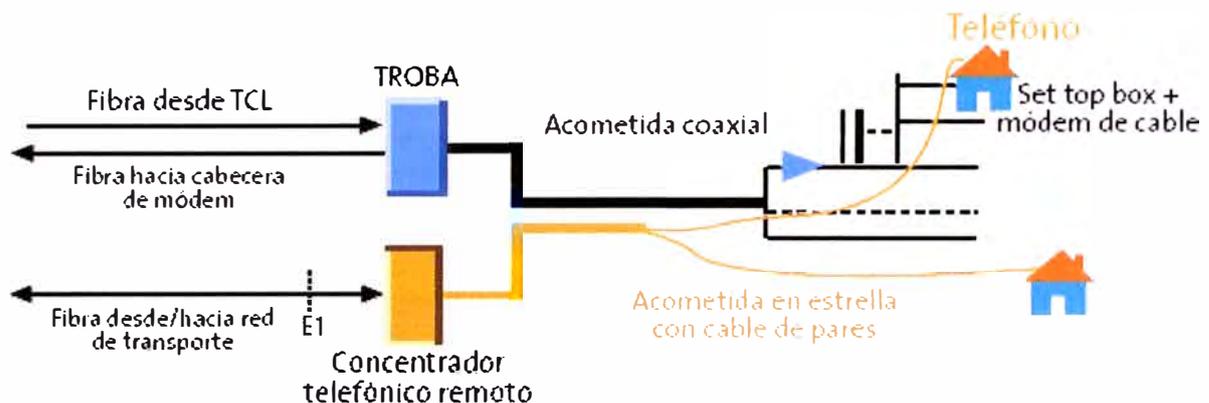


Fig. 2.23 Acometida de redes superpuestas HFC y par telefónico [21]

2.3.4 Evolución de las redes de acceso por radio

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) en cooperación con otros organismos de la industria de telecomunicaciones de todo el mundo, es quien define y aprueba los requisitos técnicos y los estándares, así como la utilización del espectro radioeléctrico, de los sistemas 3G bajo el programa IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000).

El propósito es facilitar la introducción de nuevas funcionalidades y proporcionar una evolución continua desde los sistemas de telecomunicaciones 2G hacia 3G.

La ITU exige a las redes IMT-2000 (3G), entre otros requisitos, que proporcionen una mayor capacidad de sistema y una mayor eficiencia espectral con respecto a los sistemas 2G, que soporten servicios de transmisión de datos con una velocidad mínima de

transmisión de 144 kbit/s en entornos móviles (de exterior) y de 2 Mbit/s en entornos fijos (en interiores).

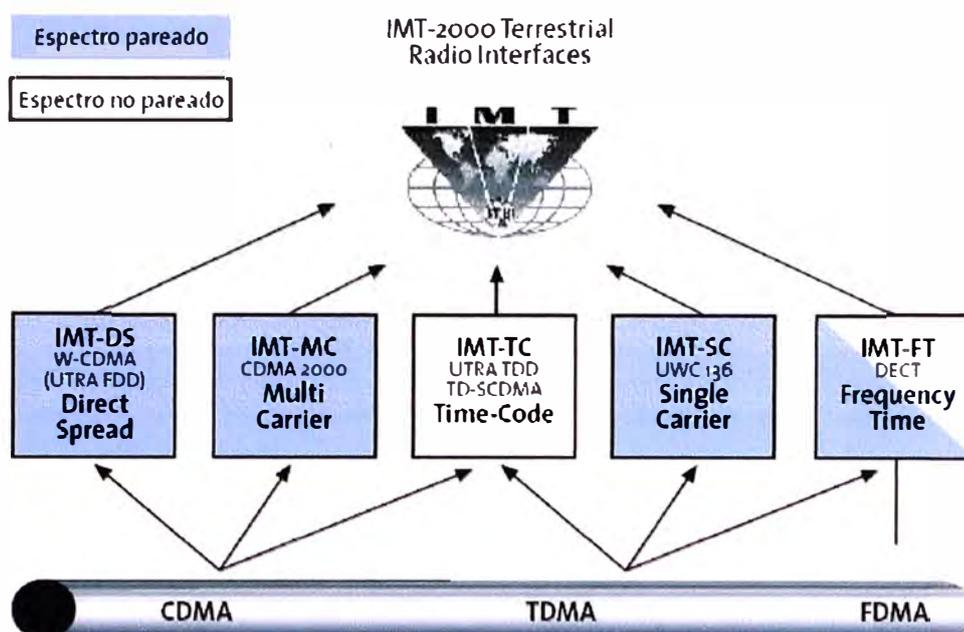


Fig. 2.24 Familia IMT-2000 [22]

UMTS es la red celular de tercera generación (3G) que se compone de los siguientes elementos:

- El núcleo de red (core network).
- La red de acceso radio (UTRAN).
- Los terminales móviles.

La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el núcleo de red. En UMTS la red de acceso radio se denomina UTRAN, y se compone de un conjunto de sistemas de red radio o RNS (Radio Network System), constituidos a su vez por un controlador radio RNC (Radio Network Controller) y una serie de Nodos B (estaciones base) dependientes de él. El RNC se encarga de controlar a uno o varios Nodos B bajo su cargo.

Los elementos funcionales UTRAN se comunican entre sí a través de:

- La interfaz entre el núcleo de red y el RNC: Iu
- La interfaz entre dos RNCs: Iur
- La interfaz entre un RNC y un Nodo B: Iub
- La interfaz radio o aire (entre un Nodo B y un terminal móvil): Uu

Si el núcleo de red de UMTS ofrece un enfoque evolutivo tratando de construir las redes 3G sobre lo existente en 2G, en el tramo radioeléctrico presenta un enfoque revolucionario. Se ha recurrido a una técnica de acceso múltiple, como es DS-CDMA (Direct Sequence-Code Division Multiple Access), diferente de TDMA (Time Division Multiple Access), empleada en la mayoría de los sistemas de 2G.

a) Descripción de la técnica de acceso DS-CDMA

El acceso múltiple por división en código (CDMA) es una tecnología de acceso múltiple en la cual los usuarios se distinguen entre sí por unas secuencias de código únicas para cada uno. Todos los usuarios pueden transmitir al mismo tiempo utilizando la misma frecuencia portadora. DS-CDMA va un paso más allá en la tecnología CDMA. Se trata de una solución que conocida como de espectro ensanchado. Todas ellas generan, a partir de la señal en banda base, una señal moduladora de un ancho de banda mucho mayor que el de la señal en banda base, empleando un código de expansión espectral que permite la separación entre las comunicaciones que comparten una misma portadora. Esta operación ofrece una importante ventaja como es la mejora de la inmunidad frente a desvanecimientos selectivos en frecuencia. El ensanchamiento se consigue multiplicando la señal digital en banda base por una secuencia conocida por los dos extremos en la comunicación. Dicha secuencia posee una velocidad mucho mayor que la de banda base. El producto modula a una portadora, con lo que se consigue una señal modulada cuyo ancho de banda es sustancialmente mayor que el ancho de banda original. En recepción se multiplica la señal demodulada por la misma secuencia, lo que permite la recuperación de la señal de banda base. Esta operación restaura el ancho de banda de la señal útil en recepción, pero en cambio ensancha la de cualquier señal interferente de banda estrecha que pudiera recibirse, reduciendo la cantidad de energía de ésta que interfiere con la señal útil.

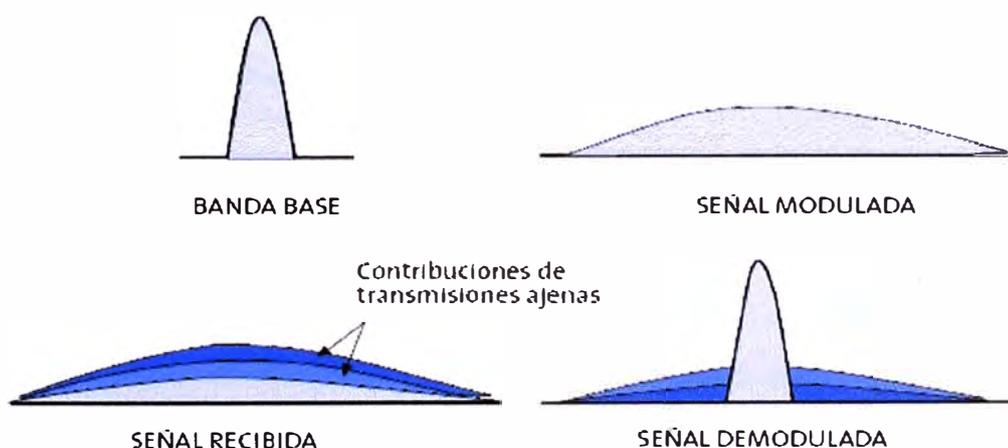


Fig. 2.25 Concepto de la técnica DS-CDMA [22]

Para el acceso múltiple se separan cada uno de los canales con códigos ortogonales entre sí, de forma que conocidos esos códigos es posible recuperar la señal original. Para adaptar la señal original al canal se utilizan dos tipos de códigos: los códigos de canalización y los de scrambling.

Los códigos de canalización facilitan la gestión de los recursos radio y su administración entre las diferentes células y usuarios, mientras que los códigos de scrambling sirven para producir el ensanchamiento adicional de la señal hasta el nivel requerido.

b) Componentes FDD y TDD

La interfaz radio UMTS se estructura sobre la base de dos componentes: el componente FDD (Frequency Division Duplex) y el componente TDD (Time Division Duplex).

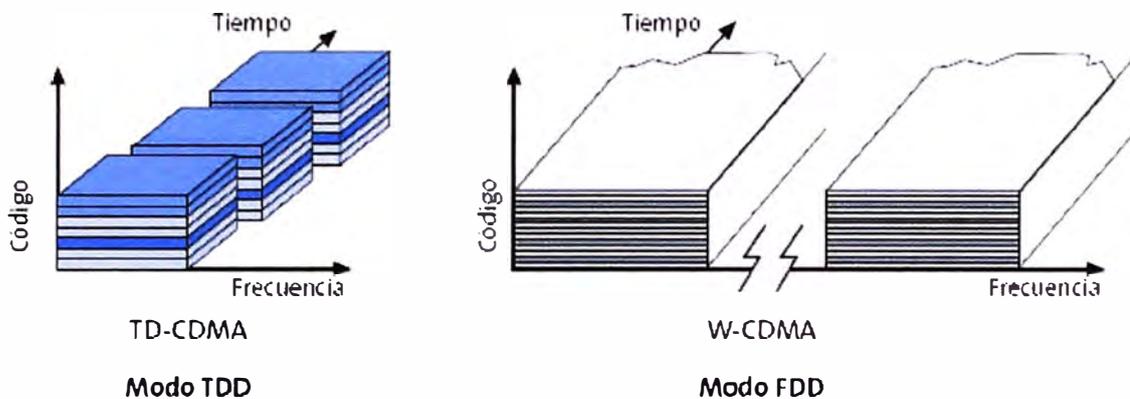


Fig. 2.26 Comparación entre FDD y TDD [22]

En el caso de FDD el acceso múltiple se realiza por división en código y en frecuencia, utilizando dos portadoras distintas: una para el enlace ascendente y otra para el descendente.

En el modo TDD el acceso múltiple se hace por división en código y en tiempo: existe una única portadora e intervalos temporales de transmisión, que se reparten entre distintos usuarios y, a su vez, entre los dos sentidos de transmisión (ascendente y descendente). El número de intervalos temporales asignados a cada uno de los sentidos del enlace es configurable.

En el entorno de operación de UMTS, el modo TDD se considera más adecuado para proporcionar servicios de datos en entornos microcelulares o de interiores, y no tanto para entornos macrocelulares, por las siguientes razones:

- Debido a la necesidad de disponer de sincronización entre las estaciones base.
- Debido a los problemas originados por las interferencias no controlables.

El hecho de que coincida el enlace ascendente en una estación con el descendente de otra vecina puede producir interferencias, no solo de estación base a móvil y de móvil a estación base (como sucede en los sistemas TDD), sino también entre estaciones base y entre móviles asignados a distintas estaciones base.

TABLA Nº 2.4 Características técnicas de los modos de funcionamiento UMTS [22]

Parámetro	FDD	TDD
Banda de frecuencia	1.920 MHz - 1.980 MHz (enlace ascendente) 2.110 MHz - 2.170 MHz (enlace descendente)	1.900 MHz - 1.920 MHz y 2.010 MHz - 2.025 MHz (banda no pareada)
Mínimo ancho de banda necesario	2 x 5 MHz	5 MHz (1,6 MHz para 1,28 Mchip/s)
Reutilización de frecuencia	1	1
Codificación de voz	Codecs AMR (4,75 kHz - 12,2 kHz, GSM EFR = 12,2 kHz) y SID (1,8 kHz)	Codecs AMR (y GSM EFR)
Codificación de canal	Códigos convolucionales. Turbocódigos para datos de alta velocidad. Se necesita duplexor (separación de 190 MHz) Soporta conexiones asimétricas	Códigos convolucionales. Turbocódigos para datos de alta velocidad. La trama TDMA consiste en 15 intervalos de tiempo (T) Cada TS puede transmitir o recibir No necesita duplexor Soporta conexiones asimétricas
Receptor	Rake	Detección conjunta (Rake en el móvil)
Modulación	QPSK	QPSK
Tasa de chip	3,84 Mchips	3,84 Mchip/s ó 1,28 Mchip/s
Ganancia de procesamiento (varia dependiendo de la tasa binaria de información)	Enlace ascendente: Potencias de 2, desde 4 hasta 256 Enlace descendente: Potencias de 2, desde 4 hasta 512	Enlace ascendente y descendente: Potencias de 2, desde 1 hasta 16
Longitud de trama	10 ms (38.400 chips)	10 ms
Número de slots/trama	15	15
Tipos de "handover"	Soft, softer (hard, si hay más de una frecuencia portadora FDD)	Hard
Control de potencia	Periodo: 1500 Hz Tamaño de paso: 0,5, 1, 1,5 y 2 dB (variable) Alcance: 80 dB (enlace ascendente), 30 dB (enlace descendente)	Periodo: 100 Hz ó 200 Hz (enlace ascendente), 800 Hz (enlace descendente) Tamaño de paso: 1 dB, 2 dB y 3 dB (variable) Alcance: 65 dB (enlace ascendente), 30 dB (enlace descendente)
Potencia de pila en el terminal móvil	Clase 1: +33 dBm (+1 dB/-3 dB)=2 W Clase 2: +27 dBm Clase 3: +24 dBm Clase 4: +21 dBm	Clase 1: +33 dBm (+1 dB/-3 dB)=2 W Clase 2: +27 dBm Clase 3: +24 dBm Clase 4: +21 dBm
Número de códigos únicos de identificación de estación base	512/portadora	512/portadora
Spreading factor (capa física)	4...256 (UL), 4...512 (DL)	1, 2, 3, 8, 16

Una forma de controlar este tipo de interferencias es requerir que todas las estaciones base que constituyen la red (que deben estar sincronizadas) transmitan con la misma división de intervalos y la misma asignación a cada uno de ellos a los enlaces ascendente y descendente. Esto reduce la flexibilidad del sistema para asignar recursos en los distintos sentidos de la comunicación (solo serían posibles asignaciones a largo plazo, sin distinciones entre células).

c) Estructura del protocolo de radio

Uno de los aspectos que comparten los dos componentes de UMTS (FDD y TDD) es la estructura del protocolo radio, que se establece conforme al modelo de capas OSI. Intervienen en el protocolo radio: la capa física (L1), la de enlace de datos (L2) y la de red (L3). La estructura se complementa con una división vertical en dos planos, denominados respectivamente de control (C) y de usuario (U). El plano de control contiene los aspectos ligados a la señalización de sistema, mientras que el plano de usuario abarca los relativos al trasvase de información de tráfico entre usuarios.

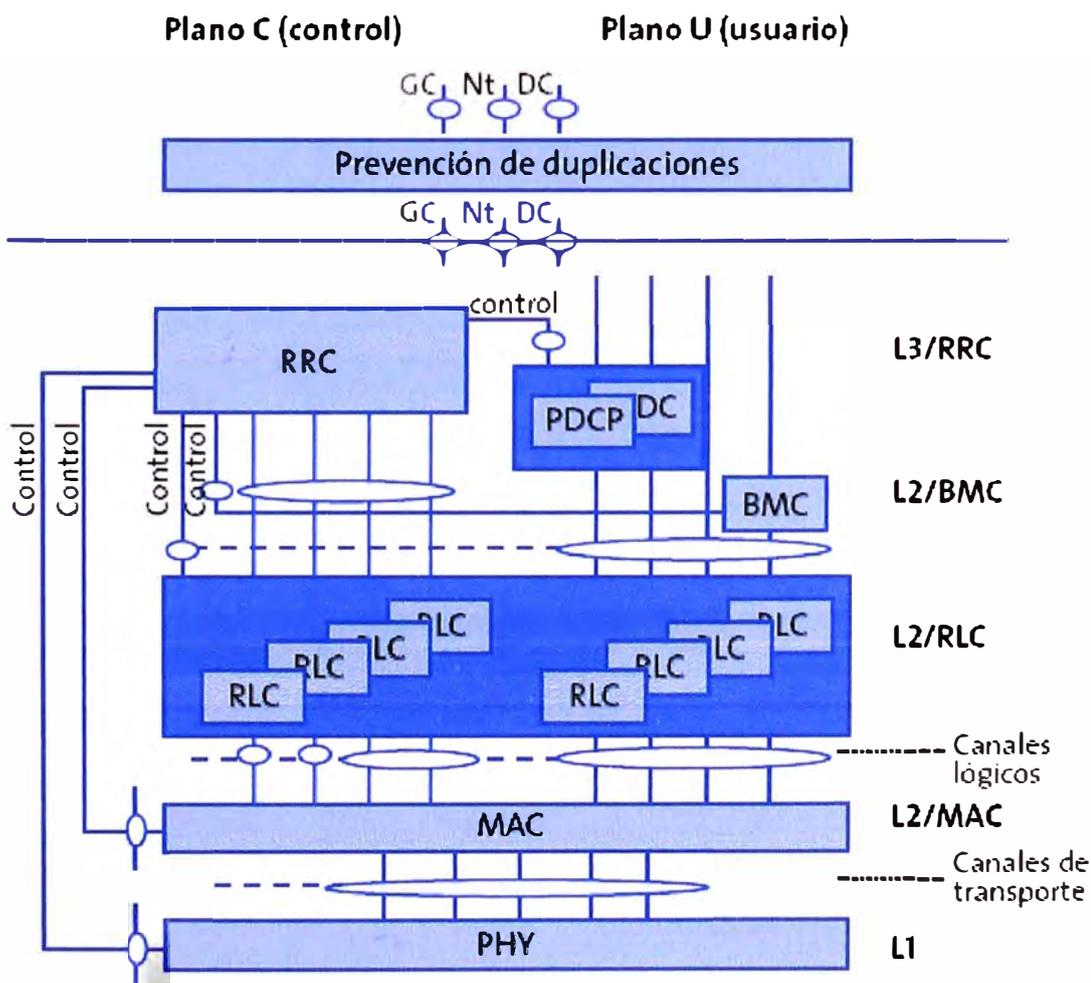


Fig. 2.27 Planos de control y de usuario en la interfaz de radio [22]

De acuerdo con el modelo OSI, la capa física es la encargada de los procesos necesarios para transmitir la información sobre el medio correspondiente, en este caso, el radioeléctrico.

La capa de enlace de datos, tiene la misión genérica de ofrecer un servicio de transmisión libre de errores a la capa superior. Normalmente, y así ocurre en UMTS, esta capa se desglosa en varias subcapas. El desglose es distinto según sea el plano C o U que se considere.

Empezando por su parte inferior, la primera subcapa de datos es la de control de acceso al medio o MAC (Medium Access Control). Básicamente alberga los protocolos relativos a la gestión del acceso a los recursos por los que los usuarios compiten en un sistema multiacceso, mediante mecanismos de acceso aleatorio, en el caso de UMTS.

Por encima de la subcapa MAC se encuentra la RLC (Radio Link Control), encargada en términos generales, de ofrecer un servicio de transmisión de datos para la capa de red.

Por encima de la subcapa RLC la porción de la capa 2 que pertenece al plano C no contiene más subcapas. Sin embargo, en el plano de usuario se sitúan dos subcapas más: la BMC y la PDCP.

La subcapa BMC (Broadcast/Multicast Control Protocol) contiene el protocolo que regula la transmisión de la información relativa a los servicios de difusión general o multidifusión sobre la interfaz radio, siempre bajo el modo transparente o sin acuse de recibo de la subcapa RLC.

La subcapa PDCP (Packet Data Convergence Protocol) es aplicable solo al dominio del modo paquete. Este protocolo tiene un doble cometido: comprimir los paquetes procedentes de la capa superior (para mejorar la eficiencia espectral) y aislar al resto de los protocolos UTRAN de la necesidad de cambios (por causa de la introducción de nuevos protocolos de red en modo paquete).

Por encima de la capa 2 se encuentra la capa 3 o de red. Su cometido es conseguir que los paquetes de información alcancen su destino. En el caso de la interfaz radio, también se sitúan en ella diversos procesos de control del enlace.

Se subdivide en tres subcapas: gestión de los recursos radio o RRM (Radio Resource Management), control de llamadas o CC (Call Control) y gestión de la movilidad o MM (Mobility Management).

De las tres subcapas, los elementos de la red de acceso radio (RNC y Nodo B) únicamente actúan sobre la primera (RRM), ya que las otras dos (MM y CC) son transparentes para ellos.

2.4 Evolución de terminales móviles

Los terminales móviles son elementos fundamentales para brindar los servicios de movilidad. Las capacidades exigidas a los terminales se sustentan en las funciones, prestaciones y coste de los dispositivos electrónicos que los componen.

El estado actual de la tecnología de los dispositivos ha hecho posible el desarrollo de una nueva generación de terminales avanzados que poseen pantallas en color, cámaras, bluetooth, infrarrojo, GPS, etc.

Los servicios de nueva generación requerirán que los terminales sean equipos inteligentes.

a) Pantallas en color

La incorporación de pantallas gráficas en color y de gran tamaño en los terminales ha hecho posible el desarrollo de nuevos servicios de transmisión de datos en los terminales. Por ejemplo los servicios de navegación iMode o WAP, o la mensajería multimedia. Estos servicios no se podían ofrecer con pantallas monocromas en modo texto, por lo que el fracaso de la tecnología WAP 1.X estuvo muy ligado a la pobre capacidad de presentación de estos terminales.

En la actualidad, la mayor parte de los teléfonos móviles con pantallas en color emplean la tecnología de cristal líquido LCD.

Hay diversidad de modelos de pantallas en color en cuanto a tamaño, número de colores y resolución. Existen modelos con un diversa cantidad de colores, resolución de pantalla y tamaños.

La tecnología destinada a sustituir a las pantallas LCD es OLED (Organic Light Emitting Diode). Esta tecnología resulta muy prometedora, ya que ofrece prestaciones superiores a las pantallas TFT-LCD, y promete un menor consumo, grosor y coste.

b) Procesadores y memoria

Los terminales móviles hacen uso de dos tipos de procesadores:

- Procesador de banda base. Este procesador funciona de manera conjunta con la circuitería de radiofrecuencia (RF), encargándose de realizar los protocolos de comunicaciones de bajo nivel (modulación/demodulación, codificación, gestión de la pila de protocolos especificados en GSM/GPRS/UMTS, etc.).
- Procesador de aplicaciones. Este procesador, similar al de los PCs, es el responsable de gestionar la interfaz (conocida como MMI, Man Machine Interface) con el usuario: teclado, pantalla y puntero. También se encarga de proporcionar los

nuevos servicios ofrecidos por el terminal, ejecutando un sistema operativo polivalente (Symbian, Microsoft, Palm, etc.) y las correspondientes aplicaciones.

c) Baterías

En los nuevos terminales la batería es un componente crítico, ya que debido al alto consumo de los dispositivos (procesador, pantallas grandes y en color, música de calidad, etc.) determina en gran medida las prestaciones del terminal.

Los diferentes tipos de baterías existentes en la actualidad son:

- Las baterías de Ni-MH (Nickel Metal Hydride). Son las más antiguas y las que ofrecen la menor densidad energética (relación capacidad/volumen).
- Las baterías de tecnología Li-Ion (Lithium Ion). Tienen mayor densidad energética que las de Ni-MH, pero requieren mayor tiempo para cargarse y son más caras. Este tipo de baterías necesita de un control del pico de tensión durante la carga, así como un control de las corrientes máximas de carga y descarga y de la temperatura, para evitar una posible fusión por exceso de temperatura.
- Las baterías de Li-Ion Polymer. Son un híbrido entre las baterías de Li-Ion y las de Li-Polymer (todavía no disponibles comercialmente). Presentan una densidad energética similar a la de las baterías Li-Ion y también son más caras, sin embargo son más ligeras. Además, tienen un factor de forma flexible y son más seguras.

d) Camaras

La inclusión de las cámaras es un elemento diferenciador de los nuevos terminales móviles imprescindible para el desarrollo de nuevos servicios multimedia. Con ella se puede realizar envío de fotos mediante mensajería multimedia, videollamadas, etc.

En la actualidad se encuentran en el mercado terminales móviles que ofrecen hasta 5 megapíxeles de resolución, grabación de video con calidad DVD y vienen en algunos casos hasta con zoom óptico.

e) Capacidades de conexión

La capacidad de conexión de los terminales móviles con otros dispositivos ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años. Se ha evolucionado: desde los antiguos terminales con línea serie a los actuales terminales con Bluetooth.

En estos momentos no solo se intenta resolver la conexión del terminal móvil con el PC para sincronizar los datos (agenda, tarea, citas o correo-e), o para proporcionar a los PCs portátiles un acceso a Internet, sino que se está intentando resolver la conexión con otros

dispositivos o terminales, como es la conexión inalámbrica con los auriculares, el control de electrodomésticos, la transferencia de información entre terminales, etc.

En la actualidad las capacidades de conexión ofrecidas en los terminales móviles son:

- IrDA. También conocido como infrarrojos, el cual fue lanzado en 1993. En esta tecnología de transmisión, un haz enfocado de luz situado en el espectro de frecuencia infrarrojo, medido en THz, se modula con la información a transmitir y se envía desde el transmisor al receptor a una distancia relativamente corta. Manejan diferentes tipos de velocidades.
- Bluetooth. Es un estándar global de comunicación inalámbrica de corto alcance y posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia (a 2,45 GHz).
- USB. El Bus Universal en Serie (USB), de gran éxito en el mundo del PC, es una norma para bus periférico desarrollada por las industrias de la informática y las telecomunicaciones. De acuerdo a la velocidad existen varias modalidades de USB.

f) Características avanzadas

Algunos terminales avanzados poseen capacidad para conectarse a redes WiFi, jugar en red, almacenar y reproducir archivos multimedia, visualizar y editar documentos, captar señales de radio y TV, etc.

CAPÍTULO III

REDES MULTISERVICIOS

Para atender la tendencia integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red IP, y de esta forma solucionar los problemas clásicos IP, han aparecido en el mercado multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera adecuada pueden permitir la realización de modelos de red que proporcionen, tanto al cliente corporativo como al cliente residencial, todo tipo de servicios multimedia. Estos modelos son llamados, en el mundo de las telecomunicaciones, modelos de Red de Nueva Generación (NGN). La implementación adecuada del concepto NGN, permite al operador el despliegue de una amplia cartera de servicios, tanto los ya existentes como los de nueva factura, de forma tal que pueden ser ofrecidos a un gran número de clientes a un coste inferior a las soluciones clásicas.



Fig. 3.1 Concepto NGN

3.1 Modelo Conceptual NGN

Tradicionalmente las redes IP han sido la base del negocio de la transmisión de datos manteniendo un aislamiento respecto a las redes de voz. Por lo tanto existía una natural segmentación del mercado de las telecomunicaciones.

Sin embargo a finales de la década de los noventa se fue modelando un cambio en todo el sector de las telecomunicaciones producto de la progresiva desaparición del modelo monopolista en favor de uno a otro basado en la libre competencia.

Aparecieron nuevas soluciones tecnológicas que permitieron dar respuesta a aquellos problemas que tradicionalmente mermaban el atractivo de las redes IP. Por último, se produjo el desarrollo imparable del concepto Internet y su apertura a grandes mercados de consumidores que comprobaron en primera persona la flexibilidad y posibilidades que dicho concepto ofrecía.

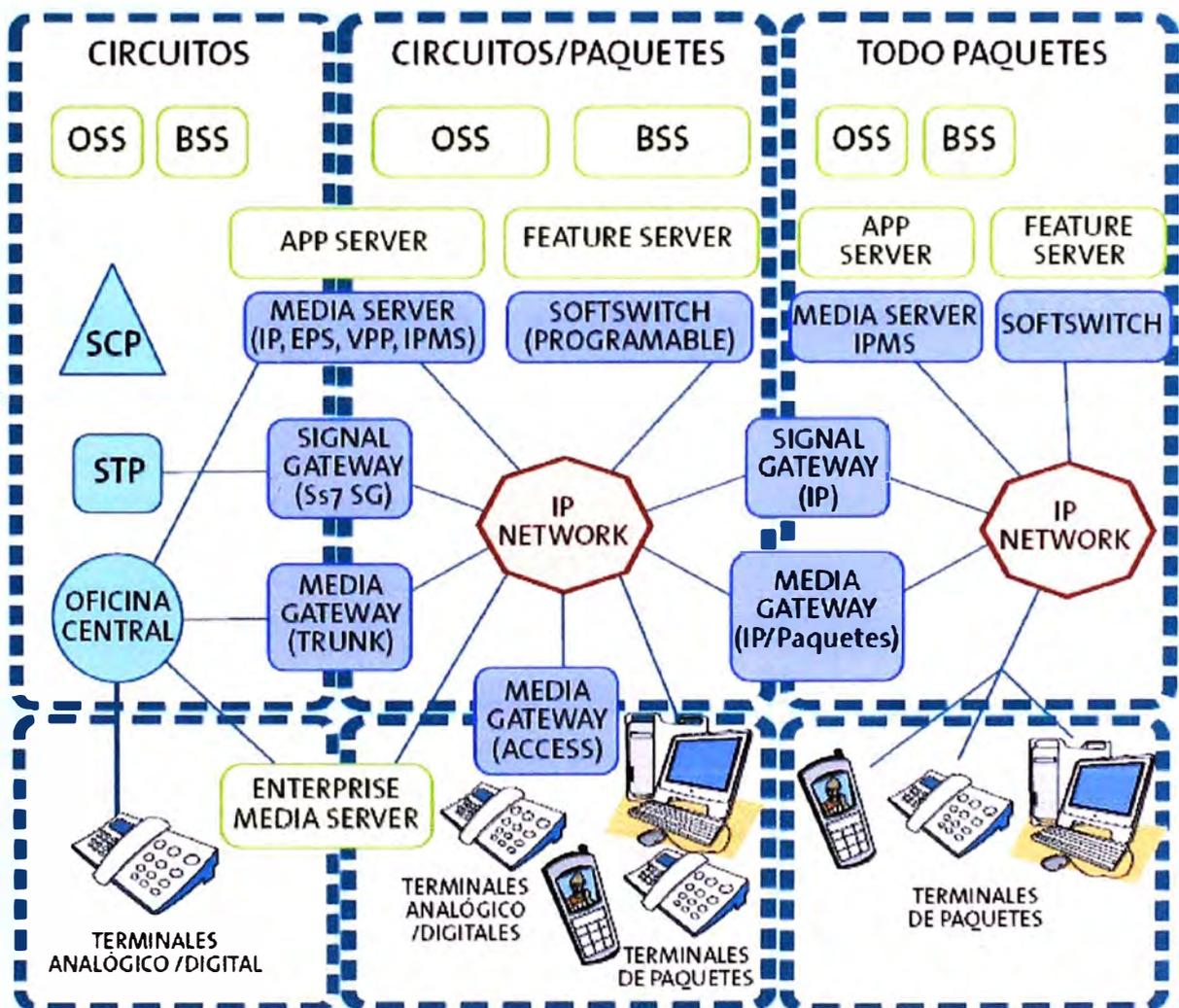


Fig. 3.1 Arquitectura de la NGN [22]

Los elementos que componen la red NGN pura tal como se muestra en la parte derecha de la figura 3.1 son:

a) Softswitch

Es un dispositivo que provee el control de llamada y los servicios inteligentes para las redes de conmutación de paquetes, y sirve como plataforma de integración para aplicaciones e intercambio de servicios. Además, es capaz de transportar tráfico de voz, datos y vídeo de una manera más eficiente que los equipos existentes, y habilita al proveedor del servicio para que soporte nuevas aplicaciones con contenidos multimedia.

En muchos aspectos, el softswitch busca imitar las funciones de una red de conmutación de circuitos para conectar abonados (clase 5), interconectar múltiples centrales telefónicas (clase 4 o tándem) y ofrecer servicios de larga distancia (clase 3), de la misma manera que lo hacen las centrales telefónicas actuales.

b) Media Server

Proporciona a los servicios de las redes NGN las capacidades necesarias para el procesamiento multimedia avanzado, tales como el procesamiento de la señal de voz, los servicios de tipo IVR (Interactive Voice Response), la mensajería unificada, la audioconferencia, la videoconferencia, la conversión texto a voz, el reconocimiento de voz, etc.

El papel que desempeña un Media Server dentro de la red es el de dispositivo esclavo, es decir, siempre opera bajo el control de uno o más agentes de control, típicamente servidores de aplicaciones (Application Server) y Softswitch. El agente de control proporciona un entorno de ejecución del servicio, con una lógica dependiente de la aplicación, además de toda la señalización que requieran los servicios.

El Media Server realiza el procesamiento de los flujos multimedia de cada servicio. Es, por lo tanto, el componente primordial de las NGN para la prestación de servicios de valor añadido.

c) Application Server

El servidor de aplicaciones es el elemento de la red que controla, de forma coordinada con el Softswitch, la ejecución de un servicio de telecomunicación en las NGN; para ello cuenta con los recursos de procesamiento que le proporciona el Media Server.

d) Feature Server

Es un componente funcional que ha venido desempeñando diferentes papeles en la concepción del Softswitch, pero que generalmente se asocia con aplicaciones avanzadas de control a nivel de llamada. En este sentido, contempla desde el control de datos para tarificación o la gestión de las llamadas prepago, hasta el redireccionamiento de las llamadas, las multiconferencia o la devolución de llamada.

e) OSS y BSS

Constituyen los aspectos relacionados con los procesos de operación de la red y los procesos de negocio que deben adaptarse a aquellos modelos abiertos que faciliten la integración de las redes y la convergencia de servicios.

f) Los terminales adaptados al mundo IP

Un aspecto importante de los terminales que trabajen con paquetes de datos es que existirán distintos tipos de terminales, cada uno con distintas capacidades funcionales y de interfaz (teléfonos de bajo perfil, teléfonos más avanzados, ordenadores, etc.).

Este aspecto obliga de alguna manera a que los equipamientos participen en un servicio NGN establezcan una negociación para establecer las propiedades y características de la conexión de forma tal que sea transparente para el usuario.

En la actualidad existen múltiples tipos de terminales y redes de acceso, cada operador deberá recorrer un camino distinto para evolucionar desde la red actual a la NGN.

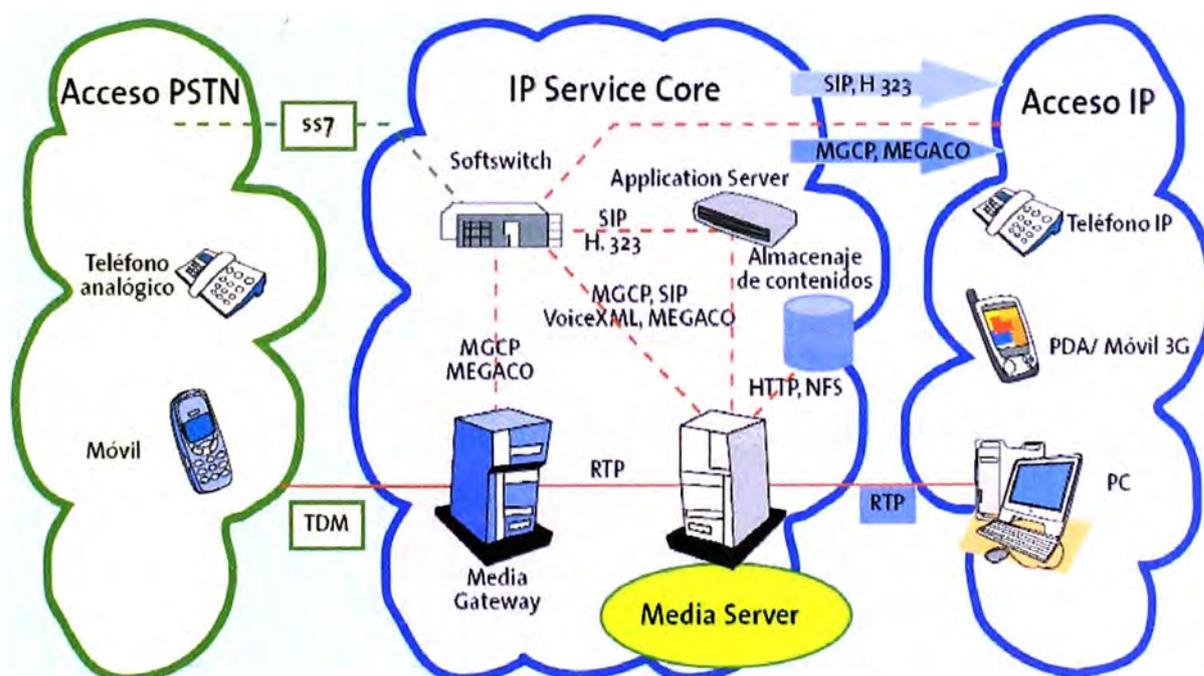


Fig. 3.2 Interconexión de elementos en la NGN [22]

3.2 Modelo Evolutivo NGN

La aparición de las NGN desde el punto de vista conceptual como tecnológico se produce en un momento y en un entorno en el que existe una enorme heterogeneidad de redes y de servicios que son distintos en cada operador, lo que inevitablemente conduce a que no exista un camino único para llegar desde la situación actual de cada uno de ellos al mundo "Todo IP". Esta transición debe garantizar:

- La continuidad de servicios ofrecidos al cliente final. No es admisible "cerrar" el negocio actual para reabrirlo una vez implantada la NGN.
- La interoperabilidad entre las nuevas tecnologías y las antiguas. Los clientes de los servicios NGN no deben constituir una "isla" ni un grupo cerrado, sino que deben poder actuar con los clientes de las redes tradicionales, que, por otra parte, son mayoritarios en el momento actual.
- El control del coste del proceso de migración. Las inversiones para la migración deben poder hacerse de forma paulatina, modulándolas en función de las ganancias obtenidas.

Una aproximación para la convergencia IP que se propone para las NGN debe abordarse en tres niveles no necesariamente secuenciales:

1. La convergencia en transporte, asegurando que las señales eléctricas y de control alcancen todos los extremos de la red, sin discontinuidades.
2. La convergencia con los sistemas telefónicos, haciendo que la tecnología IP vaya sustituyendo a los mecanismos de conmutación tradicionales
3. La convergencia con las aplicaciones y servicios, consiguiendo, por último, que los servicios sean efectivamente universales en cuanto a uso y acceso.

La evolución descrita hace necesaria la introducción de elementos nuevos en el modelo conceptual de las NGN, como puede apreciarse en los bloques de la zona izquierda de la figura 3.1.

a) Signalling Gateway

Desde el punto de vista de la señalización de llamadas y conexiones aparece el Signalling Gateway, cuya misión es transformar la señalización SS7 de las redes de circuitos (PUSI, TCAP, INAP, MAP, etc.) en paquetes según se define en el protocolo SIGTRAN. Este elemento también realiza la función inversa.

b) Media Gateway

Las señales de voz o de otro tipo sobre circuitos TDM son convertidas a streams de datos RTP en el Media Gateway. De esta manera el Media Server puede, indirectamente, manejar también otro tipo de terminales presentes actualmente en las redes de telecomunicación (teléfonos analógicos, GSM, etc.).

3.2.1 Tendencias en IP

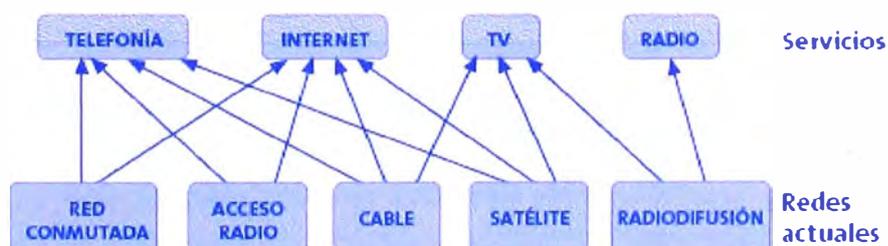
El proceso de evolución en las redes tradicionales hacia la arquitectura "Todo IP" se ha producido de una forma más o menos sincronizada en todos los sectores de las telecomunicaciones, motivado por una serie de factores y necesidades como son:

- Reducir los costes respecto a los modelos tradicionales.
- Compartir infraestructuras entre distintas unidades de negocio,
- La cada vez mayor preponderancia del modelo Internet.
- Establecer la convergencia y compatibilidad entre las distintas redes.
- Acelerar el proceso de creación y funcionamiento de las aplicaciones y servicios.
- La necesidad de simplificar y unificar.

Se ha pasado de un modelo en el cual la red y los servicios aparecen estrechamente ligados a un modelo en el que se mezclan redes y servicios de una forma no siempre óptima para terminar en un modelo horizontal en el que se propone una independencia absoluta entre ambos y una única solución de red común a todos ellos.



a.- Modelo horizontal (monopolios)



b.- Modelo vertical (mercado en competencia)

Fig. 3.2 Modelo de provisión de servicios [23]

3.2.2 El mundo IP en la red móvil

La tendencia hacia el modelo "Todo IP" también tiene alcance en el mundo de las comunicaciones móviles.

UMTS y 3GPP introducen opciones en la configuración de red, y especifican la arquitectura y protocolos para desplegar una red móvil 3G basada totalmente en el protocolo IP de Internet.

Los servicios de conmutación de paquetes de UMTS ya emplean IP para el transporte de datos de usuario extremo a extremo, así como en el backbone.

Esto permite la introducción de un backbone IP en el dominio de conmutación de circuitos del núcleo de red móvil. Los MSC Servers emplearían SS7 sobre IP utilizando soluciones SIGTRAN de IETF, mientras que los Media Gateways transportarían la voz paquetizada empleando tecnología de Voz sobre IP.

Por otro lado, 3GPP especifica una red de acceso radio UTRAN que permite a los operadores emplear ATM o IP para el nivel de transmisión.

IMS es un núcleo de control de sesiones multimedia completamente basado en tecnología IP y se considera el posible potenciador de la introducción de "Todo IP" en la red móvil. El fenómeno de la NGN es aplicable en su totalidad a los entornos móviles.

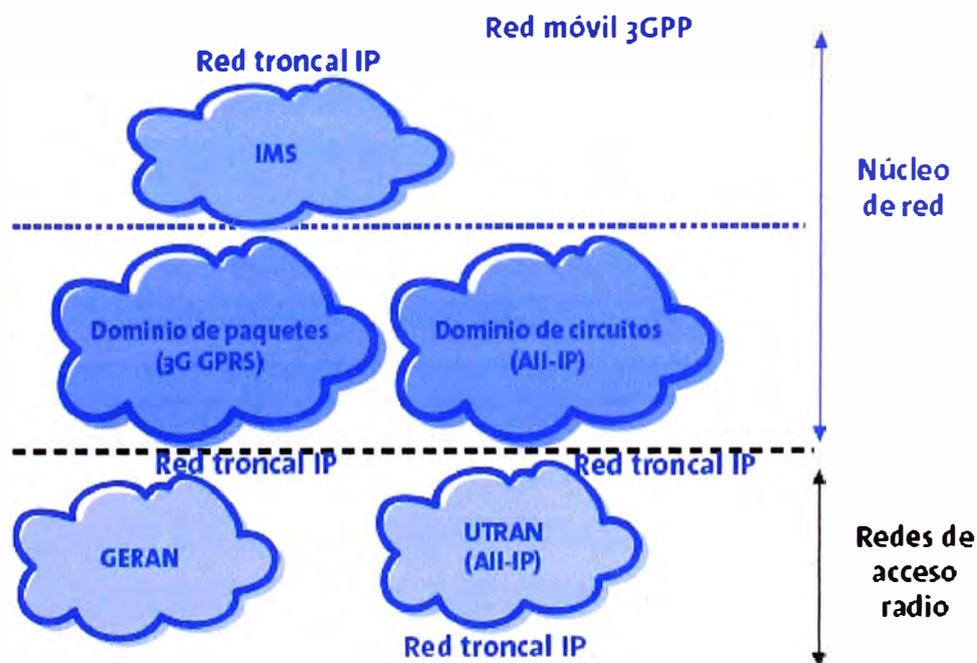


Fig. 3.3 Opción "Todo IP" en la red móvil 3GPP [23]

CAPÍTULO IV

IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM

Las redes de tercera generación (3G) apuntan a combinar los 2 paradigmas de las telecomunicaciones con mayor éxito como son el mundo celular e Internet.

IP Multimedia Subsystem (IMS) es el elemento clave en la arquitectura 3G que hará posible agregar la ubicuidad del acceso celular a todos los servicios que provee Internet.

a) Internet

Internet ha experimentado un crecimiento exponencial en la última década. Ha pasado de interconectar unas pocas redes de centros de investigación a unir redes masivas en el mundo entero. La causa de este crecimiento ha sido la habilidad para proveer servicios extremadamente útiles que satisfacen las necesidades de millones de usuarios.

Los servicios mas conocidos son la navegación web y correo electrónico, pero hay muchos mas tales como: la mensajería instantánea, voz sobre IP (VoIP), videoconferencias, etc.

Internet puede proveer distintos tipos de servicios porque usa protocolos abiertos que están disponibles en la web para cualquier desarrollador de servicios. La amplia difusión de los protocolos de Internet tiene implicaciones importantes.

Supongamos que a una persona que le gusta jugar el ajedrez, le gustaría jugarlo través de Internet. Esta persona podrá desarrollar esta aplicación para jugar ajedrez usando algún protocolo de transporte existente.

Si los protocolos no fueran abiertos habría pocos individuos que tendrían acceso a ellos, de esta forma la persona que desarrolle la aplicación para jugar ajedrez a través de Internet probablemente sea alguien con profundos conocimientos de protocolos pero no de ajedrez.

Internet ha hecho posible que el número de expertos de protocolos sea tan alto que siempre hay alguien dentro de una comunidad que entiende la necesidad de la comunidad y los protocolos de Internet necesarios para implementarlo.

b) El mundo Celular

Las redes celulares modernas incluyen llamadas telefónicas pero no se limitan a ellas. Proporcionan servicios de mensajería que van desde simples mensajes de texto hasta mensajes multimedia que incluyen texto, audio y video. Los usuarios pueden navegar en Internet, leer sus correos electrónicos, y aun mas, algunos operadores ofrecen servicios de localización de personas que les notifica cuando un amigo o colega esta cerca.

Sin embargo las redes celulares todavía no llegan a ser tan atractivas a los usuarios por los servicios ofrecidos. La principal fortaleza es que los usuarios tienen cobertura virtual en cualquier lugar. Los acuerdos de roaming entre operadores permiten extender la cobertura de servicios a lugares y países donde el operador no tiene cobertura.

La reducción en el tamaño de los terminales y funcionalidades ha contribuido a la popularidad de la telefonía celular. Los terminales modernos son de tamaño reducido, pueden soportar varios días sin necesidad de carga, incorporan funcionalidades de cámaras de video, cámaras digitales, radio, reproductores mp3, entre otros. Esto hace que las personas lo encuentren útil y puedan llevar el terminal a cualquier lugar sin dificultad.

4.1 Motivación de IMS

Las redes celulares de segunda generación (2G) al pertenecer al dominio de conmutación por circuitos han heredado sus limitaciones intrínsecas. La tendencia actual es sustituir la conmutación por circuitos por la conmutación por paquetes que es una tecnología más eficiente. El dominio de conmutación por paquetes proporciona acceso IP a Internet. Las redes celulares siguen esta tendencia y por lo tanto las redes 3G trabajan en el dominio de conmutación por paquetes.

Mientras que los terminales 2G actúan como módems para transmitir paquetes IP sobre un circuito, los terminales 3G usan tecnología de conmutación por paquetes nativa para realizar comunicaciones de datos y hacer virtualmente todo lo que podrían hacer sobre cualquier otra conexión a Internet a mayores velocidades que los terminales 2G.

Esto significa que cualquier usuario podría tomar ventaja de los servicios que ofrecen los proveedores en Internet. Por ejemplo se podría instalar un cliente de VoIP en un terminal 3G y realizar llamadas VoIP sobre el dominio de conmutación por paquetes.

Pero el principal problema del dominio de conmutación por paquetes es que brinda servicios basados en el mejor esfuerzo de la red sin calidad de servicio. La red no ofrece garantía acerca del ancho de banda que un usuario necesita para una conexión particular o el retraso que experimentan los paquetes.

La calidad de una conversación VoIP puede variar durante una comunicación. En cierto momento se podría escuchar la voz proveniente del otro lado perfectamente, pero instantes después podría ser difícil entender. Intentar mantener una comunicación con pobre calidad de servicio pronto podría llegar a ser una pesadilla.

Las razones para crear IMS son:

a) Brindar calidad de servicio

IMS sincroniza el establecimiento de sesión con la provisión de calidad de servicio para asegurar que los usuarios no tengan problemas.

b) Cargos apropiados de servicio

IMS permitiera efectuar cargos de las sesiones multimedia de forma apropiada. Por ejemplo un usuario que participa de una videoconferencia sobre el dominio de conmutación por paquetes transfiere grandes cantidades de información (audio y video codificado). Dependiendo del operador 3G la transferencia de grandes cantidades de información puede significar grandes costos al usuario, esto porque los operadores típicamente basan el cargo en el número de bytes transferidos.

El operador del usuario no puede seguir un modelo de negocios diferente para efectuar el cargo porque no sabe el contenido de esos bytes que podrían pertenecer a una sesión VoIP, a un mensaje de texto, a una página web o hasta un correo electrónico.

Si el operador fuera conciente del servicio que se está usando, podría proporcionar una alternativa de cargo que beneficie al usuario. Por ejemplo, el operador podría cobrar un monto fijo por cada mensaje de texto sin considerar su tamaño ó cobrar una sesión multimedia por la duración independientemente del número de bytes transferidos.

IMS permite que los operadores efectúen el cargo de la forma que ellos consideren más apropiada. Para ello proporciona información del servicio invocado por el usuario para que el operador decida el tipo de tráfico, el tipo de cargo, calidad de servicio, etc.

c) Interoperabilidad entre servicios

La tercera razón para la existencia de IMS es brindar servicios integrados a los usuarios. Aunque los operadores y fabricantes desarrollen algunos servicios multimedia no desean restringirse a estos servicios. Desearán más bien usar servicios desarrollados por terceros, combinarlos e integrarlos con sus servicios para proveer al usuario con un servicio totalmente nuevo. Por ejemplo, un operador que tiene un servicio de correo de voz podría comprar un sistema de conversión de texto a voz desarrollado por terceros y

proporcionar servicios de mensajería de voz a través de mensajes de texto para usuarios discapacitados de la visión.

IMS define los estándares de las interfaces para ser usados por los desarrolladores de servicio. De esta forma los operadores pueden tomar ventaja de la industria de creación de servicios de diversos proveedores para acceder a nuevos servicios. IMS apunta no solo a proporcionar nuevos servicios, sino también a proporcionar todos los servicios actuales y futuros que provea Internet. Aunque muchos servicios pueden ser proporcionados fuera del dominio IMS con una excelente calidad de servicio, la real fortaleza de IMS consiste en su entorno donde cualquier servicio puede acceder a cualquier aspecto de la sesión de otro servicio. Esto permite que los proveedores de servicio puedan crear servicios mas sofisticados en un entorno donde los servicios son independientes unos de otros. Por ejemplo un servicio podría insertar un aviso en una conferencia basado en un evento que ocurre en Internet como el cambio de estado de presencia de un colega de ocupado a disponible. Cuando los servicios en la red pueden acceder a todos los aspectos de sesión de otros servicios, se pueden realizar muchas operaciones sin enviar información adicional que repercute en un ahorro de ancho de banda que se podría utilizar para brindar mejor calidad de servicio.

4.2 Organismos de estandarización

Cuando IMS necesita un protocolo para realizar una tarea particular, los organismos de estandarización toman un protocolo Internet que cumpla ese propósito y especificar su uso en IMS. Algunas veces los protocolos seleccionados carecen de las funcionalidades esenciales o simplemente no existen. Cuando esto ocurre los organismos de estandarización recurren a los organismos que desarrollan protocolos Internet para trabajar en forma conjunta en una solución.

4.2.1 Relación entre los organismos de estandarización

La ITU IMT-2000 es el organismo de estandarización para redes 3G.

Es el resultado de colaboración de los diferentes organismos de estandarización.

Lo componen 3GPP (Third Generation Partnership Project), 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2) y otros organismos tal como ITU-R (ITU - Radiocommunications Sector) que participan en áreas diferentes a IMS.

3GPP y 3GPP2 han estandarizado sus propias versiones IMS los cuales son bastante similares pero con ciertas diferencias. Una similitud importante es que ambos usan protocolos de Internet que han sido estandarizados por la IETF (Internet Engineering Task Force).

Tanto 3GPP y 3GPP2 trabajan en colaboración con la IETF en desarrollar protocolos que satisfagan sus requerimientos.

El organismo de estandarización OMA (Open Mobile Alliance) juega un rol importante en el desarrollo de las especificaciones de servicios sobre IMS.

Diversos organismos de estandarización NGN aparecieron en la escena cuando IMS hizo su aparición en el acceso fijo de banda ancha.

ITU-T creó el NGN Focus-Group (NGN-FG) para el estudio y elaboración de las especificaciones NGN para accesos de línea fija basados en IMS.

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) creó TISPAN (Telecoms and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networks) con el objetivo de estandarizar una NGN para accesos de redes fijas basados en IMS.

ATIS (Alliance for Telecommunication Industry Solutions) creó el NGN Focus Group para estudiar la aplicabilidad de NGN e IMS a las redes de acceso fijo norteamericanas.

En la actualidad Los tres organismos de estandarización se mantienen sincronizados en la definición de NGN y la aplicabilidad de IMS a las redes de acceso fijos.

4.2.2 Internet Engineering Task Force

La IETF es una organización que agrupa a operadores, fabricantes, diseñadores de red, e institutos de investigación que trabajan juntos para desarrollar la arquitectura, protocolos y operación del Internet público. Es un organismo que está abierto a cualquier organización o individuo que desee participar. No es una corporación, por lo tanto no existen directores, miembros o deberes.

La IETF es el organismo que ha desarrollado la mayoría de los protocolos actualmente en uso en Internet.

La IETF no estandariza redes, arquitecturas combinando protocolos o APIs (Application Programming Interfaces). La IETF es la fábrica de protocolos relacionados a IP.

La organización es en base a grupos de trabajo donde cada grupo lleva como nombre un acrónimo que identifica la tarea encargada. Por ejemplo SIPPING es el acrónimo de "Session Initiation Protocol Investigation", SIMPLE es acrónimo de "SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions".

El producto de IETF son estándares, denominados RFC (Request For Comments), que recogen especificaciones relacionadas con Internet. Por ejemplo, IP, TCP, SMTP, PPP y ARP aparecieron como RFCs.

De ellos, los denominados Internet Standards forman el subgrupo de documentos esenciales para el funcionamiento de Internet.

Actualmente, la orientación hacia arquitecturas "todo IP" trae consigo la reutilización de protocolos IETF.

En particular, SIP (Session Initiation Protocol) es la base del subsistema IP multimedia (IMS) de 3GPP. Además, existen casi cien referencias a RFCs o internetdrafts en las especificaciones 3GPP.

4.2.3 Third Generation Partnership Project

3GPP representa un acuerdo de colaboración entre organismos de estandarización y otras entidades relacionadas para producir las especificaciones técnicas para:

- Un sistema 3G basado en una red troncal GSM/MAP evolucionada y en el acceso radio UTRA.
- La evolución del acceso radio GSM/GPRS/EDGE.

No tiene entidad legal y es un proyecto común de sus socios. Esta conformado por ETSI en Europa, ATIS en EEUU, ARIB y TTC en Japón, TTA en Corea y CCSA en China.

La estandarización en 3GPP es un proceso gradual, con continuas revisiones y evoluciones; Cada cierto tiempo elabora un conjunto de documentos que constituye un estándar, que se conoce como "Release".

4.2.4 Third Generation Partnership Project 2

De forma similar como se estableció 3GPP para la estandarización de GSM y UMTS, la estandarización de los sistemas cdma2000 se realiza a través de un proyecto de colaboración. No tiene representación legal y esta constituido por la TIA en EEUU, ARIB y TTC en Japón, CCSA en China y TTA en Corea. También cuenta con dos representantes del mercado como son The CDMA Development Group (CDG) e IPv6 Forum.

El trabajo de preparación para las especificaciones técnicas se dividen en cuatro grupo grupos TSGs (Technical Specification Groups).

1. TSG-A (Access Network Interfaces).
2. TSG-C (cdma2000).
3. TSG-S (Services and Systems Aspects).
4. TSG-X (Core Networks).

3GPP2 elaborado distintas versiones de las distintas modalidades del estándar (1xRTT, 3xRTT, 1xEV-DO y 1xEV-DV).

4.2.5 Open Mobile Alliance

OMA es un organismo de estandarización orientado a estandarizar servicios y aplicaciones móviles de manera independiente a la tecnología de transporte y acceso. Participan los principales operadores móviles, fabricantes de equipos de red y terminales, proveedores de servicios y contenidos, y compañías de tecnologías de la información de todo el mundo.

OMA consolida e integra diversos grupos: WAP Forum, Location Interoperability Forum (LIF), SyncML Initiative, MMS-IOP (Multimedia Messaging Interoperability Process), Wireless Village, Mobile Gaming Interoperability Forum (MGIF) y el Mobile Wireless Internet Forum (MWIF).

El objetivo último y principal de OMA es garantizar la interoperabilidad extremo a extremo de los servicios móviles, para lo cual OMA se centra en la especificación de una arquitectura de servicios con interfaces abiertas e independiente de la tecnología de redes móviles y sus plataformas.

OMA sigue los siguientes principios para proporcionar esta interoperabilidad extremo a extremo:

- Proporcionar productos y servicios basados en estándares abiertos.
- Disponer de una arquitectura y unas tecnologías que posibiliten servicios independientes del sistema operativo, de las tecnologías de acceso y de las plataformas de red.
- Disponer de una capa de aplicación independiente de las capas de transporte. De forma simplista se puede decir que la colaboración con 3GPP y 3GPP2 se realiza en los siguientes términos:
 - La estandarización de la red radio y la red troncal es tarea de 3GPP y 3GPP2.
 - La estandarización de aplicaciones es tarea de OMA.
- Proporcionar interoperabilidad de servicios de manera transparente al usuario, pudiendo emplear diferentes tecnologías y modos de acceso.

OMA dedica considerables esfuerzos a especificar pruebas de interoperabilidad extremo a extremo y promueve eventos de pruebas de las tecnologías que desarrolla. En particular, el servicio MMS, que en las primeras implementaciones resultaba decepcionante por las incompatibilidades entre redes o entre terminales, ha sido afinado por OMA estableciendo las bases y requisitos mínimos de funcionamiento.

4.3 Arquitectura IMS

Existe un acuerdo entre 3GPP e IETF que ha ligado fuertemente el desarrollo del estándar IMS al trabajo de IETF, quien como responsable de la estandarización de los protocolos IP emergentes que se emplean en IMS ha tenido que acelerar este proceso, a la vez realiza especificaciones a medida y exclusivas para 3GPP. Se puede considerar a IMS y 3GPP como los catalizadores para el desarrollo comercial de la tecnología IETF, como es el caso de IPv6 y SIP, principales protocolos de IMS.

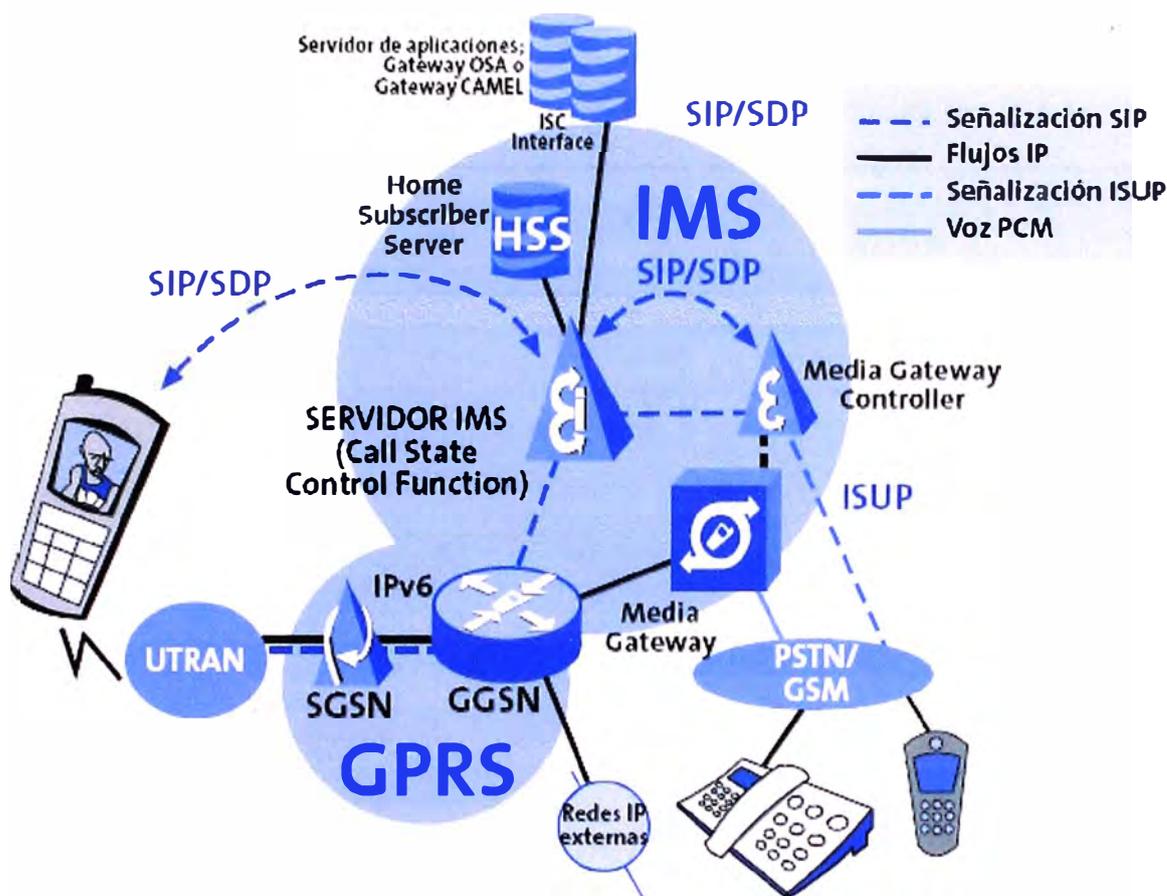


Fig. 4.1 Arquitectura simplificada y entidades funcionales IMS [24]

4.3.1 Control de sesión

Es realizado por el protocolo de control de llamada IMS basado en SIP y SDP. La señalización de IMS se efectúa mediante el protocolo SIP que realiza la gestión de sesiones multimedia en Internet. IETF ha ido añadiendo al protocolo básico extensiones y cabeceras privadas para adaptar su uso a las redes 3G IMS.

SIP aporta las funciones para el registro, establecimiento, liberación y mantenimiento de las sesiones IMS, lo que incluye funciones de enrutamiento de sesiones e identificación de usuarios y nodos, y también habilita todo tipo de servicios suplementarios.

El protocolo SIP tiene una estructura similar a HTTP, e incluso comparte los códigos de respuesta lo cual facilita el desarrollo de los servicios, puesto que es similar a construir aplicaciones web.

Tanto SIP como HTTP son protocolos de texto, que permiten incluir contenido MIME en el cuerpo de sus mensajes, de este modo los mensajes del protocolo SDP se transfieren en los mensajes SIP.

El protocolo SDP se emplea para describir la sesión que se negocia con SIP.

Mediante SDP, los extremos de una sesión pueden indicar sus capacidades multimedia y definir el tipo de sesión que desea mantener. Con SDP los extremos deciden qué flujos multimedia compondrán la sesión, de manera que establecerán a qué tipos de medios multimedia corresponden dichos flujos (audio, video, etc.) y qué codecs soportan y desean emplear para cada flujo, así como la configuración específica de los codecs anunciados.

Mediante este intercambio de señalización se negocia la QoS, tanto en el establecimiento como durante la sesión en curso, si es necesario. Este dinamismo es una novedad en el sector de las telecomunicaciones, donde la QoS es estática y viene impuesta por las redes y el servicio final solicitado. Por otro lado, en las redes 3GPP el operador puede configurar IMS para elegir qué tipos de medios y codecs desea soportar en su red, incluso puede personalizar cada perfil de usuario IMS para que éste pueda realizar un determinado tipo de sesiones IP multimedia, rechazando cualquier otra comunicación IMS que difiera de sus políticas.

4.3.2 Protocolo de transporte

IMS ha definido desde su origen como una red fundamentado completamente sobre IPv6. Los terminales IMS han de soportar el stack IPv6, y posiblemente IPv4. La razón para que IPv6 sea un requisito básico es la previsión del próximo despliegue paulatino de IPv6 en Internet.

Como los mecanismos de funcionamiento IPv4/IPv6 iban a necesitarse igualmente, con independencia de la versión del protocolo escogida para IMS, 3GPP prefirió dar compatibilidad hacia atrás y partir de la situación más avanzada técnicamente.

Además de las conocidas ventajas de IPv6, el tráfico del plano de usuario se transfiere directamente entre los terminales siguiendo el paradigma peer-to-peer.

Además de SIP/SDP e IPv6, 3GPP emplea otros protocolos de IETF para la provisión de servicios IP multimedia, como son:

- Protocolos RTP (Real Time Protocol) y RTCP (Real Time Control Protocol), que se utilizan para el transporte de flujos IP multimedia del plano de usuario.

- Protocolo COPS (Common Open Policy Service), para el control de los recursos de GPRS mediante el uso de políticas de asignación de los mismos en función de los objetivos marcados de calidad.
- Protocolo Diameter, para aquellas acciones relacionadas con la autorización, autenticación y tarificación.
- Los protocolos RSVP (Resource Reservation Protocol) y DiffServ, para asegurar la QoS extremo a extremo.
- El protocolo Megaco, para el control remoto de los Media Gateways.

La entidad funcional clave es el nodo CSCF (Call State Control Function), que es básicamente un servidor SIP con funciones de proxy. CSCF ejecuta tres roles diferentes en la operativa de IMS:

El Proxy CSCF (P-CSCF), que es el punto de entrada al subsistema IMS que recibe directamente la señalización IMS. Implementa las funciones de protección de señalización (seguridad) y el control de recursos del subsistema de transporte.

El Serving CSCF (S-CSCF). A cada usuario registrado en IMS se le asigna un S-CSCF, el cual se encarga de enrutar las sesiones destinadas o iniciadas por el usuario. El Interrogating CSCF (I-CSCF), que es un nodo intermedio que da soporte a la operación IMS. El I-CSCF ayuda a otros nodos a determinar el siguiente salto de los mensajes SIP y a establecer un camino para la señalización.

Durante el registro, el P-CSCF se ayuda del I-CSCF para determinar el S-CSCF que ha de servir a cada usuario. En situaciones de itinerancia y en sesiones entre redes, el I-CSCF es el punto de entrada conocido por la red IMS externa e indica el siguiente salto a realizar para la señalización. Opcionalmente, el I-CSCF efectúa funciones de ocultación de la topología de la red IMS ante redes externas, de forma que los elementos ajenos a IMS no puedan averiguar cómo se gestiona la señalización internamente (por ejemplo, el número, el nombre y la capacidad de los CSCF).

- El Home Subscriber Server (HSS), que hereda las funciones del HLR: almacena y gestiona el perfil del servicio IMS del abonado, almacena las claves de seguridad y genera vectores de autenticación, registra el estado de los abonados y almacena el nodo S-CSCF con el que el abonado se ha registrado, etc.

El Media Gateway Control Function (MGCF), que es parte de la arquitectura de funcionamiento de IMS con las redes de circuitos. En concreto, implementa el plano de control traduciendo la señalización IMS SIP/SDP a SS7, y viceversa. También se encarga de controlar la operación del IM-MGW.

- El IP Multimedia Media Gateway (IM-MGW), implementa el plano de usuario de la arquitectura de operación de IMS con las redes de circuitos. En las redes TDM de circuitos se encarga de la codificación de flujos IMS sobre IP a datos de usuario.
- Los servidores de aplicación y las pasarelas con destino al plano de servicios. 3GPP define interfaces IMS entre el S-CSCF y el plano de servicios, de esta manera la señalización puede desviarse hacia el plano de servicio en base a una serie de criterios que se recogen en el perfil de abonado, que el HSS alberga y que el S-CSCF descarga durante el registro de cada abonado. Por tanto, el S-CSCF puede transferir la señalización de un registro o sesión hacia un servidor de aplicaciones SIP, o transferirla hacia una pasarela OSA o hacia una pasarela CAMEL, que traduce SIP en CAP.

4.4 Operativa de IMS

Procedimientos comunes en IMS:

- El proceso de registro. Fundamentalmente necesario para que el usuario pueda acceder a los servicios IP multimedia.
- El establecimiento de sesión. Para iniciar las comunicaciones con otros usuarios y con los servicios multimedia.

Para entender mejor como trabaja IMS y los protocolo que lo componen, se plantea el escenario en cual un usuario que posee un terminal móvil con capacidades GPRS que soporta IMS desea establecer una sesión con otro usuario que posee un terminal con las mismas características.

4.4.1 Procedimiento de registro

Consta de los siguientes pasos:

- Como paso previo para acceder a IMS, el usuario debe registrarse en el sistema. Mediante este proceso se activan las identidades públicas que el usuario desea emplear en sus sesiones multimedia y se establece el S-CSCF que le aportara el servicio. Se emplea la señalización SIP y un algoritmo de autorización/autenticación por desafío de usuario a red, y viceversa, que recibe el nombre de IMS AKA (IMS Authentication and Key Agreement).

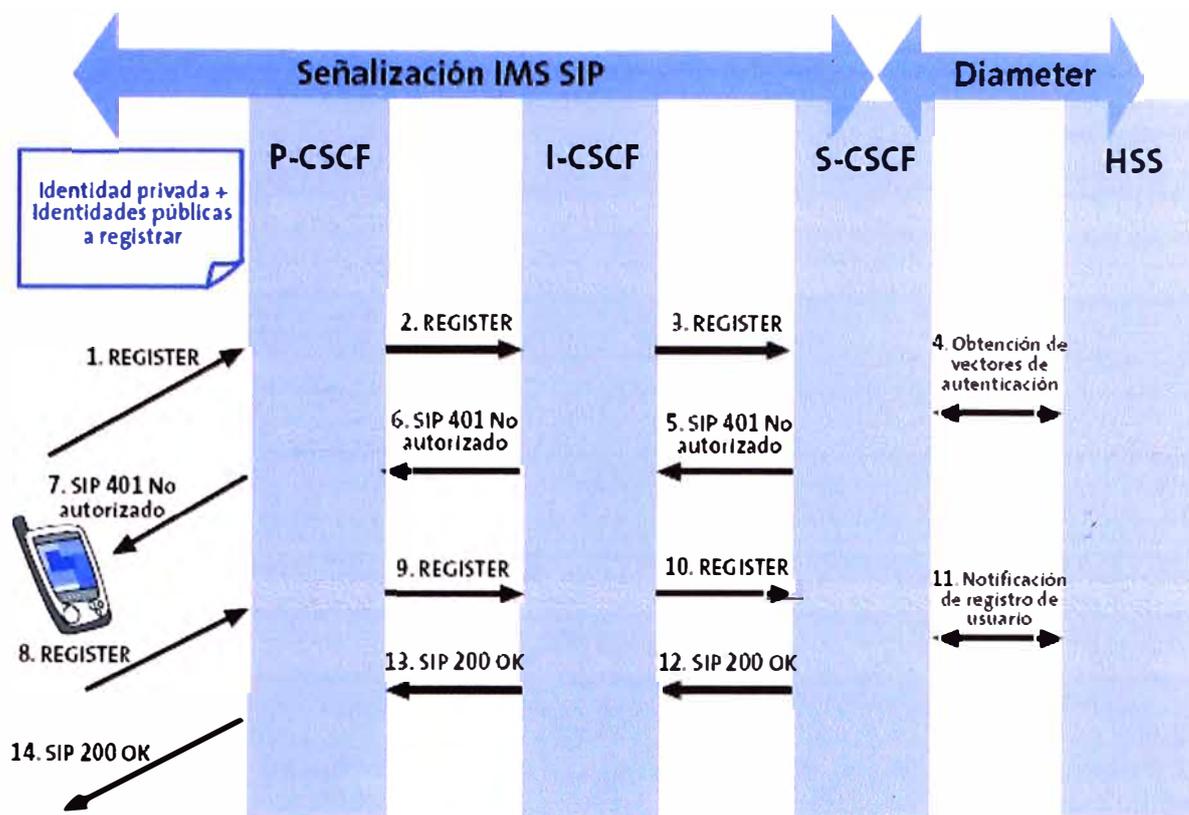


Fig. 4.2 Procedimiento de registro en IMS [24]

- Luego, el usuario inicia el proceso enviando un mensaje SIP REGISTER hacia el P-CSCF, que detecta que se trata de un mensaje no protegido por ninguna asociación de seguridad previa; es decir, se trata de un mensaje de registro inicial. En ese mensaje se encuentran la identidad privada del usuario, almacenada en la ISIM, y las identidades públicas que desea registrar para su posterior uso.
- En esta fase, el P-CSCF envía el mensaje hacia un I-CSCF, que se encarga de seleccionar un S-CSCF hacia el que reenvía la petición de registro. Cuando el S-CSCF recibe el mensaje, comprueba que no se trata de un usuario ya registrado y contacta con el HSS para obtener los vectores de autenticación, necesarios para el algoritmo IMS AKA.
- Luego, para solicitar la autenticación, devuelve hacia el terminal móvil un mensaje SIP 401 "No autorizado", en el que se incluyen ciertos números generados aleatoriamente, así como las claves para el cifrado y protección de la integridad de la señalización IMS.
- Por último, el usuario, en base al mensaje de desafío especificado en la anterior fase, comprueba la identidad de la red IMS y genera un nuevo mensaje SIP REGISTER. Este segundo mensaje contiene una respuesta formada a partir del algoritmo de autenticación IMS AKA. Cuando el mensaje llega al S-CSCF, el usuario es finalmente registrado después de comprobar la veracidad de su identidad.

Luego, el S-CSCF indica al HSS que ha registrado al abonado satisfactoriamente y descarga desde allí la suscripción IMS del usuario. El proceso finaliza con el asentimiento SIP 200 OK enviado hacia el terminal móvil.

4.4.2 Procedimiento de inicio de sesión

Consta de los siguientes pasos:

- En primer lugar, una vez que el usuario ha sido registrado recién puede acceder a los servicios IP multimedia que proporciona IMS. Por ejemplo, podría establecer una sesión de videoconferencia con otro usuario IMS de otra red. Para ello, utilizará el subsistema IMS para intercambiar información de señalización mediante los protocolos SIP y SDP con el usuario con el que se quiere comunicar. El objetivo de este intercambio de señalización es el establecimiento de una sesión, mediante la cual se contactará con el nodo destino, se negociarán los parámetros de sesión y se activarán los recursos GPRS necesarios para soportar la sesión multimedia. Para poder realizar lo anterior, el usuario origen deberá enviar a través de IMS un mensaje SIP INVITE, en el que añadirá también el mensaje SDP que describe las capacidades de la sesión que pretende establecer. En ese mensaje SDP estarán incluidos los medios que quiere transmitir, la tasa binaria a la que se transmitirá cada medio, los protocolos utilizados para la transmisión de los medios, los codecs que se utilizarán, etc. La señalización SIP y SDP llegará al usuario remoto pasando por los nodos IMS de la red origen y destino.
- A continuación el terminal destino enviará de vuelta al nodo origen un mensaje SIP de progreso de sesión (183 Session Progress), en el que se añadirá un mensaje SDP con la respuesta del nodo destino al ofrecimiento de los parámetros SDP del nodo origen. Estos parámetros pueden haber sido modificados en función de las capacidades del terminal o las preferencias del usuario.
- Seguidamente el terminal origen envía un mensaje PRACK como respuesta al mensaje de progreso de sesión, en el que está incluida la oferta SDP final. Es en este momento cuando se activan los recursos necesarios a nivel GPRS en la red origen, para soportar los medios que se han negociado. Si se ha habilitado el control de QoS mediante COPS, IMS puede interactuar con el nivel GPRS para autorizar los recursos y la QoS para cada medio. Por su parte, en la red destino se activan los recursos GPRS, una vez que llega el PRACK con el mensaje SDP final. Para simplificar la figura 4.3 no se ha mostrado el mensaje SIP 200 OK de respuesta del PRACK desde el terminal destino hacia el terminal origen. Cuando éste recibe el mensaje 200 OK, envía un mensaje SIP UPDATE para indicar al

destino que ha tenido éxito la operación de activación GPRS. Es entonces cuando el terminal destino avisa a su usuario de que le están llamando, a la vez que envía la señalización SIP para indicar al terminal origen que el usuario destino está siendo alertado.

- Por último, cuando el usuario destino descuelga para recibir la sesión de videoconferencia, su terminal envía otro mensaje 200 OK, con el que se confirma el establecimiento definitivo de la sesión desde el usuario remoto. Si se implementa el control QoS desde IMS, este mensaje activa a su paso, a través de IMS, el plano de transporte GPRS para autorizar la transferencia de paquetes, y empieza el intercambio de tráfico de usuario, compuesto de audio y vídeo, entre los terminales que soportan el servicio GPRS.

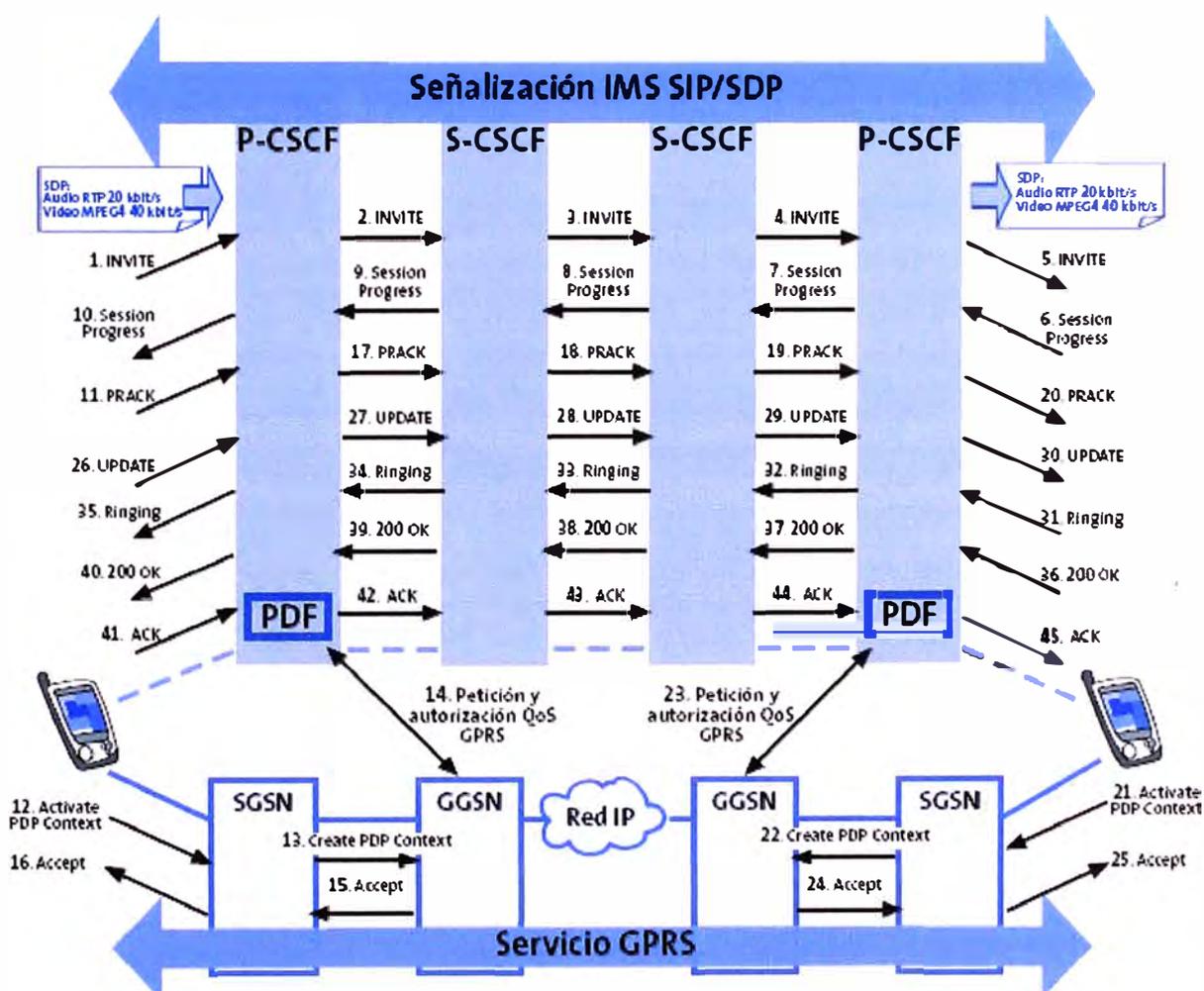


Fig. 4.3 Procedimiento de inicio de sesión [24]

CAPÍTULO V

ESCENARIO ACTUAL DE LAS TELECOMUNICACIONES

Las telecomunicaciones presentan un escenario de transformación constante por dos factores principales:

a) La evolución tecnológica

Representada por los siguientes fenómenos de las telecomunicaciones.

- Internet. Parte esencial en las telecomunicaciones que promueve una verdadera revolución cultural al propiciar una globalización en el acceso a la información y posibilitar una multitud de servicios interactivos. El protocolo IPv6 y el incremento de la capacidad de las redes auguran que este protocolo se podría convertir en el soporte de casi la totalidad de los servicios en un futuro cercano.
- Telefonía móvil. Proporciona ubicuidad a las comunicaciones. Ha llegado a ser muy popular gracias a la disminución del tamaño y precios de los terminales móviles. La regulación han contribuido de forma sustancial al crecimiento de este servicio. Se observa una creciente tendencia a la convergencia de los servicios fijos y móviles.
- La banda ancha. Tecnología que permite transmisión de información a grandes velocidades. Esta capacidad es junto al protocolo IP uno de los factores que favorecen la convergencia de servicios al permitir garantizar la calidad necesaria para poder sustituir la conmutación de circuitos tradicional por la conmutación de paquetes.

b) La liberalización de los servicios

El sector telecomunicaciones opera en modelos de libre competencia en casi todos los países. La liberalización ha sido más completa en los mercados de datos y audiovisual que en el de telefonía, que sigue estando fuertemente regulado. De hecho las consecuencias de las diferentes políticas regulatorias han condicionado en gran manera el desarrollo de cada mercado.

5.1 Impacto de las plataformas multiservicios en la sociedad

Las plataformas multiservicios brindan distintas alternativas a los operadores de telecomunicaciones para que puedan ampliar su oferta de servicios, ofrecerla a un mayor número de clientes y a un coste inferior a las soluciones clásicas.

Estas posibilidades que ofrecen las plataformas multiservicio junto al panorama actual de las telecomunicaciones de agresiva competencia entre operadores, favorecen la accesibilidad a los servicios de telecomunicaciones a una mayor cantidad de personas.

Esto trae grandes beneficios comerciales tanto para el operador como para el usuario a la vez que favorece la inclusión digital.

La inclusión digital es un factor clave para el desarrollo económico, educativo y social de las personas dado que permite que los países y ciudadanos se incorporen con éxito en las sociedades de la información.

La inmersión de la sociedad en las tecnologías de la información a través de Internet ocasiona un cambio en la concepción del negocio, ya que las empresas encuentran un marco importante para desenvolver el negocio sin limitaciones horarias y con un sustancial ahorro de coste basado en la autogestión de los clientes.

5.2 Modelo regulatorio para servicios sobre el entorno IP

En los escenarios actuales las comunicaciones y el acceso a contenidos se produce desde distintos terminales a través de plataformas que proporcionan servicios convergentes en competencia.

El futuro se perfila al modelo "Todo IP" tanto para redes fijas como inalámbricas.

La migración hacia la NGN se está dando ya de forma natural en la industria.

La convergencia debe entenderse como una oportunidad para impulsar el entorno de competencia en el sector telecomunicaciones en beneficio de los usuarios.

Las normativas regulatorias en latinoamerica estan estructuradas en torno a los servicios, los que hasta hace poco han estado ligados a la infraestructura.

De acuerdo a las premisas anteriores, la regulacion sobre este entorno deberia cumplir lo siguiente:

- Debe promover un esquema en donde prevalezcan los principios de neutralidad y competencia bajo el nuevo entorno convergente.
- Al mismo tiempo que promueve el modelo NGN debe otorgar certidumbre jurídica a los operadores e inversionistas en el periodo de transición.
- Debe evitar que los operadores encuentren restricciones legales para prestar servicios convergentes.

- Promover la participación de más prestadores de servicios a través de esquemas que simplifiquen los procesos de autorización.
- Debe facilitar la Interoperabilidad e interconexión de redes y servicios.
- Neutralidad de red. Crear las condiciones necesarias para que los servicios/aplicaciones/contenidos puedan ser utilizadas de forma no discriminatoria.

CONCLUSIONES

1. La migración hacia las redes de nueva generación se está dando de forma natural en la industria.
2. IP Multimedia Subsystem es el elemento clave para el desarrollo de las redes de tercera generación.
3. Las nuevas tecnologías propician la interoperabilidad entre servicios y el interfuncionamiento de redes.
4. Los terminales se están convirtiendo en el elemento donde reside la inteligencia del servicio y restan valor a la red.
5. La red evoluciona más allá de la conectividad. En la actualidad el mayor ingreso se genera en la conectividad, las perspectivas indican que en el futuro los mayores ingresos los proporcionarían los servicios.
6. La convergencia debe entenderse como una oportunidad para impulsar el entorno de competencia en el sector telecomunicaciones en beneficio de los usuarios.

GLOSARIO

GLOSARIO

3GPP	Third Generation Partnership Project
3GPP2	Third Generation Partnership Project 2
AAL-1	ATM Adaptation Layer – 1
AAL-2	ATM Adaptation Layer – 2
AAL-3/4	ATM Adaptation Layer – 3/4
AAL-5	ATM Adaptation Layer – 5
ADM	Add/Drop Multiplexer
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AMPS	American Mobile Phone System
ANSI	American National Standard Institute
API	Application Programming Interfaces
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ATIS	Alliance for Telecommunication Industry Solutions
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BGP	Border Gateway Protocol
BMC	Broadcast/Multicast Control
BPON	Broadband Passive Optical Network
BRAS	Broadband Remote Access Server
BSS	Business Support System
CAN	Cable Area Network
CATV	Community Antenna Television
CDMA	Code Division Multiple Access
CMTS	Cable Modem Termination System
CR-LDP	Constrained Routing LDP
CCSA	China Communications Standards Association
CSCF	Call State Control Function
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DiffServ	Differentiated Services
DMT	Discrete Multi Tone
DMTF	Dual Tone Multifrequency
DNS	Domain Name Server
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DS-CDMA	Direct Sequence-Code Division Multiple Access
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
EDFA	Erbium-Doped Fiber Amplifiers
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution
EPON	Ethernet Passive Optical Network
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
FDM	Frequency Division Multiplexing
FTLA	Fiber to the Last Active
FTTB	Fiber to the Backbone
FTTC	Fiber to the Curb

FTTF	Fiber to the Feeder
FTTH	Fiber to the Home
FTTx	Fiber to the x
GMPLS	Generalized MultiProtocol Label Switching
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
GSR	Giga Switch Router
HDLC	Control de alto nivel del enlace de datos (high level data link control)
HDSL	High bit rate Digital Subscriber Line
HFC	Hybrid Fibre Coaxial
HTTP	HyperText Transfer Protocol
I-CSCF	Interrogating CSCF
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IETF	Internet Engineering Task Force
IGMP	Internet Group Management Protocol
IMS	Ip Multimedia Subsystem
IMS AKA	IMS Authentication and Key Agreement
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
IPX	Internetwork Protocol Exchange
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	ITU - Radiocommunications sector
ITU-T	International Telecommunications Union – Telecommunications
JDS	Jerarquía Digital Sincronía
LAN	Red de área local
LCP	Link Control Protocol
LDP	Label Distribution Protocol
LER	Label Edge Routers
LLC	Logical Link Control
LSP	Label Switching Path
LSR	Label Switching Routers
MAC	Medium Access Control
MEGACO	MEdia GAteway COntrol protocol
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
MPLS	MultiProtocol Label Switching
MSC	Mobile Switching Center
NCP	Network Control Protocol
NGN	Next Generation Network
NGN-FG	NGN Focus-Group
NMT	Nordic Mobile Telephone
OADM	Optical Add/Drop Multiplexer
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OLT	Optical Line Termination
OMA	Open Mobile Alliance
ONU	Optical Network Unit
OSI	Open System Interconnection
OSS	Operations Support System

OTM	Optical Transport Module
OTN	Optical Transport Network
OXC	Optical cross-connect
P-CSCF	Proxy CSCF
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PDU	Protocol Data Unit
PHB	Per Hop Behaviours
PMD	Physical Medium Dependent
PON	Passive Optical Network
PPP	Protocolo punto a punto
PPPoA	PPP over ATM
PPPoE	PPP over Ethernet
PSTN	Public Switched Telephone Network
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Calidad de servicio
RADIUS	Remote Access Dial In User Services
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RED	Random Early Discard
RFC	Request For Comments
RIO	Random early discard with In and Out packets
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network System
RRC	Radio Resource Control
RSVP	Resource reSerVation Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
S-CSCF	Serving CSCF
SCP	Service Control Point
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDP	Session Description Protocol
SIGTRAN	Signalling Transport
SIP	Session Initiation Protocol
SMS	Short Message Service
SONET	Synchronous Optical Network
SS7	Signalling System #7
STP	Service Transfer Point
TACS	Total Access Communication System
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiplexing Access
TISPAN	Telecoms and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networks
TMA	Telefonia Móvil Automática
TSR	Tera Switch Router
TTA	Telecommunications Technology Association
TTC	Telecommunication Technology Committee
UDP	User Datagram Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VDSL	Very high bit-rate Digital Subscriber Line
VoD	Video on Demand

VoIP	Voice over IP
WAN	Red de área extensa
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WiFi	Wireless Fidelity
WRED	Weighted Random Early Discard
xDSL	x Digital Subscriber Line

BIBLIOGRAFIA

- [1] Gonzalo C./Miguel A. Garcia-Martin, "The 3G IP Multimedia Subsystem", John Wiley & Sons Ltd.– England, 2006
- [2] Miikka P./ Georg M./ Hisham K./ Aki N., "The IMS" John Wiley & Sons Ltd.– England, 2006
- [3] Juliet B./Chris G./Matthew B./Stuart W/Tom T., "Converged Multimedia Networks" John Wiley & Sons Ltd.– England, 2006
- [4] Ashwin G./Tony A., "First Mile Access Networks and Enabling Technologies" Cisco Press – USA, 2004
- [5] Chris H./Dylan G./Truman B., "Broadband Network Architectures" Pearson Education, Inc.– Boston, 2007
- [6] IETF RFC 3261, "Session Initiation Protocol" IETF, 2002
- [7] IETF RFC 3261, "Session Description Protocol" IETF, 1998
- [8] IETF RFC 2475, "An Architecture for Differentiated Services" IETF, 1998
- [9] Ericsson White Paper, "IMS – IP Multimedia Subsystem" Ericsson, 2004
- [10] Recomendaciones ITU-T para NG-SDH, "G.7041, G.707, G.7042" ITU-T - 2003
- [11] Grupo de expertos ITU, "Informe Esencial sobre Telefonía IP" ITU, 2003
- [13] José Antonio A./José Enriquez G., "Telecomunicaciones de Nueva Generación" Telefónica Investigación y Desarrollo – España, 2003
- [14] Telefónica de España, "Convergencia Fijo-Móvil" "http://empresas.telefonica.es/documentacion/presencia_externa/Presentacion_Convergencia_Fijo-Movil_AGUI_v1.pdf", 2006
- [15] Wikipedia, "PSTN Hierarchy" "http://en.wikipedia.org/wiki/User_talk:Jim.henderson_archive_1", 2007
- [16] Zytrax, "SS7 Protocols" "http://www.zytrax.com/tech/ss7/ss7_intro.html", 2007

- [17] Wikimedia, "FTTx"
"<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:FTTX.svg>", 2007
- [18] Swisscom, "Mobile telephony in a nutshell"
"http://www.swisscom-mobile.ch/scm/mce_mobilkommunikation-kurz-en.aspx"
- [19] Telefónica Investigación y Desarrollo, "Comunicaciones de Telefónica N° 38"
"www.tid.es/documentos/revista_comunicaciones_i+d/numero38.pdf ", 2006
- [20] ITU, "G.652 : Characteristics of a single-mode optical fibre and cable"
"<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/en>", 2005
- [21] Telefónica Investigación y Desarrollo, "Comunicaciones de Telefónica N° 39"
"www.tid.es/documentos/revista_comunicaciones_i+d/numero39.pdf ", 2006
- [22] Telefónica Investigación y Desarrollo, "Comunicaciones de Telefónica N° 35"
"www.tid.es/documentos/revista_comunicaciones_i+d/numero35.pdf ", 2005
- [23] Telefónica de España, "Integración de infraestructuras mediante NGN"
Telefónica de España
- [24] Telefónica de España, "Evolución al dominio IMS"
Telefónica de España