



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria  
de Telecomunicació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# **PROYECTO FINAL DE CARRERA**

## **CALIDAD DE SERVICIO EN REDES NGN (QUALITY OF SERVICE IN NEXT GENERATION NETWORKS)**

*Estudios: Ingeniería de Telecomunicaciones*

*Autor: Sergio García Subirón*

*Director/a: Jaume Comelles*

*Año: 2012*



# Índice general

Índice general .....	1
Agradecimientos .....	5
Resumen del Proyecto .....	6
Resum del Projecte .....	7
Abstract .....	8
Introducción .....	10
1.1 Contexto del proyecto .....	10
1.2 Objetivos .....	11
1.3 Estructura de la memoria .....	13
2. Estado actual de las telecomunicaciones .....	15
2.1 Predicciones para 2012 .....	15
Smartphones y tablets .....	15
Direcciones IP migración a IPv6 .....	17
Trafico P2P .....	19
Videoconferencia .....	19
Redes móviles 3G vs 4G .....	20
Wi-Fi complemento de la banda ancha móvil .....	23
Movilidad .....	24
M2M y Smartcities .....	24
Información en la nube. Cloud-computing .....	26
2.2 Historia de las telecomunicaciones de X25 a DWDM .....	27
Red de conmutación de paquetes X.25 .....	28
Frame Relay .....	29
ATM .....	30
Time Division Multiplexing (TDM) .....	31
SONET/SDH .....	32
Comparación WDM y TDM .....	34

Comparación WDM y TDM .....	34
Convivencia de SDH con DWDM.....	36
3. Next Generation Network .....	38
3.1 El punto de partida: La estructura de red clásica.....	38
3.2 Características y capacidades fundamentales de la NGN .....	40
Movilidad generalizada .....	42
Convergencia entre redes.....	44
Núcleo de red.....	45
3.3 Separación entre redes de transporte y servicios .....	46
3.4 Arquitectura NGN .....	47
Relación de la arquitectura de una NGN con el modelo OSI .....	47
Arquitectura NGN .....	48
Estrato de Transporte.....	50
Estrato de Servicios .....	51
Plano de gestión .....	53
4. IP Multimedia Subsystem IMS .....	56
4.1 Definición.....	56
4.2 Puntos clave del desarrollo de IMS .....	59
Servicios.....	60
Estratégicos.....	60
Tecnológicos.....	60
4.3 Arquitectura IMS .....	62
Capa de transporte .....	64
Capa de Control.....	65
Capa de Servicios y Aplicaciones .....	67
4.4 Entidades IMS en el núcleo de red .....	67
4.5 Funcionamiento con la RTCP.....	73
4.6 Conclusiones IMS .....	77
4.7 Consideraciones QoS en redes IMS .....	79
Introducción .....	79
Requisitos de QoS de los servicio IMS .....	82

Control de QoS .....	82
Problemática redes de acceso.....	83
Arquitectura de IMS para ofrecer QoS a una NGN .....	84
Itinerancia entre redes Roaming.....	87
5. Calidad de Servicio en NGN.....	89
5.1 Definición.....	89
5.2 Parámetros de calidad de servicio .....	90
5.3 Mecanismos de calidad de servicio.....	92
Best-Effort .....	93
IntServ/RSVP .....	93
DiffServ .....	96
Limitaciones del modelo Diffserv .....	99
Valoraciones del modelo Diffserv .....	101
5.4 Multiprotocol Label Switching o MPLS.....	101
Introducción a MPLS .....	101
Elementos y Conceptos básicos de MPLS.....	104
Generalidades de funcionamiento.....	114
5.5 Introducción y modelos anteriores.....	120
5.6 Integración de modelos MPLS y Diffserv.....	122
5.7 Complementariedad entre ambos modelos .....	123
5.8 Clases de Servicio .....	125
5.9 Establecimiento de LSPs.....	126
EXP-Inferred-PSC LSP o E-LSP .....	127
Label-Only-Inferred-PSC LSP o L-LSP .....	128
5.10 DiffServ en paquetes MPLS.....	130
5.11 Estructura de los nodos .....	133
5.12 Necesidad de un modelo de calidad de servicio.....	136
5.13 Justificación del modelo Diffserv sobre MPLS .....	137
5.14 Ventajas e inconvenientes del modelo .....	140
5.15 Clases de servicio en IMS.....	141
5.16 Resultado y ejemplos.....	143

6.	Conclusiones.....	147
7.	Anexos.....	152
	Protocolo de Inicio de Sesiones o SIP.....	152
	Introducción a Session Initiation Protocol.....	152
	Características SIP.....	154
	Arquitectura SIP.....	155
	Mensajes SIP.....	162
8.	Referencias.....	165

# Agradecimientos

Para la realización de este proyecto ha sido necesario tiempo, trabajo y constancia. Quisiera agradecer la realización de este proyecto a todas esas personas que han aportado su granito de arena para que yo llegue hasta el final, empezando por mis padres María Rosa y José, que tanto se esforzaron para que me aplicase y pudiera estudiar una carrera, a mi hermano José María por haber sido una fuente de inspiración. A Rosa María, mi esposa, quien sin su ánimo, insistencia y comprensión no habría sido posible llegar al final de esta etapa. También quiero agradecer a mis amigos por su colaboración y constante interés en la evolución de este proyecto.

Por último, quiero dar un sincero agradecimiento a Jaume Comelles por haber dirigido este proyecto, por el tiempo dedicado, por la paciencia y sobre todo por la confianza que siempre me ha transmitido.

Muchas gracias a todos.

# Resumen del Proyecto

Este proyecto final de carrera ofrece una visión global del estado actual de las Redes de Próxima Generación (Next Generation Networks, NGN), se identifican los motivos que promueven la migración hacia este tipo de redes y se analizan las diferentes vías de investigación que se están siguiendo para solventar los retos que proponen, profundizando en las tecnologías y protocolos que utilizan.

El modelo de NGN, basado en el concepto de cliente-servidor, pretende definir un entorno común para las arquitecturas de todos los servicios. Se caracteriza por la separación entre los servicios y la red de transporte, de manera que puedan evolucionar de manera independiente.

El modelo de red escogido está basado en IP Multimedia Subsystem o IMS, que se trata de una arquitectura de red multiservicio. Cumple con los requisitos de partida de las NGN ya que permite la interacción de diversas redes heterogéneas, manteniendo los servicios heredados de las redes actuales, mientras que a su vez ofrece una arquitectura abierta y dinámica que facilita la capacidad de ofrecer nuevos servicios IP.

La tendencia a aplicar diferentes niveles de QoS en función del servicio o aplicación, se potencia con las necesidades requeridas por los cada vez más comunes servicios multimedia e interactivos. Por ello, se considera imprescindible incorporar junto a la arquitectura IMS un modelo de calidad de servicio para satisfacer las necesidades de ancho de banda, retardo, jitter y pérdida de paquetes que requieren los servicios de nueva generación.

Para dotar a la red de calidad de servicio, en este proyecto se ha comprobado el correcto funcionamiento de la técnica de marcado de tráfico DiffServ, trasladando la información de DSCP a los LSPs de MPLS. De esta manera se amplían las posibilidades de obtener el tratamiento deseado en cada flujo de tráfico, concluyendo la correcta configuración de las clases y políticas de QoS.

Palabras clave: NGN, IP, Arquitectura, QoS, ITU-T, ETSI, 3GPP, SIP, IMS, MPLS, IntServ, DiffServ.



# Resum del Projecte

Aquest projecte final de carrera ofereix una visió global de l'estat actual de les Xarxes de Propera Generació (Next Generation Networks, NGN), s'identifiquen els motius que promouen la migració cap a aquest tipus de xarxes i s'analitzen les diferents vies d'investigació que s'estan seguint per solucionar els reptes que proposen, aprofundint en les tecnologies i protocols que utilitzen.

El model de NGN, basat en el concepte de client-servidor, pretén definir un entorn comú per a les arquitectures de tots els serveis. Es caracteritza per la separació entre els serveis i la xarxa de transport, de manera que puguin evolucionar de manera independent.

El model de xarxa triat està basat en IP Multimèdia Subsystem o IMS, que es tracta d'una arquitectura de xarxa multiservei. Compleix amb els requisits de partida de les NGN ja que permet la interacció de diverses xarxes heterogènies, mantenint els serveis heretats de les xarxes actuals, mentre que a la vegada ofereix una arquitectura oberta i dinàmica que facilita la capacitat d'oferir nous serveis IP.

La tendència a aplicar diferents nivells de QoS en funció del servei o aplicació, es potencia amb les necessitats requerides pels cada vegada més comuns serveis multimèdia i interactius. Per això, es considera imprescindible incorporar al costat de l'arquitectura IMS un model de qualitat de servei per satisfer les necessitats d'ample de banda, retard, jitter i pèrdua de paquets que requereixen els serveis de nova generació.

Per dotar a la xarxa de qualitat de servei, en aquest projecte s'ha comprovat el correcte funcionament de la tècnica de marcat de tràfic DiffServ, traslladant la informació de DSCP als LSPs de MPLS. D'aquesta manera s'amplien les possibilitats d'obtenir el tractament desitjat en cada flux de tràfic, concloent la correcta configuració de les classes i polítiques de QoS.

Paraules clau: NGN, IP, Arquitectura, QoS, ITU-T, ETSI, 3GPP, SIP, IMS, MPLS, IntServ, DiffServ.

# Abstract

This final project provides an overview of the current state of NGN (Next Generation Networks, NGN), identify the reasons that encourage migration to these networks and discusses the various avenues of research that have been taking to meet the challenges proposed by deepening technologies and protocols they use.

NGN model, based on the concept of client-server, tries to establish a common environment for all services architectures. It is characterized by the separation between services and transport network, so that they can evolve independently.

The network model chosen is based on IP Multimedia Subsystem or IMS, which is a multiservice network architecture. Meets requirements of NGN starting because it allows the interaction of different heterogeneous networks, while maintaining legacy services from existing networks, while offering an open architecture that facilitates dynamic ability to offer new IP services.

The tendency to apply different QoS levels depending on the service or application is enhanced with the needs required by the increasingly common and interactive multimedia services. Thus, it is considered necessary to incorporate IMS architecture with a model of service quality to meet the needs of bandwidth, delay, jitter and packet loss that require the new generation services.

To provide network with a quality of service in this project, we have checked the right operation of the Diffserv traffic marking technique, transferring information to MPLS LSPs. Doing so, the possibilities of obtaining the desired treatment in each traffic flow will be expanded, reaching the right configuration of classes and QoS policies.

Keywords: NGN, IP, Architecture, QoS, ITU-T, ETSI, 3GPP, SIP, IMS, MPLS, IntServ, DiffServ



# Introducción

## 1.1 Contexto del proyecto

Las tecnologías de la información y las telecomunicaciones están experimentando una evolución que las conduce hacia una estructura totalmente basada en el protocolo IP. Durante 2012, los trabajadores demandaran movilidad y los consumidores adoptaran en mayor medida tabletas, internet y video en sus dispositivos móviles, videojuegos online y servicios de cloud-computing en un entorno personal y profesional, alcanzando niveles hasta ahora sin precedentes.

La demanda de redes de próxima generación, tanto cableadas como inalámbricas, aumentará haciendo indispensable dotarlas de un mayor ancho de banda, ya que los servicios y aplicaciones son cada vez más complejos e Internet seguirá creciendo. El tráfico de datos seguirá creciendo tanto en volumen como en sus patrones y comportamiento. Las redes de transporte están cambiando, transformándose en redes mutiservicio que deben dar cabida a un tráfico IP de altas prestaciones.

Como se puede observar en las anteriores previsiones, las tendencias del mercado de las telecomunicaciones y sus productos se renuevan, influyendo determinadamente en los requerimientos de las redes de telecomunicaciones. Sirva como ejemplo el caso de los smartphones, los clientes de este tipo de terminales multiplicaban por 10 ya en 2010 a los usuarios de terminales convencionales, esta tendencia influye en el volumen de datos que han de gestionar las operadoras, en los contenidos que han de generar y en la consolidación de internet móvil.

Desde hace algunos años se puede observar como las preocupaciones de los proveedores de servicio y los operadores de red residen en el nuevo modelo de datos, el continuo crecimiento del tráfico IP y la aparición de nuevos servicios como multimedia y VoIP. Estos nuevos servicios se caracterizan en mayor o menor grado por ser:

- Sensibles al retardo extremo a extremo
- Exigentes con los recursos de red (ancho de banda)
- Sensibles a la pérdida de paquetes

Los servicios multimedia han introducido necesidades que originalmente no fueron contempladas en el diseño de la primera generación de redes de paquetes. Históricamente, cada nuevo servicio que se iba introduciendo implicaba una nueva infraestructura a emplear tanto en las redes de acceso como en el núcleo, la evolución de las redes tradicionales hacia NGN se fundamenta en la convergencia desde aplicaciones y servicios soportados sobre diferentes redes hacia una red unificada con la capacidad de soportar cualquier servicio.

En función de las características de estos nuevos servicios se empezó a trabajar en el diseño de las futuras redes de transporte, las cuales debían sustituir las redes de telecomunicaciones existentes caracterizadas por:

<b>Red Telecomunicaciones Existente</b>	<b>Red Telecomunicaciones Futura</b>
Orientada a la conmutación de circuitos	Orientada a la conmutación de paquetes
Perfil de trafico predecible	Perfil de trafico a ráfagas impredecible

La conmutación de paquetes se impone a la conmutación de circuitos ya que se evidencia como más eficiente para el envío de datos a ráfagas, es decir, dispersos en el tiempo. Los datos se envían pero no se garantiza la entrega, ni retardo ni el orden, de ello se encargaran otras capas superiores como TCP.

## 1.2 Objetivos

El propósito de este proyecto final de carrera consiste en elaborar un estudio de documentación técnico el cual tiene como objetivo ofrecer una visión global del estado actual de las redes de Nueva Generación o NGN, identificar los motivos que promueven la firme migración hacia este tipo de redes con un esquema All IP y ofrecer una propuesta de migración basada en el concepto IMS (IP Multimedia Subsystem), que muestre todas las ventajas que se pueden alcanzar. Se pretende promover esa estructura NGN/IMS combinando soluciones escalables de QoS en redes IP con técnicas de optimización de recursos.

Con la llegada de redes IMS se ambiciona que los usuarios perciban los mismos beneficios que ofrecían los servicios tradicionales pero reduciendo los costes por mantenimientos de operación e infraestructura, el tiempo y el esfuerzo en la creación de nuevos servicios.

A lo largo del proyecto se persigue demostrar que esta migración hacia un modelo como IMS permite la unificación de todas las redes, identificando a las NGN como una arquitectura que soporta diferentes caminos de evolución y consigue la interacción entre las redes fijas y móviles bajo un mismo estándar de comunicación.

La tendencia es que las redes comerciales cada vez integren más servicios y funcionalidades propias de las NGN en un sistema unificado y centralizado basado en paquetes IP, a pesar que la estructura y organización de las redes actuales todavía distan del modelo que plantea NGN. La evolución desde las redes tradicionales hacia NGN se fundamenta en varios puntos claves como son la movilidad generalizada, la convergencia entre redes y la separación de las capa de servicio y transporte.

Las redes NGN adoptan y expanden el concepto de movilidad de las redes inalámbricas, en las redes NGN se entiende la movilidad en un sentido más amplio en el que el usuario será considerado como una entidad independiente de las tecnologías de acceso que utilice, con la capacidad de comunicar y acceder a servicios independientemente de los cambios de ubicación o del entorno técnico.

La movilidad generalizada ha llevado a la convergencia de las redes fijas y móviles y a la separación de los servicios y el transporte, permitiendo desarrollar servicios de forma independiente a las consideraciones de transporte y conectividad.

En redes NGN los servicios multimedia serán accesibles desde cualquier red de acceso y con todo tipo de terminal fijo o móvil, gracias a una red de transporte unificada. Esta aportación de las NGN permite que hablemos de convergencia de servicios fijos y móviles sobre una única infraestructura multimedia de servicios de datos, voz y video, en vez de hablar de múltiples redes de datos, voz y video.

Este proyecto también se fija como propósito dotar, a estas nuevas redes basadas en el concepto IMS, de mecanismos que permitan la diferenciación y priorización del tráfico, así como el tratamiento de los diferentes flujos o servicios según sus necesidades en cuestiones como la latencia, pérdida de paquetes...El presente proyecto propone y compara diferentes modelos de calidad de servicio para dar solución a los requerimientos de los servicios multimedia.

La incorporación de estos mecanismos no deberá tener ningún impacto negativo sobre el rendimiento que prestan las redes basadas en la arquitectura actual, de manera que el usuario de los servicios tradicionales no debe percibir ningún empeoramiento. Los tráficos best-effort y QoS deben coexistir, no estar enfrentados [6].

La coexistencia de los servicios de las redes tradicionales con los nuevos servicios, después de la migración hacia redes de nueva generación, es un objetivo que se tiene presente a lo largo de todo el proyecto. El objetivo principal de este proyecto es promover esa nueva estructura combinando soluciones escalables de QoS en redes IP con técnicas de optimización de recursos.

### 1.3 Estructura de la memoria

La memoria comienza con el contexto del proyecto, los objetivos y la estructura de la memoria.

En el capítulo 2 se realiza un repaso a las tecnologías y los servicios de telecomunicaciones actuales que pueden ser el motor para la evolución hacia este tipo de redes de nueva generación. En la parte final de este capítulo se ofrece una visión histórica sobre la evolución de las redes de telecomunicación desde X.25 hasta las actuales redes ópticas.

A continuación en el capítulo 3 se estudian las redes de nueva generación tanto los aspectos tecnológicos de las mismas como los motivos de su evolución. Se resaltan las características que debe tener una red NGN y se explica la arquitectura típica, que debe separar las funciones relacionadas con la creación y provisión de servicios con las funciones de transporte.

El siguiente punto de la memoria trata acerca de IMS, el cual es el modelo de arquitectura escogido. Se presenta como principal estándar para producir la convergencia entre las comunicaciones fijas y móviles, permitiendo proporcionar nuevos servicios multimedia y heredar los servicios tradicionales. Para finalizar el capítulo se señalan los requisitos de calidad de servicio que precisan este tipo de redes IMS, sus problemáticas y las entidades que intervienen en su control.

En el capítulo 5 se inicia con los parámetros de medición de la calidad de servicio, se estudia MPLS como una técnica apta para la convergencia de

redes actuales hacia NGN y adecuada para la introducción de nuevos servicios multimedia. A continuación se estudian los mecanismos habituales que proporcionan calidad de servicio (IntServ, DiffServ) y se concluye justificando la conveniencia de elegir los modelos MPLS y DiffServ para lograr los objetivos del proyecto, se expone la complementariedad de ambos modelos.

El capítulo 6 está reservado para las conclusiones del proyecto. Se finaliza con el anexo dedicado a SIP, protocolo encargado de las funciones para el registro, establecimiento, liberación y mantenimiento de las sesiones IMS.



## **2. Estado actual de las telecomunicaciones**

### **2.1 Predicciones para 2012**

Desde hace años, la tecnología IP se presenta como un elemento crucial para el crecimiento del negocio de los operadores de red y los proveedores de servicio. Desde la perspectiva de red, IP proporciona un interfaz extremo a extremo sobre cualquier tecnología de transporte que permite a los operadores adaptarse rápidamente a los cambios en el mercado e introducir nuevas tecnologías sin afectar funcionamiento de la red.

Consultoras como Deloitte [16], Strand Consult [18] o bien algunas empresas con una posición preferente en el mercado actual con CISCO consideran que Internet ha transformado definitivamente las redes de telecomunicaciones. Fruto de ello en sus estudios de mercado y predicciones para el año 2012 destacan los siguientes elementos como claves que impulsaran el desarrollo, la tendencia y la innovación en el mercado actual y dibujan un nuevo escenario donde evoluciona la forma en que trabajamos, vivimos, aprendemos y nos divertimos.

#### **Smartphones y tablets**

La venta de smartphones y tablets continuará creciendo, a nivel particular y corporativo. Al mismo tiempo se incrementará la oferta de aplicaciones y servicios de Internet móvil ante la creciente demanda de conectividad entre estos dispositivos.

El estudio de Cisco para 2012 se hace eco de las estimaciones de Deloitte [16] referente a la compra de terminales en 2011, dándolas por acertadas: los ordenadores personales representarán menos del 50% de los equipos informáticos vendidos en todo el mundo. Aunque las ventas de PC a finales de 2011 podrían aproximarse a los 400 millones de unidades, las ventas combinadas de teléfonos inteligentes, tabletas y netbooks considerados "no-PC", supera con creces los 400 millones, realmente a finales de 2011 se habían vendido más tabletas y smartphones (425 millones de unidades) [19].

Ventas de PC y no-PC, 2011 (millones)

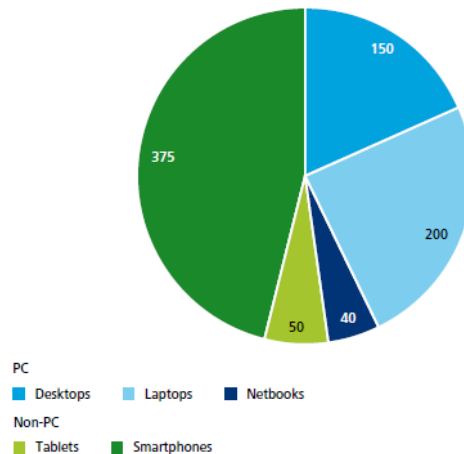


Grafico de ventas PC, Laptops, Netbooks, Tablets y Smartphones

Está previsto que la demanda de tabletas entre los particulares siga siendo elevada. Aunque algunos analistas consideran las tabletas son dispositivos para consumo de ocio sin potencia suficiente que únicamente valen para particulares, durante 2011, más del 25% de todas las tabletas fueron adquiridas por empresas, y es probable que ese porcentaje aumente a partir de 2012, las grandes empresas aprecian este tipo de dispositivos móviles que apenas existían hace dos años y que ahora consideran imprescindibles.

Los motivos básicos por lo que se espera este aumento en las adquisiciones de tablets se debe a:

- El descubrimiento de la utilidad del dispositivo para el trabajo, el propio factor de forma de la tableta está fomentando su adopción en salas de reuniones.
- Algunos segmentos de la industria parecen estar preparados para empezar a utilizar a gran escala las tabletas, sobre todo el sector minorista se puede utilizar tanto como catálogo actualizado como punto de venta.
- Los proveedores de software para empresas están respondiendo rápidamente a las peticiones de las empresas para desarrollar software específico

Para 2012 se espera que fabricantes que todavía no se han estrenado en el segmento de tabletas hagan acto de presencia, como Nokia, sin

descartar movimientos en esta dirección de Google, posiblemente con una tableta diseñada escrupulosamente a la medida de sus servicios.

## Direcciones IP migración a IPv6

Durante el año 2010 el tráfico IP global creció un 34 por ciento. Frente a este importante crecimiento, que se corresponde con los cerca de 2.000 millones de internautas que hubo en 2011 según Internet World Stats y los más de 4.000 millones de dispositivos inalámbricos conectados, desde empresas y administraciones públicas se debe apostar cuanto antes por migrar a IPv6.

La versión actual del Protocolo Internet, denominada IP versión 4 o IPv4, ha demostrado ser un protocolo robusto, de fácil implementación e interoperable. Ha superado la prueba de ampliar un conjunto de redes interconectadas hasta un uso global del tamaño de Internet en la actualidad. Sin embargo, el diseño inicial no previó las ciertas circunstancias, a continuación se muestra las características o novedades más significativas que presenta IPv6 respecto a IPv4:

- Nuevo formato de encabezado. El encabezado IPv6 tiene un nuevo formato que está diseñado para reducir la sobrecarga del mismo. Esto se consigue al mover los campos que no son esenciales y los campos de opciones a encabezados de extensión que se colocan a continuación del encabezado IPv6. La simplificación del encabezado IPv6 permite un procesamiento más eficaz en los routers intermedios.
- Espacio de direcciones más grande. El reciente crecimiento exponencial de Internet provocará el agotamiento inminente del espacio de direcciones IPv4. IPv6 utiliza direcciones de origen y destino de 128 bits (16 bytes). El espacio de direcciones de IPv6 se ha diseñado para permitir múltiples niveles de división en subredes y asignación de direcciones de la red troncal Internet a las subredes individuales de una organización.
- Infraestructura de direcciones y enrutamiento eficaz y jerárquica. Las direcciones globales de IPv6 que se utilizan en IPv6 están diseñadas para crear una infraestructura eficaz, jerárquica y que se puede resumir. El crecimiento de Internet y de la capacidad de los

routers de la red tronca provoca que tengan tablas de enrutamiento mucho más pequeñas.

- Configuración de direcciones con y sin estado. Al existir más equipos y dispositivos que utilizan IP, surge la necesidad de una configuración de direcciones más sencilla, para simplificar la configuración de los hosts, IPv6 admite la configuración de direcciones con estado, que incluye la presencia de un servidor DHCP, y la configuración de direcciones sin estado, sin servidor DHCP en la que los hosts vecinos se configuran automáticamente con direcciones locales IPv6 para el vínculo y con direcciones derivadas de prefijos, anunciados por los routers locales.
- Seguridad integrada. La comunicación privada a través de un medio público como Internet requiere servicios de cifrado que impidan que los datos enviados se puedan ver o modificar durante el tránsito. La compatibilidad con IPSec es un requisito de IPv6, proporciona una solución basada en estándares para las necesidades de seguridad de red.
- Mejora de la compatibilidad con la entrega de datos en tiempo real denominado la calidad de servicio (QoS). El campo TOS de IPv4 tiene una funcionalidad limitada y con diferentes interpretaciones. Los nuevos campos del encabezado IPv6 definen cómo se controla e identifica el tráfico. La identificación del tráfico, mediante un campo Flow Label (etiqueta de flujo) en el encabezado, permite que los routers identifiquen y proporcionen un control especial de los paquetes que pertenecen a cada tipo de flujo.
- Nuevo protocolo para la interacción de nodos vecinos. El protocolo descubrimiento de vecinos en IPv6 consiste en un conjunto de mensajes ICMPv6 que administran la interacción de nodos vecinos. El descubrimiento de vecinos aparte de proporcionar funciones adicionales, reemplaza los mensajes de Protocolo de resolución de direcciones (ARP) y ICMPv4.
- Capacidad de ampliación. IPv6 se puede ampliar con nuevas características al agregar encabezados de extensión a continuación del encabezado IPv6. A diferencia del encabezado IPv4, que sólo admite 40 bytes de opciones, el tamaño de los encabezados de extensión IPv6 sólo está limitado por el tamaño del paquete IPv6.

El despliegue de IPv6 se realizará gradualmente, en una coexistencia ordenada con IPv4, al que irá desplazando a medida que dispositivos de cliente, equipos de red, aplicaciones, contenidos y servicios se vayan adaptando a la nueva versión del protocolo de Internet.

#### Trafico P2P

La influencia del tráfico P2P o Peer to peer y la frecuencia de uso situó a este tipo de tráfico como el que más creció en los años anteriores a 2006 y el que suponía el mayor volumen de tráfico en las redes de los proveedores de servicio de internet ocasionado las siguientes consecuencias:

- El tráfico upstream estaba consumido en su totalidad debido a la asimétrica del servicio.
- Los enlaces de largo alcance se encuentran saturados debido a las transferencias de ficheros internacionales.

Por primera vez en la historia de Internet, durante el año 2011, el trafico P2P no fue el mayor tipo de tráfico que transita por la red, sino que ha fue superado por el vídeo y las descargas directas, el cual supone más de un tercio de todo el tráfico generado por los consumidores.

Aunque habrá que observar cómo se estabiliza la situación después del cierre de la principal paginas de intercambio de ficheros, Megaupload y el cese de la actividad de las páginas que le secundaban. No es de extrañar que cuando se estabilice haya un repunte de nuevo del trafico P2P.

Según Cisco, antes de las últimas noticias se preveía que el vídeo será el formato de comunicación online dominante en los próximos años. El vídeo supondrá casi el 50% de todo el tráfico generado por los consumidores en Internet en 2012, porcentaje que se elevará al 90% en 2015.

#### Videoconferencia

Existe una opinión general que indica que el tráfico de video aumentará, será de mayor calidad y estará implementado con nuevos servicios y aplicaciones gracias a unas redes más potentes. Esto facilitará que la videoconferencia y la telepresencia se conviertan en herramientas clave en la colaboración entre empresas.

En lo referente a las videoconferencias existe diversidad de opiniones, algunos estudios predicen que las herramientas basadas en el vídeo de alta definición se convertirán en una de las principales formas de comunicación entre particulares y marcarán la colaboración entre empresas. La calidad continuara mejorando gracias a avances tecnológicos como:

- Actualización del software de compresión
- Aumento de la velocidad del ancho de banda
- Integración con páginas de redes sociales

Las predicciones más optimistas con estos servicios de video, como la de CISCO, estiman que soluciones como la videoconferencia empresarial y la telepresencia [19] se incrementaran en un ratio interanual del 57 por ciento hasta 2014, es decir, se convertirán en una de las formas de comunicación más utilizadas entre particulares y en la principal herramienta de colaboración entre empresas.

Otras estimaciones aunque coinciden en que las videollamadas serán más baratas y de mejor calidad, no creen que se vaya a producir un aumento sustancial de la demanda. El volumen de video llamadas continuara creciendo, pero parece difícil que se produzca un aumento brusco. Se espera que la gran mayoría de las llamadas, tanto de negocios como entre particulares, se realicen a través de terminales fijas o móviles. Argumentando los problemas congénitos de las videollamadas:

- La mayoría de conversaciones es suficiente con una llamada de voz
- Las videollamadas no pueden competir en expresividad con un encuentro cara a cara

### **Redes móviles 3G vs 4G**

Un producto que se continuará vendiendo en grandes cantidades durante el año 2012 será el ancho banda móvil. Desde el punto de vista del cliente, será un año con una gran cantidad de atractivos servicios móviles para escoger. El problema para las compañías es que es difícil hacer dinero en la comercialización y venta de aplicaciones para móviles, a menos que tenga una red de distribución muy amplia y una marca fuerte.

La tendencia de los usuarios se encamina a utilizar sus teléfonos móviles para múltiples usos aparte de llamar. Este camino iniciado hace

aproximadamente una década va hacerse más pronunciado con la irrupción de LTE o 4G, a pesar que probablemente falten varios años para que esta nueva generación alcance la dimensión comercial del actual 3G.

Existe un creciente interés en Long Term Evolution o LTE [17 y 18] y un número creciente de personas verán las conexiones inalámbricas de banda ancha como una alternativa lógica a la línea fija. Gracias a la tecnología 3G y a sus variantes más avanzadas HSDPA y HSUPA es posible tener conectividad en entornos donde cada vez se da más importancia a la funcionalidad de la llamada y sus múltiples variantes de comunicación.

Cuando se habla de LTE y se le asocia a la implantación de 4G se trata, en resumen, de un nuevo soporte capaz de proporcionar un uso más eficiente del espectro, así como una habilidad para trabajar con otros sistemas de acceso por radio y redes fijas, incluyendo redes sin cables. Muchas previsiones daban el 2011 como año para la implantación de las redes inalámbricas de nueva generación debido a inputs como:

- Aumento de Smartphone
- Saturación de las redes actuales
- Empresas que venden servicios o aplicaciones que esperaban ejecutar sus nuevos productos en redes más rápidas.

Los primeros meses de 2011 la implantación de redes inalámbricas LTE de nueva generación no cumplió las expectativas de la industria debido a que las tecnologías inalámbricas de tercera generación (3G), como los HSPA+ (High Speed Packet Access), seguirán siendo viables, así como los dispositivos asociados a ellas. Según el informe de Yankee, los mercados emergentes iban a invertir más en HSPA + que en LTE, por lo que se abrirá la oportunidad de disfrutar de velocidades de título para una actualización de software, dejando de lado por ahora LTE.

Existen dos razones principales por las que la adopción de las tecnologías 4G podría ser más lenta de lo esperado:

- Existen proveedores de tecnología móvil que han aplazado inversiones en las redes debido a que no han hecho un uso pleno de su actual espectro de 3G: el débil crecimiento económico y la infrautilización de las redes

- Las redes inalámbricas de nueva generación no suponen el gran salto en materia de velocidad y atributos respecto de la tecnología 3G que sí permitieron las anteriores mejoras generacionales.

Basándose en anteriores razones, existen operadoras que no ven motivo para adoptar las normas 4G o LTE cuando la implantación real de HSPA+ parece ofrecer velocidades similares utilizando básicamente tres técnicas o acciones citadas a continuación:

- Situar los repetidores más cerca los unos de los otros. En la mayoría de las grandes ciudades, sin embargo, la densidad de antenas ya ha alcanzado el límite máximo. O bien el uso de innovaciones como las "femtoceldas" y las "picoceldas"
- Mejorar el modo en que se codifica la señal de radiofrecuencia. Las técnicas de modulación avanzadas que permiten aumentar la cantidad de información que puede transmitirse en una banda de frecuencia, por ejemplo utilizando 64QAM
- Instalar múltiples antenas (diversidad espacial) en los repetidores y en los dispositivos móviles. Esta configuración de recepción múltiple y emisión múltiple (conocida como MIMO) utiliza el espectro de un modo más eficiente, particularmente en áreas urbanas en las que las señales rebotan en los edificios y sufren múltiples distorsiones

Nos encontramos a medio camino entre dos generaciones de tecnología de acceso inalámbrica, el debate en las operadoras de red radica en mantener la red existente con las mencionadas modificaciones en tecnología HSPA+ y conseguir tasas similares de transferencia de datos a pesar de utilizar el espectro radioeléctrico de una manera menos eficiente o bien apostar por la tecnología LTE /4G y realizar una transición más sencilla y menos costosa a la verdadera tecnología 4G cuando esté disponible.

Los proveedores de comunicaciones móviles que sufren una congestión grave en sus redes y tienen poca amplitud de espectro en propiedad no tienen mucha elección llegados a este punto: solo la eficiencia del ancho de banda LTE podrá solucionar sus problemas. La mayor parte de los analistas coinciden en señalar que acabarán invirtiendo significativamente



en las redes 4G y retrasan del año 2011 al año 2014 como el momento de implantación de las redes 4G en el mercado global.

### **Wi-Fi complemento de la banda ancha móvil**

Se preveía que en 2011 el volumen de datos emitidos desde dispositivos portátiles o descargados a través de redes Wi-Fi públicas crecería a un ritmo mucho mayor, entre un 25% y un 50%, que el volumen transmitido a través de las redes de banda ancha móviles.

El intercambio de datos entre dispositivos móviles a través de redes Wi-Fi es cada vez mayor con lo que se supone una consecuencia directa en la moderación de la tasa de crecimiento del tráfico en la banda ancha móvil. Entre las causas que podrían contribuir a incrementar el uso de las redes Wi-Fi se incluyen:

- Mayor implantación de dispositivos Wi-Fi en aparatos portátiles
- Mayor duración de las baterías de los dispositivos móviles
- Proliferación de hotspots Wi-Fi
- Procedimientos de conexión más sencillos de acceso a hotspot
- Asociaciones entre proveedores de hotspot y proveedores de telefonía móvil

Los hotspots son lugares que ofrecen acceso Wi-Fi, que son aprovechados por dispositivos móviles como notebooks, PDAs, consolas,... para acceder a internet. Los hotspots generalmente son un servicio que brindan los restaurantes, hoteles, aeropuertos, shoppings, supermercados, universidades y otros lugares públicos.

A medida que se amplíen las redes Wi-Fi y se generalicen los planes de tarificación por volumen de datos, los usuarios se acostumbrarán cada vez más a esperar hasta que se encuentren en un hotspot para descargar contenidos o enviar grandes archivos. Esto contribuirá a limitar el uso de la banda ancha móvil, que quedará restringida a aplicaciones especializadas para estos dispositivos.

No debe verse como una competencia entre la conexión Wi-Fi y la banda ancha móvil, ya que ambas tecnología pueden verse beneficiadas con esta dualidad, ya que por ejemplo la banda ancha móvil podrá lograr más

margen de beneficios si los usuarios utilizan la conexión Wi-Fi para los servicios de datos que precisen un gran ancho de banda.

No todo son ventajas o puntos fuertes para la conexión Wi-Fi ya que en la actualidad debe vigilarse continuamente la calidad de la conexión para evitar la degradación de la red. Asimismo, los proveedores de Wi-Fi deben crear redes con capacidad suficiente para las grandes expectativas que se están creando de forma que éstas no se colapsen por el creciente volumen de usuarios y de tráfico de datos.

Otro punto respecto a la expansión de la tecnología Wi-Fi que aparece en las previsiones de las consultoras, prevé que el 25% de las grandes cadenas minoristas y los principales establecimientos de los centros comerciales en EE.UU. empezará a ofrecer acceso Wi-Fi gratuito en sus tiendas. Durante este 2012, el porcentaje aumentará en Norteamérica y empezará a extenderse por todo el mundo. La conexión Wi-Fi dentro de los establecimientos podría permitir aplicar una amplia variedad de estrategias avanzadas de marketing para atraer al cliente.

## **Movilidad**

Durante 2012 y los años posteriores [19] aumentará la demanda de movilidad corporativa, cada vez más trabajadores tendrán acceso a los recursos y aplicaciones corporativas en cualquier momento y desde cualquier lugar. Esto obligará a las empresas a incrementar su seguridad e intensificar el control de sus infraestructuras en telecomunicaciones.

Los Smartphone han popularizado el acceso a Internet con movilidad en millones de personas, tendencia que no tiene marcha atrás. La movilidad en cuestiones tecnológicas se ha convertido en una exigencia de manera que la industria de las telecomunicaciones las seguirá potenciando durante 2012 con prestaciones de velocidad y fiabilidad similares a las que ofrecen las conexiones fijas.

## **M2M y Smartcities**

Con Internet cada más potente y la creciente necesidad de conectividad entre dispositivos y máquinas. Machine to Machine o M2M [17 y 19] se encarga de la interconexión entre objetos con acceso a la red, abriendo las puertas a las incipientes Smartcities o ciudades inteligentes, atendiendo la necesidad de mejorar la eficiencia del funcionamiento de las

ciudades (energía, agua, tráfico, aumento de población, participación ciudadana...) y su calidad de vida.

Smart Cities es un concepto que se refiere al potencial número de servicios que, a través de la conectividad, hagan de las ciudades un mejor lugar para vivir. El objetivo es aglutinar todo un ejército de sistemas inteligentes que suministren y gestionen información para y a través de los ciudadanos. En la práctica, y a un nivel más popular, se trata de ciudades comprometidas con su entorno donde las infraestructuras están dotadas de las soluciones tecnológicas más avanzadas para facilitar la interacción del ciudadano con los elementos urbanos, haciendo su vida más fácil.

En primer lugar, el modelo de Smart City agrupa una serie de características propias, moldeadas a través de la combinación de todos los factores que influyen en el progreso de la ciudad: económico, político, social, medioambiental, de movilidad y de calidad de vida. Partiendo de ellos se dirige hacia un modelo organizativo y tecnológico propio de una ciudad moderna. Sin embargo, este modelo urbano requiere un novedoso complejo de infraestructuras que faciliten la actividad diaria de sus habitantes.

La principal ventaja es que con ellas se alcanzan notables ahorros en costes de operación, mejores niveles de eficiencia energética, y se optimiza la temporización de los servicios, reduciendo los tiempos de ejecución de las tareas y consiguiendo una mejor sincronización entre ellos.

Desde la perspectiva de las instituciones públicas la gestión automática y eficiente de las infraestructuras urbanas aporta ventajas evidentes: por un lado la reducción del gasto, y por otro la mejora de los servicios. En la práctica, los beneficios son mucho más amplios, y van desde la posibilidad de crear nuevos servicios que respondan mejor a las necesidades específicas de los ciudadanos, hasta las ventajas añadidas específicas propias de cada servicio concreto: mejora de la movilidad, ahorro energético, mejoras de eficiencia, etc.

Las necesidades y preferencias de los ciudadanos son muy diversas, las actuaciones están orientadas a proporcionar servicios para los cuales existe una demanda evidente: gestión de la movilidad, mejorar el tráfico y disminuir los tiempos de búsqueda de lugar de aparcamiento urbano, disminución de las colas y los tiempos de espera en oficinas municipales, centros de salud, etc.

## Información en la nube. Cloud-computing

Cloud Computing trata de ofrecer servicios de computación a través de Internet. La idea es liberar nuestro ordenador personal de la carga que supone un programa instalado para disponer de él a través de la red. De esta forma, la aplicación sería accesible desde un navegador web mientras que el software y los datos se almacenarían en los servidores.

El cloud computing sería un estilo de informática en el que todos sus elementos (principalmente software y equipamiento) son suministrados como un servicio a través de Internet, es decir, que son comercializados de forma que el usuario paga sólo por lo que usa (un software, almacenamiento en discos duros, acceso a una base de datos,...) y no adquiere el producto para su uso ilimitado. Los servicios que actualmente recoge el cloud-computing se pueden clasificar en tres tipos:

	QUÉ ES	CLIENTE	EJEMPLOS DE SERVICIO
SaaS- Software como servicio	Modelo de distribución de software donde una empresa mantiene el derecho de uso y factura al cliente por el tiempo que haya utilizado el servicio.	Cliente final (particulares, empresas, Administraciones)	Ofimática en red, CRM en red, puesto de trabajo virtual, ...
PaaS- Plataforma como servicio	Modelo de alquiler de entornos de desarrollo y ejecución de aplicaciones, o de parte de ellas	Desarrolladores de aplicaciones informáticas	Entorno de ejecución, gestor de base de datos en red, ...
IaaS- Infraestructura como servicio	Modelo de alquiler de infraestructura de computación o de alguna de sus partes: capacidad de procesamiento, almacenamiento, ...	Cliente final (particulares, empresas, Administraciones) y desarrolladores	Almacenamiento en red, hosting de aplicaciones en red, ...

Fuente: elaboración propia

Para empresas, administraciones, particulares y sobre todo para aplicaciones que van a evolucionar con el tiempo, el cloud computing ofrece la posibilidad de empezar con poco, con la seguridad de que se va poder crecer de forma ordenada en recursos y costes asociados.

Resulta ideal para acceder a aplicaciones que tienen un uso muy concentrado en cortos periodos de tiempo. Para estos casos, el cloud computing evita la necesidad de contar con recursos informáticos inutilizados y desaprovechados durante largos periodos de tiempo.

Todo lo relacionado con el cloud computing [19] experimentará un salto de calidad y cantidad en 2012, con servicios que no sólo contratarán las grandes empresas sino también las pymes, autónomos y particulares.

La gran mayoría de responsables (88 por ciento) prevén albergar parte de las aplicaciones y datos de sus empresas en entornos cloud públicos o privados en los próximos tres años. Según el informe de Yankee Group para 2012, casi 1 de cada 5 profesionales con tres o más dispositivos se adoptará un servicio de cloud computing para el almacenamiento on line y backup.

## **2.2 Historia de las telecomunicaciones de X25 a DWDM**

En la actualidad, las nuevas aplicaciones y servicios han introducido necesidades que originalmente no fueron tenidas en cuenta en el diseño de la primera generación de redes de paquetes, cada nuevo servicio implicaba a una nueva infraestructura tanto en las redes de acceso como en el núcleo.

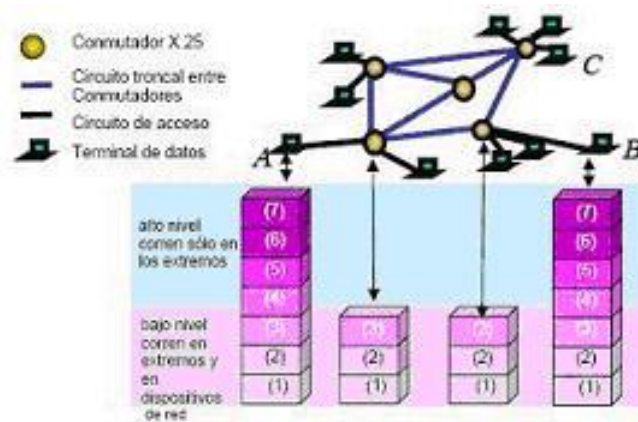
En este apartado se muestra un repaso a la evolución de las redes de telecomunicaciones que derivan en la aparición de la tecnología DWDM. Como punto de partida nos situaremos en la Red Telefónica Pública Conmutada o RTPC en la que el empleo de las técnicas digitales, gracias al PCM permitió la aparición de niveles de jerarquía que permiten la transmisión de diferentes canales telefónicos por un mismo medio físico.

Al surgir la necesidad de transmitir datos de forma eficiente, la solución más lógica era la de utilizar la Red telefónica ya existente. Sin embargo, con el aumento espectacular del tráfico de datos, el carácter de la conmutación de circuitos constituyó el gran inconveniente para las operadoras de red y los usuarios finales ya que las tarifas de los servicios de la RTPC son dependientes del tiempo de la conexión y de la distancia, puesto que este tipo de conexión hace un uso exclusivo de recursos de la red durante la conexión.

Las redes están experimentando una evolución hacia una estructura basada totalmente en el protocolo IP, desde las redes tradicionales hacia una red unificada con la capacidad de soportar cualquier servicio que las conduce.

## Red de conmutación de paquetes X.25

En la segunda mitad de la década del 70 se constituyó el estándar de red X.25, que supuso un gran avance al permitir mejorar la eficiencia al emplear la técnica de conmutación de paquetes, en la que el ancho de banda del medio es compartido entre diferentes usuarios. Esta técnica presenta como una de sus ventajas sobre la conmutación de circuitos, el hecho de que en una comunicación los recursos de la red no son reservados de forma exclusiva, si no que se basa en compartir los recursos entre todas las comunicaciones. Esto permitió el incremento de los servicios de transmisión de datos y el surgimiento de nuevas aplicaciones que hacían uso de esta nueva conectividad.



Esquema de una red X.25

Esta red se constituyó como la forma predominante en las redes públicas de datos que operaron entre finales de la década del 70 e inicios de la del 90. La red X.25 puede entenderse como un conjunto de terminales de usuarios unidos a nodos de conmutación X.25, que a su vez están unidos entre sí. Los nodos de conmutación procesan los paquetes recibidos analizando sus cabeceras y ejecutan la conmutación de los mismos dependiendo del Identificador de conexión (Logical Channel Number LCN). X.25 presentaba las siguientes características y limitaciones:

- Red orientada a conexión, con identificadores de conexión (LCN) en la cabecera del paquete.
- Soportes de transmisión analógicos, con altas tasas de errores, lo que obligó al uso de procedimientos de control de flujo y de errores
- Velocidades de transmisión limitadas

- Altas latencias en la red, el retardo extremo-extremo era aleatorio y dependiente del tamaño de los paquetes en tránsito y tráfico en la red.

Con estas características no era posible pensar en X.25 como plataforma de comunicaciones para la integración de servicios de voz y datos.

### Frame Relay

El desarrollo de las comunicaciones digitales, la aparición de la fibra óptica y de procesadores más potentes, dan como resultado el establecimiento del como nuevo estándar de red de conmutación de paquetes con ventajas sobre X.25.

La evolución de este nuevo estándar buscaba disminuir el retardo de los paquetes en la red aprovechando los desarrollos tecnológicos de la época. La figura siguiente representa la estrategia de desarrollo, que consiste en mantener el procesamiento en los extremos de la comunicación y simplificar las acciones en los nodos de la red.



Estrategia de desarrollo Frame Relay

Entre las características más notables de Frame Relay o FR podemos señalar:

- Servicio orientado a conexión con identificadores de conexión de enlace de datos (Data Link Control Identifier DLCI) ubicados en las cabeceras del nivel de enlace
- Procedimientos de control de errores en las tramas de información simplificados, al descartar las tramas erróneas y reenviarse sólo aquellas libres de errores



- La recuperación de errores de transmisión y control de flujo de las tramas de información quedan para los extremos de la red.
- En los dispositivos de red, el proceso de reenvío de una trama de información sólo requiere del trabajo de la capa de enlace, ahorrándose el trabajo de la capa de red, logrando así un importante incremento en la agilidad de la red.
- Se establecen dos niveles de prioridad en el tráfico, a partir del empleo del bit (DE) en la cabecera de la trama.



Esquema de enlace Frame Relay

FR no sólo no está obsoleto, sino que se ha constituido en un estándar actualmente en desarrollo y expansión, a partir de la introducción de nuevas acciones y modificaciones de sus características iniciales, lo que le ha permitido servir de soporte para servicios de voz y permitir la integración de servicios de voz y datos en una misma plataforma de red. Entre sus últimos usos, algunos operadores de redes FR ofrecen servicios de videoconferencias estables aunque con calidades algo pobres.

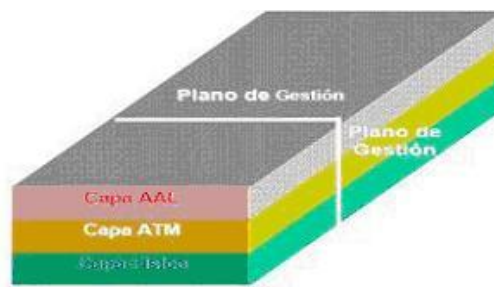
## ATM

ATM nació con la integración de servicios como finalidad. A medida que las aplicaciones de los usuarios han incrementado las exigencias para los soportes de redes, los servicios requieren cada vez más una QoS asegurada, lo que unido a la necesidad de obtener un uso más eficiente de los medios de transmisión dio origen al Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).

Si bien ATM es una técnica de conmutación de paquetes, se diferencia de las anteriores por las siguientes características:



- La información se transporta en paquetes llamados celdas, con 48 bytes de carga útil y 5 de cabecera.
- Conmutación de celdas por hardware, con lo que el tiempo de conmutación es pequeño.
- Servicio orientado a conexión donde los indicadores de conexión son el identificador de canal virtual y el identificador de camino virtual (VCI y VPI) en la cabecera de la celda.
- Su arquitectura, cuenta con una capa de Adaptación de ATM, constituida por diferentes protocolos según las características de la aplicación. Así tenemos, por ejemplo, el AAL1 para servicios que requieren relaciones temporales entre transmisor y receptor, como es el caso de la transmisión de video en tiempo real, o el AAL5 para la transferencia de tráfico IP.



Arquitectura de capas de ATM

- Permite establecer parámetros de QoS en las conexiones y por tanto diferentes categorías de Servicio, de forma que se puede ofrecer a cada servicio lo que requiere.
- ATM es una arquitectura ubicada en la capa física y de enlace del modelo OSI, por lo que la operación de sus conmutadores es de reenvío atendiendo a los VCI y VPI.

### Time Division Multiplexing (TDM)

La Multiplexación por División en el Tiempo o TDM apareció como solución para optimizar la capacidad de transmisión que se podía transportar en un medio. Anteriormente en las redes telefónicas, cada llamada necesitaba su propia línea física. Esto suponía una tecnología con

un coste elevado y poco escalable. Con la aparición de la multiplexación se podía enviar más de una llamada por la misma línea física.

TDM aumenta la capacidad de transmisión de una línea dividiendo el tiempo en intervalos más pequeños, de manera que los bits de las diversas entradas se pueden transportar por el enlace aumentando el número de bits transmitidos por segundo.

Aunque el método es bueno, también es ineficiente cuando hay espacios de tiempo en los cuales alguna de las entradas no tenga datos a transmitir. Este problema se soluciona en parte con el TDM estadístico usado en anteriormente explicado ATM, que ofrece un mejor aprovechamiento del ancho de banda, pero existen límites prácticos en la velocidad, debido a la electrónica necesaria para la segmentación y la recomposición de las celdas ATM.

### **SONET/SDH**

En la segunda mitad de la década del 80 en los EUA aprovechando los beneficios que aporta la fibra óptica como medio de transmisión, surgió el SONET (Synchronous Optical Network) como método de transmisión a altas velocidades de información, permitiendo establecer un sistema de gestión que garantizara una mejor operación, supervisión, configuración y mantenimiento de la red. La UIT adoptó características semejantes en lo que denominó Jerarquía Digital Sincrónica (SDH).

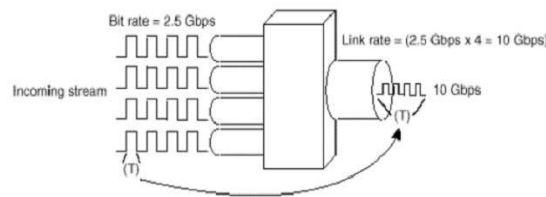
SDH permite la asignación de flujos a los usuarios a menores costes, gracias a la posibilidad de extraer o insertar, de manera sencilla, flujos tributarios de una señal multiplexada de más alta velocidad, mejorando ampliamente las posibilidades que hasta el momento permitía la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).

SDH se abrió el camino a eficientes redes de transporte de velocidades de Gigabits por segundo. SDH se constituye en un estándar capaz de transportar datagramas IP, tramas FR y por supuesto celdas ATM. La gran mayoría de los países del mundo han realizado inversiones en redes de transporte sobre SDH.

El estándar Synchronous Optical Network o SONET en EEUU y Synchronous Digital Hierarchy o SDH en el resto del mundo fueron adoptados para el transporte óptico de datos TDM. SONET y SDH son casi iguales, especifican los parámetros de la interfaz, las velocidades, los

formatos de las tramas, los métodos de multiplexación y gestión del TDM síncrono sobre fibra.

SONET/SDH toman  $n$  flujos de bits en las entradas, los multiplexan y modulan ópticamente, enviando la señal a la salida con una velocidad igual a  $n$  veces la velocidad de entrada de cada uno de los flujos. Así, por ejemplo, el tráfico que entra en un multiplexador SDH de 2,5 Gbps con 4 flujos, saldrá a 10 Gbps en un solo flujo como se observa en la figura siguiente.



Multiplexador SONET/SDH

La unidad básica en telefonía es de 64 Kbps, que representa una llamada. 24 llamadas en Estados Unidos o 32 llamadas en Europa se multiplexan mediante TDM en una señal de más alta velocidad dando como resultado una señal de 1,544 o 2,048 Mbps respectivamente. Mediante sucesivas multiplexaciones se obtienen el resto de señales de cada una de las jerarquías.

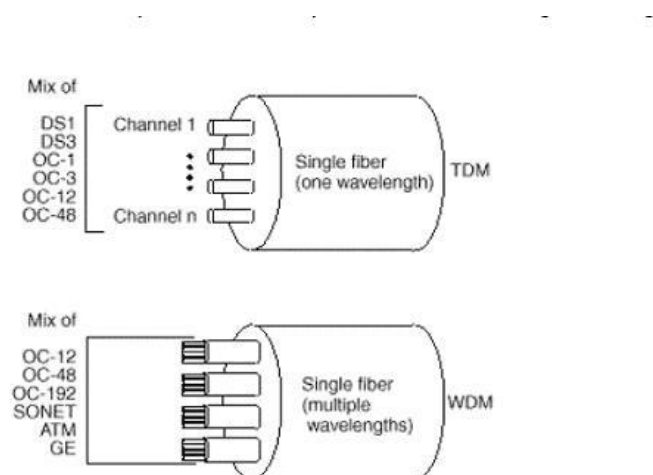
SONET/SDH presenta ciertas desventajas. Como cualquier TDM, las nociones de prioridad y congestión no existen. Por otra parte la jerarquía de multiplexación es rígida. Si se desea mayor capacidad, se debe pasar al nivel siguiente mediante la multiplexación correspondiente, por ejemplo, de 10 Gbps se pasa a 40 Gbps, sin posibilidad de salto intermedio. Por otro lado, dado que la jerarquía se ha hecho pensando en tráfico de voz, hay ineficiencias cuando se quiere transportar datos mediante SONET/SDH. Estas ineficiencias aumentan con la velocidad como se observa en la tabla siguiente.

<b>Ethernet</b>	<b>Señal SONET/SDH</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Ineficiencia</b>
10 Mbps	STS-1	51,854 Mbps	80,70%
100 Mbps	STS-3/STM-1	155,52 Mbps	35,70%
1000 Mbps	STS-48/STM- 16	2488,32 Mbps	59,81%

Otro avance que ofrece SONET/SDH fue la adopción de topologías en anillo, que unido a los sistemas de gestión eficientes, permitió redes de transporte reconfigurables, según las exigencias de tráfico de la red e incluso ante fallos, mediante la incorporación de sistemas de protección más efectivos que los existentes en PDH.

### Comparación WDM y TDM

SDH (TDM) toma señales síncronas y asíncronas y las multiplexa a una velocidad de transmisión más alta con una sola longitud de onda sobre fibra. Las señales de entrada normalmente deben ser convertidas de eléctricas a ópticas y de ópticas a eléctricas antes de ser multiplexadas y demultiplexadas. WDM en cambio toma las señales ópticas, les asigna una longitud de onda de forma individual y multiplexa estas longitudes de onda en una fibra. Otra diferencia entre las dos tecnologías es que WDM puede transportar diferentes protocolos con formatos distintos de forma transparente, mientras que SDH no puede hacerlo.

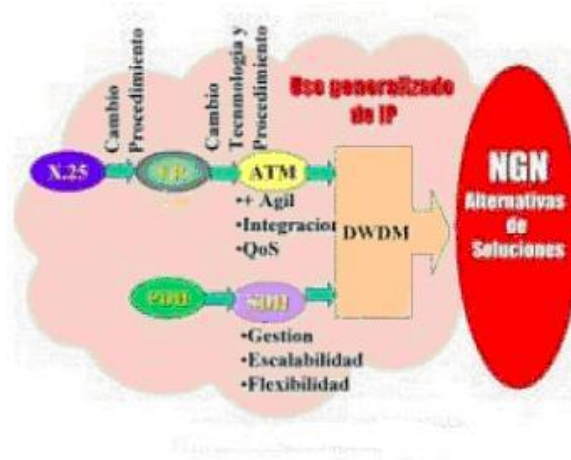


Comparación WDM y TDM

El surgimiento de WDM, permite multiplicar las capacidades de transporte de las redes de fibra óptica ya existentes a partir de inversiones reducidas en comparación con los beneficios obtenidos.

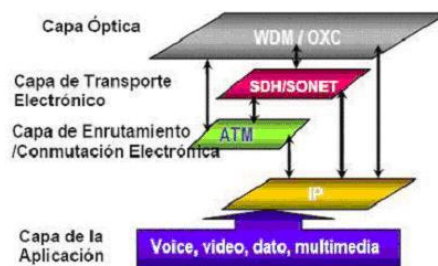
La aparición de DWDM permite multiplicar por decenas la capacidad de una fibra, lo que ha llevado a la creación de una nueva capa en las redes de transporte, la capa óptica, la figura siguiente nos muestra un resumen de la evolución de las redes de telecomunicaciones expuestas en este

capítulo hacia el objetivo de este proyecto que son las redes de próxima generación o NGN.



Resumen de la evolución de las redes de telecomunicaciones

DWDM permite que una misma fibra tenga múltiples redes independientes permitiendo incluso el uso de cada longitud de onda para diferentes servicios. Se abren nuevas alternativas a la hora establecer redes multicapas como muestra la figura siguiente, pues, por ejemplo, una red IP, puede emplear una longitud de onda para la transmisión de datagramas IP sin usar ATM ni SDH. Se comparte la fibra pero una longitud de onda se dedica exclusivamente a la transmisión de datagramas.

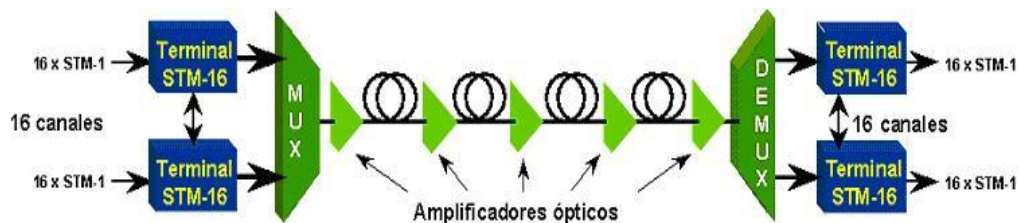


Alternativa ofrecida por DWDM para una red IP

Por tanto las ventajas de DWDM son las siguientes:

- Ahorro de infraestructura: con menor número de equipos se consigue transmitir la misma cantidad de información, además de posibilitar una capacidad ilimitada en principio

- Escalabilidad: solo con WDM es posible ampliar el sistema con inserción únicamente de equipos terminales de forma fácil y sin modificar la infraestructura existente.
- Transparencia: la transmisión es independiente del tráfico o servicio que circula (SDH, PDH, ATM, IP,...)
- Inserción / Extracción: mediante la colocación de OADM es posible extraer uno o varios de los canales fácilmente sin interferir el resto del tráfico lo que permite un aprovisionamiento dinámico.



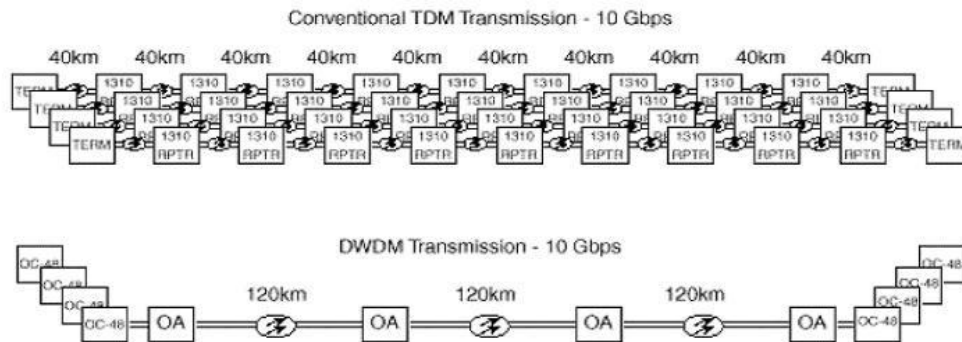
Esquema de enlace óptico

### Convivencia de SDH con DWDM

La convivencia de DWDM y SDH no sólo es posible, sino que DWDM proporciona unas características ventajosas. DWDM proporciona una transparencia total en la transmisión, lo que permite mantener las inversiones y equipos SDH actuales, al no haber necesidad de ser reemplazados. Es más, las nuevas implementaciones permiten prescindir de equipamiento ya existente. Por ejemplo, los multiplexadores SDH no son necesarios para los conmutadores ATM, ya que estos se pueden conectar directamente al equipo DWDM.

Como es sabido, las señales ópticas se atenúan con la distancia, por ello deben ser regeneradas en las redes. En las redes ópticas SDH, cada fibra transportaba una señal óptica distinta, por tanto se requería un regenerador eléctrico cada 60 a 100 Km. A medida que se añaden fibras, el coste de estos regeneradores aumenta, es necesario uno para cada fibra. En DWDM, en cambio, como se transportan varias señales por una sola fibra, se necesita menos equipamiento y no se necesitan regeneradores como el caso de SDH sino un amplificador.

Un único amplificador óptico amplifica todos los canales que transitan por una fibra mediante la tecnología DWDM sin necesidad de realizar demultiplexaciones ni procesamiento. El amplificador óptico simplemente amplifica las señales, no las recompone y retransmite como hace un regenerador, así las señales no se deben regenerar de manera periódica.



Comparacion tecnicas de transmision TDM y DWDM

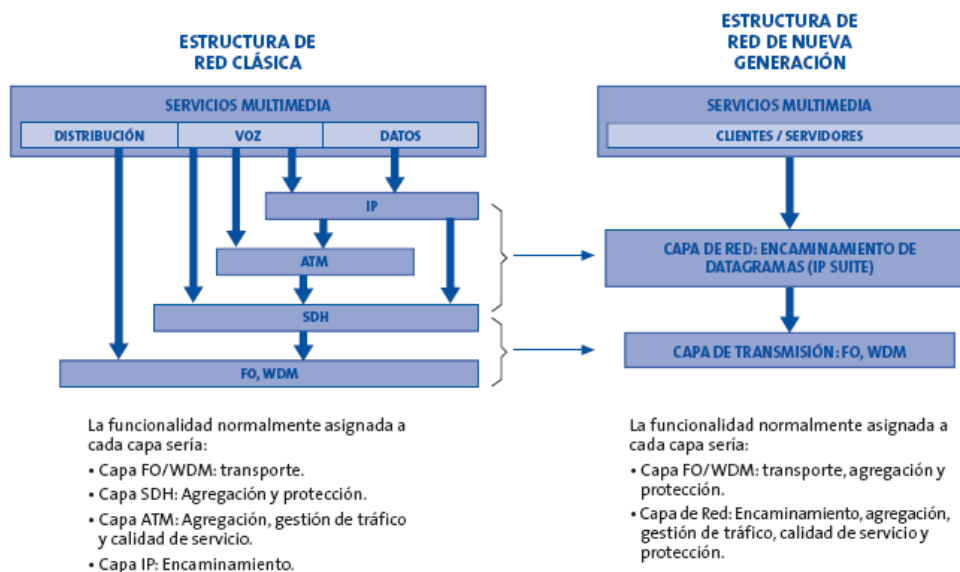
Los sistemas DWDM además facilitan una expansión de la capacidad de la red de forma sencilla, basta con instalar interfaces de mayor velocidad en los sistemas finales DWDM o en algunos casos sólo es necesario aumentar el número de longitudes de onda de la fibra en las interfaces existentes.

## 3. Next Generation Network

### 3.1 El punto de partida: La estructura de red clásica

La evolución de las necesidades de los usuarios ha llevado a que la innovación sea la clave fundamental para que los operadores y proveedores de servicios sobrevivan en el mercado. No se trata de conectar equipos y redes, sino de ofrecer servicios a los usuarios sobre cualquier dispositivo, en el momento que los necesiten y en el lugar donde los requieran. Existe un reto en términos de capacidad, el tráfico de paquetes ha sobrepasado al tradicional y las aplicaciones de ocio aumentan viéndose habilitadas por el aumento del ancho de banda. Históricamente, el desarrollo de las redes clásicas se realizó de acuerdo a una serie de premisas consideradas como invariables, son las siguientes:

- El ancho de banda es un bien escaso y costoso.
- Los servicios estaban estrechamente ligados a la infraestructura de red, de hecho, se consideraban partes indivisibles.
- Los servicios se integraban de forma vertical. Consecuencia del punto anterior y de la estructura monopolística de los negocios de telecomunicaciones.



Evolución de la red clásica a la NGN - simplificación de protocolos [5]



Debido a que el desarrollo de la infraestructura de red se adaptó a los servicios para los que fue diseñada, presentaba un alto grado de ineficiencia y complejidad que la hacía poco flexible al desarrollo y despliegue de nuevos servicios. Las características relevantes de la estructura de red llamada tradicional fueron:

- El equipamiento es complejo, de elevado coste y de difícil y costosa explotación.
- Utilización de terminales simples para cada uno de los diversos servicios distribuidos irregularmente (telefonía, televisión, Internet)
- La calidad de servicio o QoS se resuelve mediante la asignación y reserva de recursos específicos de red.
- No soporta de forma nativa las técnicas de distribución multicast, lo cual redundaba en un incremento de la complejidad y coste del despliegue de servicios masivos de distribución de contenidos.

La industria de telecomunicaciones está inmersa en una gran evolución tecnológica. Los operadores de red están asumiendo la creación de nuevas redes para acomodar los cambios que se están produciendo en la actualidad debido a:

- Explosión del tráfico digital de banda ancha
- Tendencia hacia el modelo de servicios multimedia "cuádruple play" (telefonía móvil, fija, internet y televisión de pago)
- Desregulación en curso de los mercados
- Competencia entre operadores
- Movilidad generalizada
- Convergencia de redes y servicios

Mientras que las redes tradicionales que funcionan hoy en día están diseñadas con circuitos, es decir, canales fijos que transportan comunicaciones entre teléfonos u otros dispositivos, los operadores y proveedores de servicio se están preparando ahora para lo que se denomina la red de próxima generación, basada en la conmutación de paquetes de datos. En las nuevas redes cada flujo de datos, para todos los tipos de tráfico: datos, vídeo, voz, etc.... se descompone en paquetes o trozos de datos de longitud variable, cada uno con su propia dirección, y

los paquetes se envían por la red hacia su destino en base a la información que contienen.

Se espera que esta evolución hacia las redes basadas en tráfico de paquetes cumpla con objetivos para los operadores y proveedores de servicio:

- Alcanzar transmisiones de velocidad más elevada: con el desarrollo de sistemas de transmisión de fibra óptica, la red de próxima generación será capaz de manejar grandes cantidades de datos de forma rentable
- Proporcionar capacidad multimedia: será capaz de tratar todo tipo de datos y de aplicaciones para satisfacer las características de calidad de red específicas que exige cada uno. Esto posibilitará nuevos tipos de aplicaciones, que puedan combinar voz, datos y vídeo de maneras nuevas e innovadoras y permitirá gestionar la red como una sola entidad
- Proporcionar flexibilidad de servicio: la red se controlará por software, de forma que los nuevos servicios se prestarán con rapidez, sencillez, independientemente de la infraestructura subyacente.
- Potenciar la innovación y diferenciación de ofertas entre proveedores.

El termino Next Generation Network o NGN no es sino un modelo de arquitectura [5] de redes de referencia que debe permitir desarrollar toda la gama de servicios IP multimedia de nueva generación (VoIP de nueva generación, videocomunicación, mensajerías integradas multimedia, integración con servicios IPTV, domótica, etc.) así como la evolución, migración en términos de sustitución o emulación de los actuales servicios de telecomunicación.

### **3.2 Características y capacidades fundamentales de la NGN**

El modelo de referencia, que es NGN, se suele utilizar para denominar los cambios que se están realizando en la infraestructura de telecomunicaciones, este modelo debería ser el objetivo hacia donde deberían tender tanto las redes como el negocio de telecomunicaciones actuales.

*Definición y características de la NGN:*

*"Según la ITU-T en su recomendación Y.2001 [1] (12/2004) - General overview of NGN, una Red de Nueva Generación (NGN) es una red basada en paquetes capaz de prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS, y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios."*

Extraídas de la definición del concepto de NGN se puede definir las siguientes características fundamentales:

- El plano de transporte estará basado en tecnología de conmutación de paquetes IP/MPLS
- Separación entre los servicios y la tecnología de la red de transporte (Decoupling Access and Services)
- Soporte de una amplia tipo de servicios, aplicaciones y mecanismos de diferente naturaleza: real time, non real time, streaming, servicios multimedia )
- Banda ancha con Calidad de servicio (QoS) garantizada extremo a extremo
- Migración de las redes tradicionales o interfuncionamiento con ellas a través de interfaces abiertas y protocolos estándares
- Movilidad generalizada
- Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios
- Percepción por el usuario de características unificadas para el mismo servicio
- Convergencia de servicios entre fijo y móvil (FMC)
- Soporte de múltiples tecnologías de la última milla o redes de acceso
- La conformidad con todos los requisitos reglamentarios referentes a la seguridad, privacidad, comunicaciones de emergencia, interceptación legal

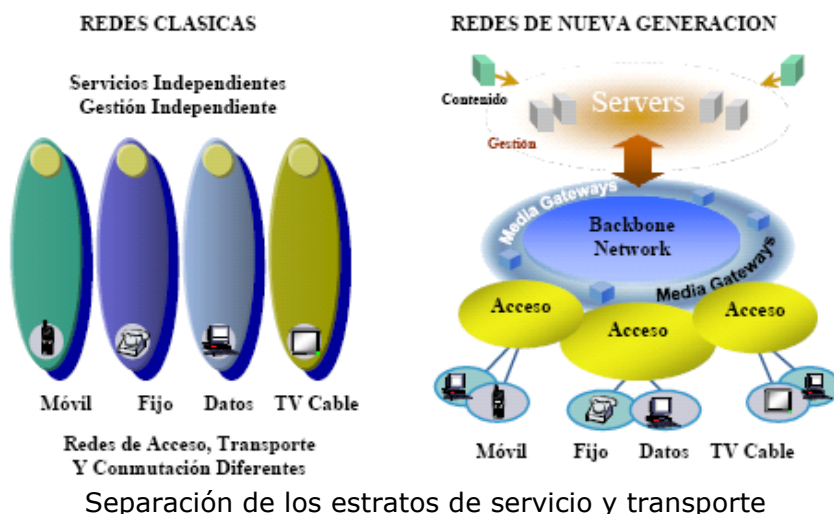
Las capacidades de una red son las funciones que debe proporcionar para que haga posibles los servicios. Las NGN deben ser capaces de soportar servicios con especificación de QoS, dado que procederán de diferentes

redes de acceso, la armonización de las especificaciones es imprescindible para poder gestionar la QoS extremo a extremo a través de redes heterogéneas

Una capacidad muy importante de las NGN será la movilidad generalizada, es decir, la capacidad del usuario u otras entidades móviles de comunicar y acceder a servicios independientemente de los cambios de ubicación o del entorno técnico.

La evolución desde las redes tradicionales hacia NGN se fundamenta en la convergencia de aplicaciones y servicios, en las redes NGN, los servicios multimedia serán seguros y accesibles desde cualquier red de acceso y con todo tipo de terminal fijo o móvil, gracias a una red de transporte unificada. Para lograr este objetivo existe el consenso de utilizar routers IP empleando la tecnología MPLS para la etiquetado y diferenciación del tráfico.

Otra de las características principales de las NGN es la separación de los servicios y el transporte, que les permite ser ofrecidos separadamente y evolucionar independientemente. Las NGN permiten el aprovisionamiento de servicios existentes y servicios nuevos con independencia de la red y del tipo de acceso utilizado. De esta forma, los proveedores ofrecerán a sus clientes la posibilidad de personalizar sus propios servicios.



## Movilidad generalizada

Las redes NGN adoptan y expanden el concepto de movilidad de las redes inalámbricas, hasta la introducción del concepto de movilidad generalizada tal y como se entiende en las NGN. La movilidad se utilizaba

en sentido limitado como desplazamiento del usuario y el terminal, con o sin continuidad de servicio a redes de acceso público como WLAN, GSM o UMTS.

En las nuevas redes se entiende la movilidad en un sentido más amplio, el usuario será considerado como una entidad independiente de las tecnologías de acceso que utilice, con la capacidad de comunicar y acceder a servicios independientemente de los cambios de ubicación o del entorno técnico [3]. El grado de disponibilidad del servicio puede depender de factores como las capacidades de la red de acceso, normalmente presenta un cuello de botella y los acuerdos de nivel de servicio entre la red propia del usuario y las redes visitadas de otros operadores.

Según datos de IDC durante 2012 habrá alrededor de 1.200 millones de trabajadores móviles (cerca del 35% de la población activa) que demandan acceso a los recursos y aplicaciones corporativas en cualquier momento y lugar, con independencia del dispositivo utilizado.

Los usuarios podrán tener la posibilidad de utilizar más tecnologías de acceso, permitiendo así el desplazamiento entre puntos de acceso público cableado y puntos de acceso inalámbrico de diversas tecnologías, lo que significa que este desplazamiento no supondrá la interrupción de una aplicación en uso o de un servicio de cliente, de manera que se deben tratar de lograr los siguientes objetivos:

- Posibilidad de utilizar diferentes tecnologías de acceso en diferentes lugares
- Comunicaciones de banda ancha más transparentes entre la red fija y la inalámbrica
- Continuidad al atravesar las fronteras de red existentes, no debe suponer la interrupción de una aplicación o de un servicio de cliente (acuerdos de roaming)

Debido a los acuerdos de SLA en redes heterogéneas, se plantea recuperar el concepto de UMTS llamado VHE, en el cual se trata de un soporte de gestión de entorno de usuario mediante el cual la red visitada emula para cada usuario particular las condiciones de su entorno de la red origen de manera que permite la portabilidad de servicios a través de las

diferentes fronteras entre redes. También se heredan de UMTS los valores de control de movilidad, localización y accesibilidad propios de las redes móviles.

Una vez establecidos los objetivos y los factores que pueden influir en la disponibilidad de la movilidad se puede establecer los requisitos que deberían establecerse para una red NGN tanto generales como en su capa de control:

- Aumento de la eficacia del espectro radioeléctrico
- Movilidad entre diferentes tecnologías de acceso
- Reducción de costos (establecimiento y explotación de red)
- Orientación vinculada entre los sistemas móviles de tercera generación y los sistemas fijos
- Mejora de la gestión de ubicación y de perfil de usuario
- Desarrollo de funciones de red sobre mecanismos de identificación y autenticación

La movilidad en cuestiones tecnológicas se ha convertido en una exigencia de manera que la industria de las telecomunicaciones las seguirá potenciando durante 2012 con prestaciones de velocidad y fiabilidad similares a las que ofrecen las conexiones fijas. Según Cisco, en sus predicciones para 2012, indican que el tráfico global de datos móviles crecerá a un ritmo anual del 108% entre 2012 y 2014.

### **Convergencia entre redes**

La evolución desde las redes tradicionales hacia las redes NGN se fundamenta en la convergencia de aplicaciones y servicios [2], los cuales en las redes tradicionales son soportados y transportados sobre diferentes redes de acceso y de núcleo. En las redes NGN, basadas en la conmutación de paquetes, los servicios multimedia serán seguros y accesibles desde cualquier red de acceso y con todo tipo de terminal fijo o móvil, gracias a una red de transporte unificada. Esta aportación de las NGN permite que hablemos de servicios de datos, voz y video (en una única red) en vez de hablar de redes de datos, voz y video (múltiples redes).

La convergencia se centra en las técnicas de transmisión y las funciones de red y no en la definición del contenido, permitiendo desarrollar servicios de forma independiente de las consideraciones de transporte. La

conectividad actual es muy diversa, será posible utilizar indistintamente tecnologías fijas e inalámbricas para la entrega de los servicios, como: GPRS, WCDMA, DSL y WLAN.

En un contexto en el que los operadores de red y proveedores de servicio han realizado los mínimos cambios, para adecuar sus redes a una demanda creciente de ancho de banda, se ha alcanzado un escenario con numerosos cuellos de botella, en esta situación es donde aparece y se desarrolla el concepto de convergencia NGN. Se dispondrá de interfaces de alta velocidad, seguridad y calidad garantizadas, que facilitan el despliegue de los servicios, tanto actuales como futuros, permitiendo llevar a cabo las propuestas del modelo All-IP de forma adecuada.

En este escenario las plataformas de soporte de servicios utilizan IP como protocolo base ofreciendo diversos servicios a los usuarios como:

- Servicios de voz que incluyen mensajería y telefonía
- Servicios de datos (correo electrónico, Web, intercambio de archivos y otros)
- Servicios de video (televisión, video en demanda)
- Combinación de los servicios anteriores (juegos interactivos, videotelefonía y otros)

## Núcleo de red

El núcleo de red debe desarrollarse implementando una solución como la elegida en este proyecto, IP Multimedia Subsystem (IMS), principal gestor de la convergencia de redes que permite a los terminales que trabajan con IP utilizar su máximo potencial. IMS entregará: autenticación, gestión de movilidad e interconexión de redes.

Basándose en la tecnología de IMS y Session Initiation Protocol (SIP), los entornos móviles, fijos e Internet podrán converger permitiendo al usuario acceder, crear, consumir y compartir contenido digital usando dispositivos que operen dentro de los diferentes dominios.

Al usar redes basadas en IMS, los operadores serán capaces de establecer e introducir nuevos servicios y de forma más rápida que antes, consiguiendo que la industria de las telecomunicaciones pueda:

- Responder en un menor tiempo a las cambiantes demandas de sus clientes
- Disminuir el coste de introducir nuevos servicios al evitar la necesidad de construir y aplicar por separado redes paralelas que permitan dar soporte a distintas funcionalidades.

### **3.3 Separación entre redes de transporte y servicios**

Otra característica principal que deberían tener las redes NGN será la separación de los servicios y el transporte [2], que les permite ser ofrecidos separadamente y evolucionar independientemente. Por tanto, en las arquitecturas NGN habrá una separación clara entre las funciones destinadas a los servicios y las destinadas al transporte. La NGN permite el aprovisionamiento de servicios existentes y de servicios nuevos independientemente de la red y del tipo de acceso utilizado.

La red actual se puede comparar a un sistema ferroviario, en el que las características de diseño dictan las del tren, como el tamaño de los vagones y el ancho de vía. Mientras que una NGN se ajusta más al equivalente de un sistema de carreteras, en el que cualquier tipo de vehículo, desde una motocicleta hasta un camión, puede viajar por una única y sencilla infraestructura. Como en el sistema de carreteras, y a diferencia del ferrocarril, el tráfico tiene su propia autonomía. En vez de funcionar conforme a un horario y sistema de señalización controlados centralmente, los paquetes simplemente se ponen en ruta y viajan hacia su destino.

El objetivo de la NGN es asegurar que todos los elementos necesarios para la interoperabilidad y que las capacidades de red soporten aplicaciones a través de la NGN, pero manteniendo el concepto de separación entre transporte, servicios y aplicaciones.



### 3.4 Arquitectura NGN

#### Relación de la arquitectura de una NGN con el modelo OSI

El modelo de referencia básico OSI (Open System Interconnection) especifica un modelo de arquitectura dividido en siete capas. Cada una de las siete capas del modelo OSI define unas funciones y características muy específicas, este modelo, debido a la rigidez adoptada en la práctica, no puede ser aplicado directamente a la NGN.

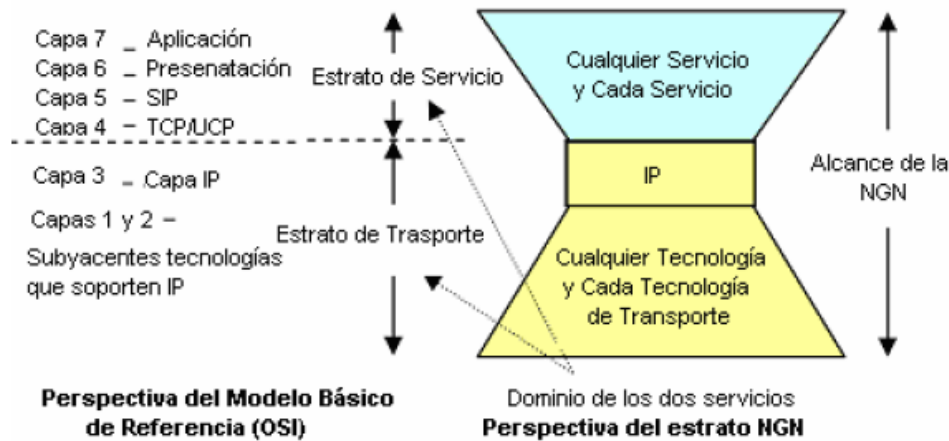


Modelo de referencia básico OSI

Las capas OSI se consideran de mejoramiento paulatino [2] de modo que la funcionalidad se va acumulando a medida que aumenta la capa, de manera que no permite la estratificación recursiva, propia de un entorno NGN.

El modelo OSI impone restricciones sobre los modos de transmisión que pueden emplearse en la red y en las capas de transporte. Si existe un servicio de transporte orientado a conexión debe haber también un servicio de red orientado a conexión. Esta regla no es válida en entornos NGN, donde existe un servicio de transporte orientado a conexión que funciona sobre un servicio de red de modo sin conexión.

En una NGN, su arquitectura debe ser mucho más flexible de lo que fue previsto en el modelo OSI, a pesar de la rigidez o insuficiencia de algunos aspectos del modelo OSI para ajustarse a esta tecnología reciente, existen elementos del modelo OSI que siguen siendo aplicables a la NGN.



Entre las principales diferencias destaca que en una NGN, los servicios y funciones pueden estar distribuidos de manera diferente, no debe estar estratificada con la misma jerarquía rígida que se especifica en OSI. El modelo NGN es neutro respecto a los protocolos y tecnologías específicas, se trata de un modelo más flexible con respecto a:

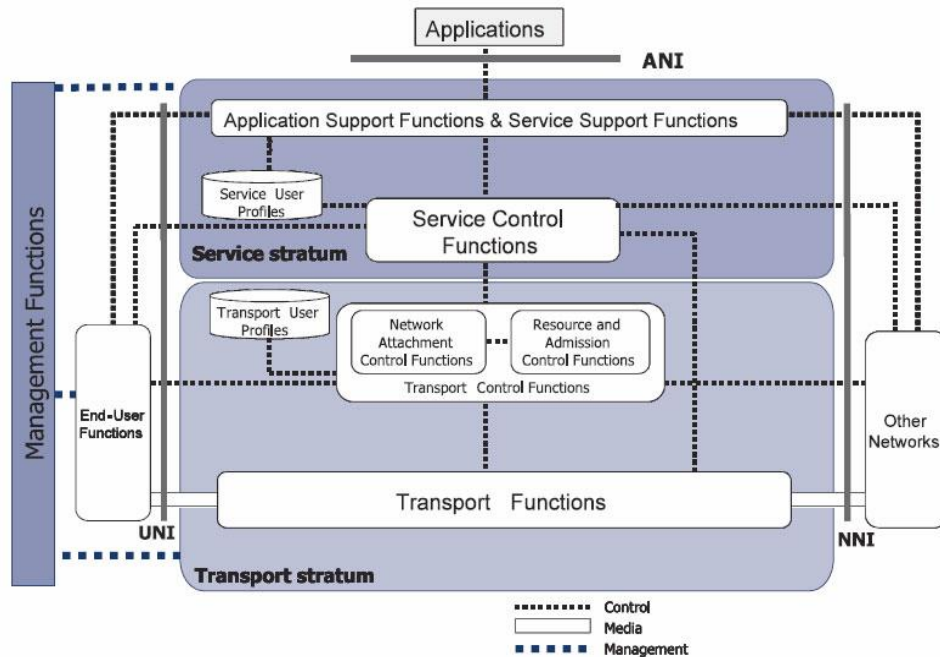
- La posición de la funcionalidad, puede estar distribuida de manera muy diferente, entre un número de capas menor o mayor que el modelo OSI
- La restricción al orden jerárquico concreto de las capas de protocolo

La estratificación de una red NGN se basa en el concepto en la que una capa proporciona un servicio a otra, denominadas servidor y cliente respectivamente, puede dar lugar a que se utilice el mismo protocolo tanto en la red de capa cliente como en la red de capa servidor. Las redes NGN crean un entorno más heterogéneo entre dominios tecnológicos y operacionales de manera que un servicio extremo a extremo puede atravesar tecnologías muy diversas junto a una gran variedad de protocolos.

## Arquitectura NGN

Como se ha apuntado anteriormente, el modelo de la NGN separa las funciones relacionadas con la creación y provisión de servicios con las funciones de transporte, este hecho permite una evolución independiente de cada una de estas dos capas ganando en flexibilidad y dinamismo. De modo que los servicios puedan ofrecerse por separado y evolucionar

independientemente, con el objetivo de ofrecer capacidades funcionales para realizar, instalar y gestionar todo tipo de servicios posibles.

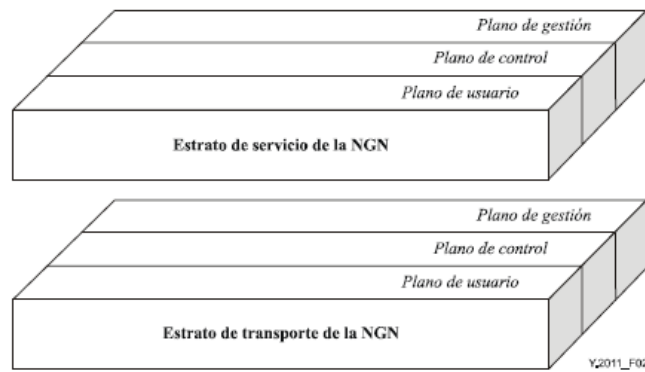


Arquitectura de una red NGN [3]

La idea consiste en la independencia entre las empresas que prestan servicios y las que proveen acceso, de forma que sea posible la introducción de competencia en el sector de las telecomunicaciones en los dos niveles, transporte y servicios. Esto parece fácil de conseguir en la capa de servicios, donde ya existe un gran auge de empresas que ofertan servicios, tales como, voz sobre IP, descarga de música, videos, etc. sobre las redes de los principales operadores.

En la capa de transporte también puede lograrse gracias a que las NGN pretenden que cualquier usuario tenga acceso a cualquier servicio independientemente de la tecnología de acceso, UMTS, LAN, Wimax, etc. Además se pretende que un usuario pueda pasar de una red a otra sin que exista una interrupción del servicio y de forma segura (movilidad generalizada).

La separación anteriormente descrita se representa mediante dos bloques, capas o estratos de funcionalidad distintos. Las funciones de transporte residen en el estrato de transporte y las funciones de servicio relacionadas con las aplicaciones residen en el estrato de servicio.



Separación de los estratos de servicio y transporte

Cada estrato se ha de tratar de manera independiente desde el punto de vista técnico y funcional. Esta independencia entre los dos estratos se consigue porque, como se observa en la figura anterior, cada uno de ellos dispone de un plano de usuario o datos, de control y de gestión. Se considera que cada estrato contiene las funciones para transferir datos, controlar el funcionamiento de las entidades que intervienen en la transferencia de esos datos y para gestionar entidades dentro del estrato.

NGN permite la migración desde las redes actuales, verticalmente separadas y específicas para los diferentes servicios, hacia una única red capaz de ofrecer y transportar todos los servicios. Esta unificación de redes implica que los sistemas de facturación también pueden estar integrados, con su consecuente ahorro de costes y recursos.

### Estrato de Transporte

El estrato de transporte [3] es el encargado de proveer conectividad IP, es decir, enrutamiento y/o conmutación del tráfico para interconectar a los usuarios entre sí y con los proveedores de servicio. Puede estar formado por un conjunto de redes que constituyen las capas de la 1 a la 3 en el modelo de referencia OSI.

También debe proporcionar los niveles de calidad de servicio o QoS requerido por los servicios. Es la capa encargada de satisfacer las funciones de usuario que transfieren datos y las funciones que controlan y gestionan los recursos de transporte. La conectividad incluye soporte a la movilidad y debe ser independiente de la tecnología de acceso, en virtud del principio de neutralidad tecnológica que se desea mantener, se puede usar cualquier tecnología: fibra óptica, XDSL, WiMax,...

Desde el punto de vista de la arquitectura se considera que el estrato de transporte tiene sus propios planos de usuario, control y de gestión así pues los datos transportados serán información de usuario, de control y de gestión. Pueden establecerse asociaciones dinámicas o estáticas para controlar y gestionar la transferencia de información entre dichas entidades, la duración de estas asociaciones puede ser breve o de larga duración.

Las redes NGN crean un entorno más heterogéneo entre dominios tecnológicos y operacionales de manera que un servicio extremo a extremo puede atravesar todas ellas con el fin de garantizar la calidad de servicio. El objetivo final es consolidar el transporte de tráfico multimedia realizado tradicionalmente sobre distintas redes, sobre un núcleo común basado en la conmutación de paquetes. Entre las funciones de transporte se pueden diferenciar entre diferentes ámbitos:

- Funciones de red de acceso, se encargan de administrar el acceso y el transporte de información de los usuarios extremos a la red, y de recolectar y agrupar el tráfico proveniente de dichos accesos hacia la red medular, podrían considerarse, usando nomenclatura OSI, como las redes de acceso o redes de última milla
- Funciones de borde se utilizan para procesar los medios y el tráfico cuando se agrupa en el núcleo tráfico procedente de diferentes redes de acceso; entre ellas se cuentan funciones relacionadas al soporte de la QoS y del control de tráfico
- Funciones de transporte de núcleo se encargan de garantizar el transporte de información a través del core de la red. Estas funciones proporcionan los medios para diferenciar la calidad del transporte en el núcleo de red.
- Funciones de pasarela proporcionan las capacidades para interfuncionar con funciones de usuario u otras redes, incluidos otros tipos de NGN y muchas de las redes actuales, tales como la RTPC/RDSI, la Internet pública, etc. Convirtiendo, por ejemplo, los flujos de tráfico de acceso analógico (POTS) en paquetes y proveer de acceso a redes y servicios NGN.

## **Estrato de Servicios**

El estrato de servicios proporciona las funciones de control de sesión registro, autenticación, autorización y gestión de los recursos y servicios

de la red, todo ello para hacer efectivos los servicios y aplicaciones del usuario final. Estos servicios pueden realizarse mediante varias capas o estratos de servicio dentro del estrato de servicio.

El estrato de servicio consta tanto de la aplicación y sus servicios, es decir, los servicios pueden estar relacionados con aplicaciones de voz, datos o vídeo, dispuestos por separado o combinándolos como en el caso de aplicaciones multimedia. Este estrato debe permitir desarrollar toda la gama de servicios IP multimedia de nueva generación.

Asimismo debe proveer de las funcionalidades de red asociadas con los servicios, capacidades e interfaces para permitir la evolución, migración en términos más o menos de sustitución o emulación de los actuales servicios de telecomunicación, legacy. Así como soporte de API's para interconectar aplicaciones de proveedores externos con la NGN mediante el uso de Gateway.

Para lograr ambos objetivos, generar nuevos servicios e integrar los heredados de las anteriores redes, se considera que el protocolo IP puede ser el elegido para prestar los servicios NGN. Como ha comentado en el apartado anterior, la arquitectura funcional debe aceptar múltiples métodos de acceso al servicio y solicitud de soporte de recursos, por lo que no debe haber restricciones sobre el modo en el que los usuarios acceden a estos servicios o en tipos de protocolo que utilicen para invocarlos

Como característica fundamental de las NGN, los servicios soportados por la red deben ser muy variados, en especial de servicios multimedia. En términos generales existirán varias familias de servicios y se necesitarán técnicas específicas para soportarlos:

- Servicios Multimedia. Comunicaciones en tiempo real o no, servicios de voz (incluido el servicio conmutado), de mensajes (SMS, MMS, etc.), interactivos punto a punto (voz, texto, imágenes en tiempo real), broadcast y multicast, servicios de hosting, servicios de localización, etc.
- Servicios de Emulación y Simulación PSTN/ISDN. Prestación de capacidades de servicio RTPC/RDSI, adaptándolos a una infraestructura NGN mediante el control de sesiones a través de interfaces e infraestructura IP.

- Acceso a Internet. A través de accesos xDSL con total transparencia extremo a extremo.
- Servicios como redes Virtual Private Network, VPN, servicios de comunicaciones como transferencia de ficheros, correo, etc. Aplicaciones on-line como el comercio, etc. control remoto como telemetría, alarmas, etc.
- Administración de mecanismos legales como interceptación de mensajes o de contenidos. Servicios a discapacitados. Privacidad y asistencia al consumidor (anti spam), identificación de usuarios. Servicios de interés público. Llamadas de emergencias.

## Plano de gestión

La finalidad del plano de gestión debe ser facilitar la interconexión entre distintos sistemas o recursos NGN para el intercambio de información de gestión, utilizando una arquitectura predeterminada con interfaces normalizadas, tanto protocolos como mensajes. Es una capa esencial no tan solo para minimizar los costos de explotar una NGN sino para obtener una mayor satisfacción de los clientes mediante nuevas funciones de la dirección empresarial, de los servicios y de la red.

La gestión de red en el contexto de las NGN se compone de un conjunto de funciones que permiten supervisar y controlar los recursos de los servicios y transporte de las NGN y permiten al operador de red y a los proveedores de servicio planificar, administrar, explotar, mantener, instalar y configurar. La comunicación de información de gestión se realiza a través de interfaces entre:

- Los recursos de NGN
- Los sistemas de gestión que soportan las NGN
- Los componentes de NGN y los representantes de proveedores de servicios y operadores de redes.

Los planos de gestión del estrato de servicio y del estrato de transporte están separados, aunque el plano de gestión de las NGN pueden incluir funciones de gestión comunes como por ejemplo las que se utilizan para

gestionar entidades de los dos estratos y las funciones necesarias para soportar la gestión.

En la implantación del modelo de NGN se parte de una situación en la los operadores y proveedores de red servicio disponen de una infraestructura de redes, equipos,... que deben convergen hacia las NGN, por lo tanto sus sistemas de gestión que deben ser incluida en la arquitectura.

El UIT-T divide las tareas propias de la gestión en cinco grandes aspectos funcionales (Rec. UIT-T M.3400) actualmente identificados son la gestión de FCAPS: fallos, configuración, contabilidad, calidad y seguridad [3]. Sin embargo, la complejidad de las nuevas redes NGN hace que surjan nuevos retos para la gestión de este tipo de redes:

- Descubrimiento y selección de la red: Las redes NGN están formadas por gran cantidad de redes heterogéneas interconectadas entre sí que a su vez utilizan terminales heterogéneos.
- Movilidad generalizada: Los usuarios utilizan sus diferentes terminales desde diferentes puntos, lo que hace que la gestión se haga más compleja la tarea de mantener el servicio de forma continuada.
- Interoperabilidad: Dado que NGN comprende gran cantidad de protocolos y perfiles a nivel de red, es necesario garantizar la interoperabilidad entre sistemas y redes.
- Soporte de QoS: Este proceso es más complejo porque el coste del ancho de banda y la granularidad de los servicios en las redes NGN es mayor.
- Facturación: Hasta ahora, una conexión se llevaba a cabo por un único operador, por lo que el sistema de facturación era sencillo. En las NGN, las comunicaciones fácilmente pueden llevarse a cabo de forma compartida entre varios proveedores de servicio diferente, por lo que se debe lograr un consenso a la hora de la tarificación de las diferentes comunicaciones.

En la actualidad el modelo de gestión más utilizado por las operadoras, en las redes previas al modelo NGN, es SNMP, ya que es más simple y optimiza mejor los costes en comparación con TMN, aunque su



inconveniente es su propensión a generar gran cantidad de tráfico ocasionando un aumento del uso de ancho de banda, lo que ocasiona una degradación de los tiempos de respuesta en las redes. La complejidad de TMN, requiere un protocolo a nivel de aplicación orientado a conexión, unida a que es más completa, hace que sea más aconsejable para algunas aplicaciones críticas, como la gestión de backbones.

## 4. IP Multimedia Subsystem IMS

### 4.1 Definición

Internet Multimedia Subsystem o IMS es una arquitectura de referencia genérica capaz de ofrecer servicios multimedia sobre infraestructura IP. Cumple con los requerimientos definidos por la ITU-T para las redes de próxima generación o NGN y se define como un subsistema de control, acceso y servicio para la creación y el control de aplicaciones de nueva generación, que puedan operar en tiempo real y basado en sesiones IP.

IMS permite al usuario la personalización de los servicios, es decir el aprovisionamiento dinámico por parte del cliente usando por ejemplo un interfaz web, y la combinación de servicios iniciando varias sesiones simultáneamente, por ejemplo, una sesión audio puede ejecutarse en paralelo de una sesión de chat.

Su función consiste en controlar la comunicación con los terminales de cliente para establecer conexiones, que les ayuden a adquirir los servicios que requieran (voz, video, datos). Entre sus características básicas destacan [4]:

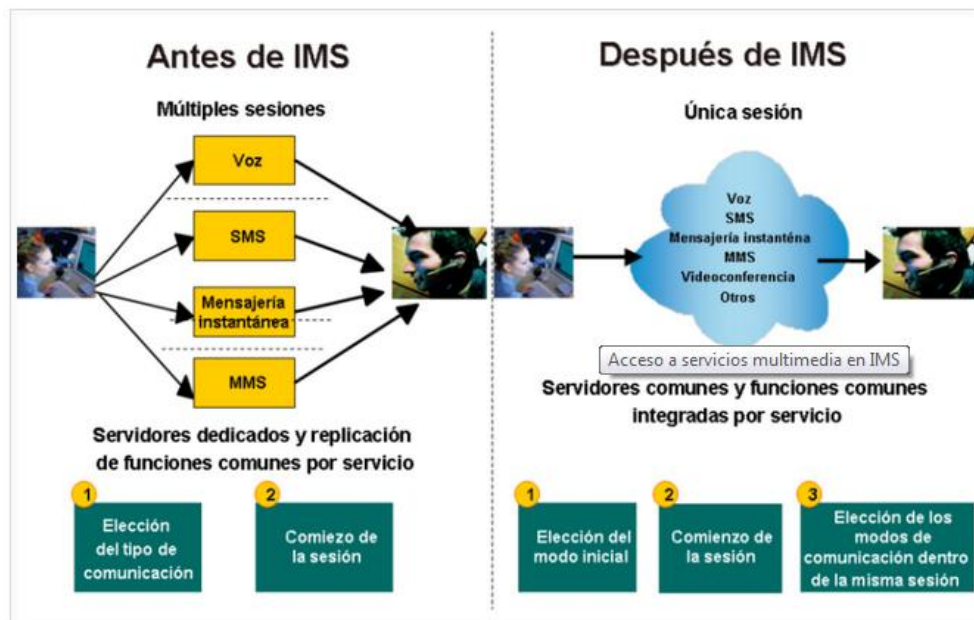
- Posibilidad de uso de diferentes redes de acceso
- Soporte de movilidad generalizada
- Red basada en la conmutación de paquetes

Como se ha indicado en apartados anteriores, se precisaba de un cambio en las redes de telecomunicaciones actuales, tanto redes fijas como redes móviles, por la explosión de la banda ancha, el incremento de los terminales inteligentes y la convergencia de las infraestructuras alrededor de IP. Las redes de conmutación de circuitos no fueron diseñadas para operar sobre una arquitectura independiente del acceso, ni están capacitadas para ofrecer a los usuarios finales servicios multimedia desarrollados para Internet, ofreciendo conexiones IP seguras y con calidad de servicio o QoS.

Al adoptar IMS, los operadores estarán capacitados para satisfacer las demandas de los usuarios y ofrecer una experiencia de comunicaciones

integrada, es decir, el usuario final podrá pasar de un sistema a otro sin interrumpir la conexión, utilizar varios medios a la vez o compartirlos e intercambiarlos con varios usuarios. Las redes de nueva generación deben ofrecer:

- Mayor diversidad de servicios, lo que implica que tanto los servicios como los dispositivos y la conectividad sean heterogéneos.
- Sincronización transparente para cualquier dispositivo y acceso
- Autenticación de forma simple, personalización consistente y facilidad de uso.

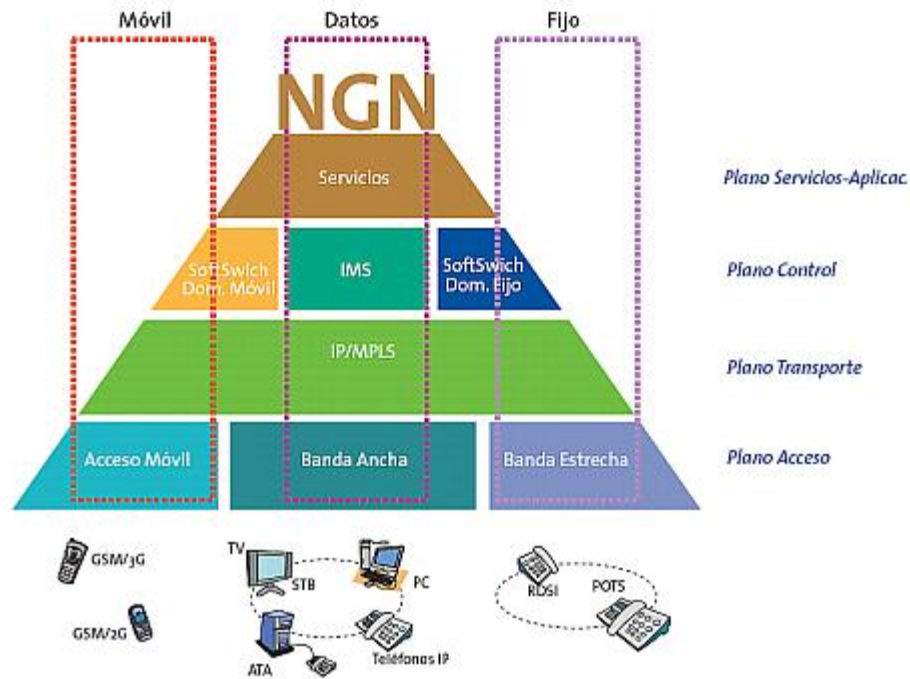


Diferencia de escenarios tras la introducción IMS

La arquitectura IMS está sustentada por un conjunto de estándares que permiten la convergencia de redes de telefonía fija y móvil, han sido desarrollados por 3rd Generation Partnership Project o 3GPP, organismo que desarrolla especificaciones e informes técnicos para GSM y redes móviles de tercera generación, en estrecha colaboración con el IETF, como parte del trabajo de estandarización asociado 3G:

- En su primera versión de IMS (Release 5) se diseñó para la evolución de telefonía móvil 2G a 3G, soportando redes GSM y GPRS y siendo añadidos además el soporte de contenidos multimedia basados en SIP.

- Para el Release 6 se añadió el soporte para acceso vía redes inalámbricas (WLAN, WiMAX).
- Finalmente, en el Release 7 se incluyó el soporte para redes fijas (xDSL, cable modem, ethernet)



Inclusión de IMS en arquitectura NGN [5]

La arquitectura IMS y los protocolos para el establecimiento de sesión como Session Initiation Protocol o SIP [RFC3261], son los pilares sobre los que se basa el desarrollo de las NGN, al integrar la red móvil con la red cableada y permitir controlar el diálogo con los terminales de los clientes de forma centralizada y deslocalizada para la prestación de cualquiera de los servicios que requieran.

Los usuarios finales tendrán acceso a cualquier tipo de servicios: tradicionales o nuevos, desde cualquier sitio, en cualquier momento, y sobre múltiples tecnologías de acceso, esta independencia del método de acceso se conoce como Access agnostic. De esta forma el usuario accede a una serie de servicios contratados, cuyo estado y configuración se encuentran almacenados en dicho servidor.

IMS involucra calidad de servicio, políticas de control, unifica la interfaz de red para una entrega generalizada de servicios (para fijos y móviles),

propone un mecanismo de activación universal simple por medio de SIP y posee un soporte inherente para el roaming (gestión de movilidad).

IMS no define las aplicaciones o servicios que pueden ser ofrecidas al usuario final, sino la infraestructura y capacidades del servicio que los operadores o proveedores de servicios pueden emplear para construir su propia oferta de servicios. El operador IMS puede elegir ofrecer los servicios de forma independiente, combinada o en multitud de variantes, pero todos ellos tendrán una infraestructura común, reduciendo su ciclo de desarrollo y reduciendo los costes de equipamiento y operación.

Los servicios finales pueden ser los servicios tradicionales (las llamadas básicas de voz por conmutación de circuitos, el correo electrónico, la mensajería de texto, la mensajería multimedia, etc.) o bien servicios multimedia avanzados: la videoconferencia normal o adaptada para personas con algún tipo de discapacidad, la difusión de radio, la difusión de TV, el vídeo bajo demanda, la mensajería instantánea, el chat multimedia, los videojuegos en red interactivos, servicios de localización o guiado, etc.

## **4.2 Puntos clave del desarrollo de IMS**

El punto clave del desarrollo del negocio sobre el IMS es la creación de valor añadido. La importancia de IMS radica en el potencial para generar nuevos modelos de negocios, se confía que IMS será el gran detonante para la creación de nuevos servicios, el fomento la competitividad entre operadores y el aumento de clientes finales. El operador proporciona una atractiva oferta de servicios multimedia, favoreciendo la rápida implantación y proliferación de nuevos servicios más adaptados al cliente, ayudando a su fidelización y al incremento de las ventas.

Asimismo, IMS debe mantener una estrategia de apertura a proveedores de servicios para permitir al operador enriquecer su oferta de servicios, mediante Application Service Providers (ASP), de manera que puedan entregar servicios mejorados rápidamente sin espera la de una estandarización. A continuación se presentan las novedades o puntos clave del desarrollo del modelo IMS desde varios puntos de vista:

- Servicios
- Estratégicos
- Tecnológicos

## Servicios

El desarrollo de servicios se promueve mediante interfaces y protocolos abiertos con el fin de permitir al operador enriquecer su oferta, es una estrategia de apertura de IMS a proveedores terceros. Agiliza la introducción de servicios a través de la interfaz estandarizada entre la arquitectura IMS y las plataformas de servicios, promueve la innovación y el desarrollo de nuevas aplicaciones por terceros vendedores.

Las sesiones IP multimedia están compuestas por flujos y contenidos diversos. IMS permite la coordinación y sincronización efectiva de varios medios en una sesión al usuario o bien iniciar varias sesiones simultáneamente, combinando los servicios.

IMS proporciona los elementos que permiten el control de servicios para conocer los servicios suscritos por el usuario e invocarlos para toda sesión saliente o entrante. La comunicación puede realizarse tanto en tiempo real como diferido sobre redes IP.

## Estratégicos

Las razones estratégicas para que las operadoras implanten IMS en sus redes son básicamente una significativa reducción de los costes de la red y un aprovechamiento funcionalidades comunes.

Se puede llegar a reducir el coste de inversión en plataformas para el operador, dado que existen recursos de la red y funciones genéricas que son genéricas y pueden ser reutilizadas por todos los servicios de la red: descubrimiento, enrutamiento, cobro, presencia, administración de usuarios, etc. Esto puede llegar a reducir los costos de operaciones y mantenimiento de la red.

Contabilidad y facturación. La arquitectura IMS permite entregar informaciones de tasación de los equipos de redes y servicios IMS. Se tratara de desarrollar nuevas políticas correspondientes a las ofertas de servicios y plataformas asociadas. El sistema de facturación IMS registra los datos relacionados con la sesión.

## Tecnológicos

En cuando a razones tecnológicas referentes a las redes de acceso y transporte, IMS apuesta por la convergencia de redes. En la estructura de

red tradicional cada servicio tiene implementaciones separadas, en cambio en las redes IMS NGN se opta por la reutilización de infraestructura de transporte de red y de servidores de aplicaciones. Este hecho facilita y acelera el proceso de creación y suministro de servicios, también se apuesta por un entorno, flexible, colaborativo y de beneficio común entre los operadores de red.

IMS ha sido concebido para soportar redes de acceso de distinto tipo, es independiente del acceso, de manera que los servicios IMS puedan ser ofrecidos desde cualquier tipo de acceso conectado a una red IP (GPRS, UMTS, WLAN, xDSL, cable, etc.). Esta ventaja abre la puerta para una integración de las redes móviles con las redes fijas, introduciendo el concepto de movilidad generalizada.

El usuario podrá acceder a sus servicios IMS desde cualquier red IMS visitada. La movilidad del usuario y de sus servicios son tomados en cuenta, mediante acuerdos de roaming para permitir a un usuario registrarse desde cualquier red visitada y poder acceder a los servicios ofrecidos por su operador nominal.

IMS no va a ser desplegado en todas partes en el mismo momento. Es entonces necesario prever pasarelas (Media Gateways) entre las redes RTC/GSM y la red IMS, que permitan el interfuncionamiento con otras redes.

IMS promueve las comunicaciones multimedia en tiempo real, por ello el transporte de red es realizado mediante IPv6 en vez de IPv4. De este modo, el 3GPP prefirió partir de la situación más avanzada técnicamente. Entre las ventajas de IPv6, anteriormente explicadas, cabe destacar la QoS y seguridad integradas, la autoconfiguración, un mayor espacio de direccionamiento.

La garantía de calidad de servicio de los servicios multimedia en IMS es mucho más dinámica que en las redes tradicionales. Anteriormente, el tipo de QoS ofrecido era Best Effort. Las redes de acceso y de transporte del IMS ofrecen la Calidad de Servicio del principio al final de la cadena, utilizando un protocolo de red de recursos (RSVP, Diffserv, MPLS, Intserv).

El terminal negocia sus capacidades y expresa sus exigencias durante la fase de establecimiento de sesión con el protocolo SIP. SIP aporta las

funciones para el registro, establecimiento, modificación y finalización de las sesiones IMS entre dispositivos diversos.

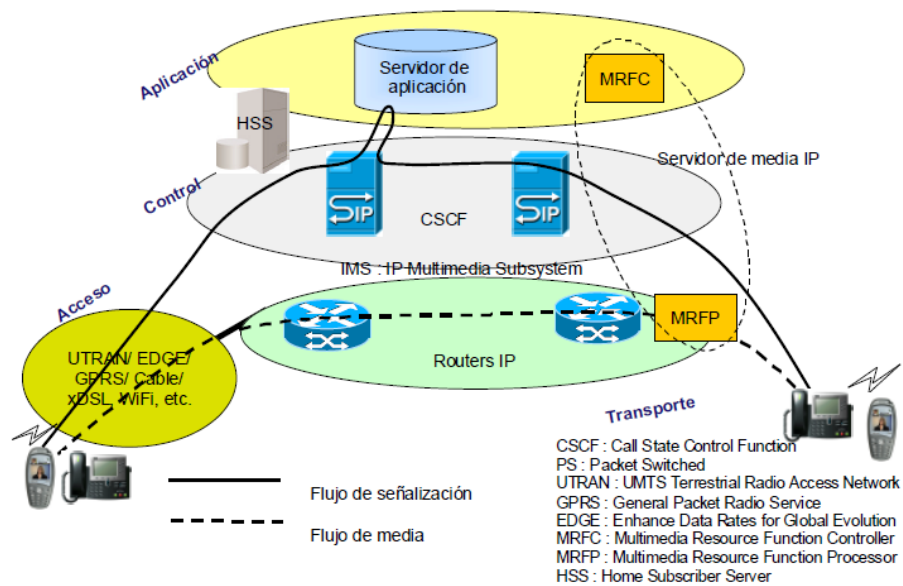
### 4.3 Arquitectura IMS

El sistema IMS define una arquitectura genérica que se engloba en el modelo de arquitectura de redes de nueva generación NGN y cumple a la perfección con sus premisas. La plataforma IMS es una arquitectura que permite la comunicación entre servidores y clientes; abre una gran posibilidad a la convergencia entre las redes móviles y fijas. La arquitectura IMS ofrece a los proveedores de servicios la oportunidad de ofrecer nuevos y mejores servicios, con la operación de reducción de los costes, a través de línea fija inalámbrica y redes de banda ancha.

En cuanto a su arquitectura, IMS está compuesto de diversos servidores que se comunican entre sí intercambiando mensajes del protocolo de inicio de sesión SIP. El protocolo SIP es usado desde el servidor CSCF (al que se conecta un usuario con su terminal IMS) a los servidores de aplicación, que contienen servicios tales como: juegos multiusuario, transmisión de imágenes en tiempo real, video conferencia, VoIP, mensajería instantánea, etc.

IMS está compuesto por una arquitectura unificada, ordenada en capas, que permite el manejo de los medios a través de la red de manera independiente de su posición y que logra entregar la integración necesaria para comunicar servicios IP Multimedia. Permite controlar de forma centralizada y deslocalizada el dialogo con los clientes para la prestación de los servicios que requieran.



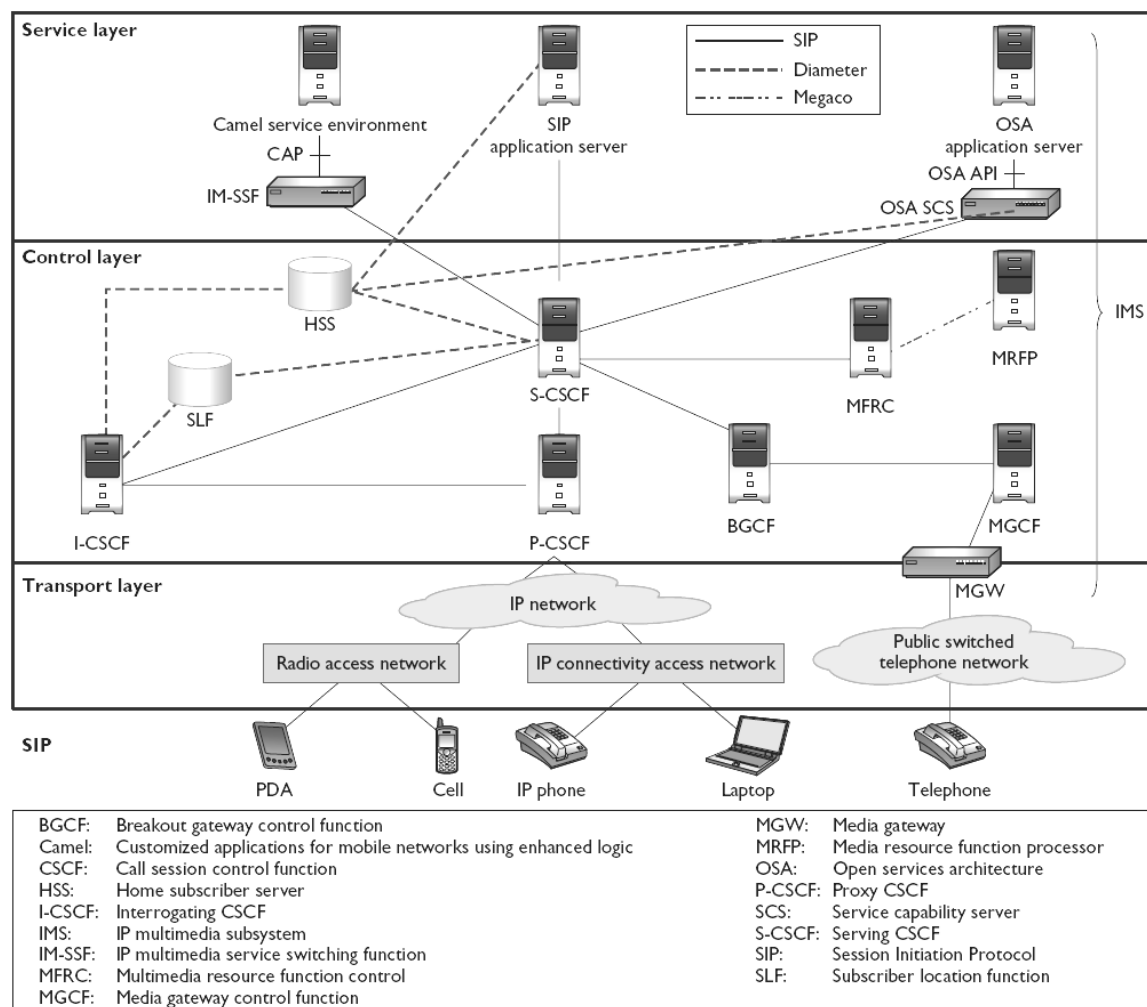


Arquitectura unificada IMS ordenada en capas

En términos generales la arquitectura presenta entidades encargadas del acceso a la red IMS, del transporte de paquetes IP, del control de las sesiones multimedia y de la entrega de aplicaciones y servicios. La arquitectura genérica del IMS soporta la comunicación entre equipos mediante el protocolo SIP para la señalización y la administración de sesiones, además de los protocolos Diameter y Megaco/H.248 para operaciones y manejo de recursos multimedia respectivamente.

A continuación se presenta un esquema genérico de la arquitectura IMS, identificando sus principales componentes y la separación en tres capas que ésta posee:

- Capa de transporte
- Capa de servicios
- Capa de control



Detalle de las entidades IMS en sus respectivas capas

## Capa de transporte

El objetivo principal de la capa de transporte o Transport Layer es que el equipo terminal de usuario o UE se comuniquen con su S-CSCF asignado, para que se le gestione la comunicación, verificando el acceso a los servicios, haciéndole disponible recursos de red y finalmente buscando y estableciendo la conexión con el UE de destino. Esta capa de transporte podrá integrar mecanismos de calidad de servicios con MPLS, Diffserv, RSVP, etc.

En algunos estudios [21] acerca de IMS, la capa de transporte la separan a su vez en dos capas, separando la red de acceso de la red de transporte IP, atendiendo a esta separación la capa de transporte se compone de:

Capa de acceso a IMS (Access Network), la cual puede ser cualquier red de acceso de alta velocidad tal como:

- UMTS, GPRS
- xDSL, redes de cable
- Wimax, Wi-Fi, etc.

La capa de transporte IP, integrará mecanismos de calidad de servicios con MPLS, Diffserv, RSVP, etc. Se compone de switches, routers (edge routers para el acceso y core routers para el transito), BTS, la red de transmisión, la red backbone, los gateways con las redes PSTN e IP externas. Pueden ser contempladas distintas pilas de transmisión para la red IP.

### **Capa de Control**

La capa de control, también es llamada propiamente capa IMS, está formada por diferentes subsistemas entre los que se encuentran el núcleo de la arquitectura IMS, entre sus funciones se encuentran la gestión y control de las comunicaciones. El operador puede posicionarse gracias a la capa control como integrador de servicios ofrecidos por el mismo o bien por terceros.

La capa de control consiste en controladores de sesión responsables del encaminamiento de la señalización entre usuarios y de la invocación de los servicios. Estos nodos se llaman "Call State Control Function" o CSCF. IMS introduce entonces un ámbito de control de sesiones sobre el campo de paquetes IP/MPLS.

Las principales entidades funcionales de la capa de control son

- CSCF Call State Control Function
- BGCF Breakout Gateway Control
- MGCF Media Gateway Control Function.

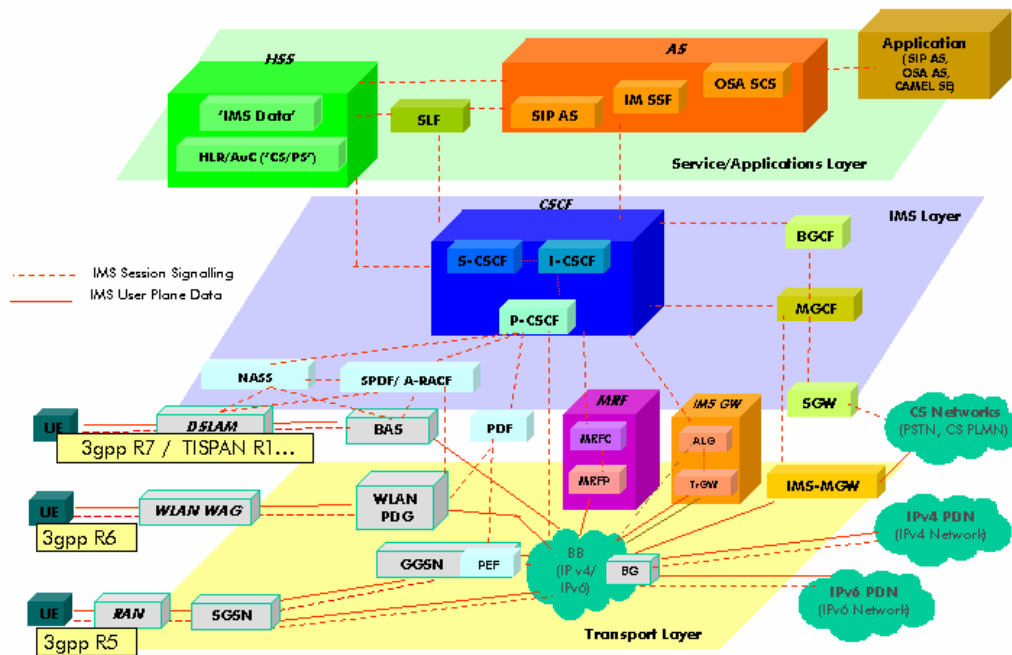


Diagrama de interrelación entre entidades IMS

CSCF es uno de los elementos más importantes de la red IMS, se encarga del procesamiento y encaminamiento de señalización, la consulta del perfil de usuario y la tarificación. Es un servidor con funciones de proxy que realiza la gestión para la comunicación en los UEs, verificando, con el MRF, si es que se tiene recursos de red disponibles para la comunicación y se comunica con la base de datos correspondiente, llamada Home Subscriber Server o HSS, para ver si es que el usuario tiene permiso para ingresar a la red y para utilizar ciertos servicios.

También se encuentra la entidad BGCF, su función es la de seleccionar en su misma red el MGCF, y en una red externa, el BGCF de aquella red.

Finalmente, se tiene el MGCF, que es parte de la arquitectura de interfuncionamiento de IMS con las redes de conmutación circuitos, es el encargado de enviar y traducir la información de señalización y control (IMS SIP/SDP) desde la red IP a la red PSTN (SS7) y viceversa. De este modo se encarga de controlar la operación del gateway y determina el destino de las llamadas originadas en la PSTN que tienen como destino la red IMS.

## Capa de Servicios y Aplicaciones

Esta capa posee los servidores de aplicaciones y medios, los cuáles procesan y guardan los datos de la red y generan servicios para los clientes. IMS no define las aplicaciones o servicios que pueden ofertarse al usuario final, sino la infraestructura y capacidades del servicio que los operadores o proveedores de servicio pueden emplear para construir sus propias aplicaciones y producir su oferta de servicios.

En la capa de aplicación se encuentra un HSS, los MRF (que los proveedores llaman Servidores de Media IP) y los AS o Application Server

Los AS son servidores de la red IMS que entregan servicios de valor añadido a ésta. Normalmente se compone de aplicaciones SIP que ejecutan aplicaciones y servicios IMS a través de la manipulación de la señalización SIP, y la interfaz con otros sistemas.

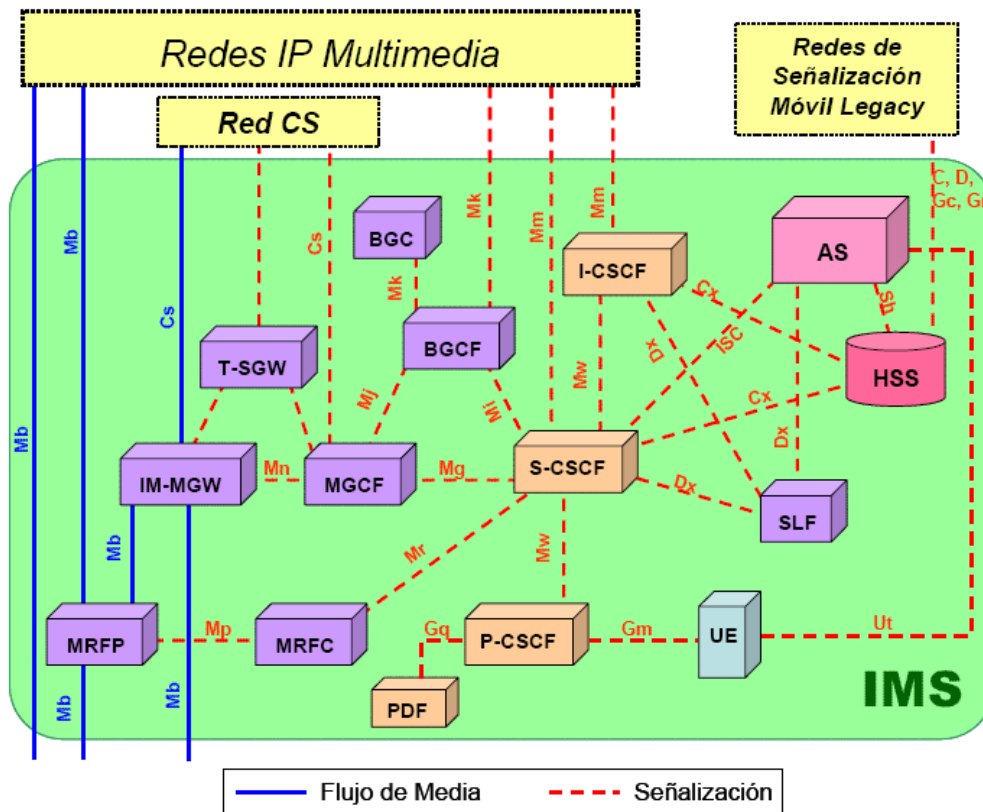
HSS es el responsable de todo lo referente al usuario, su identificación, su numeración, su dirección, su información de seguridad y su ubicación: almacena y gestiona el perfil del servicio IMS del abonado, almacena las claves de seguridad y genera vectores de autenticación, registra el estado de los abonados y almacena el nodo S-CSCF con el que el abonado se ha registrado.

El CSCF, el BGCF, el MRF, el HSS y el AS pueden ser implementados en un mismo servidor, sin embargo todo depende de si la cantidad de aplicaciones y de usuarios pueden ser soportados por la capacidad de procesamiento y de almacenamiento de este servidor.

### 4.4 Entidades IMS en el núcleo de red

La arquitectura del núcleo IMS está basada en distintas entidades funcionales relacionadas entre sí mediante interfaces con señalización SIP y Diameter. Está compuesto por tres tipos de servidores proxy SIP o Call Session Control Functions: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF) y Serving-CSCF (S-CSCF), y dos tipos de servidores Diameter: el Home Subscriber Server (HSS) y el Subscription Locator Function (SLF) para guardar las direcciones de los HSS. El Core cuenta también con

Servidores de Aplicaciones SIP donde radican los servicios, y entidades como MRF, BGC o PDF.



Entidades IMS en el núcleo de red

## Descripción de entidades IMS

### UE (User Equipment)

Terminal de usuario que permite acceder a servicios y aplicaciones de la red IMS. Se trata de una aplicación o software instalado sobre un equipo de usuario que emite y recibe solicitudes SIP: teléfono móvil, notebook, pda, teléfono 3G, softphone, etc.

### HSS (Home Subscriber Server)

La entidad Home Subscriber Server o HSS hereda las funciones del HLR desarrollado para GSM, es la base principal de almacenamiento de datos de cada cliente, sus terminales y sus derechos de acceso a las distintas aplicaciones. La entidad HSS interactúa con las entidades de la red a través del protocolo Diameter.

Las principales informaciones almacenadas en HSS son las identidades del usuario, las informaciones de registro (registra y guarda la ubicación), los

parámetros de acceso así como las informaciones que permiten la invocación de los servicios del usuario como la información de direccionamiento, seguridad y control a la red para su autenticación y autorización.

### SLF (Subscription Locator Function)

Esta entidad solo es necesaria en el caso de que exista más de un HSS en la red. Puede haber uno o más HSS según requerimientos de la red local, depende de capacidad, número de suscriptores, organización.

Si hay más de un HSS en la red, un SLF puede indicar la dirección del usuario a los correspondientes servidores HSS. Puede ser solicitado por el I-CSCF o por el AS para saber cuál HSS contiene los datos del suscriptor requerido.

### CSCF (Call Session Control Function)

La arquitectura IMS en 3GPP consta en la parte central de los servidores, CSCF es la entidad funcional clave de IMS, utilizan el protocolo SIP y se encarga de procesar y encaminar la señalización, controlar los recursos del subsistema de transporte, realizar el registro y autenticación de los usuarios, aprovisionar los servicios IMS mediante el desvío de la señalización a los servidores de aplicación en cuestión y generar los registros de tarificación. A su vez los servidores CSCF se descomponen en tres entidades [4]:

- Serving-CSCF o S-CSCF
- Interrogating-CSCF o I-CSCF
- Proxy-CSCF o P-CSCF

### Serving-CSCF o S-CSCF

Serving-CSCF constituye el elemento central de la red IMS en el plano de la señalización, asume el control de la sesión y registro del usuario. Es una entidad que siempre reside en la red local del suscriptor y provee servicios de control de sesión.

Todos los mensajes SIP originados por el terminal o destinados hacia él pasan por el S-CSCF, aquí se procesan los mensajes y se determinan las

tareas subsiguientes a partir del contenido de estos. Tal como un servidor proxy SIP, puede confiar los mensajes SIP a otros servidores SIP o CSCFs. También puede interactuar con los servidores de aplicación y reenviar mensajes SIP entre ellos. Se puede listar las siguientes tareas como funciones del S-CSCF:

- Controlar la sesión de los UE
- Mantener un estado de sesión para el soporte de los servicios
- Interactuar con el HSS y extraer desde ahí la dirección IP o perfil de usuario y vectores de autenticación
- Crear un enlace entre la identidad pública del usuario (dirección SIP) y la dirección IP del terminal.
- Emular la función Registrar ya que acepta los métodos SIP de register y actualiza HSS
- Emular la función Proxy Server ya que acepta los métodos SIP y los encamina,
- Emular la función User Agent ya que puede terminar métodos SIP por ejemplo cuando ejecuta servicios complementarios.
- La interacción con servidores de aplicación después de haber analizado los criterios de inicio de los servicios,

#### Proxy-CSCF o P-CSCF

P-CSCF es el primer contacto de un equipo terminal con la plataforma IMS, es un servidor proxy SIP. Esta entidad acepta todos los requerimientos SIP que se originan en el equipo terminal o van hacia él, los procesa internamente o los reenvía a los destinatarios. También posee funciones de control y administración de recursos. Puede estar localizado en una red local o visitada.

Actúa bien como un Proxy Server SIP cuando encamina los mensajes SIP hacia el destinatario apropiado y como un User Agent SIP cuando termina la llamada (después de un error en el mensaje SIP recibido).

- Acepta requerimientos, los sirve o los reenvía
- Ejecuta política de control
- Coordina en conjunto con red de acceso el control de recursos y calidad (QoS)
- Encamina de los métodos SIP emitidas por el terminal a las entidades S-CSCF o I-CSCF.
- Genera y termina transacciones SIP, envío de los métodos SIP o respuestas SIP al terminal



- La compresión y descompresión de mensajes SIP

### Interrogating-CSCF o I-CSCF

I-CSCF es el punto de contacto dentro de la red para conexiones destinadas a un usuario desde otra red. Pueden existir varias I-CSCF dentro de una red. Es un servidor proxy SIP que constituye el enlace de la plataforma IMS con redes externas.

Esta entidad selecciona un S-CSCF para un usuario, basándose en las capacidades requeridas, las capacidades disponibles y la topología de la red, y traspasa los mensajes SIP entre ellos. También puede ser usado para esconder información sobre la estructura interna de la red, a través de la encriptación de parte de los mensajes SIP.

- Punto de contacto dentro de la red para conexiones destinadas a un usuario desde otra red.
- Asigna un S-CSCF al usuario realizando registro SIP.
- Enrutamiento de requerimiento SIP recibido desde otra red hacia el S-CSCF asignado al usuario.
- Obtener dirección del S-CSCF del HSS y enviarle requerimiento o respuesta SIP, o mensaje de error si el destino no está dentro de la red IMS.
- El I-CSCF puede ser configurado para esconder la topología y las capacidades de la red hacia el medio externo.

### PDF (Policy Decision Function)

El PDF es el elemento encargado de la implementación de las políticas Service Based Local Policy o SBPL cuyas funciones son el control de políticas basado en los servicios de los recursos portadores IP. Constituye una función lógica que implementa la decisión en relación a la política a aplicar.

También se encarga de mantener la información de la sesión establecida así como de los parámetros relativos a la información enviada durante la sesión (direcciones IP, puertos utilizados, ancho de banda utilizado...) Participa en labores de autenticación y de concesión, denegación y/o modificación de bearers o portadores y envía información de tarificación al P-CSCF.

### MRF (Multimedia Resource Function)

La entidad Multimedia Resource Function o MRF es el elemento que provee los recursos multimedia a la red local y que implementa funcionalidades capaces de manejar y procesar streams de media como la voz, video, text to speech y transcodificación en tiempo real de datos multimedia. Se preocupa de enviar y gestionar la transmisión RTP, procesar, codificar y decodificar la información de audio y video, y gestionar las videoconferencias de múltiples usuarios.

Cada MRF puede ser dividido a su vez en dos elementos, un MRFC, elemento que actúa como un SIP User Agent para el S-CSCF. El MRFC [4] soporta los servicios de bearers tales como conferencias, notificaciones a usuarios o transcoding; interpreta la señalización SIP recibida del S-CSCF y utiliza el protocolo MEGACO (Media Gateway Control Protocol) para controlar el MRFP, cuya misión principal es la de mezclar flujos de diferentes conexiones de distintos usuarios, generar ciertos flujos multimedia (notificaciones) y procesar los flujos multimedia que recibe.

### BGCF (Breakout Gateway Control Function)

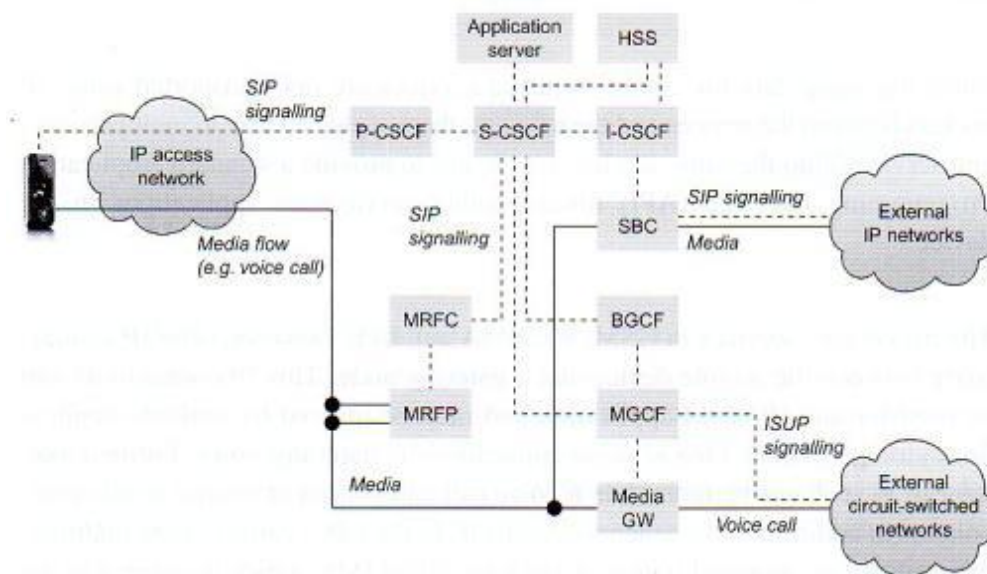
El servidor SIP BGCF [4] tiene la responsabilidad de interactuar y escoger una red PSTN/CS (Public Switched Telephone Network Communication Server) adecuada, y dentro de ella selecciona el MGCF.

### AS (Application Server)

Los servidores de aplicación son parte fundamental de la arquitectura IMS se encargan de: invocar los servicios, identificar la señalización requerida y de qué forma los servicios interactúan entre sí.

Los servidores de aplicación proveen servicios específicos de valor añadido a los usuarios finales. Estos servicios comprenden juegos multi-usuario, videoconferencia, mensajería, servicios comunitarios y compartimiento de contenido.

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.



Flujo de señalización SIP de los servidores de aplicación

Los servidores de aplicación deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Soporte para un amplio rango de servicios para usuarios finales.
- Rápido despliegue y creación del servicio.
- Configuración sencilla del servicio.
- Evolución independiente entre servicios e infraestructura.
- Soporte para ambientes multi-jugador.
- Acceso universal a los servicios.

## 4.5 Funcionamiento con la RTP

El dominio IMS debe relacionarse con la Red Telefónica Conmutada Pública o RTPC con el fin de permitir a los usuarios IMS establecer llamadas con la RTPC. La arquitectura de interfuncionamiento presenta un plano de control (señalización) y un plano de usuario (transporte).

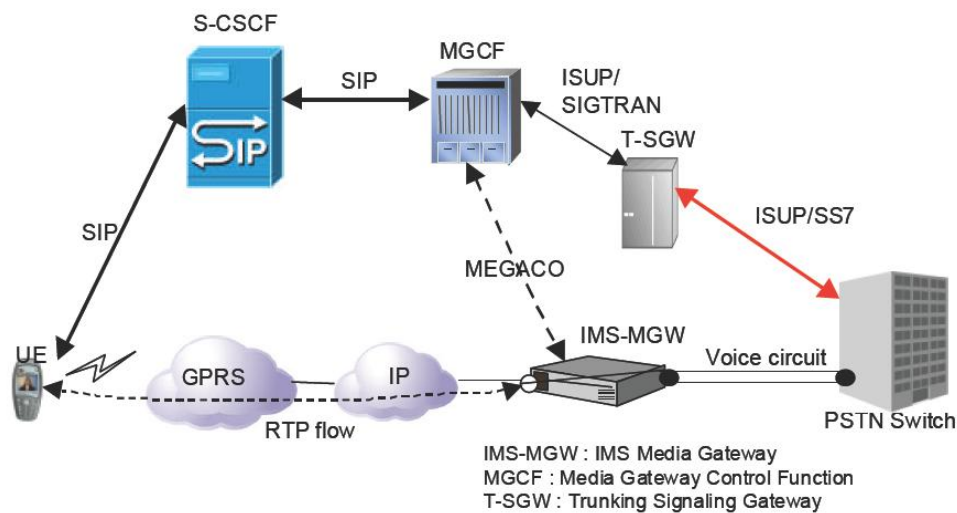
El Protocolo de Transporte en tiempo Real (RTP) es el encargado de la transmisión de los datos de las sesiones multimedia y trabaja sobre el protocolo de transporte UDP. RTPC realiza el control del flujo multimedia enviado por RTP. Por tanto RTPC aporta información sobre los participantes de la sesión y realiza una monitorización de la calidad de servicio.

El control de llamada iniciado por un terminal IMS tiene que ser asumido en la red a la cual el usuario suscribe sus servicios IMS, es decir, la red de

su operador, ya que el usuario puede suscribir a una gran cantidad de servicios y algunos de ellos pueden no ser disponibles o pueden funcionar de manera diferente en una red visitada, entre otros por problemas de interacción de servicios.

El interfuncionamiento entre el dominio IMS y la RTCP está asegurado por tres entidades:

- IP Multimedia Subsystem Media Gateway Function o IMS-MGW
- Media Gateway Control Function o MGCF
- Trunking Signaling Gateway Function o T-SGW

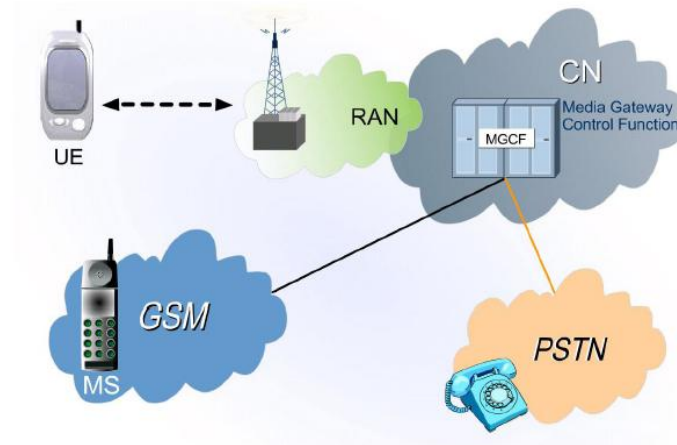


Esquema funcionamiento entre IMS y RTCP

### Media Gateway Control Function

Las entidades Media Gateway Control Function (MGCF) [4] forman parte de la arquitectura de interfuncionamiento de IMS con las redes de conmutación de circuitos (CS), son controladores de pasarelas, responsables de crear, mantener y liberar conexiones en la comunicación entre usuarios en el IMS y el CS.

Por otra parte, el mismo MGCF maneja la señalización entre ambos dominios y realiza la conversión de la señalización del dominio CS y la convierte en señalización SIP entregada al dominio IMS, traduciendo la señalización IMS SIP/SDP a SS7 y viceversa.



Funcionamiento de MGCF

Se conecta a la Signalling Gateway (SGW) que realiza la interconexión física entre las dos redes de señalización. También se encarga de controlar la operación del IMS-MGW para establecer, mantener y liberar conexiones en el IMS-MGW.

### IMS Media Gateway

En el plano de usuario, son necesarias pasarelas para convertir los flujos RTP en flujos TDM. El IP Multimedia Media Gateway (IMS-MGW) implementa la conexión en el plano de usuario entre el dominio CS y el IMS, es capaz de enviar tonos y anuncios al dominio CS. En las redes TDM de circuitos se encarga de la transcodificación de flujos IMS sobre IP a datos de usuario, recibe un tráfico de la RTCP y lo encamina sobre una red IP.

Está controlada por la MGCF y soporta generalmente funciones de conversión y tratamiento del medio (cancelación de eco, puente de conferencia). Es el punto de terminación de los canales bearers procedentes de una red de conmutación de circuitos (PSTN) y de los flujos multimedia procedente de redes IP (flujos RTP) o de redes ATM.

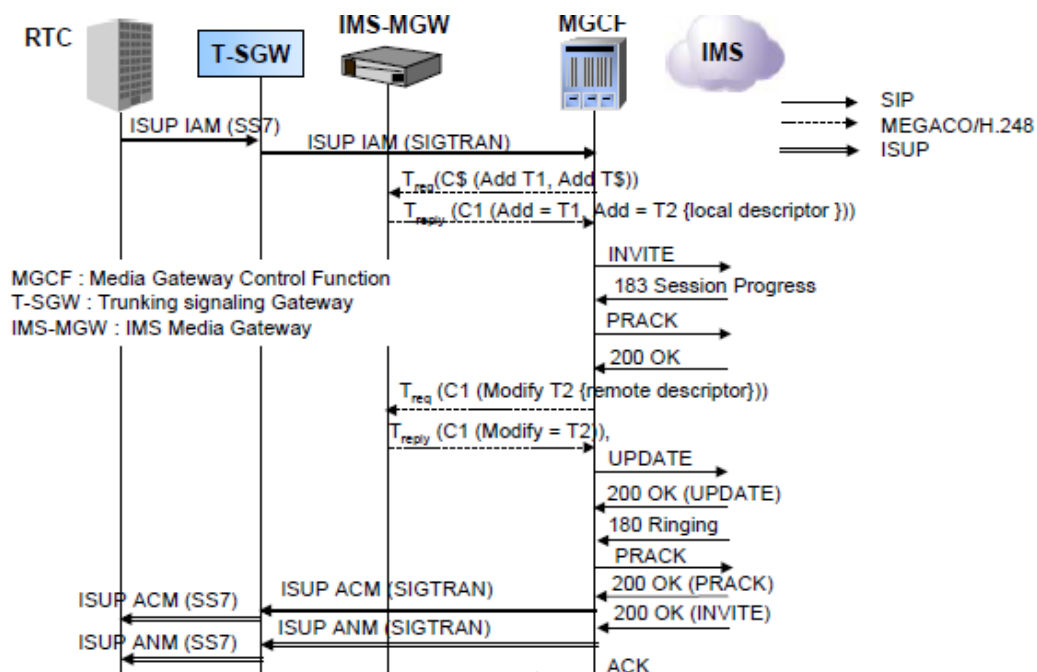
### Trunking Signaling Gateway

La entidad Trunking Signaling Gateway o T-SGW, está asociada a la interoperabilidad entre IMS y la RTCP, interactúa con el plano de señalización de la red CS, manejando la señalización entre distintos tipos

de redes y transforma protocolos de capas inferiores en protocolos de adaptación para el dominio IP.

Asegura la conversión del transporte para el encaminamiento de la señalización ISUP entre el conmutador telefónico y el MGCF. Permite intercambiar el transporte de los protocolos de señalización SS7 sobre la red TDM y la red IP. Los mensajes procedentes del RTC son en primer lugar encaminados sobre SS7 a una pasarela de señalización T-SGW quien los releva al MGC sobre un transporte SIGTRAN. La señalización ISUP se intercambia:

- Sobre SS7 entre el conmutador y el T-SGW
- Sobre SIGTRAN entre el T-SGW y el MGCF



Representación una llamada iniciada por el RTCP con destino a un terminal IMS

El conmutador de la RTC reserva un circuito de voz que comparte con el IMS-MGW y emite un mensaje ISUP IAM sobre un transporte SS7 al T-SGW.

El T-SGW es responsable de la conversión del transporte del mensaje ISUP. Este mensaje es relevado a la entidad MGCF sobre SIGTRAN.

El MGCF crea un contexto en la entidad IMS-MGW usando el protocolo MEGACO/H.248. Este contexto consiste en una asociación entre una terminación TDM y una terminación RTP. La terminación TDM termina el circuito de voz que el IMS-MGW comparte con el conmutador telefónico. La terminación RTP termina los canales RTP entre el IMS-MGW y el terminal IMS.

El IMS-MGW retorna una respuesta a la entidad MGCF, esta respuesta contiene un "local descriptor" que corresponde a la descripción SDP asociada a su terminación RTP.

La entidad MGCF genera un método SIP INVITE conteniendo la descripción SDP devuelta por el IMS-MGW. Este método es enviado al subsistema IMS quien se encarga de entregarla al terminal IMS llamado.

## **4.6 Conclusiones IMS**

La arquitectura funcional NGN está basada en la arquitectura IMS. La plataforma IMS forma parte de la arquitectura de las redes de próxima generación NGN, se está constituyendo en la arquitectura de referencia para el control de servicios de telecomunicaciones, pretende la integración de todos los servicios IP disponibles y la interacción de diversas redes heterogéneas y no heterogéneas. Fue diseñada para proveer conectividad IP a las redes de telefonía móvil de tercera generación y otorgar a los usuarios una amplia gama de servicios.

El punto clave del desarrollo del negocio sobre el IMS es la creación de valor, su éxito está hipotecado al dinamismo y facilidad de manejo de las herramientas de desarrollo de servicios. IMS deberá permitir a sistemas de empresa (como CRM y ERP) conectarse a la red de telecomunicaciones y usar las funcionalidades de la red con nuevos conceptos. Este tipo de integración con las aplicaciones para empresas y la red de telecomunicaciones tiene el potencial de crear nuevos servicios de valor añadido para los clientes corporativos.

Se espera que IMS pueda armonizar accesos fijos y móviles. El contar con una arquitectura neutral respecto a la implementación física de la red de acceso y transporte IP, la convierten en una tecnología de convergencia que posibilita al usuario tener la misma experiencia de uso y



en un mismo terminal empleando distintas redes de acceso (xDSL, Wi-Fi, WiMAX, LTE, HSDPA, etc.), lo que convierte a IMS en la arquitectura de base para la implementación de servicios estándar destinados a la convergencia fijo-móvil.

Pese a sus virtudes la plataforma IMS actual no es suficientemente escalable para dar soporte completo a servicios multimedia IP de vendedores y redes independientes. Presenta problemas de escalabilidad en términos de configuración, seguridad y calidad de servicio entre otras, por lo se requiere investigación para facilitar la transición a las redes NGN.

Además, el protocolo usado es SIP, que al ser basado en texto es fácil de depurar, pero el tamaño de los mensajes es grande. Más aún, existen numerosos nodos con extensas funcionalidades dentro de IMS. Esto ocasiona un largo número de mensajes por lo que se procesan largos flujos de mensajes.

La naturaleza de los servidores P-CSCF y S-CSCF podría limitar la escalabilidad del número de usuarios. Para balance de carga y redundancia, IMS despliega normalmente múltiples servidores CSCF y servidores de aplicación, un número elevado de nodos involucrados en el camino de señalización podrían provocar largo retardos. Por lo que es necesario un algoritmo de enrutamiento que prevenga el nivel de carga y que considere el retardo de propagación para mejorar la escalabilidad de IMS.

Si bien IMS utiliza servicios basados en IP, no es completamente independiente de los sistemas de las redes adyacentes. El problema de escalabilidad podría surgir cuando la autorización de recursos y procedimientos de reserva envuelvan demasiadas redes heterogéneas. Como parte de las redes de la próxima generación, IMS debería desarrollarse considerando todos los problemas de escalabilidad existentes para integrar diversas redes heterogéneas y luego evolucionar para integrar redes IP y alcanzar así una completa red IP-NGN.

Lo referente a la calidad de servicio en IMS se estudiara con más detalle en apartados posteriores, pero se puede adelantar que la calidad de servicio extremo a extremo es uno de los mayores desafíos cuando se trata de interacción con servicios provistos por terceros. Existen problemas para la negociación de recursos y aspectos de control de QoS en el segmento de la red de acceso, ya que la negociación de calidad de servicio en redes heterogéneas presenta problemas de escalabilidad. Se



hace necesario utilizar una arquitectura o mecanismo de QoS para incrementar la escalabilidad, como DiffServ o Intserv, que ofrezca calidad de servicio extremo a extremo.

## 4.7 Consideraciones QoS en redes IMS

### Introducción

De las redes de próxima generación (NGN) se espera que proporcionen la verdadera convergencia de servicios procedentes tanto de las redes cableadas como de las móviles, es decir serán capaces de proporcionar servicios multimedia a través de redes de acceso heterogéneas, de esta manera se prevé que aumenten la productividad y la eficacia en las redes actuales. Como los servicios Triple Play y Cuádruple Play (telefonía móvil, fija, internet y televisión) se están convirtiendo en los servicios más famosos en el futuro cercano, la necesidad de la demanda en calidad de servicio y SLA dinámico se están convirtiendo en una necesidad inminente.

La tendencia actual converge hacia entornos All-IP, como respuesta a recientes cambios en los escenarios de la comunicación donde la movilidad o ubicuidad se ha convertido en uno de los factores más importantes. Dada la existencia de multitud de redes de acceso heterogéneas, la interoperabilidad entre ellas es un problema a resolver para lograr la convergencia de red en la que el usuario disfrute de una amplia gama de servicios en cualquier momento y en lugar, sin degradación la calidad.

Las redes NGN deben separar las funciones relacionadas con el servicio y las tecnologías de transporte, de esta manera permiten que los servicios no dependan directamente de la tecnología de red y acceso subyacente, pudiendo evolucionar cada uno de forma independiente. Así mismo las NGN permiten la migración desde las redes actuales, separadas verticalmente y específicas para diferentes servicios, hacia una única red capaz de ofrecer y transportar todos los servicios. Esto implica que los sistemas de gestión y facturación también estarán integrados, con los correspondientes ahorros en costos y recursos en cada etapa de la migración a tecnología NGN

IMS es visto como un elemento clave para alcanzar la convergencia de las redes tradicionales junto a las NGN, proporcionando servicios multimedia en tiempo real a través redes IP. La intención de 3GPP, con IMS, no era

estandarizar las aplicaciones, sino más bien para ayudar al acceso de las aplicaciones multimedia a través de las redes IP.

El Subsistema Multimedia IP o IMS, como se ha visto en apartados anteriores, define una arquitectura red NGN central que se ocupa de todas las redes de acceso disponibles, garantizando la interoperabilidad y su independencia, ocultando los detalles de cada tecnología de acceso para permitir la convergencia de redes y servicios, mientras que proporciona todos los requisitos necesarios para los actuales y futuros servicios (como el soporte multimedia, seguridad, QoS, etc).

IMS es la evolución de los sistemas de telecomunicaciones móviles de 3G hacia entornos All-IP, está basado en la conmutación de paquetes para soportar todos los servicios actuales, permitiendo el transporte de voz sobre IP y aportando el valor añadido que permite la creación, control y ejecución de nuevos servicios multimedia (VoIP, llamadas de vídeo, streaming de vídeo, presencia, mensajería instantánea, juegos en línea, etc.)

IMS permite a los operadores ofrecer una convergencia de servicios multimedia sobre redes inalámbricas y cableadas, está estandarizado y dispone un amplio apoyo en la industria (especialmente por los operadores móviles), lo que evita el riesgo de adoptar soluciones propietarias. Es una arquitectura adecuada para garantizar la interoperabilidad incluso para quienes no disponen de tecnología IP, gracias a los controladores de gateways de señalización.

Como ejemplo de los beneficios de los nuevos servicios multimedia se puede hablar sobre las conferencias multimedia, las cuales ofrecen a los usuarios un servicio de comunicación que conecta dos o más participantes a través de redes IP. Los usuarios se pueden comunicar a todos los participantes de la misma conferencia a través de aplicaciones multimedia, como son audio/video, whiteboard, transferencia de archivos, etc.

Las debilidades de Internet también son inherentes a los nuevos servicios, es muy importante garantizar la QoS, ya que estos servicios son muy sensibles a la calidad de transmisión. Dado que el transporte se hace por medio del protocolo IP estas redes deben usar tecnologías de transporte con capacidades de calidad de servicio y de banda ancha, para ofrecer

diferentes niveles de QoS, según los requerimientos de los diversos tipos de tráfico.

## Requisitos de QoS de los servicio IMS

Los requisitos de QoS para los servicios multimedia son intrínsecamente diferentes a los que se ofrecían en las redes tradicionales. Para apoyar dichos servicios multimedia, la red debe proveer los recursos de red suficientes para proporcionar QoS necesario y asegurar así la entrega fiable de servicios, es conveniente que la gestión de QoS se adapte dinámicamente a las necesidades de los usuarios. Es importante destacar que los requerimientos de QoS señalados al nivel de IMS, deben ser reflejados al nivel del transporte para poder garantizar el correcto funcionamiento de los servicios.

La mayoría de servicios multimedia futuros requieren mejores prestaciones respecto a los parámetros de medida de QoS, es decir, más ancho de banda e importantes restricciones en la entrega de paquetes en cuanto al delay, jitter,... por ello, el sistema debe controlar los parámetros de red y garantizar los recursos de red necesarios, dando un tratamiento adecuado a los flujos de tráfico.

Por todo lo anterior es esencial una gestión de QoS flexible y robusta para lograr la calidad del servicio en estas redes convergentes IMS. Se puede usar medidas como el SLA para optimizar las operaciones de red y proporcionar la escalabilidad y asegurar la priorización del tráfico de aplicaciones de red. Las restricciones impuestas sobre las diferentes tecnologías de acceso suelen producir degradación de la red en la transmisión de las comunicaciones multimedia sobre redes IP.

## Control de QoS

El control de QoS es una problemática que debe aplicarse de extremo a extremo en los diferentes segmentos de la red y que depende directamente de los recursos de la misma. Se deben garantizar ciertos recursos como el ancho de banda a lo largo del todo el camino que siga una sesión IMS.

Las funciones que deben ser ejecutadas durante el establecimiento de una sesión IMS para asegurar que los servicios se ofrezcan con éxito son las siguientes:

- La primera de ellas es la función de control de políticas, con la cual se controlan las reglas comerciales definidas por el operador y los servicios contratados por el usuario.
- La segunda ocurre a nivel del plano de control de conectividad y el plano de transporte, y su propósito es controlar las solicitudes de recursos de QoS sobre la base de las políticas y reglas definidas por el operador de la red.

Hay dos tipos de control de la QoS:

- Calidad de servicio garantizada. La calidad de servicio se garantiza con límites absolutos en todos o algunos de sus parámetros, tales como el ancho de banda o el jitter. La calidad de servicio garantizada se controla en la red de acceso mediante la aplicación de técnicas tales como el control de throughput o traffic policing.
- Calidad de servicio relativa. La calidad de servicio se garantiza mediante diferenciación de clases de tráfico. Igualmente, la calidad de servicio relativa se controla en la red de acceso, aunque en este caso, mediante la aplicación de técnicas tales como el marcado de paquetes. Este tipo sólo garantiza una capacidad limitada de recursos.

Tanto el tipo garantizado como el relativo son aplicables para el control de QoS en IMS

## **Problemática redes de acceso**

En la primera milla (xDSL) y la red de agregación, son altamente sensibles a la congestión, por lo que pueden transformarse en cuellos de botella para la red debido a la capacidad limitada de ancho de banda inherente al tipo de tecnología de acceso y al hecho que las sesiones IMS compiten en dicho segmento por los recursos de red con otros servicios.

La red de agregación es susceptible a la congestión debido al multiplexado estadístico que se aplica en este segmento de red. Para los segmentos de red que representan un cuello de botella se recomienda el tipo de control de QoS garantizado.

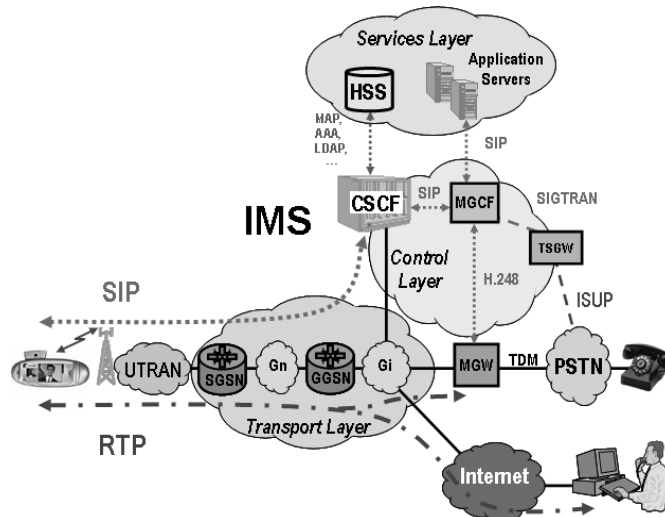
Para limitar el tráfico de bajada y proteger a la red de agregación, se instalan políticas de control de tráfico en el IP edge de la red. Estas políticas pueden aplicarse por usuario y/o clase de QoS.

Para limitar el tráfico de subida inyectado a la red desde el lado del usuario, se instalan políticas de control de tráfico en los nodos de acceso o en los gateways residenciales. Al igual que en el caso del tráfico de bajada, las políticas pueden aplicarse por usuario y/o clase de QoS.

### Arquitectura de IMS para ofrecer QoS a una NGN

El éxito de IMS o cualquier otra tecnología de convergencia dependen de la provisión de servicios de valor añadido los cuales utilizan todas las funcionalidades que ofrece el núcleo de una red NGN: la información de presencia, la transferencia de sesión, QoS, etc.

IMS mejora la eficiencia de la red aprovechando la convergencia de redes heterogéneas en una red IP y facilita el rápido despliegue de nuevos servicios que permite nuevas fuentes de ingresos para los proveedores de servicios.



Arquitectura IMS para ofrecer QoS

Hay aplicaciones que ya se pueden implementar en el marco de IMS tales como mensajería instantánea, push-to-Talk sobre Celular (PoC), el intercambio de contenidos, ubicación y presencia, aunque no demuestra las ventajas de la convergencia. Los servicios generadores de ingresos serán los innovadores, tales como aplicaciones de entretenimiento multiusuario y multimedia altamente interactivas, telefonía de video y

servicios de colaboración se puede construir sobre las bases proporcionadas por la arquitectura IMS y pueden mostrar el poder de la IMS.

#### Capa de acceso

El usuario tendrá diferentes dispositivos mediante los cuales poder conectarse, la mayoría de ellos utilizan el protocolo estándar de Internet (IP). Estos dispositivos se pueden conectar a IMS a través de diferentes formas: el acceso fijo (por ejemplo, línea de abonado digital (DSL), cable módems, Ethernet), el acceso móvil (por ejemplo, 3G, 4G, LTE y) y de acceso inalámbrico (por ejemplo, WLAN, WiMAX).

Los usuarios que accedan a los servicios de una NGN como una conferencia multimedia se supone y se asume dispondrá de ancho de banda suficiente y disponible en el acceso local redes y con conectividad IP.

#### Capa de transporte

La capa de transporte está compuesta por un red IP de routers (edge routers para el acceso y core routers para el tránsito), conectados por una red de transmisión. Distintas pilas de transmisión pueden ser contempladas para la red IP: IP/ATM/SDH, IP/Ethernet, IP/SDH, etc. Esta red IP podrá integrar mecanismos de QoS como MPLS, Diffserv, RSVP, etc

Comparte junto a la capa de acceso la responsabilidad de proporcionar conectividad al ofrecer un marco unificado para la operación de la red, proporcionando una vista única red (proveedor de tecnología e independientes) y la correlación de las diferentes capas de la red (fibra óptica, VPLS, Ethernet, MLPS, IP).

#### Capa de Control

La capa de control consiste en controladores de sesión responsables del encaminamiento de la señalización entre usuarios y de la invocación de los servicios. El elemento fundamental de esta capa son los nodos "Call State Control Function" o CSCF.

El CSCF es una entidad fundamental en una red IMS, se encarga de los procesos de señalización SIP en la red IMS. Consiste básicamente en la combinación de un registro SIP y un servidor proxy SIP. Como se ha visto anteriormente, hay tres tipos de CSCF dependiendo de la funcionalidad

que proporcionan pero que se conocen colectivamente como CSCF, con roles bien definidos en el establecimiento de la sesión:

- P-CSCF es la encargada de trasladar los requerimientos de QoS de IMS a los parámetros de la red de transporte, ejecuta las funciones comunes a los demás CSCF: el procesado y enrutamiento de señalización, la consulta del perfil de usuario en el HSS y la tarificación. A partir de las especificaciones previas, la P-CSCF determina las características y la descripción de los flujos, son trasladados a una lista de flujos con requerimientos de QoS genéricos. Está especializada en el diálogo directo con el terminal del usuario, ya que es el punto de entrada al subsistema IMS y que recibe directamente la señalización IMS desde el terminal. Implementa las funciones de protección de señalización (seguridad) y el control de recursos del subsistema de transporte.
- I-CSCF ofrece funciones de localización y la autenticación mediante la consulta de la HSS (Home Server suscriptor), que también almacena los perfiles de los usuarios. 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
- S-CSCF es el elemento clave para el acceso a los servicios disponibles, ya que registra los usuarios, ofrece información de facturación a los sistemas de mediación y realiza el servicio de activación, y si fuera necesario facilita el acceso a distintos servidores de aplicaciones. A cada usuario registrado en IMS se le asigna un S-CSCF, el cual se encarga de encaminar las sesiones destinadas o iniciadas por el usuario. También realiza el registro y autenticación del abonado IMS y la provisión de los servicios IMS (mediante el desvío de señalización a los servidores de aplicación). Asimismo aplica las políticas del operador de red y genera los registros de tarificación.

El HSS es el repositorio central de información relacionada con el usuario, es una evolución del HLR (Home Location Register). El HSS contiene todos los datos relacionados con el usuario que se necesitan para manejar sesiones multimedia. Estos datos incluyen, entre otras cosas,



información sobre la ubicación, seguridad de la información, la información de perfil de usuario, y el S-CSCF (Serving-CSCF) asignado al usuario.

PCRF (Policy Control and Charging Rules Function) se sitúa como un intermediario que se ocupa de recoger de información PCSCF (Proxy-Call Función de Control del Estado) y envía configuraciones a la capa de transporte.

#### Capa de servicio

La capa de servicio es el estrato encargado de introducir las aplicaciones que aportan servicios de valor agregado a los usuarios. La capa de aplicación consiste en servidores de aplicación Application Server o AS y Multimedia Resource Function o MRF que los proveedores llaman Servidores de Media IP ("IP Media Server" o "IP IMS"). Esta capa contiene los elementos de red que se conectan a la Serving-CSCF utilizando el IP Multimedia Subsystem Service Control Interface (ISC) que utiliza el protocolo de señalización SIP. Los elementos de red contenidos en la capa de servicios se denominan genéricamente como plataformas de servicios.

### **Itinerancia entre redes Roaming**

Para apreciar completamente el valor añadido de los servicios multimedia, aparte de suministrar de calidad de servicio, una red con arquitectura IMS debe maximizar su conectividad entre diferentes red de acceso mediante la introducción de los acuerdos de roaming, con el fin de permitir a un usuario registrarse desde cualquier red visitada y poder acceder a los servicios ofrecidos por su operador nominal.

IMS no es una única red sino diferentes redes que operan conjuntamente gracias a distintos acuerdos de roaming entre redes fijas y móviles de diferentes operadores, el usuario puede acceder a sus servicios IMS desde cualquier red IMS visitada. Se trata de ofrecer la movilidad del usuario así como la movilidad de sus servicios.

IMS soporta el servicio de roaming para sesiones IP multimedia, la negociación entre operadores para QoS y capacidades de servicio. El servicio de roaming debe contar con el soporte necesario para que los usuarios puedan acceder a servicios multimedia IP, ya que IMS pretende ser independiente del acceso, se recomienda que los operadores puedan ofrecer servicios a sus abonados conexión IP, tanto en accesos vía GPRS, líneas fijas o WLAN.

Suponiendo que la convergencia de la red sea una realidad, conformada por un conjunto de redes de interconexión y heterogénea, el núcleo requiere el desarrollo de los intermediarios QoS, para convertir protocolos y SLAs entre dominios. En IMS, esto significaría la especificación de una Gateway QoS, similar a los ya especificados para la señalización de las redes de transporte, que garantice la interoperabilidad entre dominios, tanto a nivel tecnológico y administrativo. En cuanto a la arquitectura IMS las entidades principales que intervienen en el servicio de roaming son:

- P-CSCF. Es el nodo en la red visitada que se encarga de enrutar la señalización de registro y sesión desde los terminales que se encuentran en situación de roaming hasta la red IMS nativa.
- I-CSCF. En situaciones de itinerancia (roaming) y en sesiones dentro y fuera de la red propia del usuario, el I-CSCF es el punto de entrada conocido por la red IMS externa e indica el siguiente salto a realizar para la señalización, asignándole un S-CSCF a un usuario durante el proceso de registro, preguntándole al HSS por la localización de uno adecuado basándose en parámetros como capacidad y carga.

## 5. Calidad de Servicio en NGN

### 5.1 Definición

El termino Calidad de Servicio o QoS describe los mecanismos o conjunto de tecnologías a nivel de red que permiten a los administradores gestionar los efectos de la congestión de tráfico optimizando los recursos de la red disponibles.

Las redes tradicionales han prestado servicios multimedia a pesar del ancho de banda insuficiente, la falta de soporte multimedia, bajas velocidades, limitación de la movilidad y la predominancia de la voz, razones que deterioran en gran medida la QoS que se entrega al usuario final.

Dentro del marco de las Redes de Siguiete Generación (NGN), las redes de telecomunicaciones se encuentran en un proceso de evolución en busca de la convergencia dentro de una infraestructura basada en paquetes que permita prestar servicios concurrentes, con capacidades de QoS extremo a extremo y proporcionando movilidad y acceso generalizado.

Las redes NGN deben proporcionar granularidad suficiente para cubrir los requerimientos específicos de cada grupo de aplicaciones, de igual manera debe tener la escalabilidad suficiente para la provisión del conjunto de servicios a gran escala. NGN tiene objetivos bastante ambiciosos en cuanto a la variedad de servicios que quiere ofrecer, la flexibilidad de los medios y protocolos, y los términos de la movilidad y múltiple acceso. Estos objetivos no son nada triviales debido a la convergencia de múltiples tecnologías de transporte e interfuncionamiento con las redes ya existentes. Sin embargo, es la calidad de servicios uno de los puntos más importantes a analizar ya que refleja el nivel de eficacia de la red.

La separación entre el servicio y su transporte que plantean las redes NGN, implica que las demandas y los requerimientos de calidad del servicio deben ser recogidos en el diseño de la red de transporte para poder garantizar el correcto funcionamiento de los servicios; el servicio funcionará correctamente si la red convergente, si tanto en su parte de

acceso como en su núcleo puede garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad señalados, por lo que es necesario contar con QoS en la red de transporte de la NGN. El protocolo IP no dispone de herramientas de control de calidad de servicio que garanticen las demandas de los servicios de las redes NGN, por lo que se tiene que apoyar en las capacidades de las capas subyacentes.

Existen múltiples alternativas técnicas para implementar QoS en una red, ATM ha sido la tecnología por excelencia, para conmutar múltiples servicios distintos con diferentes requerimientos de QoS. De hecho, las primeras implementaciones de redes NGN se basaron en el uso de ATM. Paulatinamente fue desplazado por MPLS o Multi-Protocol Label Switching precisamente por contar con precios más convenientes de los equipos de enrutamiento frente a los conmutadores ATM y una mejor integración con las redes de acceso.

Se analizará por tanto la necesidad de QoS en las redes NGN, se prestará especial atención a los mecanismos de control de QoS y priorización de tráfico como MPLS, ampliamente utilizado en redes que pretenden cumplir con los requerimientos de calidad de servicio, escalabilidad y simplicidad que toda NGN debe soportar. También se pretende encontrar una solución de QoS para las NGN desde el acceso hasta el núcleo de red, definiendo los mecanismos de QoS que cubran las necesidades reales de las aplicaciones actuales y, sobre todo, de las futuras.

## 5.2 Parámetros de calidad de servicio

Cuando se implementan políticas de QoS en una red de datos, se debe vigilar y tener bajo control varios aspectos o parámetros importantes, que resultan de la intersección de los parámetros definidos en las recomendaciones de la ETSI e ITU:

- Retardo o delay
- Variación del Retardo o Jitter
- Pérdidas de Paquetes
- Ancho de Banda

Dependiendo del comportamiento que se requiera en la red de datos así serán los mecanismos de QoS que se apliquen y estos afectan

directamente el rendimiento de la red que se mide con los parámetros nombrados anteriormente. A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de estos [13].

### Retardo o delay

El retardo de la transferencia de paquetes IP se define como el tiempo o intervalo necesario que tarda un paquete de datos, satisfactorio y con errores, en salir de un punto de la red y llegar a otro, a través de una sección básica o un conjunto de secciones de red, es decir el tiempo necesario para que la información comience a estar disponible en el destino, después de su transmisión. Un retardo puede ser producido por:

- Retraso en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red.
- Tamaño de los paquetes transmitidos.

Si el paquete se fragmenta dentro del conjunto de secciones de red, el tiempo final es el momento en que se produce el evento de salida correspondiente final. El retardo de la transferencia de paquetes IP de extremo a extremo es un retardo unidireccional entre el punto de medición del equipo origen y el equipo destino.

### Variación del retardo

Se define, en base a las observaciones de llegadas de paquetes IP correspondientes en los puntos de medición de ingreso y salida, como la desviación que tiene la señal en un instante significativo con respecto al tiempo esperado de llegada del paquete.

Dichas observaciones caracterizan la variabilidad del esquema de eventos de referencia de llegada de paquetes IP en el punto de medición de salida con referencia al esquema de eventos de referencia correspondientes en el punto de medición de ingreso.

Esta desviación puede llegar a degradar la calidad de la transmisión si es suficientemente alta. La variación de la posición del pulso en una serie de pulsos depende de la función de error de tiempo del Jitter. Las mediciones

del Jitter dependerán de la señal de referencia que se elija, la señal ideal de referencia está determinada por la señal de disparo o trigger.

### Pérdida de paquetes

La tasa de pérdida de paquetes IP es la relación entre el total de paquetes IP enviados de un punto a otro en la red y el total de resultados paquetes IP perdidos que no llegan a su destino, o al menos llegan tan extremadamente retardados que ya son considerados carga útil.

Otro parámetro similar al anterior, que se encuentra en la Recomendación Y.1540, es la tasa de errores en un flujo de datos determinado de paquetes IP, es la relación entre el total de paquete IP con errores y el total de paquetes IP satisfactorios más los paquetes IP con errores.

### Ancho de banda

El insuficiente ancho de banda en un dispositivo o nodo en la trayectoria extremo a extremo contribuye a la pérdida de paquetes. En la red, cada vez que se establece una ruta entre dos puntos, son muchos los flujos de tráfico que quieren circular, para cada dispositivo de red o enrutador en dicha trayectoria, estos flujos deben competir por una única salida a través del mismo con un ancho de banda específico, si el ancho de banda de los enlaces de entrada de dichos flujos a tal punto de red es mayor que el ancho de banda de la única salida compartida por todos estos, ocurrirá una pérdida de paquete.

## 5.3 Mecanismos de calidad de servicio

La IETF propone varios modelos y mecanismos para poder ofrecer QoS, entre estos modelos se incluyen IntServ /RSVP, DiffServ, MPLS e Ingeniería de Tráfico. Cada uno de estos modelos propuestos tienen unas características determinadas en función de los Retardos, Variación del Retardo, Pérdidas de Paquetes y Ancho de Banda, con el fin de poder ofrecer aplicaciones que tengan un rendimiento óptimo según los parámetros expuestos anteriormente. A continuación se realiza una breve descripción de estos mecanismos anotando sus principales características:

## Best-Effort

La simplicidad del modelo de servicio basado en best-effort es una de las razones esenciales del éxito de Internet. Junto con las ventajas inherentes de la tecnología no orientada a conexión y el principio de diseño extremo a extremo, este modelo de servicio ha permitido una Internet rápida, sencilla, barata y altamente escalable.

Best-effort es un mecanismo de Calidad de Servicio en el que el tráfico se procesa lo más rápidamente posible, pero no existen garantías ni restricciones temporales ni siquiera de entrega real. Consiste en el intento de la red por hacer que el tráfico que llega a ella, pueda alcanzar su destino, sin garantizar la certeza del éxito de este envío o que el tráfico recibirá cierto tratamiento garantizado dada una prioridad en el mismo. De esta manera, cada aplicación o servicio es servido con tasas de tráfico sin especificar y tiempos de entrega inesperados.

## IntServ/RSVP

La arquitectura IntServ o Servicios Integrados (RFC 1633) [9], fue diseñado como un protocolo de señalización, parte de la premisa de seguir utilizando el protocolo IP y proporciona un estricto mecanismo de QoS para el tráfico en tiempo real, reservando recursos antes de establecer la comunicación.

La idea fundamental radica en que las aplicaciones se ven como un flujo dentro de red y por cada flujo se deberá crear un estado ("soft state") en cada uno de los nodos, en estos estados se realiza la reserva de los recursos necesarios para ofrecer QoS a las aplicaciones. IntServ representa un cambio ya que modifica el estado de la información existente en los sistemas finales.

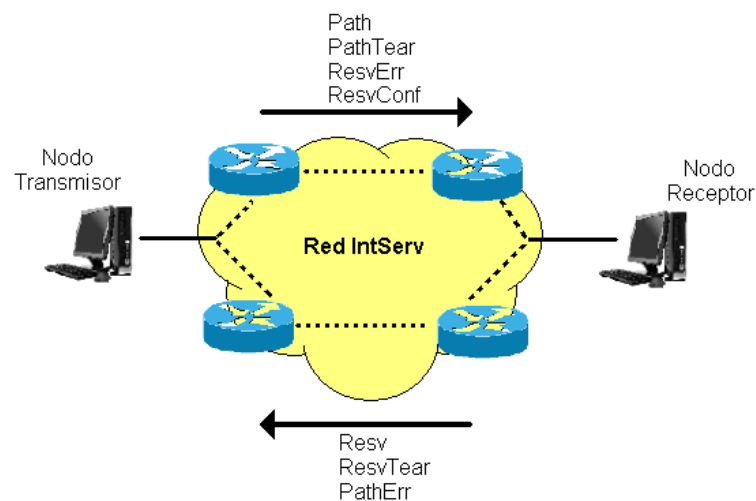
En la arquitectura IntServ es necesario contar con un protocolo que lleve a cabo la reserva de recursos y la señalización de establecimiento de rutas, este protocolo es RSVP o Resource Reservation Protocol, se utiliza para indicar explícitamente las necesidades de calidad de servicio que una aplicación requiere de los dispositivos a lo largo de la ruta extremo a extremo, de forma que si en cada dispositivo de la red se puede reservar el ancho de banda necesario, se puede empezar a transmitir. El nodo extremo de transmisión utiliza RSVP para informar las características de QoS que requiere la aplicación y el nodo extremo de recepción lo utiliza

para realizar la reserva de recursos en la red. Los nodos hacen uso de RSVP para transportar los requerimientos de QoS entre nodos vecinos.

No es un protocolo de enrutamiento, su funcionamiento consiste en consultar periódicamente la tabla de enrutamiento con el fin de conocer las rutas, está diseñado básicamente para trabajar con el tráfico multicast y unicast y su aplicación sirve tanto para IPV4 como IPV6.

#### Parámetros de mensajes IntServ

- Path Especifica los requerimientos de tráfico y define el trayecto que seguirán los paquetes de datos.
- Resv Realiza la reserva de recursos en cada nodo de la red.
- PathErr Mensaje de error, al enviar el mensaje.
- ResvErr Mensaje de error, al no poder realizar la reserva de recursos en cada nodo de la red.
- ResvConf Cuando se realiza una reserva satisfactoriamente.
- PathTear Para finalizar el envío de datos path.
- ResvTear Para finalizar la reserva de recursos en los nodos de la red.



Funcionamiento de IntServ

Además de la señalización de extremo a extremo, IntServ requiere varias funciones en los nodos a lo largo de la ruta:

- Control de Admisión: determinar si un nuevo flujo puede ser concedido a la QoS solicitada sin afectar a las reservas existentes.
- Clasificación: reconocer los paquetes que necesitan ciertos niveles de calidad de servicio



- Policial: tomar medidas, incluyendo la posibilidad de descartar paquetes, cuando el tráfico no se ajusta a sus características específicas
- Colas y programación: envío de paquetes de acuerdo a las peticiones de QoS que se han concedido.

El mecanismo de QoS de Servicios Integrados divide las siguientes clases de servicios:

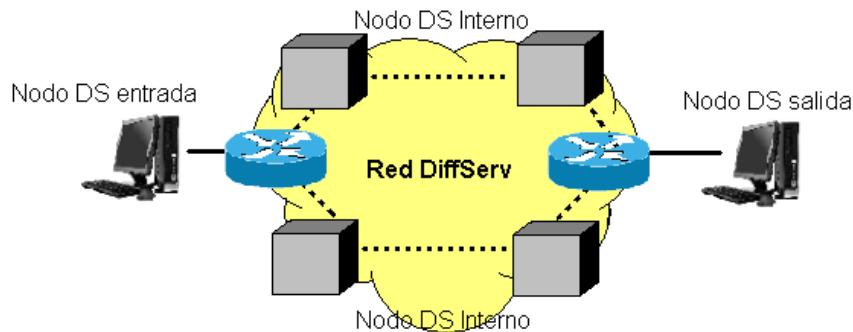
- Guaranteed Services: este tipo de aplicaciones son aquellas que requieren retardos fijos y donde se requiere garantizar un nivel de tasa de transmisión. Con relación al tráfico de colas, a este tipo de servicios se les especifica un límite al retardo que se le añade al retardo de propagación. Además no hay pérdidas por retardo de colas ya que en el buffer no se pierde ningún paquete, cuando un paquete se pierde en la transmisión esto se debe principalmente a los fallos propios de la red o los cambios en la tabla de enrutamiento. Son servicios con ancho de banda reservado, retardo acotado y sin pérdida de datos.
- Predictive Services: que son aplicaciones con retardos probabilísticos y con muy poca pérdida de paquetes, es decir, en la transmisión un gran porcentaje de los paquetes enviados serán entregados. Condiciones de transmisión mínimas similares a best-effort con poca carga de red.

Las ventajas de IntServ son la simplicidad conceptual, que facilita que toda la red mantenga una política de administración integrada y la posibilidad de crear reglas de QoS para flujos discretos, lo que permite conocer la disponibilidad de ancho de banda.

El principal problema es su escalabilidad [22] ya que debido a que cada nodo debe almacenar y retener información sobre el estado del flujo. Todos los elementos deben mantener el estado e intercambiar mensajes de señalización por cada flujo que manejen, se necesitan mensajes periódicos de refresco para mantener las sesiones, lo que aumenta el tráfico en la red y es susceptible a pérdidas de paquetes y todos los nodos intermedios deben tener RSVP en sus funciones.

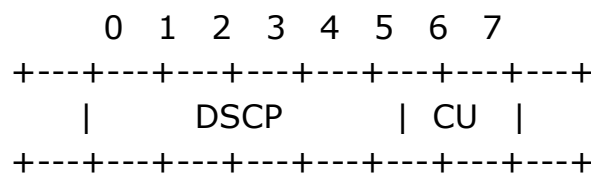
## DiffServ

La arquitectura de servicio diferenciados o DiffServ (RFC 2474 y 2475) [10] fue propuesta por la IETF, se basa en la clasificación del tráfico en diferentes niveles de servicio y en la asignación de prioridades para todos los flujos de una determinada clase de servicio. Cada prioridad o comportamiento es identificada por un campo único de servicio diferenciado (DS field), el comportamiento se denomina PHB [7] (Per Hop Behavior) o comportamiento por salto.



Funcionamiento de DiffServ

Dentro del grupo de trabajo de Diffserv de la IETF se define el formato y el uso del campo DS field en la cabecera IP, el campo DS field consta de 8 bits donde se especificarán las prioridades de los paquetes. Estos campos son validos tanto para IPv4 como IPv6. La estructura del DS field se presenta a continuación:



DSCP: differentiated services codepoint

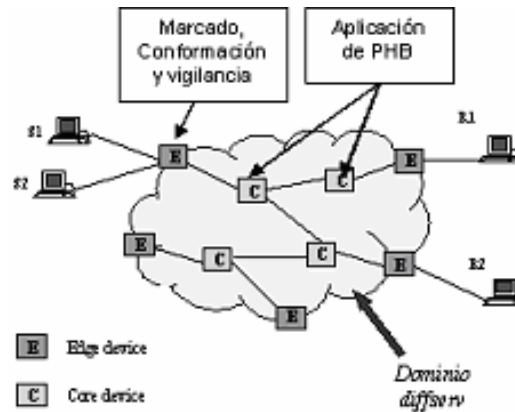
CU: currently unused

El subcampo Differentiated Setvice CodePoint o DSCP ocupa seis de esos bits, lo que le permite disponer de 64 clases de servicio, el cual especifica el PHB que decidirá la prioridad de cada paquete cuando se encamine por el núcleo de la red. El código de DiffServ (DSCP), reemplazando el campo obsoleto de TOS de la cabecera IP de IPv4.

Per Hop Behavior o PHB es una descripción de las clases de servicios asociados a la codificación de DiffServ, que determinarán el tratamiento de los paquetes en la red. De hecho, tan solo se definen los valores del campo DS de la cabecera IP y los PHBs. Es el proveedor el responsable del tratamiento del tráfico y de los servicios que desea implementar. Respecto a la descripción PHB se proponen algunas clases de servicios propios de DiffServ:

- BE (Best Effort). Servicio sin requerimientos de ningún SLA, corresponde al tradicional servicio de internet
- EF (Expedited Forwarding). Esta clase de servicio acoge al tráfico con mayor prioridad, con bajas pérdidas, bajos retardos, bajo jitter y ancho de banda garantizado, existe un compromiso del usuario con su ISP de no exceder el límite de tráfico contratado, en caso contrario ese tráfico excedente será descartado. Este servicio es indicado para tráficos con rígidos requisitos de tiempo real como la información de gestión y las transmisiones de voz/video.
- AF (Assured Forwarding). Garantiza una mayor fiabilidad y seguridad para los paquetes de alta prioridad frente a los de baja prioridad de manera predecible. Dentro de este grupo se acogen varios tipos de tráfico, el AF PHB posee cuatro clases con tres niveles de descarte en cada clase. Su clasificación depende de los requerimientos de los SLA a los que estén ligados con proveedor.

Si bien DiffServ no establece una ruta extremo a extremo, los flujos y recursos de la red se asignan a una clase de tráfico y no a flujos individuales con el fin de que se realice extremo a extremo, como hace IntServ. Este flujo extremo a extremo es conocido como Dominios de DiffServ (DS) y son caminos que deben tomar los paquetes con una clase de tráfico determinada. Con todos los dispositivos de red con clases de servicio configuradas obtiene un resultado preferente para tráfico prioritario con respecto a los demás mecanismos cuando la red está congestionada.



Diferenciación de router frontera y backbone dentro de un dominio DS

El dominio Diffserv está formado por un conjunto de nodos y un conjunto de grupos PHB implementado en cada nodo que definen como serán tratados los paquetes, según su DS field. En la arquitectura definida por Diffserv, hay una diferenciación entre los nodos extremos DS de entrada y salida o edge router (router frontera), así como nodos DS internos o core router (router de backbone).

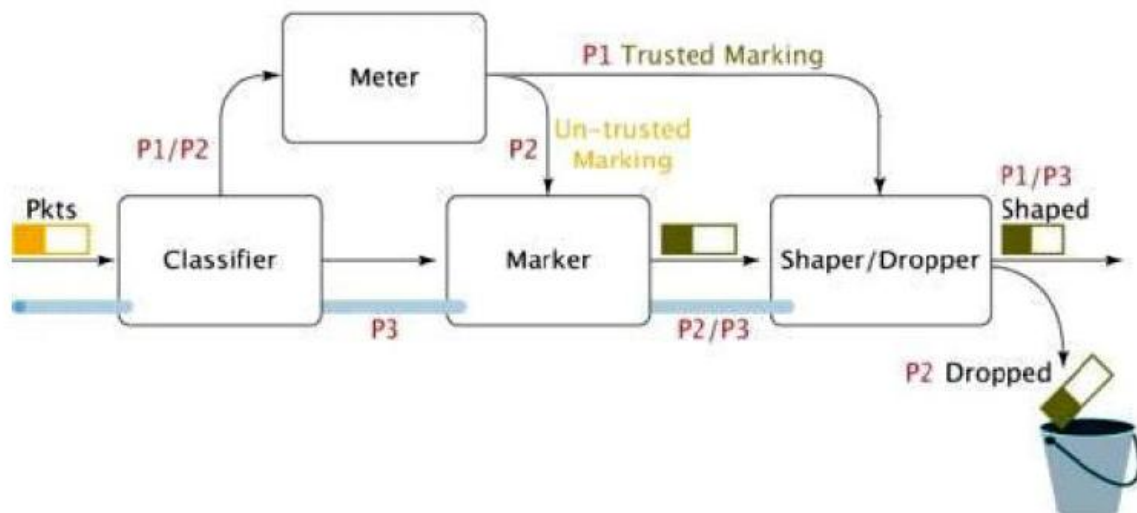


Diagrama de bloques del modelo Diffserv[22]

Los nodos extremos DS o edge router son los nodos que dan entrada y salida al tráfico en el dominio Diffserv, serán los nodos responsables de realizar diferentes funciones como la clasificación (Classifier) y acondicionamiento de tráfico (Traffic Conditioning) entre los dominios Diffserv interconectados. De esta manera debe clasificar, mediante el

marcado de paquetes modificando el campo DS, y establecer las condiciones de ingreso de los flujos de tráfico en función de:

- Dirección IP y puerto (origen y destino)
- Protocolo de transporte
- DSCP

Los nodos DS de entrada o DS ingress serán responsables de asegurar que el tráfico de entrada cumple los requisitos de algún TCA (Traffic Conditioning Agreement) acordado entre los dominios interconectados. El nodo de entrada es el que condiciona el tráfico realizando las funciones de:

- Marcado de paquetes modificando el campo DS.
- Suavizado del tráfico mediante el almacenamiento de los picos del mismo para reenviarlos con una tasa de transmisión más estable.
- Descarte de paquetes cuando sea necesario.
- Desarrollo de plano de gestión para una red MPLS

Por otro lado los nodos DS de salida o DS egress deberán realizar funciones de acondicionamiento de tráfico o TC (Traffic Conformation) sobre el tráfico transferido al otro dominio DS conectado

Una vez que los paquetes han sido marcados adecuadamente, los nodos internos deberán seleccionar el PHB definido para cada flujo de datos. Los nodos DS internos, que están localizados en el núcleo, sirven para conectar el interior con la periferia solo se conectan a nodos internos o a nodos externos de su propio dominio. A diferencia de los nodos externos para la selección del PHB solo se tendrá en cuenta el campo DSCP.

La función de los nodos internos DS es encaminar el flujo de tráfico según niveles de prioridad, analizar los campos DS de los paquetes IP y relacionar el DSCP con un PHB soportado en su dominio. También podrá realizar limitadas funciones de acondicionamiento de tráfico.

## **Limitaciones del modelo Diffserv**

Tras haber comprobado como Diffserv puede implementarse para alcanzar calidad de servicio, se debe comentar la existencia de limitaciones inherentes al modelo Diffserv, las cuales se deben tener en

cuenta ya que de otra manera dificultarían la implementación del modelo a gran escala. A continuación se apuntan los problemas de implantación de Diffserv:

- El modelo Diffserv no asegura [22] de manera determinista que los flujos de tráfico consigan determinados parámetros QoS, como pueda hacer ATM a través de circuitos o Intserv. Diffserv permite la creación de agregaciones de tráfico, ofreciendo cierta probabilidad de QoS, de manera que requiere trabajo de ingeniería de red y un dimensionamiento adecuado para alcanzar determinados parámetros QoS.
- La calidad extremo a extremo sólo será alcanzable cuando todos los dominios Diffserv actúen según las mismas políticas, ya que el valor del byte DS puede ser modificado en cualquier equipo intermedio según las políticas de tráfico y diferentes contratos SLA.
- El modelo presenta dificultades para lograr QoS en la red de acceso, normalmente se entiende por QoS extremo a extremo en Diffserv a los routers extremos entre origen y destino, dejando un mayor control sobre la red de acceso en manos del usuario final.
- La reserva de QoS es unidireccional, como una conexión TCP, los paquetes ACK que viajen en sentido contrario tendrán el tratamiento best-effort, si no se tiene en cuenta podría llevar a que la QoS final conseguida se limitase a la de los paquetes ACK. .
- El modelo Diffserv plantea ciertos problemas a la hora de decidir quién es el encargado de marcar la QoS en los paquetes, se debe crear un sistema de comunicación con el proveedor de acceso para que el usuario pudiese elegir el tratamiento QoS en función del servicio.

Entre los aspectos a resolver se encuentra poner de acuerdo a origen y destino para alcanzar un acuerdo para fijar la QoS deseada, este obstáculo desaparecería en el caso de VPNs (redes virtuales privadas) donde el origen y el destino pertenecen a la misma organización de manera que comparten los mismos criterios sobre QoS.

## Valoraciones del modelo Diffserv

Diffserv se presenta como una solución que ofrece mejores características de escalabilidad e implementación, capaz de ofrecer calidad de servicio a una red en condiciones de congestión. De algún modo intenta evitar los problemas encontrados en IntServ, donde se requiere un protocolo de señalización como RSVP para decirle al nodo que los flujos de paquetes requieren un tratamiento QoS, en cambio Diffserv se encarga del marcado del paquete pero no de la reserva de recursos.

Con Diffserv se elimina la información sobre cada flujo de tráfico de los nodos evitando la congestión en el núcleo de la red porque que el marcado de los paquetes se realiza solo en los nodos del borde, se reducen las señalizaciones que se emitían en RSVP ya que en IntServ reservaba ancho de banda a lo largo de la trayectoria.

Para proporcionar QoS en una red IP, el IETF divide sus esfuerzos en dos grupos Intserv y Diffserv. Como la implementación de la tecnología Intserv presenta problemas de escalabilidad, debido a que funciona realizando una reserva extremo a extremo de recursos en los elementos que conforman la red. La tendencia es el uso de Diffserv en el núcleo, combinado con Intserv como solución en la red de acceso, esta combinación proporciona un buen compromiso entre costo y eficiencia.

Sin embargo existe el problema en la capa de transporte que consiste en la concentración de tráfico de la prioridad en los nodos de borde, lo cual puede afectar a los flujos de baja prioridad y puede degradar el tráfico de alta prioridad, como solución se plantea utilizar Diffserv sobre MPLS.

## 5.4 Multiprotocol Label Switching o MPLS

### Introducción a MPLS

Multiprotocol Label Switching o MPLS es un mecanismo definido por la IETF en el RFC 3031 [8], que proporciona la posibilidad de administrar el ancho de banda de la red a través de etiquetas en los encabezados de los paquetes, esta técnica se denomina encapsulamiento, se caracteriza por ser muy flexible y estar orientada a la conmutación de paquetes, tiene como objetivo corregir los problemas asociados al enrutamiento de tráfico en el nivel de red.

MPLS tenía como objetivo corregir los problemas asociados al enrutamiento de tráfico en el nivel de red. Surgió como una solución versátil para cumplir con las necesidades de gestión del ancho de banda, velocidad, escalabilidad y control sobre la calidad de servicio, a la vez que se disminuía el retardo y el jitter. Adquiriendo el control de la ruta y asignando distintos anchos de banda a los enlaces o creando prioridades para la utilización de un enlace en redes basadas en IP.

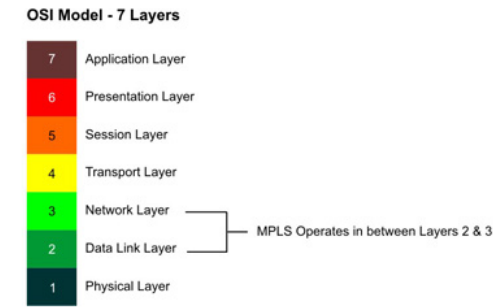
La necesidad de las operadoras de que sus redes tuviesen una cierta calidad de servicio, llevó a la búsqueda de una tecnología como MPLS que permite ofrecer ingeniería de tráfico, independientemente de la red sobre la cual se implemente, aunque como veremos más adelante normalmente viene acompañado por Diffserv para lograr aportar calidad de servicio.

La conmutación de etiquetas o Label Switching consiste en la asignación de etiquetas a los paquetes, de tamaño fijo e insertadas en la cabecera de los paquetes, de esta manera permite identificar una clasificación del tráfico, encaminando cada tipo de tráfico por un determinado camino virtual aportando QoS. Debido a que solamente se analiza esta etiqueta y no toda la cabecera, no hay que desarmar los paquetes para acceder a ellas, permitiendo la conmutación de los paquetes a nivel de hardware.

La implementación de MPLS en el núcleo de la red para el transporte de distinto tráfico de extremo a extremo ofrece muchas ventajas en términos de simplificación de la infraestructura ya que soporta cualquier tecnología a nivel físico y enlace sin necesidad de adoptar por completo una nueva infraestructura de red para cada servicio, lo que representa un abaratamiento en costos de implementación y mantenimiento, y a su vez entronca con la filosofía de las redes NGN.

Si situamos a MPLS en el modelo OSI se encontraría en la capa 2.5, entre la capa de enlace y de red, es decir, entre la capa 2 y 3, por esta razón se lo denomina multiprotocolo ya que brinda la posibilidad de trabajar con cualquier tecnología de transporte ya sea a nivel de enlace o físico y con aplicaciones que están sobre el nivel de red. Combina eficazmente las mejores características de switching de la capa 2, como son la simplicidad y rapidez de la conmutación, con los beneficios del enrutamiento de paquetes de la capa 3.





Ubicación de MPLS en el modelo OSI

A diferencia del encaminamiento típico, MPLS se basa en la idea de flujos, que son cadenas de paquetes entre dos puntos finales comunes. MPLS hace el cálculo de la ruta sobre cada flujo de paquetes que atraviesa la red de un proveedor. La ruta entonces se asigna a cada paquete como una cadena de etiquetas, que son valores cortos de longitud fija. Con MPLS ganamos en muchos aspectos en los que ATM presentaba carencias, como el tener que consultar la dirección IP de la cabecera en cada salto. MPLS plantea un etiquetado de los paquetes para proceder a un switching de alta velocidad de los paquetes.

Los problemas que presentan las soluciones actuales de IP sobre ATM, tales como la expansión sobre una topología virtual superpuesta, así como la complejidad de gestión de dos redes separadas y tecnológicamente diferentes, quedan resueltos con MPLS. Al combinar en uno solo mecanismo lo mejor de cada nivel (la inteligencia del routing con la rapidez del switching). MPLS ofrece nuevas posibilidades en la gestión de backbones, así como en la provisión de nuevos servicios de valor agregado. Las características resumidas de MPLS son las siguientes:

- Es capaz de manejar el tráfico de distintos tipos de flujos, así como flujos entre diferentes equipos, o incluso entre diferentes aplicaciones.
- Proporciona una relación entre las direcciones IP y etiquetas simples, de largo fijo, para adoptar un modo de trabajo sobre flujos de tráfico por conmutación o reenvío de paquetes.
- Al ser un estándar abierto, también para la distribución de etiquetas utiliza protocolos abiertos. Los protocolos de señalización utilizados son conocidos: OSPF y RSVP, sirve de interfaz con ellos.

- Fue diseñada para operar sobre cualquier tecnología de transporte a nivel de enlace y de red, frame relay, ATM, Ethernet, etc., facilitando la migración a las Redes de Próxima Generación.
- MPLS es una tecnología que combina eficazmente las funciones de control de encaminamiento con la simplicidad y rapidez de la conmutación de nivel 2.
- La implementación de MPLS permite a una red ser más sencilla de operar, mayor escalabilidad e interoperabilidad debido al soporte de diversas tecnologías bajo una plataforma común que permite a los operadores ofrecer variados servicios dependiendo de los requerimientos de los usuarios con Calidad de Servicio o con el modelo de Servicios Diferenciados del IETF.
- MPLS permite aplicar técnicas de Ingeniería de Tráfico para encontrar la mejor ruta no necesariamente la más corta pero que garantiza la llegada de los flujos de tráfico evitando cuellos de botella y caída de los enlaces.

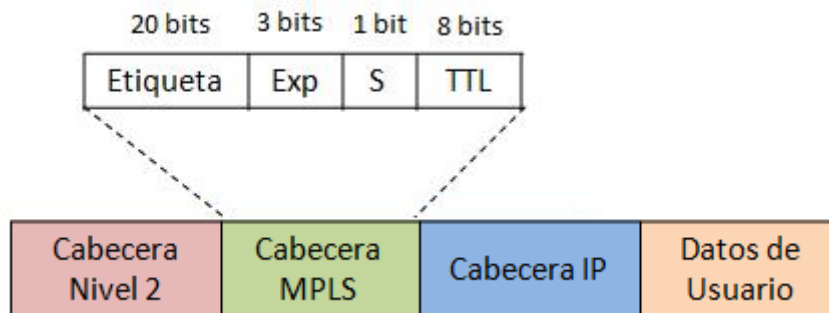
Las implicaciones que supone su implementación real son enormemente complejas. MPLS se puede presentar como un sustituto de la conocida arquitectura IP sobre ATM. También como un protocolo para hacer túneles, sustituyendo a las técnicas habituales de tunneling. O bien, como una técnica para acelerar el encaminamiento de paquetes. En realidad, MPLS hace un poco de todo eso, ya que integra las capas de transporte red, combinando eficazmente las funciones de control del routing, con la simplicidad y rapidez de la conmutación del nivel 2.

## **Elementos y Conceptos básicos de MPLS**

### **Cabecera MPLS**

La cabecera MPLS consta de 32 bits de longitud fija y contiene la información necesaria para encaminar un paquete hasta su destino. Solo tiene validez entre dos routers vecinos, y establece una correspondencia entre el tráfico y un FEC o Forward Equivalence Class específico y por lo tanto determina el siguiente salto donde el paquete debe ser enviado. Generalmente el valor de la etiqueta se asigna a partir de la dirección IP

destino. En la siguiente figura se presentan los campos de la cabecera genérica MPLS que se asigna una vez a la entrada.



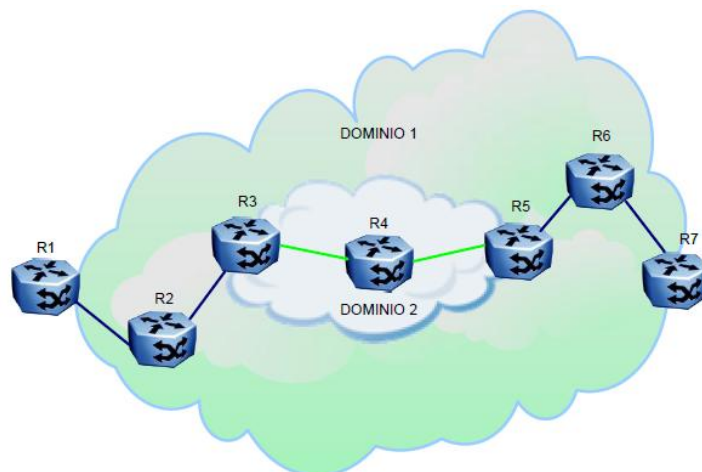
Detalle de los campos de la cabecera MPLS

- **Etiqueta (label):** Constituyen los 20 primeros bits y se utiliza para determinar el próximo salto del paquete o su encapsulación. Identifica a que conjunto de FEC está asignado el paquete y mediante este campo los routers deciden por donde encaminar el paquete o que LSP debe seguir.
- **EXP (Experimental):** se considera un campo experimental. Se suele usar para proporcionar CoS aplicando Calidad de Servicio para asignar un nivel de prioridad a cada paquete, por ejemplo y como veremos más adelante para incluir los 3 bits más significativos del campo DSCP de Diffserv.
- **S (Bottom of stack):** Es el campo utilizado para denotar la presencia de una pila o stack, es decir, indica si existen más etiquetas MPLS apiladas en forma jerárquica. Si su valor es 1 se trata de la última etiqueta en la pila (primera en ingresar a un dominio MPLS). Si vale 0, significa que el paquete posee una pila de etiquetas. El valor de S permite conocer que tras la cabecera MPLS está la cabecera de red u otra cabecera MPLS, si existen más dominios DS.
- **TTL (Time to Live):** Este campo es tomado directamente de la cabecera IP y proporciona la funcionalidad de tiempo de vida del paquete o TTL (*TimeTo Live*) típica de IP, se decrementa cada vez que el paquete es reenviado por un router de la red MPLS hasta llegar a 0, momento en el que el paquete se descarta. Su función es evitar los posibles bucles en la red y que un paquete viaje indefinidamente por la red, provocando tráfico innecesario.

### Apilamiento de etiquetas

Un paquete puede tener una o múltiples etiquetas apiladas con un valor distinto dependiendo de cuál sea su router de entrada a la red MPLS (LSR). La posibilidad de encapsular una cabecera MPLS en otras, tiene sentido, cuando se tiene una red MPLS que tiene que atravesar otra red MPLS, es decir, un dominio MPLS que contiene en su interior otro dominio MPLS.

Se crean cabeceras MPLS de acuerdo al número de dominios que existan, entonces las etiquetas de dichas cabeceras forman una pila de modo que al terminar de atravesar esa red, se continúe trabajando con MPLS como si no existiera dicha red externa. En la siguiente figura se muestra un dominio MPLS que contiene en su interior otro dominio y en el cual el funcionamiento de una pila se puede detallar mejor.



Dominio MPLS interior a otro Dominio MPLS

El campo S o Stack de la cabecera MPLS juega un papel muy importante ya que dependiendo del valor que indique se enviará el paquete por enrutamiento convencional o se someterá a las reglas del otro dominio MPLS. Para que el nodo pueda interpretar el tipo de cabecera de red al salir totalmente de un dominio MPLS utiliza el campo S cuando tiene el valor de 1.

En la cabecera MPLS, el campo Etiqueta tiene valores reservados para identificar la red de la que proviene el paquete, por lo que un nodo de salida tras analizar S también analiza la Etiqueta para definir el tipo de cabecera de red y encaminar el paquete de acuerdo al tipo de red de la

que proviene. El router al recibir un paquete siempre consultará la etiqueta de nivel superior.

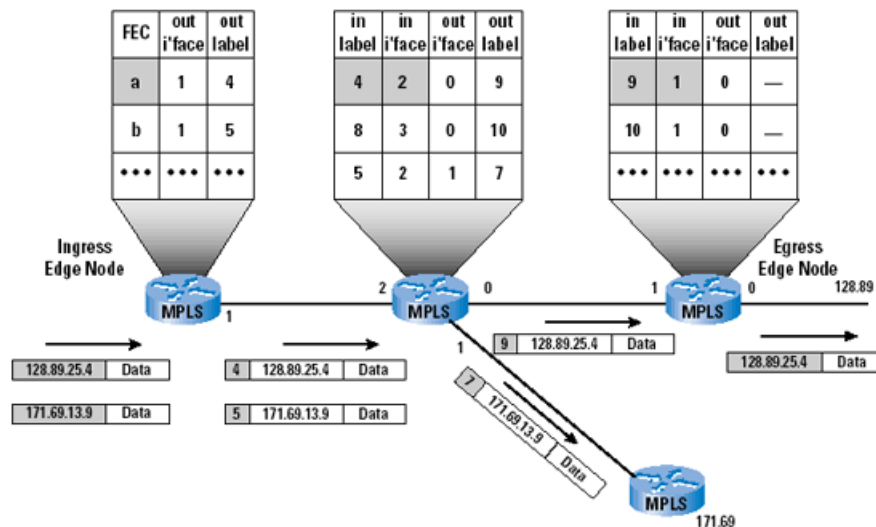
### FORWARD EQUIVALENCE CLASS (FEC)

Para cualquier protocolo de enrutamiento el problema de la escalabilidad debe ser tenido en cuenta desde el principio. Para garantizar la escalabilidad, MPLS utiliza un mecanismo llamado FEC (Forward Equivalence Class). Cada FEC se entiende como un conjunto de paquetes que son reenviados sobre un mismo camino LSP a través de la red [7], el mapeo de un paquete a un FEC es asignado al ingreso en la red MPLS y una sola vez por el router conocido como LER.

Mediante FEC se agrupan los paquetes que comparten los mismos atributos y/o requieren el mismo servicio (multicast, QoS...). Estas asignaciones se basan principalmente en la dirección destino para hacerlo, aunque como también puede depender de otros factores para clasificar a los paquetes dentro de un mismo FEC, se lo hace en base a criterios como:

- Dirección IP de origen, destino o direcciones IP de la red.
- Número de puerto de origen o destino
- Campo protocolo de IP (TCP, UDP, ICMP60, etc.)
- Valor del campo DSCP de DiffServ
- Etiqueta de flujo en IPv6
- Requerimientos de servicio

La etiqueta de un determinado paquete representa al FEC al cual pertenece y cada FEC tiene un camino específico a seguir a través de la red MPLS y es independiente en cada router. Todos los paquetes que forman parte de la clase, siguen un mismo camino o LSP, como veremos a continuación.



Funcionamiento del sistema etiquetas – FEC – siguiente salto

En la figura anterior se muestra como el primer router clasifica el paquete IP en un FEC y le proporciona la etiqueta correspondiente. El segundo router de la figura anterior encamina los paquetes etiquetados en función del valor de la etiqueta en su tabla de etiquetas. Cada LSR genera una tabla donde almacena el tratamiento que se debe dar a los paquetes de cada FEC. Esta tabla se llama LIB (Label Information Base), y establece, por un lado, las relaciones Etiquetas-FEC, y por otro, el mapeo FEC-Siguiente Nodo.

Todos los paquetes de un mismo FEC se tratan de la misma forma hacia su destino, y cuantos más FECs tengamos, mayor granularidad para diferenciar entre distintos tipos de flujos. Por otro lado, cada FEC debe tratar a los paquetes que van por el mismo camino de diferente manera, dando prioridad según la necesidad de manera que se utilizan los recursos de la red óptimamente, aportando calidad de servicio

La capacidad de manejar reenvío de paquetes a diferentes escalas es sumamente importante para permitir la relación existente entre necesidad de establecer tratamientos especiales a ciertos flujos de datos y la escalabilidad de la red, en el momento de diseño de la red se debe tener presente que existe un compromiso entre el número de FECs y la eficiencia de la red ya que tener más FECs nos afecta en la escalabilidad de la red.

## LABEL DISTRIBUTION PROTOCOL (LDP)

EL LDP o protocolo para la distribución de etiquetas, definido por la IETF en el RFC 3036, define los mecanismos para la distribución de etiquetas, permite a los LSR descubrirse e intercambiar información sobre las asociaciones FEC/Etiqueta que se han realizado y sobre todo para mantener la coherencia de las etiquetas utilizadas para los distintos tipos de tráfico. Con este protocolo se evita que a un LSR le llegue tráfico con una etiqueta que no se encuentra en su tabla, con esto se asegura la rapidez en la conmutación de los LSR.

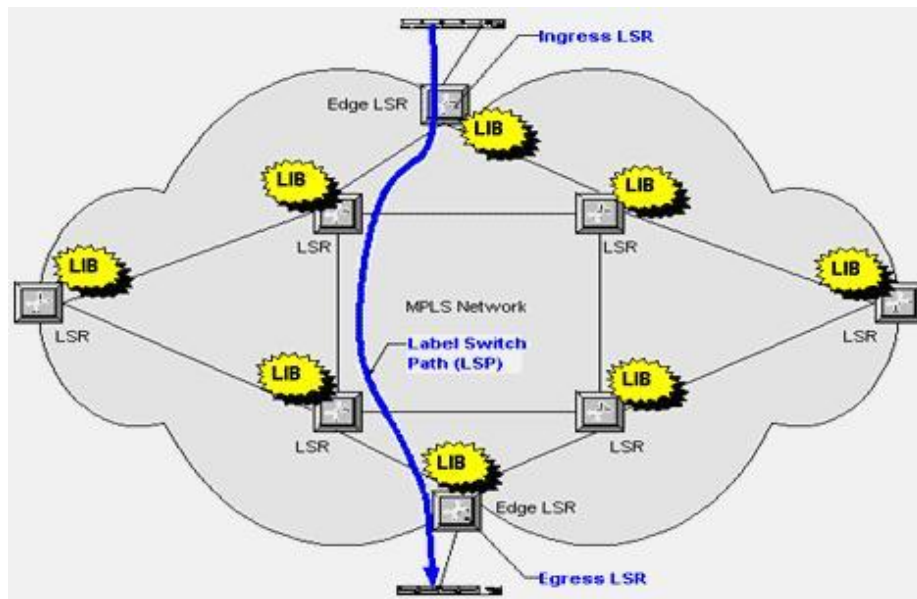
Por un lado, LDP asocia un FEC con cada camino LSP que se crea, y por el otro, intercambia y distribuye esta información de asociación de las etiquetas entre dos LSR vecinos. Esta asociación es bidireccional y permite que un LSR aprenda del otro.

El protocolo LDP está formado por los siguientes mensajes:

- Discovery Message o mensajes de descubrimiento Se utilizan para anunciar y mantener la presencia de los nodos vecinos LSR en la red, mediante mensajes "*hello*" de un LSR a otro LSR.
- Session messages o Mensajes de sesión. Se utilizan para el establecimiento, mantenimiento y finalización de sesiones entre LSRs.
- Advertisement message o Mensajes de Advertencia. Se utilizan para anunciar la creación, cambio y eliminación de mapeos de FECs
- Notification Messages o Mensajes de Notificación. Se utilizan para la señalización de errores).

### Label Switch Path (LSP)

El LSP es el circuito virtual que siguen todos los paquetes que pertenecen al mismo FEC por la red MPLS, compuesta por uno o varios LSR. De manera que el camino o LSP está determinado por las etiquetas que tienen los paquetes de cada flujo. Cada LSP es una cadena de etiquetas, una por cada nodo, desde el origen al destino, similar a un circuito virtual de ATM.



Ejemplo de ruta LSP

Las rutas se forman desde el destino hacia el origen debido a que el LSR de origen genera las peticiones para crear un nuevo LSP mientras que el destino responde a estas solicitudes, formándose de esta manera el LSP hasta el origen.

Las rutas LSP se crean concatenando los saltos de los paquetes para el intercambio de etiquetas en los LSR, para ello utiliza mensajes LDP. Existen dos métodos para el establecimiento de los LSPs:

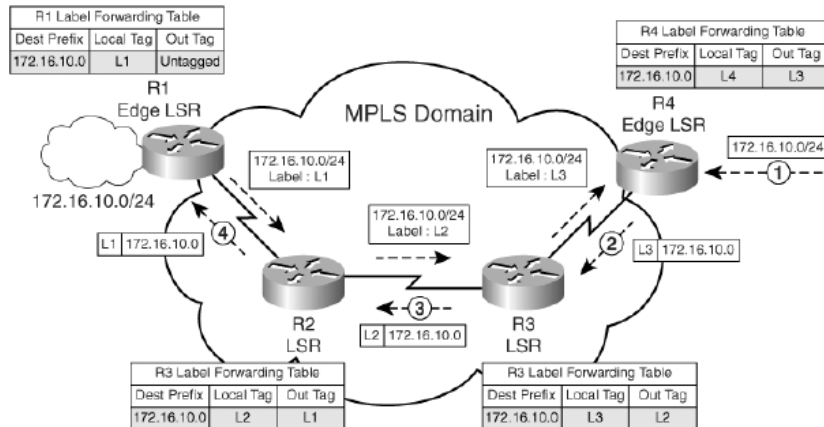
- Ruta explícita: A partir del primer LSR de salto se construye una lista de saltos específica utilizando los protocolos de señalización o de distribución de etiquetas (RSVP, LDP, etc).
- Salto a Salto: Cada LSR selecciona el próximo salto según el FEC que esté disponible

El encaminamiento del LSP se realiza mediante protocolos de enrutamiento que utilizan algoritmos de estado de enlace para conocer la ruta trazada completa y tener rutas alternativas si algún enlace falla. Estos caminos LSP son por naturaleza unidireccionales (simplex) si queremos que nuestra red sea dúplex, se deben establecer dos LSPs, uno para cada sentido.

Los LSPs se pueden diseñar para minimizar el número de saltos de los paquetes, para evitar congestiones en puntos críticos de la red, para tener un cierto ancho de banda o simplemente para forzar que el tráfico pase a través de un cierto nodo.



Si nos referimos a la figura siguientes el LSP de la red 172.16.0.0/24 es R4 - R3 - R2 - R1



Establecimiento de LSP a través de un dominio MPLS

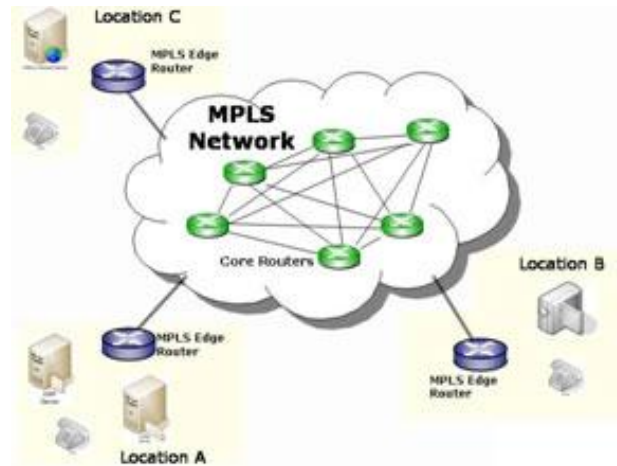
Puede darse el caso que para una misma dirección IP haya más de un FEC a través del mismo LSP (Label Switched Path), lo que significa que paquetes con un mismo destino pueden pertenecer a FECs distintos y se tienen que tratar de forma distinta.

### LABEL SWITCHING ROUTER (LSR)

Los LSRs o routers por conmutación de etiquetas, son routers de alta velocidad capaces de usar MPLS, conforman el núcleo de la red, participan en la creación de los LSPs, utilizando LDP y sirven como conmutadores para los LSP establecidos.

Los routers MPLS miran la etiqueta asociada a un paquete entrante, no la dirección IP de destino, y la utilizan como índice en un vector para determinar la conexión de salida a la cual el paquete debe ser remitido, entonces, el LSR asignará típicamente una nueva etiqueta y remitirá el paquete a la conexión de salida.

Cada paquete es remitido salto a salto a través de la red MPLS, tan sólo con escribir la etiqueta en cada nodo. Los LSR, pueden ser internos o extremos, los primeros añaden o eliminan etiquetas, mientras que los segundos sustituyen unas etiquetas por otras.



Tipología de routers en una red MPLS

### Label Edge Router (LER)

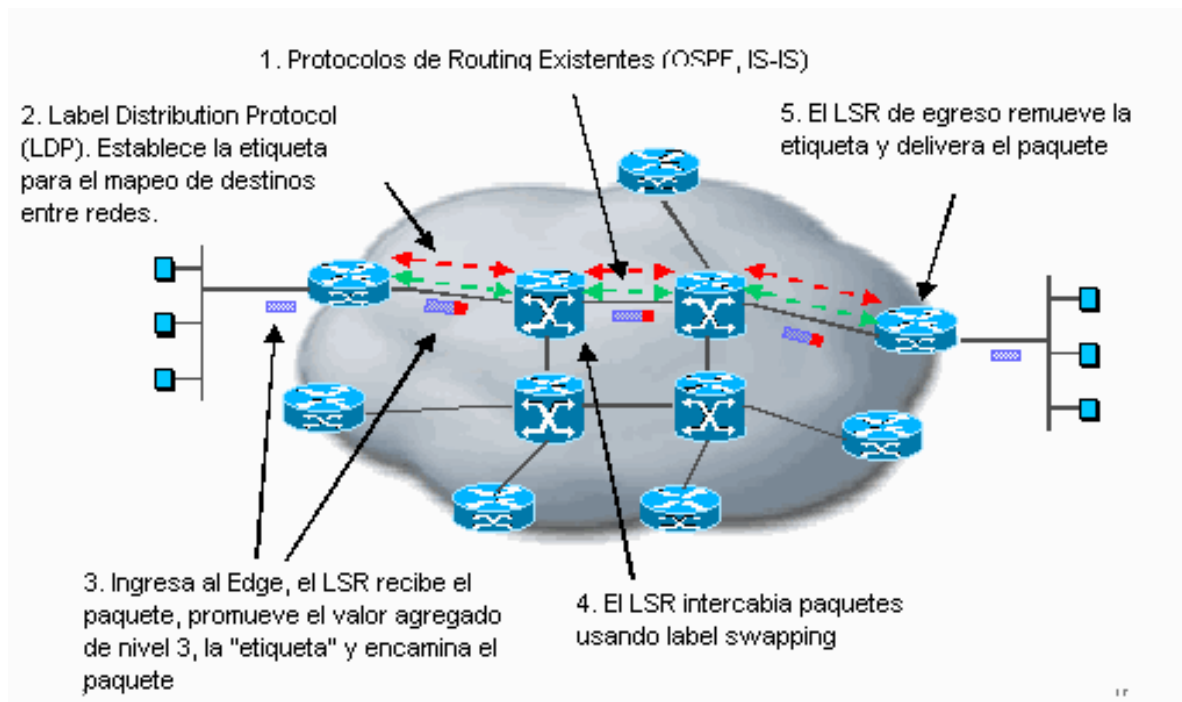
Los LER son los routers frontera que operan en los bordes de una red MPLS y desempeñan las funciones de encaminamiento tanto para un dominio MPLS como para un dominio no MPLS (otras redes). El propósito de los LER es el análisis y clasificación del paquete IP que entra a la red, considerando la dirección IP de destino, la QoS demandada y otros criterios, como se ha visto en el apartado de FEC.

Una vez analizado el paquete IP se añade una cabecera MPLS, que identifica en qué LSP está el paquete, y se le asigna a la etiqueta un valor de acuerdo a su clasificación FEC. Es decir, el LER en vez de decidir el siguiente salto, como haría un router normal, decide el camino entero a lo largo de la red que el paquete debe seguir, asigna la cabecera MPLS. El LER enviará el paquete a un LSR que están ubicados en el núcleo de la red MPLS.

Al salir del dominio MPLS el LER de salida es el que direcciona el paquete a la red de destino por enrutamiento convencional eliminando la cabecera MPLS. Estos routers de entrada y salida son los encargados de convertir los paquetes IP en paquetes MPLS, o viceversa:

- Ingres Edge Router (router de ingreso) se sitúan en la entrada de la red y se encargan de asignar un FEC a los paquetes que reciben y de etiquetarlos para que lleguen a su destino.
- Egress Edge Router (router de salida). Los routers de salida son los encargados de hacer la acción contraria, eliminar la etiqueta (label pop). Si un LSR detecta que debe enviar un paquete a un LER,

extrae la cabecera MPLS; como el último LER no conmuta el paquete, se reducen así cabeceras innecesarias.



Distribución de tareas entre los routers edge y core

### Core Router o simplemente LSR

El LSR se encuentra ubicado en el núcleo de la red MPLS y permiten el tránsito de los paquetes hacia su destino, realizando encaminamiento basándose en la conmutación de etiquetas. Estos routers están capacitados para hacer un label swapping (intercambio de etiquetas), label push y label pop.

Una vez que le llega un paquete a una de sus interfaces éste lee la etiqueta de entrada en la cabecera MPLS y busca en la tabla de conmutación la etiqueta y la interfaz de salida correspondiente para designar la nueva etiqueta que indica el siguiente salto dentro del dominio y finalmente reenvía el paquete por el camino ya designado en el LER (según el FEC), predefinido escribiendo la nueva cabecera MPLS.

La conmutación es muy rápida ya que los LSR solo se encargan de la lectura e intercambio de etiquetas obviando la lectura de las cabeceras IP de los paquetes pero es posible, como se verá posteriormente, que los LSR sean los que retiran la cabecera MPLS en el penúltimo salto antes de salir el paquete por un LER, este hecho puede suceder cuando en un

dominio MPLS hay mucho tráfico y resulta mayor procesamiento para el LER, este mecanismo se denomina "remoción en el penúltimo salto" su siglas en inglés PHP

### LABEL INFORMATION BASE (LIB)

Un LSR o LER tiene dos tablas, una dedicada a la información de enrutamiento y la segunda con la información a nivel local de las etiquetas conocida como LIB. Los datos de la tabla LIB se relacionan con las etiquetas que han sido asignadas por un LER/LSR y de las asociaciones etiqueta/FEC recibidas de los vecinos del dominio MPLS mediante los protocolos de Distribución de Etiquetas. La construcción de estas tablas se basa en las operaciones que realizan las etiquetas y son las siguientes:

- PUSH: imposición de las etiquetas en un router de ingreso LER
- SWAP: la etiqueta es cambiada por otra dentro del mismo rango que identifica un FEC en los LSRs
- POP: operación en la que se elimina la etiqueta en un LER al salir de la red MPLS.

La información que proporciona una tabla LIB indica la interfaz y etiqueta de entrada seguida de la interfaz y el valor de etiqueta de salida, este proceso se realiza en cada salto de un LSR o LER y permite mantener actualizadas las rutas LSP. En la tabla siguiente se muestra un ejemplo de la información que tiene una tabla LIB.

Interfaz de Entrada	Etiqueta de Entrada	Interfaz de Salida	Etiqueta de Salida
1	60	3	75
2	90	1	80

Ejemplo de la información proporcionada por una tabla LIB

### Generalidades de funcionamiento

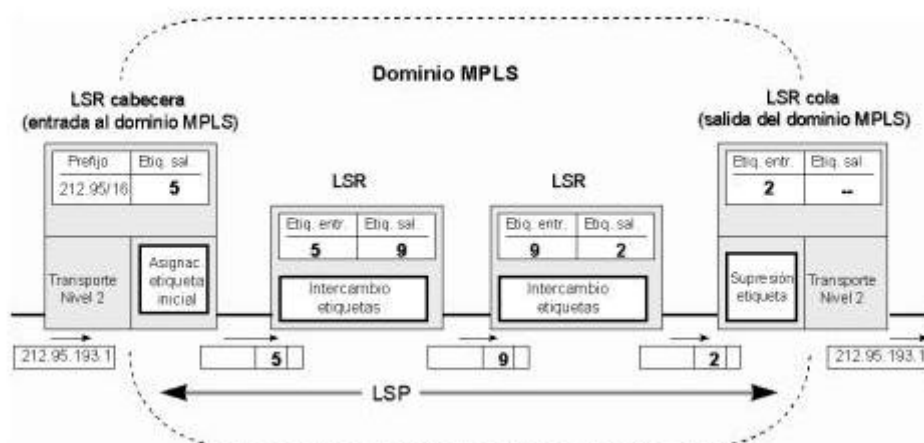
En MPLS, los LSR encaminan los paquetes salto a salto pero simplemente basándose en la etiqueta de longitud fija, lo que significa que no usan la información de la cabecera IP, este es un aspecto muy positivo a la hora de mejorar el rendimiento de las redes.

El núcleo MPLS proporciona una arquitectura de transporte que hace aparecer a cada par de routers a una distancia de un sólo salto. Funcionalmente es como si estuvieran unidos todos en una topología mallada (directamente o por PVCs ATM).

MPLS encaja perfectamente en las redes troncales ya que una de sus funcionalidades es manejar un plano de control (enrutamiento) y un plano local para el intercambio de etiquetas con lo cual adapta redes de distintas tecnologías al insertar una nueva cabecera que le permite al paquete pasar por un dominio MPLS de acuerdo a ciertos parámetros de calidad de servicio dependiendo del valor asignado en el campo etiqueta.

Una vez vistos todos los componentes funcionales, se introducirá el funcionamiento global de todos los elementos vistos en el apartado anterior. El funcionamiento de MPLS implica la puesta en marcha de varias etapas

- Asignación de etiquetas
- Creación de la tabla LIB
- Creación de los LSP
- Distribución de etiquetas
- Envío del paquete



Funcionamiento de la red MPLS

Asignación de etiquetas

Antes de que se inicie el tráfico de datos, cada router de ingreso (LER) une ciertas etiquetas con determinados FECs y construye la tabla de etiquetas. Una vez completado este proceso, se distribuyen estas uniones usando el protocolo LDP entre los distintos LSRs.

El protocolo LDP usa TCP para comunicar las etiquetas, ya que aporta fiabilidad a la red. Un error en la distribución de las etiquetas resultaría fatal para el funcionamiento de la red.

#### Creación de la tabla LIB

Cada LSR construye una tabla de etiquetas LIB a medida que va recibiendo las etiquetas con el protocolo LDP. Las tablas LIB es donde se especifica el mapeo de cada etiqueta con un interfaz, tanto de entrada como de salida. Esta tabla se actualiza cada vez que se efectúa una renegociación de las uniones de etiquetas. Esta tabla guía al LSR cuando tiene que realizar un swap de etiquetas, indicándole a que interfaz tiene que dirigir el paquete.

#### Creación de los LSP

El siguiente paso es la creación de los LSP, entendidos como mapas preconfigurados entre puntos finales de destino. Se crean en orden inverso a la trayectoria del paquete. Lo que significa que el LSP se crea en el Nodo Destino hacia el Nodo Origen.

El Nodo Origen, al recibir un paquete del cual no tiene etiqueta en la tabla LIB, solicita mediante un paquete request la ruta que necesita. Este paquete request se irá propagando hasta llegar al nodo LER de salida. Una vez recibido este paquete, el LER enviará un paquete de mapping en dirección upstream. Este paquete, al pasar por los nodos hacia el Nodo Origen, irá completando la tabla LIB relacionada con el LSP que se está creando.

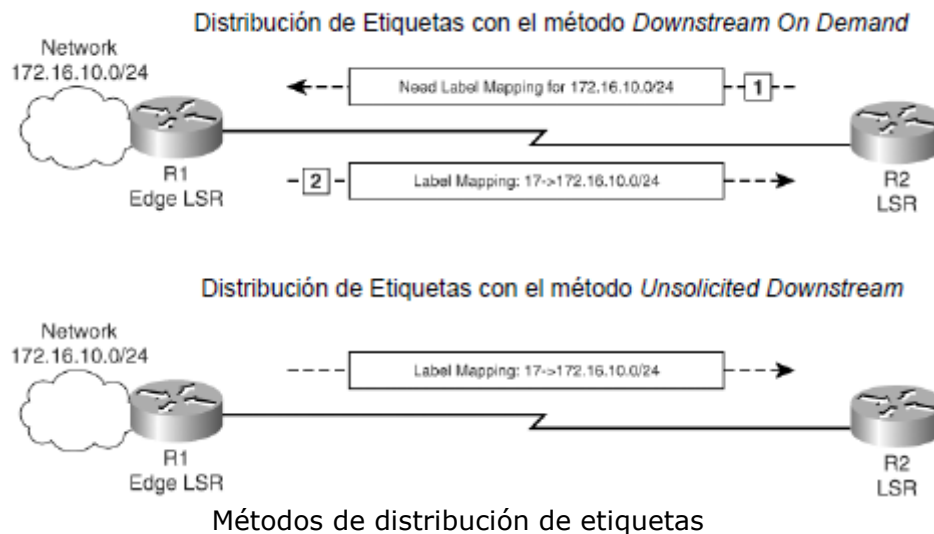
#### Distribución de etiquetas

Después de la asignación de etiquetas en un router, estas etiquetas que son de sentido local en el router son distribuidas entre LSRs adyacentes, siempre y cuando los interfaces entre ellos estén activados para el envío de MPLS, es decir después del establecimiento de sesión. Existen dos modos de distribución de etiquetas:

- Downstream On Demand: Un LSR solicita a su LSR vecino que le informe sobre que etiqueta debe usar para el envío del tráfico por

una determinada interfaz, es decir que la distribución de etiquetas se realiza contraria al camino que sigue el tráfico.

- **Unsolicited Downstream:** Un LER/LSR informa de las asociaciones Etiqueta/FEC a sus vecinos que las almacenan en sus tablas sin haber solicitado la información, este mecanismo es más eficaz ya que así todos los vecinos LER/LSR mantienen las tablas actualizadas (del mismo LSP) y haciendo el proceso de conmutación de etiquetas mucho más rápido pero incrementando el tráfico de control.

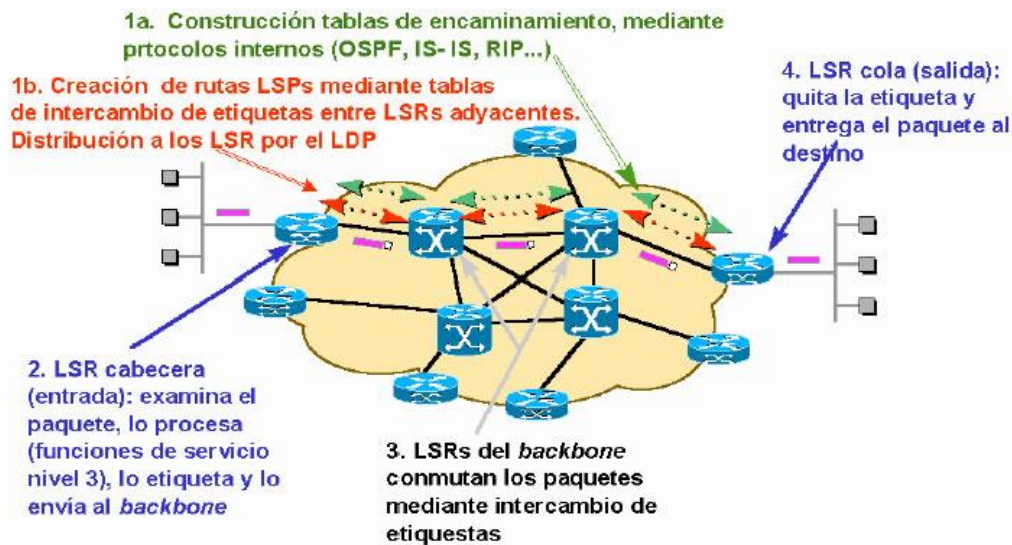


### Envío del paquete

Una vez ya tenemos definidos los FECs, LDP y etiquetas, solo nos queda analizar el proceso que sigue un paquete al entrar en una red MPLS. Con la utilización de los Protocolos de Distribución de Etiquetas se proporciona la información de las tablas de envío para el intercambio de etiquetas de los LSR.

Una vez informados los LER/LSR de las tablas de enrutamiento y envío, llega un paquete sin etiquetar a un router LER de ingreso. El router entonces decide a que FEC pertenece y le asigna las etiquetas correspondientes (push). El proceso de asignar un paquete a un FEC solo se hace una vez, a diferencia de lo que ocurre con un paquete IP que se evalúa en cada nodo.





Secuencia de funcionamiento de MPLS

Una vez el paquete ya está etiquetado, se envía al siguiente salto LSR dentro del dominio MPLS usando la tabla LIB. Este paquete va saltando de LSR en LSR basándose en la tabla LIB de cada router.

Normalmente lo que hacen estos routers es hacer un swap de la etiqueta. Una vez dentro del dominio MPLS los LSRs se encargan del intercambio de etiquetas haciendo uso de las tablas de envío, relacionando la etiqueta de entrada y la etiqueta de salida.

Finalmente, el paquete llega el router LER de salida, el cual es el encargado de quitar la última etiqueta (pop) y enviar el paquete hacia su destino por routing convencional, si su campo S es igual a 1, analiza la etiqueta para saber de qué tipo de red procede y se lo envía por enrutamiento fuera del dominio a su destino final.

En este punto, el paquete ya no tiene etiquetas MPLS. Este último paso, aunque conceptualmente se le suele asignar al LSR de salida del dominio MPLS, suele realizarlo el penúltimo router de la red (Penultimate Hop Popping) para liberar al último router de eliminar la etiqueta, ya que este tiene que enrutar un paquete IP. De esta forma, el penúltimo router de la red MPLS hace un pop en el momento de enviar el paquete al interfaz que le indica la tabla LIB y el último router ya recibe un paquete IP convencional.



En resumen los LSR solo analizan el campo Etiqueta para buscar y localizar si en su tabla se encuentra la etiqueta de entrada, una vez localizada esta etiqueta es modificada por una nueva a su salida por una determinada interfaz.

## Política de QoS: DiffServ sobre MPLS

### 5.5 Introducción y modelos anteriores

A medida que aumenta el tráfico en las redes basadas en la conmutación de paquetes así como la gran variedad de servicios y aplicaciones: la implantación de tecnologías como VPN sobre Internet, VoIP, aplicaciones de telemedicina, televigilancia o domótica; surgen nuevas consideraciones a tener en cuenta a la hora de satisfacer todos los requisitos de calidad de servicios a los diferentes flujos de tráfico, debido a la congestión, el retardo de los paquetes y sus variaciones en su entrega o el jitter de los paquetes de voz.

Partiendo de estas consideraciones es necesario buscar soluciones para ofrecer garantías respecto a la calidad del servicio y proporcionar un entorno multiservicio sobre el núcleo de red, para alcanzar el control y gestión del encaminamiento en las nuevas red de transporte NGN.

El objetivo pasa por conseguir caracterizar el tráfico en redes de paquetes, es decir, diferenciar esquemas de tráfico como un servicio de valor añadido en la red de transporte NGN, aplicando técnicas de planificación y dimensionado de la red de circuitos con la flexibilidad de la red de paquetes sin añadir en la red una complejidad excesiva y sin poner en peligro los principios de diseño que han llevado al éxito a Internet. Hasta ahora el modelo de servicio más extendido era el de best-effort, en el que el tráfico se procesa lo más rápidamente posible [20], pero no existen garantías ni restricciones temporales ni siquiera de entrega real.

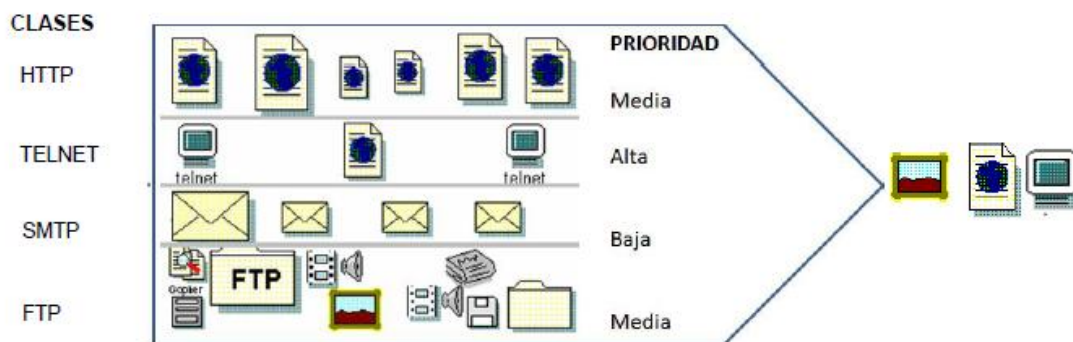
En este proyecto se pretende establecer una arquitectura para el transporte de tráfico IP que proporcione eficiencia, fiabilidad, escalabilidad y supervivencia para dar servicio de forma transparente y con niveles de calidad equivalentes a los ofrecidos en las redes basadas en la conmutación de circuitos, las cuales se caracterizaban por ser redes independientes del acceso y del servicio. Por ello se busca una solución que responda favorablemente a la congestión y los cambios en el modelo de tráfico para los servicios sobre redes de paquetes.

Considerando las condiciones y problemáticas, el IETF plantea soluciones escalables, en este estudio se ha optado por el modelo formado por MPLS

unido a los modelos básicos vistos anteriormente para ofrecer calidad de servicio: Servicios Integrados (IntServ) y Servicios Diferenciados (DiffServ).

El modelo IntServ, proporciona la QoS reservando recursos a lo largo del camino mediante el protocolo RSVP [6]. Aunque IntServ junto con RSVP puedan ser útiles para ofrecer QoS, se trata de un modelo complejo de implementar, no es escalable para gestionar grandes cantidades de tráfico, debido a la cantidad de señalización que requiere para gestionar la disponibilidad de QoS y mantenimiento de los diferentes flujos en cada router.

El modelo de arquitectura DiffServ se propuso por el IETF como una solución escalable de QoS para Internet de nueva generación. Permite distinguir diferentes clases de servicio marcando los paquetes, es más versátil, simple y funciona de forma más eficiente, por lo que tanto en IPv4, y sobre todo en IPv6, se apuesta más por este último modelo [20].



Priorización del tráfico según clases de servicio Diffserv

DiffServ desarrolla de una forma sencilla, según los requisitos de cada usuario, métodos para suministrar diferentes niveles de servicio para el tráfico como correo electrónico, tráfico web o transferencia de ficheros, donde el retardo no es muy importante, o servicios como videollamada y VoIP donde sí lo es.

Diffserv tiene un campo en los encabezados de los paquetes IP conocido como DSCP o DiffServ CodePoint. Los hosts o routers que envían el tráfico a una red DiffServ, marcan los paquetes IP con un valor DSCP, y los routers de la red clasifican estos paquetes en función de dicho valor, los tráficos con requisitos de QoS parecidos son marcados de igual forma.

Como se ha mostrado en apartados anteriores MPLS es considerado estratégicamente una solución para la ingeniería de tráfico porque puede potencialmente proveer más funcionalidad de manera integrada y con bajo coste. Surge del esfuerzo de llevar las características de los circuitos virtuales al mundo IP. Proporciona una administración del ancho de banda a través del control del enrutamiento empleando para ello las etiquetas que se encuentran encapsuladas en la cabecera de los paquetes.

La convergencia de redes y servicios es posible con la implementación de la tecnología MPLS en el núcleo de la red ya que permite unificar la rapidez del reenvío del tráfico con las funciones de enrutamiento además de brindar calidad de servicio con la utilización de DiffServ, mejorando la transmisión y priorizando el tráfico de las aplicaciones de voz, datos y video.

Estas dos soluciones a los problemas en entornos IP pueden ser combinadas, MPLS está diseñado para poder cursar servicios diferenciados según el modelo DiffServ, el cual, como se ha visto, permite clasificar todo el tráfico en un reducido número de CoS o clases de servicio con diferentes prioridades. Con la asociación de ambas técnicas se permite el despliegue de una red basada en IP que facilita la introducción de nuevos servicios así como la convergencia de los servicios tradicionales.

## 5.6 Integración de modelos MPLS y Diffserv

El modelo MPLS/Diffserv asociado a técnicas de optimización y control permite el despliegue de una red de nueva generación basada en IP, facilitando la introducción de nuevos servicios. El reto de este despliegue es que debe ser realizado de manera transparente al usuario final manteniendo los mismos niveles de calidad de servicio ofrecido en las redes basadas en la conmutación de circuitos.

Con la integración de los dos modelos citados, MPLS y DiffServ, se pretende conseguir que las redes IP permitan al usuario disponer de calidad de servicio sin necesidad de migrar a otras tecnologías como ATM, sin que se interrumpa el funcionamiento actual en la red y con el menor perjuicio posible para los usuarios.

La combinación e integración de ambos modelos es una buena línea para mejorar las redes IP, ya que obtenemos una arquitectura en la que MPLS actúa, como se ha visto anteriormente, al nivel de enlace y red proporcionando un método de envío rápido por su conmutación de etiquetas y sus caminos LSP para evitar la congestión de la red, aportando sus características de ingeniería de tráfico; y DiffServ asegura unos ciertos parámetros de calidad de servicio realizando la diferenciación y priorización del tráfico necesaria para dotar a IP de QoS.

Nivel	Esquema de QoS	Mecanismos	Objetivo del esquema de QoS
Aplicación	Redirección de tráfico y equilibrio de carga	Redirección mediante URL, equilibrio de carga	Redirigir el tráfico lejos de una parte congestionada de la red o un servidor
Transporte / Red	Diffserv	Clasificación, contador, marcador, adaptador, descartador, RED	Proporcionar servicios diferenciados para diferentes clases de tráfico, especialmente durante congestión en la red
Red	Ingeniería de tráfico  Reencaminamiento rápido	MPLS, encaminamiento basado en restricciones, señalización de rutas LSP y protocolos IGP de estado de enlace mejorados Recuperación local	Evitar congestión en la red  Evitar la pérdida de paquetes debido a fallo de enlaces o router.

Mecanismos que ayudan a la provision de QoS

El modelo permite que cada clase pueda seleccionar su mecanismo de protección capaz de mantener la supervivencia de red de manera eficiente. Es posible especificar rutas durante el proceso de configuración de caminos, de manera que la información puede ser reenrutada por caminos alternativos menos congestionados.

Mediante el modelo MPLS/Diffserv se consigue disminuir el retardo y sus variaciones, se evita dotar de excesiva complejidad a los nodos y además se añade robustez y supervivencia a la red debido a la centralización de la ingeniería de tráfico en el control de gestión.

## 5.7 Complementariedad entre ambos modelos

El modelo formado conjuntamente por Diffserv y MPLS trata de ayudar a resolver el problema de calidad de servicio que como se ha visto existía

en IP cuando se utilizaba el mecanismo de best-effort. El modelo propuesto clasifica el tráfico en diferentes clases en el nodo frontera. El campo DSCP de un paquete Diffserv determina el comportamiento de los nodos con ese paquete y la etiqueta MPLS de un paquete determina su ruta. La arquitectura MPLS y Diffserv combina estas características para hacer coincidir ingeniería de tráfico y calidad de servicio, se pueden identificar las siguientes ventajas entre las dos tecnologías:

- Ambos enfoques aplican la complejidad en los nodos frontera de la red [7]. Esta propiedad ayuda a la escalabilidad y hace que estas arquitecturas sean adecuadas para redes backbone.
- Ambas tecnologías usan etiquetas de un pequeño tamaño para implementar QoS y de longitud fija.
- El etiquetado de los paquetes se realiza después de la clasificación.
- Routers que no son LER tratan a los paquetes en función las etiquetas

La complementariedad entre ambas tecnologías se evidencia en aspectos como los que se exponen a continuación [6]:

- DiffServ no soluciona todos los problemas de calidad que pueden aparecer en una red, por ejemplo, no proporciona mecanismos ante caídas de enlaces o de router. En estas situaciones en las que el tráfico enviado a lo largo de la ruta se pierde, el tiempo de recuperación es crítico, el modelo conjunto proporciona ingeniería de tráfico aprovechando las ventajas que ofrece MPLS, una rápida conmutación de paquetes y mecanismos de reencaminamiento rápido para la provisión de QoS [20].
- MPLS por sí solo no puede proporcionar diferenciación de tráfico, siendo este requisito imprescindible para la provisión de garantías QoS. Por ello puede complementarse con DiffServ para aplicar esta diferenciación. En apartados posteriores se sugiere un mecanismo para integrar la diferenciación de servicios de forma que se traduzcan los agregados DiffServ en LSPs MPLS.

- Diffserv realiza diferenciación de servicio por salto y la ingeniería de tráfico MPLS encuentra una mejor distribución de la carga del tráfico agregado entre el conjunto de recursos de la red.

## 5.8 Clases de Servicio

En MPLS cada LSP puede estar asociado a varios FEC, cada una de las clases representa un tratamiento predefinido en términos de asignación de ancho de banda y prioridad de descarte. Pueden asignarse tantos flujos de información a cada FEC como sea necesario. Esto conlleva que, a efectos prácticos, pueda elegirse qué tráfico va a ser encaminado por qué LSP concreto, pudiendo implicar éste solo hecho la alteración de la QoS ofertada.

Los tipos de servicio que se proporcionan en la nueva arquitectura son los mismos que en el modelo DiffServ, ya que la integración de DiffServ con MPLS no modifica su filosofía ni su funcionamiento. De este modo se hace más sencilla la convivencia con los dominios DiffServ ya implantados. Los Per-Hop Behaviors (PHBs) se aplican en punto de entrada del núcleo o LER de acuerdo a criterios de política predeterminada. El tráfico se marca en este punto, es encaminado de acuerdo a su PHB, y luego se extrae en la salida de la red.

DiffServ proporciona un método simple de clasificación de los servicios de diversas aplicaciones. Se puede definir la siguiente representación de niveles de servicio o clases de tráfico:

- Expedited Forwarding (EF): Tiene un único valor DSCP, se recomienda usar 101110. EF minimiza el retardo y proporciona el mayor nivel de calidad global del servicio. Todo el tráfico que supere el perfil de tráfico definido se descarta. El EF PHB no necesita un mecanismo de evasión de congestión, ya que el tráfico asignado tiene siempre prioridad sobre otro tráfico. Sin embargo, si no se configura ningún mecanismo, se utiliza por defecto a tail drop.
- Assured Forwarding (AF): Tiene cuatro clases y 3 tipos de descarte cada una, en total 12 valores posibles de Diffserv. El exceso de tráfico AF no se entrega con la misma probabilidad que el tráfico no

excedente lo que significa que puede ser degradado, pero no necesariamente descartado.

- Default Forwarding (DF): No realiza ninguna acción especial sobre los paquetes marcados de esta manera, se utiliza como best-effort, este tráfico será atendido después de los PHBs Expedited Forwarding (EF) y Assured Forwarding (AF).

Mientras que en DiffServ se definen catorce tipos de servicio (EF o Expedited Forwarding, BE o Best Effort y doce tipos AF o Assured Forwarding), el número de tipos de servicio se ve limitado a ocho al disponer de 3 bits del campo EXP, se ha decidido implementar dos AF (1 y 2) cada una con tres niveles de descarte (1, 2 y 3), un tipo EF y otro BE.

## 5.9 Establecimiento de LSPs

Como se ha comentado en apartados anteriores la integración de los dos modelos (MPLS y DiffServ) pretende conseguir que las redes dispongan de QoS sin necesidad de migrar a otras tecnologías como ATM, haciendo un paralelismo en MPLS, un circuito virtual ATM se le denomina LSP. MPLS emplea una etiqueta de tamaño fijo insertada en la cabecera de paquete.

El tráfico que proviene de una red de usuarios y quiere acceder al dominio DiffServ, tiene que pasar a través de un nodo frontera, un LSP queda determinado por el valor que tome la etiqueta en el nodo origen. Este nodo realiza los trabajos de clasificación de paquetes y de acondicionamiento de tráfico, es decir, identifican a que clase pertenece un paquete y se monitoriza si un determinado flujo de datos cumple con un acuerdo de servicio.

Cada nodo emplea la etiqueta de la cabecera del paquete como índice para encontrar el siguiente salto y la nueva etiqueta correspondiente. El paquete es enviado al siguiente salto después de que la etiqueta existente sea intercambiada con una nueva etiqueta para el siguiente salto, es decir, el camino que atraviesa el paquete a lo largo de la red es definido por las transiciones en los valores que toman las etiquetas. Hay dos métodos o tipo de LSP que se utilizan para transmitir información a los LSRs en la cabecera MPLS:

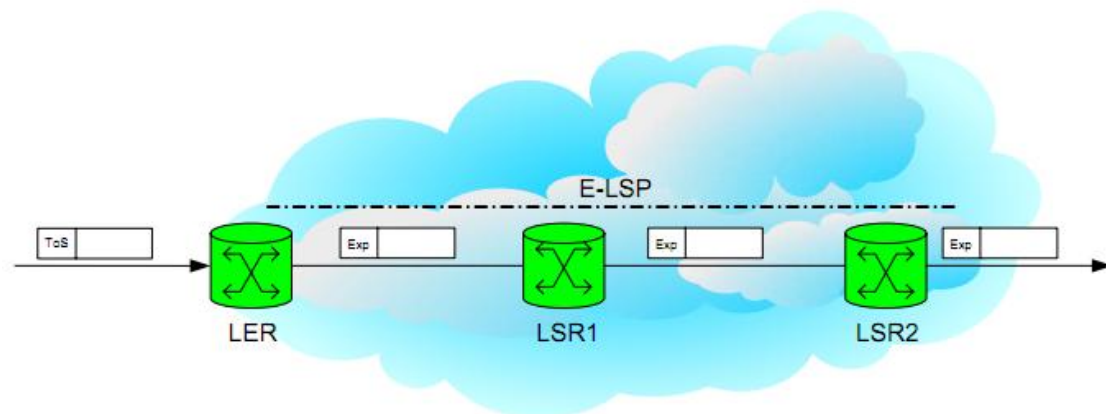


### EXP-Inferred-PSC LSP o E-LSP

Se define E-LSP [12] como un tipo de LSP que puede transportar simultáneamente múltiples clases de tráfico, se debe entender que los PHB se determinan a partir de los bits de Exp y no hay necesidad de una señalización adicional, como se profundizara en el capítulo siguiente.

El tamaño del campo EXP implica que un E-LSP puede transportar hasta ocho clases de servicios. Si la red cuenta con menos de 8 PHB, entonces los 3 bits del campo Exp son suficientes para que el LSR mantenga el mapeo de valores entre Exp y DSCPs de Diffserv.

En este caso, la etiqueta indica a un LSR a donde enviar los paquetes, y los bits Exp determinan el PHB que debe utilizarse para tratar el paquete. Las especificaciones no definen los valores recomendados para el campo EXP existentes PHBs DiffServ (EF, AF, CS por defecto).

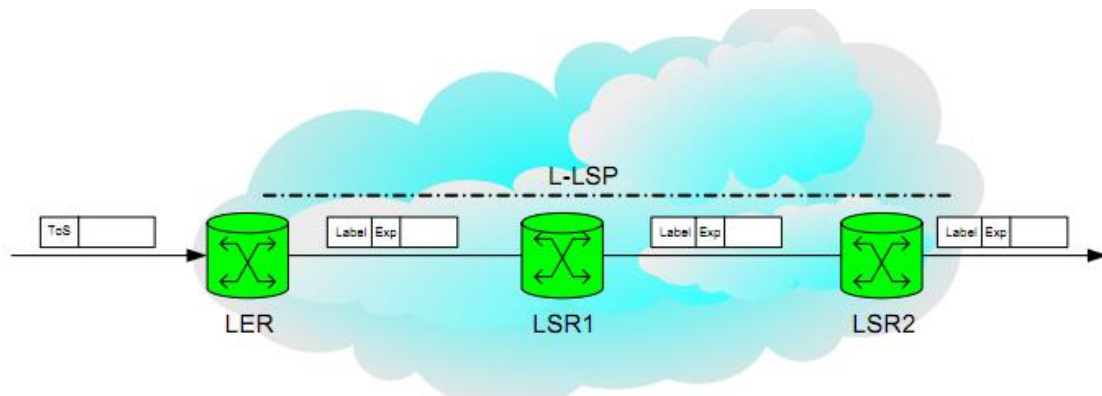


Campo Exp en tipo de ruta E-LSP

La figura siguiente ilustra una red que utiliza E-LSP:

- Hay dos E-LSP entre el nodo A y D.
- La red soporta tres clases: EF, AF1, AF2



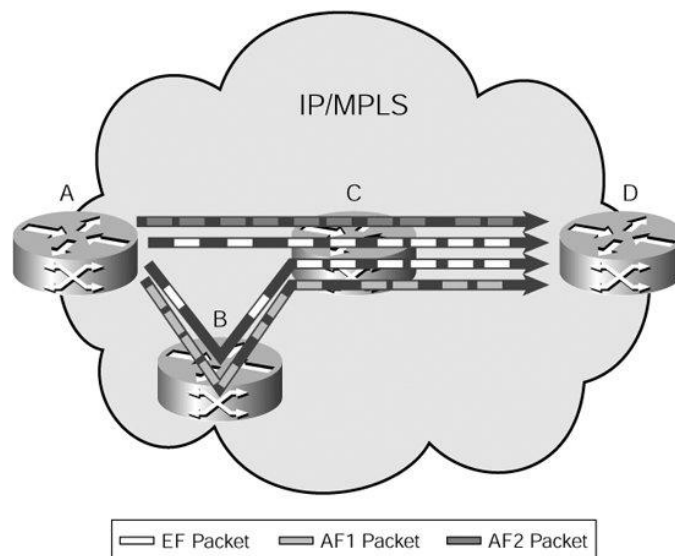


Campo Exp y Label en tipo de ruta L-LSP

La siguiente figura ilustra una red MPLS con L-LSP.

- Hay cuatro L-LSP entre el nodo A y D.
- La red soporta tres clases: EF, AF1, AF2

De arriba a abajo, el primer L-LSP lleva AF2, la segunda y la tercera transportan el tipo de tráfico EF, y último L-LSP lleva AF1 tráfico. El nodo A divide el tráfico EF en dos L-LSP. A pesar que el Nodo C identifica el tráfico EF utilizando las etiquetas MPLS, el nodo C enruta el tráfico EF sin consideración de que L-LSP procede el tráfico (es decir, el nodo no proporciona un PHB por L-LSP, pero sí por clase).



Ejemplo de L-LSP

Si se opta por L-LSPE, mediante esta estrategia, el tráfico que llega a un LSR puede ser asignado a diferentes colas de salida en función de su prioridad. Por otro lado, se pueden establecer múltiples LSPs en una misma ruta pero cada uno de ellos con distintas prestaciones y garantías.

<b>E-LSP</b>	<b>L-LSP</b>
Una o más clases por LSP	Una clase por LSP
PHB indicado en el campo EXP	PHB indicado en el Label y el campo EXP
Señalización opcional	Señalización necesaria

Tabla comparación entre E-LSP y L-LSP [11]

La mejor alternativa depende de los detalles del diseño de QoS. En particular, depende del número de clases, el tratamiento de los descartes y si se utilizan o no ATM-LSR, en cuyo caso L-LSP son la única opción. Para las implementaciones de MPLS que no utilizan ATM LSR, es el número de clases y el tratamiento de los descartes quien determina si se implantan E-LSP o L-LSP.

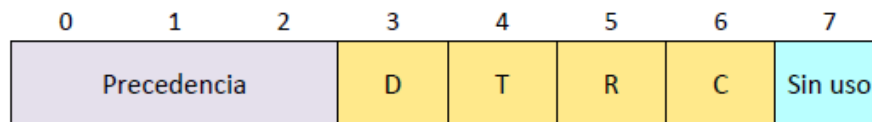
Los proveedores de servicios que están desplegando en la actualidad QoS están utilizando en su mayoría menos de 8 clases [22]. Los tres bits de los bits del campo EXP proporciona valores suficientes para la codificación de las clases y la reserva de algunos valores para el control de tráfico, en este caso, E-LSP satisface las necesidades. Sólo si es mayor los requisitos del número de clases o bien por tener un tratamiento especial de los descartes de paquetes AF tendría que L-LSP para LSRs que no son ATM-LSRs.

## 5.10 DiffServ en paquetes MPLS

Finalmente se ha optado por E-LSP, por los motivos anteriormente descritos, ya que 8 clases de servicio suelen ser más que suficiente. MPLS se adapta perfectamente a DiffServ, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la CoS o Clase de Servicio en el correspondiente LSP (Label Switched Path). De este modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico de acuerdo con la información contenida en los bits del campo EXP.

De manera que para especificar la clase de servicio a la que pertenece cada paquete se redefine la cabecera de MPLS para la especificación de la clase de servicio de Diffserv, las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder identificar la clase de servicio CoS de un determinado tráfico en el correspondiente LSP [7]. Dentro de la cabecera del paquete IP existe un campo denominado ToS o Type of Service, formado de 8 bits

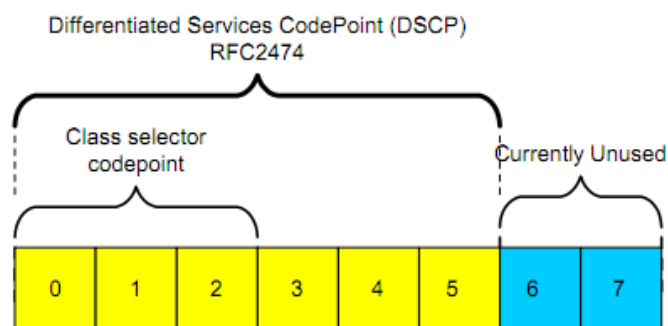
cuya función es indicar la importancia del paquete. EXP se hereda de ese campo ToS de la cabecera IP, rebautizado en DiffServ como el octeto DS o Differentiated Services field.



Estructura del campo TOS

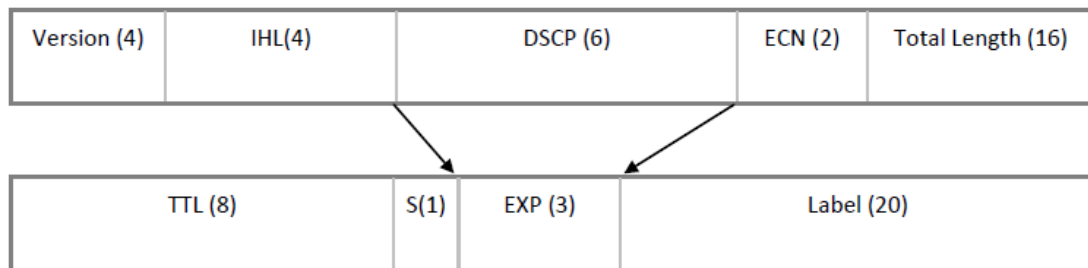
Los 3 primeros bits del campo ToS (Type of Service) de la cabecera IP, se denominan "Precedencia" usado para asignar un nivel de prioridad al datagrama IP. Se tendrían con estos tres bits ocho niveles, pero los dos valores máximos están reservados para la utilización interna de la red, teniendo disponible seis Clases de Servicios. Los bits D (Delay), T (Throughput), R (Reliability) y C (Cost) fueron creados para especificar el retardo, flujo de salida, fiabilidad y requisitos de coste, actualmente en el modelo DiffServ determinan las características del servicio.

Dentro del campo DS los seis primeros bits se denominan DSCP (DiffServ Code Point) mientras que los dos últimos bits están reservados. Con los otros 6 bits restantes es posible obtener 64 combinaciones o posibles tipos de servicios.

**Differentiated Services field**

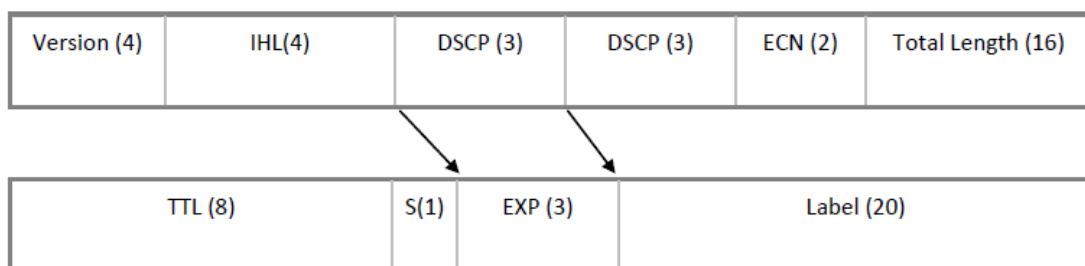
Detalle del campo DSCP

El modelo Diffserv utiliza la cabecera IP [11] que dispone de 6 bits destinados al DSCP para clasificar los distintos paquetes, pero la cabecera MPLS solo dispone de 3 bits de EXP, por lo que un paquete puede pertenecer a una de las 8 clases posibles. Por lo tanto se tendrán que mapear las distintas 64 clases en las 8 Per-Hop Behaviors (PHBs) que permite MPLS, este hecho no suele ser un problema.



Correspondencia entre campos DSCP y Exp

Por defecto, cuando un paquete llega a la red, el router MPLS de ingreso encapsula el paquete IP con su etiqueta correspondiente y rellena el campo EXP con los 3 primeros bits del campo DSCP, los 3 bits más significativos. Luego, cuando el paquete MPLS viaja por la red, se va copiando el valor del campo EXP en la etiqueta más externa de la Pila de Etiquetas. Así pues, el mapeo que se realizará será el siguiente:



Transito del campo Exp por la red MPLS

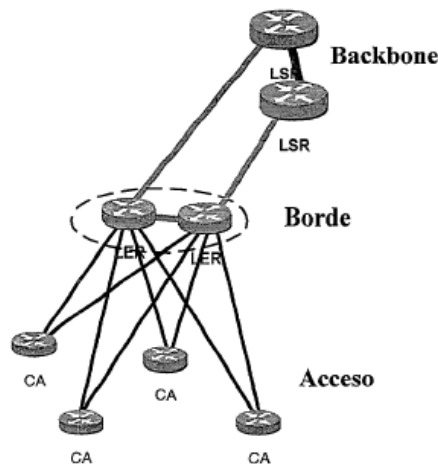
Cabe destacar, que paquetes con distintos DSCP, pero con los 3 primeros bits de este iguales, tendrán el mismo valor de EXP, y por lo tanto serán tratados de igual forma por la red MPLS.

Para que esto no ocurra, se define un PHB para que modifique el valor del EXP en función de todo el valor del campo DSCP (6 bits). Entonces, cuando un paquete llegue a una red MPLS, el PHB asignará un valor preestablecido al campo EXP del nuevo paquete MPLS, y otro PHB podrá actuar para ese valor de EXP.

Los valores definidos para los DSCP no tendrán efecto dentro de una red MPLS, ya que la ventaja de esta red es que no revisa los valores del paquete IPs, consiguiendo de esta manera aumentar su rapidez de enrutamiento, solo mira los valores de las etiquetas MPLS

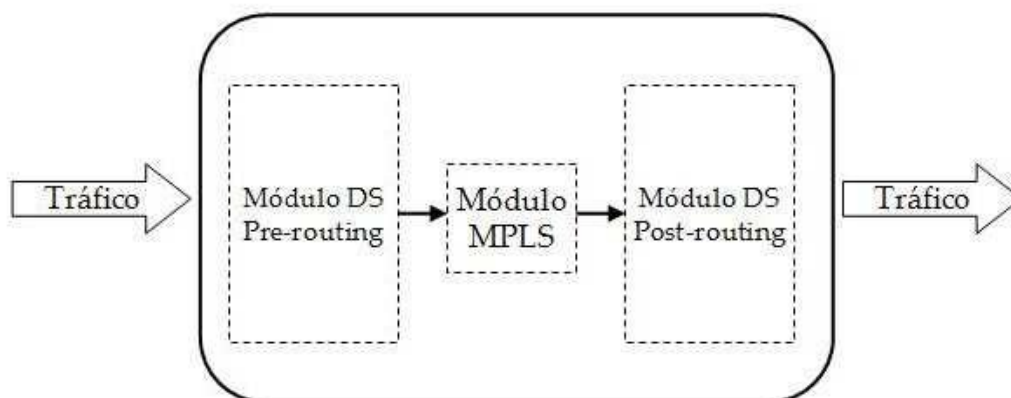
### 5.11 Estructura de los nodos

La topología utiliza una estructura jerárquica de tres niveles, donde los LSR ocupan el nivel jerárquico superior, conmutando el tráfico MPLS en el núcleo de la red. Los LER corresponden al nivel intermedio, comunicando los puntos de acceso o centros de acceso (CA) con el núcleo de la red. Los centros de acceso concentran el tráfico de los equipos de acceso del usuario final, esta estructura es independiente de la red de acceso.



Estructura de los nodo en la red MPLS/DiffServ

El tráfico que proviene de una red de usuarios o CA y quiere acceder al dominio DiffServ, tiene que pasar a través de un nodo frontera o LER. Este nodo realiza los trabajos de clasificación de paquetes y de acondicionamiento de tráfico, es decir, identifican a que clase pertenece un paquete y se monitoriza si un determinado flujo de datos cumple con un acuerdo de servicio. La estructura básica de un nodo [12] en la nueva arquitectura será la siguiente:



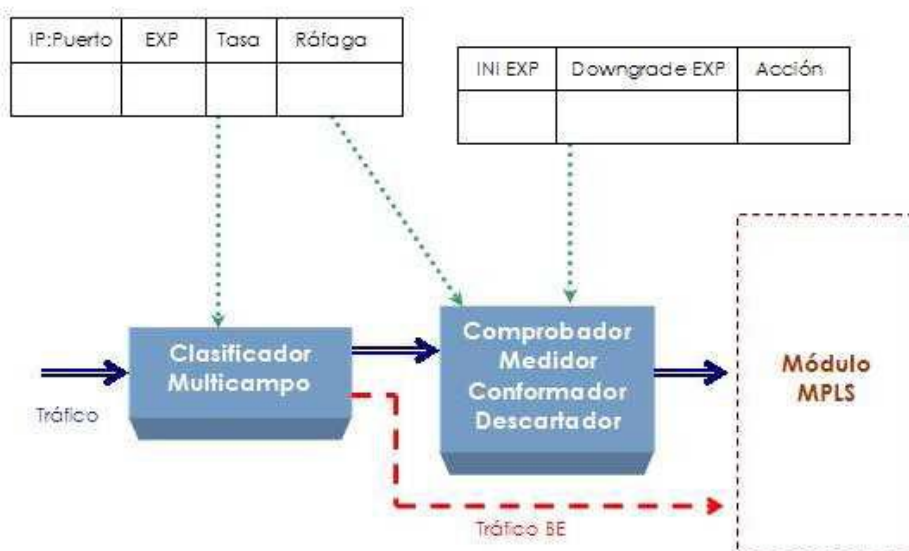
## Estructura funcional de un nodo LER

Los Label Edge Router o LER del nuevo dominio, realizan una discriminación del tráfico en clases de servicio mediante los módulos de pre-routing y post-routing, que se encuentran a la entrada y a la salida del router respectivamente.

Los LSR sólo necesitan el módulo postrouting (además del módulo MPLS, por supuesto) lo que disminuye la complejidad en el núcleo de la red y por lo tanto, aumenta su escalabilidad, siendo coherente este punto con DiffServ.

## Módulo DiffServ Pre-routing

Este módulo sólo se encuentra en los LERs, clasifica los paquetes, los marca y realiza las correspondientes funciones de acondicionado. La figura siguiente muestra el módulo de pre-routing, donde pueden distinguirse los distintos componentes funcionales, así como las tablas de información y estado (perfiles y PHB) que usa. El cuadro punteado corresponde al módulo siguiente, el de MPLS a donde son reenviados todos los paquetes para la siguiente fase de proceso.



Componentes del módulo de pre-routing

## Módulo MPLS

Realiza las funciones de routing propias de MPLS, etiquetando previamente el paquete si se trata de un LER. En este bloque se traduce directamente el campo DSCP (DiffServ CodePoint) de IP a EXP de MPLS.



Además se realizan las tareas propias de routing de MPLS que harán que un paquete se inserte en un determinado módulo DiffServ post-routing u otro dependiendo de su interfaz de salida.

#### Módulo DiffServ Post-routing

El módulo MPLS dirige los paquetes a su interfaz de salida correspondiente. En cada interfaz se encuentra este módulo DS (figura siguiente), que primero realiza una clasificación por agregados de comportamiento (clasificador EXP) e inserta el paquete en la subcola adecuada, que se gestionan mediante un planificador DWRR (Deficit Weighted Round Robin).



Modulo DS clasificacion por valor de EXP

Con respecto a la elección del algoritmo de planificación de colas, el principal requerimiento a la hora de elegirlo para DiffServ es que sea capaz de discriminar distintos tipos de tráfico. La política propuesta es DWRR, debido a que:

- Considera los flujos de paquetes de longitud variable
- Su complejidad algorítmica es baja
- Protege a los flujos dentro de una clase de otros flujos con mal comportamiento que puedan existir en el resto de las clases
- Se encuentra implementado en multitud de routers reales.

En cuanto al tipo de colas que se van a usar, todas serán de tipo FIFO, aunque se utilizarán las siguientes políticas de descarte para cada cola:

- Para la cola EF se utilizará una política simple de Tail Drop, sería suficiente ya que dado que es el servicio que a priori, será el más minoritario y su prioridad es la mayor, no se esperan situaciones de congestión.

- Las colas AF serán reguladas mediante el algoritmo WRED (Weighted Random Early Detection) para proporcionar un mecanismo de descarte RED (Random Early Detection) en base a los diferentes subservicios AF con sus diferentes precedencias de descarte.
- El tráfico BE se regulará mediante el algoritmo RED.

## 5.12 Necesidad de un modelo de calidad de servicio

La estrategia de QoS de las redes tradicionales, basada en best-effort, es apropiada para los primeros servicios de Internet como el correo electrónico, telnet o web, que en general son muy tolerantes en términos de parámetros de red como ancho de banda disponible, retardo o jitter. Sin embargo, como las nuevas redes convergentes tienen que ofrecer servicios en tiempo real, como video llamada de telefonía, o nuevas aplicaciones multiusuario y multimedia altamente interactivo, como el trabajo colaborativo o aplicaciones de juegos en línea, las anteriores estrategias de QoS ya no son válidas para aprovechar los recursos de la red y para aportar al usuario QoE.

La especificación IMS permite a los operadores diferenciar sus servicios en el mercado, así como personalizarlos para satisfacer las necesidades específicas de los usuarios, proporcionando una especificación flexible que no obligue al operador a ceñirse a una determinada tecnología de QoS. La elección del modelo QoS es todavía un tema abierto en el 3GPP.

Algunos documentos técnicos más recientes en este aspecto identifican las tecnologías candidatas para proporcionar calidad de servicio extremo a extremo en la red IMS. Estas tecnologías incluyen los protocolos de control de acceso como COPS (Servidor de Políticas Comunes Open) y DIAMETER, protocolos de señalización como RSVP (Resource Reservation Protocol) y el reciente NSIS (Next Step in Signalling), y los mecanismos de IntServ DiffServ, MPLS (Multiprotocolo Label Switching) de ingeniería de tráfico o las soluciones basadas en DiffServ sobre MPLS. Sin embargo, la versatilidad del protocolo NSIS podría cambiar la tendencia.

Las especificaciones actuales se centran en la definición de los requisitos de calidad de servicio, así como la identificación de las funciones y protocolos de QoS tanto para el usuario como para los planos de control. Esta amplia gama de soluciones de QoS proporciona la flexibilidad a los operadores para que puedan elegir la solución más adecuada de acuerdo a sus necesidades particulares para su dominio IMS, que será potencialmente diferente en cada uno de ellos.

Esta flexibilidad de soluciones QoS produce una heterogeneidad tecnológica que no ayuda en entornos convergentes con múltiples accesos, operadores de transporte y proveedores de servicios, realmente existe una la necesidad vital de interoperabilidad entre todas las partes.

El logro de calidad de servicio entre dominios es todo un desafío práctico, ya que hay dos posibles heterogeneidades entre los dominios. Una tecnológica, que impide la interoperabilidad de diferentes dominios debido a la aplicación de distintos protocolos de calidad de servicio. Y de carácter administrativo, que impide la interoperabilidad de los dominios debido a que tengan diferentes SLA en cada red para el mismo servicio, lo que probablemente requerirá el desarrollo de los intermediarios (gateways QoS) para convertir los protocolos de calidad de servicio entre los dominios.

### **5.13 Justificación del modelo Diffserv sobre MPLS**

La próxima generación de redes de nueva generación o NGN se concibe como una nube de servicios geográfica y tecnológicamente dispersa, independiente de la ubicación, y con alto grado de seguridad y calidad de servicio QoS de extremo a extremo. La elección del modelo o combinación de modelos para conseguir los requisitos de QoS adecuada es uno de los desafíos, con ello se pretende mejorar la fiabilidad y disponibilidad de las redes IP, ya que las actuales redes IP actuales han sido diseñadas para tráfico best-effort, lo que implica que no se ofrecen garantías para el flujo de datos / agregado.

Mi elección respecto la política de QoS, coincide con la tendencia actual, considero adecuada implementar en las redes de nueva generación NGN es una combinación de técnicas DiffServ junto con técnicas MPLS, adquiriendo lo necesario para nuestros propósitos de cada una de las tecnologías.

La solución elegida pretende garantizar de calidad de servicio para servicios en tiempo real multimedia, uniéndose la simplicidad de DiffServ para el control de flujos de la tecnología MPLS, evitando así los problemas de escalabilidad que presenta la tecnología IntServ. Con el fin de lograr este reto, los operadores de red migrado de tecnología, de ATM hacia Multi-Protocol Label Switching (MPLS), principalmente debido a las dificultades que ATM muestra en la gran gestión de red, escalabilidad y la integración con IP.

### Multi-Protocol Labeling Switching o MPLS

MPLS urge del esfuerzo de llevar las características de los circuitos virtuales al mundo IP. Proporciona una administración del ancho de banda a través del control del enrutamiento empleando para ello las etiquetas que se encuentran encapsuladas en la cabecera de los paquetes.

Actualmente, MPLS se considera una de las tecnologías mejor considerada para realizar la convergencia de servicios de red para voz, vídeo y datos. Una de las razones principales es la funcionalidad que ofrece de ingeniería de tráfico, diferenciación de los servicios en diferentes clases de servicio (CoS), la priorización del tráfico, rápida recuperación en caso de fallo de red, redundancia de rutas y la optimización de recursos.

El IETF define el protocolo MPLS con dos objetivos principales [21]:

- Label Switching (conmutación de etiquetas): Para permitir un enrutamiento rápido de paquetes IP mediante la sustitución de la función de enrutamiento de una función de conmutación mucho más rápido. Esto es posible gracias a la sustitución de las tablas tradicionales de enrutamiento por matrices de conmutación mucho más pequeñas.
- Multiprotocolo es capaz de soportar los diferentes protocolos de nivel inferior, con la dirección OSI (ATM, Frame Relay...). Para facilitar la ingeniería de redes, proporcionando a los operadores el control de la ruta de los datos, esto es muy complejo, con los protocolos tradicionales de enrutamiento como OSPF.

El IMS utiliza este protocolo, ya que MPLS fue concebido para proporcionar un servicio integral de transporte de datos de los clientes mediante el uso de una técnica de conmutación de etiqueta. MPLS puede ser utilizado para el transporte de prácticamente cualquier tipo de tráfico,

por ejemplo, la voz o los paquetes IP en el nivel de la capa de transporte de la NGN multimedia (IMS). La tecnología MPLS es la clave con la evolución de redes privadas virtuales (VPN) y la calidad de servicio (QoS), permitiendo el uso eficaz de las redes existentes para satisfacer el crecimiento futuro y la corrección rápida en caso de fallo de los nodos o la conexión.

Sin embargo, con el fin de apoyar la tendencia hacia la universalización de la red de transporte IP, son necesarios nuevos mecanismos como Diffserv para asegurar la calidad de servicio.

### *Differentiated Services* o DiffServ

Se propuso por el IETF como una solución escalable de QoS para Internet de nueva generación. Mediante Diffserv se desarrollan métodos para suministrar diferentes niveles de servicio para el tráfico. DiffServ fija el número de posibles clases de servicio, siendo por tanto independiente del número de flujos o usuarios existentes y de una complejidad constante. Además otorga los recursos a un número pequeño de clases que agrupan varios flujos en lugar de flujos individuales.

A fin de garantizar las peticiones de los usuarios y aprovechar al máximo la utilización de la red, es fundamental un buen control y gestión de DiffServ/ MPLS. Internet Engineering Task Force (IETF) definió dos arquitecturas de QoS para redes IP: Servicios Integrados (IntServ) y servicios diferenciados (DiffServ).

En la actualidad la mayoría de los esfuerzos se centran en DiffServ ya que presenta mejores características en cuanto a la flexibilidad, escalabilidad, robustez. DiffServ es capaz de proporcionar diferenciación de servicios con un determinado grado de calidad de servicio, mejorando ampliamente los logros de IntServ.

Como parte del control de QoS, el marcado y clasificación de los paquetes, usando DiffServ, cumplen un rol crucial. El marcado de paquetes determina qué tipo de colas y caminos de QoS deberá atravesar el tráfico. La P-CSCF indica a la capa de transporte la clase de QoS requerida para cada una de los flujos de media.

La utilización de los sistemas de diferenciación de servicios en diferentes clases permite que el tráfico sea tratado por separado en un determinado número de flujos, para su marcado correspondiente de acuerdo a sus

características, a fin de que estos flujos pueden ser identificados (tipo de servicio, tipo de aplicación) y tratados mediante un enrutamiento más preciso y un tratamiento diferenciado. Permite un mejor aprovechamiento de los recursos de red con el fin de garantizar la calidad de servicio requerida por las aplicaciones o servicios.

### 5.14 Ventajas e inconvenientes del modelo

Por lo tanto, hay una necesidad de mejorar las funcionalidades que ofrece MPLS a la red mediante el aporte de los mecanismos de DiffServ. Con la elección de Diffserv/MPLS se pretende aumentar la garantía de calidad de servicio en la red IP, es decir, servicios diferenciados, reserva de ancho de banda, la ingeniería de tráfico, rápido encaminamiento de los paquetes, rápido reenrutamiento en caso de fallo y VPN (Virtual Private Network). Se pueden identificar similitudes [11] entre los dos protocolos:

- Ambos enfoques aplican la complejidad en los nodos frontera de la red. Esta propiedad ayuda a la escalabilidad y hace que estas arquitecturas sean adecuadas para redes backbone.
- Ambas tecnologías usan etiquetas de un pequeño tamaño para implementar QoS.

Mediante la política de QoS se obtienen ventajas, la primera de ellas es que el operador tiene una estimación acerca de cuántos usuarios están consumiendo ancho de banda por clase. Esto permite al operador ajustar el ancho de banda no utilizado en los nodos de red puede ser utilizado por otros CoS para realizar over-booking de sub-grupos ya asignados que no están siendo utilizados como por ejemplo, por tráfico marcado como Best Effort.

Gracias a las características de MPLS Traffic Engineering y la integración con DiffServ se consigue simplificar el despliegue en lo referente a la gestión del ancho de banda, enrutamiento y el envío de adyacencia de los nodos, mejorando en la escalabilidad de protocolos como RSVP

Con la implantación de estas políticas de QoS los operadores de redes NGN, ante las solicitudes de los servicios no necesita configurar los nodos de la red para adaptarlos a las necesidades requeridas, por el contrario realiza un seguimiento de los recursos que están siendo tomados en préstamo por cada CoS. Así, los recursos de red

incrementan su tasa de ocupación, y el operador es capaz de obtener un mayor rendimiento general de la red.

Por desgracia, DiffServ también tiene algunas desventajas. Por un lado, al utilizar un modelo DiffServ sobre un dominio IP, es difícil saber cuál es la el delay exacto extremo a extremo. Por otro lado, DiffServ no asegura el 100% de capacidad esperada a una clase de servicio en particular, ya que no hace una reserva de los recursos.

Otra desventaja de este sistema es que, si aumenta el tamaño de la red, aumenta la complejidad de mantener un registro de toda clase de servicio en todos los nodos.

## 5.15 Clases de servicio en IMS

Los LSPs con DiffServ serán establecidos por el proveedor de la red en función de los requerimientos de los servicios contratados, en función de la demanda, los costes y de la estabilidad red. Los flujos de tráfico de cada servicio se agregan en el LSP adecuado para hacer frente al impacto de factores como la larga distancia y medios compartidos en la red de transporte después del establecimiento de las comunicaciones. Cada clase representa diferentes tratamientos de QoS en el núcleo de la red como se ha visto anteriormente.

IMS hace distinción entre las diferentes clases de QoS, TISPAN y 3GPP recomiendan cuatro clases de QoS para el transporte por la red: Conversational, Streaming, Interactive y Background.

- Los servicios correspondientes a la clase Conversational son del tipo VBR (variable bitrate), sensibles al retardo (delay), al jitter y a la pérdida de paquetes. Como ejemplo, podemos citar a los servicios de VoIP y las Comunicaciones de Video.
- Los servicios pertenecientes a la clase Streaming son del tipo VBR, son tolerantes al delay y al jitter pero son altamente sensibles a la pérdida de paquetes. Como ejemplo podemos citar al Push to Talk y Push to Video.
- Los servicios de la clase Interactive son del tipo VBR, sensibles al delay y su variación, pero tolerantes en cuanto a la pérdida de paquetes. Un ejemplo de servicio es el Whiteboard Collaboration.

- Por último, los servicios correspondientes a la clase Background no son sensibles al delay ni al jitter y son tolerantes frente a la pérdida de paquetes. Como ejemplo, podemos citar al Instant Messaging y al Chat.

Clase de QoS	Límite	Tipo de Tráfico
Clase 0	Retardo < 100ms	Conversacional
	Variación del retardo < 50ms	
	Perdida de Paquetes < 10 <sup>-3</sup>	
	Perdida de Paquetes < 10 <sup>-4</sup>	
Clase 1	Retardo < 400ms	Streaming
	Variación del retardo < 50ms	
	Perdida de Paquete < 10 <sup>-3</sup>	
	Perdida de Paquetes < 10 <sup>-4</sup>	
Clase 2	Retardo < 100ms	Interactivo
	Perdida de Paquete < 10 <sup>-3</sup>	
	Perdida de Paquetes < 10 <sup>-4</sup>	
Clase 3	Retardo < 400ms	
	Perdida de Paquete < 10 <sup>-3</sup>	
	Perdida de Paquetes < 10 <sup>-4</sup>	
Clase 4	Retardo < 1s	
	Perdida de Paquete < 10 <sup>-3</sup>	
	Perdida de Paquetes < 10 <sup>-4</sup>	
Clase 5	Best Effort	Background

Tabla relación entre Clases y Tipo de Tráfico

En la práctica, la implementación de las clases de QoS puede ser diferente, dependiendo del despliegue de la red y de los servicios IMS que sean ofrecidos. Es importante destacar que los requerimientos de QoS que están señalados al nivel de IMS, deben ser reflejados al nivel del transporte para poder garantizar el correcto funcionamiento de los servicios.



Cada uno de los servicios necesitan recibir un tratamiento diferente al nivel de transporte, especialmente en términos de delay, jitter y de pérdida de paquetes. Deberá por lo tanto, existir una traslación apropiada entre los requerimientos de QoS al nivel de IMS y las clases de QoS al nivel del transporte.

Servicio	Límite superior de parámetros de calidad			Clase de QoS	Tipo de trafico
	Retardo	Variación del Retado	Perdida de paquetes		
Audio Digital					
Telefonía	100ms	50ms	1x10-3	0	Conversacional
Difusión de audio	400ms	50ms	1x10-3	1	Streaming
Audio bajo demanda				1	Streaming
Video Digital					
Difusión de video	400ms	50ms	1x10-3	1	Streaming
Video bajo demanda	400ms	50ms	1x10-3	1	Streaming
Datos básico					
Difusión de datos	400ms	Sin definir	1x10-3	2 y 4	Interactivo
Navegación	400ms	Sin definir	1x10-3	2 y 4	Interactivo
Transferencia de ficheros	400ms	Sin definir	1x10-3	2 y 4	Interactivo
Datos básico					
Juegos online	100ms	Sin definir	1x10-3	2	Interactivo

Clasificación de servicios para evaluar la QoS en una NGN

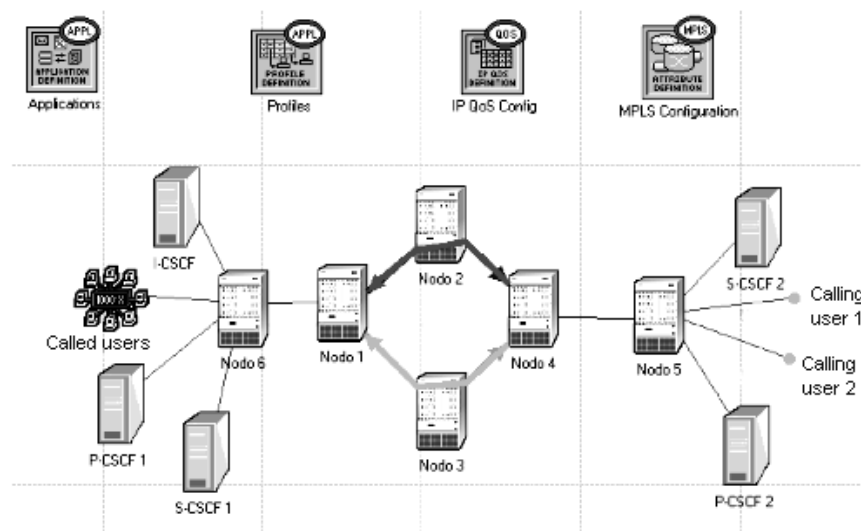
## 5.16 Resultado y ejemplos

La red IMS como ejemplo de red de nueva generación o NGN es probablemente la arquitectura que tomara el relevo de las redes de comunicaciones actuales, tanto para servicios de voz como para servicios multimedia ya que unirá estos dos conceptos en una única red de telecomunicaciones

En vista a los casos de estudio junto a sus prototipos, el objetivo propuesto es realizable y asequible. Muchos de los temas de investigación están aún en curso, en el futuro, se centrará en la planificación y asignación de recursos dinámicos sobre la base del marco DiffServ/MPLS. Creo que la propuesta de proporcionar calidad de servicio en las redes IMS utilizando DiffServ/MPLS es una buena solución para el desarrollo de servicios multimedia

Hay numerosos estudios que simulan escenarios de prueba de entornos IMS donde se aplican QoS mediante tecnologías como Diffserv sobre MPLS, sirva como ejemplo el siguiente realizado por la UPM [15]. Han desarrollado un modelo de simulación SIP-IMS para Modeler. El SIP-IMS modelo cuenta con:

- La plena aplicación del mecanismo de establecimiento IMS sesión, incluyendo los tres tipos de intermediarios SIP-IMS (S-CSCF, P-CSCF, I-CSCF), el cliente de agente de usuario (UAC), el servidor (UAS), los procesos de multidominio y móviles de apoyo.
- Redundancia de apoyo a los intermediarios SIP.
- El proceso demora de control para cada mensaje de SIP en los intermediarios.
- Control del delay de las consultas a HSS (las consultas a la HSS están modeladas como un retraso).



Topología de red del ejemplo

El gráfico siguiente muestra el retardo promedio y la variación del retardo de los paquetes de voz en una sesión, en función del mecanismo de QoS elegido en una red de alto volumen de tráfico.

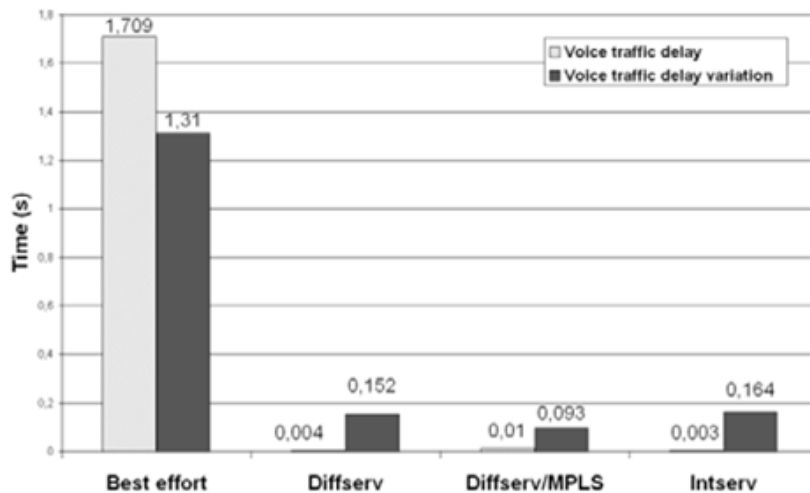


Grafico de resultados del modelo de simulación

Como se observa es el modelo que mejor resultado se obtiene de todos los simulados. Además, a diferencia de best-effort que usa el mecanismo de enrutamiento del camino más corto, los enrutamiento de flujos multimedia puede ser controlado por el proveedor de servicios multimedia.

Con el modelo elegido se pretende aumentar la garantía de calidad de servicio en redes IP, proporcionando calidad de servicio en redes IMS mediante DiffServ/MPLS. A causa de DiffServ y tecnologías MPLS para redes IP, los problemas de calidad de servicio en las actuales redes IP debido a la larga distancia de las comunicaciones se verán mejoradas sustancialmente.



## 6. Conclusiones

Este proyecto consiste en un estudio de documentación el cual tiene como objetivo ofrecer una visión global y genérica del estado actual de las redes de Nueva Generación o NGN, identificar motivos que promueven la migración hacia este tipo de redes y analizar las diferentes vías de investigación que se están siguiendo para solventar los retos que proponen, profundizando en las tecnologías y protocolos que utilizan.

La inminente convergencia entre los sistemas fijos y móviles, hacia un mundo All IP, empuja a los operadores de telecomunicaciones a actualizar sus redes con el fin de ofrecer servicios convergentes (triple play), con esperanzas que su apuesta tenga una repercusión significativa en la productividad y rentabilidad de las redes basado en IP.

El modelo de NGN, basado en el concepto de cliente-servidor, pretende definir un entorno común para las arquitecturas de todos los servicios, donde tanto los servicios actuales como los futuros puedan crecer aprovechando al máximo las capacidades de una red, la cual debe ser transparente para los servicios y aplicaciones.

Esta convergencia tecnológica tiene que desembocar en un escenario final donde se dispondrá de una única infraestructura de red multiservicio que integre todo tipo de flujos de tráfico (voz, vídeo y datos) con calidad de servicio y seguridad, donde sea de vital importancia que las NGN sean compatibles con las redes actuales sin dejar de ofrecer sus servicios y reduciendo sus costes.

Con la adopción de un modelo como IMS, las redes NGN serán entornos donde se permita entregar nuevos servicios de red avanzados de forma personalizada a cualquier tipo de usuario, con independencia del terminal que utilice para conectarse, con la calidad requerida y con independencia de su ubicación.

El modelo de red elegida está basada en IP Multimedia Subsystem o IMS propuesta por el 3GPP, se trata de un concepto que forma parte de la arquitectura de las redes de próxima generación, IMS se posiciona indudablemente como la red multiservicio del futuro, esta estandarización del núcleo de red permite la interacción entre redes, aplicaciones y servicios, haciendo posible la convergencia en sus muchas formas.

Cumple con uno de los requisitos iniciales de las NGN ya que pretende integrar todos los servicios IP disponibles, y permitir la interacción de diversas redes heterogéneas, manteniendo los servicios heredados de las redes actuales, mientras que ofrece una arquitectura abierta y dinámica que facilite la capacidad de ofrecer nuevos servicios IP.

En esta etapa de instauración de IMS, es importante poder diferenciarse ofreciendo aplicaciones novedosas, la estructura de negocio que plantea IMS potencia su implantación y la creación de nuevos servicios. El esquema de red de tres capas potencia el desarrollo de la industria, enfatizando la capa de aplicación, lo cual permite que los proveedores de servicios se incorporen sin la necesidad de desarrollar una arquitectura de red completa para proveer su servicio. De esta manera se pretende generar novedosas fuentes de ingresos que no son posibles económicamente con la tecnología actual. IMS representa un esfuerzo para regular el crecimiento y desarrollo del concepto NGN, IMS debe desarrollarse considerando todos los problemas de escalabilidad.

IMS se compone de diversos servidores que se comunican entre sí intercambiando mensajes del protocolo de inicio de sesión SIP, desde el P-CSCF, al que se conecta un usuario con su terminal IMS, a los servidores de aplicación. SIP es el protocolo que posibilita el desarrollo de las comunicaciones multimedia sobre IP, permite entre otras cosas crear y controlar las comunicaciones multimedia de una manera sencilla, flexible y robusta. SIP es un protocolo se perfila como la repuesta futura un escenario basado en redes y servicios IP.

Se considera imprescindible incorporar junto a la arquitectura IMS un modelo de calidad de servicio en la red NGN, para satisfacer las necesidades de ancho de banda, retardo, jitter y pérdida de paquetes que requieren los servicios multimedia de nueva generación. Permite reutilizar la misma infraestructura para una variedad de aplicaciones, ya que IMS proporciona las funciones requeridas para dar soporte a tales exigencias.

Se ha analizado las soluciones para obtener diferenciación y priorización del tráfico en las redes de Nueva Generación, se ha optado por la utilización de la tecnología MPLS, tecnología que sigue representando el futuro de las redes de transporte. Su condición de multiprotocolo y su capacidad para dotar a nuestra red de QoS lo convierten en el mejor

sistema para cumplir con los factores de calidad y para conseguir la mejor eficiencia de una red.

Se ha presentado en detalle la estructura básica de una red MPLS, su arquitectura y el funcionamiento del protocolo MPLS, entre principales ventajas que proporciona MPLS y que garantizan el rendimiento de la red destacan:

- Ingeniería de tráfico: cuyo objetivo es optimizar los recursos de la red, encaminando el tráfico dinámicamente ante una situación de congestión de la red.
- Clases de servicio: que permiten diferenciar entre diferentes tipos de tráfico de datos y otorgarles tratamientos distintos.
- Etiquetado de paquetes IP: que permite la transmisión y encaminamiento de la información mucho más rápida y sencilla, que simplifican y aceleran la tarea de los LSRs respecto al routing IP tradicional.

Asimismo se ha estudiado como implementar mecanismos de calidad de servicio para complementar las aportaciones de MPLS y así ofrecer los mecanismos básicos que aporten diferentes políticas en función de las necesidades de los servicios. El soporte de QoS en la red de acceso a una red de banda ancha multiservicio debe ser un elemento clave a la hora de proveer QoS extremo a extremo a los usuarios residenciales.

Entre las diferentes técnicas se ha optado por Diffserv, la cual pretende ser una solución que incluya toda la red, desde los nodos centrales hasta la conexión de los usuarios finales. Estudios recientes acerca de los modelos de QoS existentes, tienen a DiffServ como el ejemplo adecuado para la provisión de servicios diferenciados en la red del operador, presenta mejores características de escalabilidad que el mecanismo Intserv al no reservar recursos a lo largo de la ruta. La tecnología Diffserv se encuentra en una fase de desarrollo suficiente para plantear su implantación a gran escala.

Se ha podido comprobar el correcto funcionamiento de la técnica de marcado de tráfico DiffServ, trasladando la información a los LSPs de MPLS para dotar a la red de calidad de servicio, ampliando las posibilidades para la obtención del tratamiento deseado en cada flujo de

tráfico y concluyendo la correcta configuración de las clases y políticas de QoS.

La funcionalidad que aporta el modelo DiffServ sobre MPLS puede permitir el despliegue definitivo de determinados servicios con ciertos requisitos de calidad de servicio, de igual forma se han planteado las limitaciones asociadas al modelo Diffserv y se han identificado servicios que aprovecharán los beneficios. Se concluye que las funciones relacionadas con el servicio son independientes de las tecnologías de transporte.





## 7. Anexos

### Protocolo de Inicio de Sesiones o SIP

#### Introducción a Session Initiation Protocol

El protocolo SIP o Protocolo de Inicialización de Sesiones, RFC 3261 fue publicada en junio de 2002 y sustituye a la antigua RFC 2543, que data de marzo de 1999. Es un protocolo de inicio de sesión creado por el grupo IETF con el fin de crear el estándar para el inicio, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario, donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos online y realidad virtual; es independiente de los protocolos de las capas inferiores por lo que puede usarse sobre TCP, UDP, IP y ATM.

El protocolo SIP fue aceptado por 3GPP (foro 3rd Generation Partnership Project) como protocolo base y elemento permanente de la arquitectura IMS para el control de sesión y el control de servicio.

SIP es un protocolo de señalización a nivel de aplicación, utiliza el modelo cliente-servidor, ha sido concebido para transmitir mensajes de señalización cortos con el fin de establecer, mantener y liberar sesiones de comunicación multimedia entre usuarios. SIP puede ser usado para iniciar sesiones de voz, video y multimedia para aplicaciones interactivas (llamada de un teléfono IP o una videoconferencia) y no interactivas (video streaming).

Se trata de un protocolo de control de llamada y no de control del medio, es decir, no es un protocolo que haga reserva de recursos, y en consecuencia, no puede asegurar la calidad de servicio.

Una vez la sesión establecida, los participantes de la sesión intercambian directamente su tráfico audio/video a través de otros protocolos. La comunicación entre dispositivos multimedia es posible gracias a otros dos protocolos como son RTP/RTCP y SDP. A grandes rasgos el protocolo RTP se usa para transportar los datos de voz en tiempo real y el protocolo SDP se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc.

Se basa en mensajes de petición y respuesta y hereda de ciertas funcionalidades de estándares anteriores como HTTP y SMTP:

- HTTP (Hyper Text Transport Protocol): la mayor parte de los códigos de respuesta SIP han sido tomados del protocolo http. SIP se apoya sobre un modelo transaccional cliente/servidor como http. Los mensajes se agrupan en transacciones y llamadas. Generalmente, el cuerpo de los mensajes contiene descripciones de sesiones multimedia y los códigos de respuesta similares a los de HTTP. La localización de usuarios está basada en el DNS y posee cabeceras como método de ampliación.
- SMTP (Simple Mail Transport Protocol): el direccionamiento utiliza el concepto Uniform Resource Locator o URL SIP parecido a una dirección E-mail. Cada participante en una red SIP es entonces alcanzable vía una dirección, por medio de una URL SIP.

La principal ventaja de SIP es su simplicidad, lo cual lo hace fácilmente expandible, flexible y le proporciona gran capacidad de interconexión. SIP fue diseñado de acuerdo al modelo de Internet, por lo que es un protocolo de señalización extremo a extremo que implica que toda la lógica y el estado de la conexión esta almacenada en los dispositivos finales. Esta capacidad de distribución y su gran escalabilidad es una sobrecarga en la cabecera de los mensajes, debida a tener que mandar toda la información entre los dispositivos finales.

SIP ha sido extendido con el fin de soportar numerosos servicios , es ampliamente utilizado en VoIP, gateways, teléfonos IP, Softswitches, y se está utilizando cada vez más en aplicaciones de video, notificación de eventos, mensajería instantánea, los servicios complementarios de telefonía como la transferencia de llamada o la conferencia, juegos interactivos, chat, etc. Este protocolo es el elegido para soportar los servicios simulados PSTN. Las capacidades de señalización que ofrece el protocolo SIP son:

- Localización de los usuarios, implica movilidad
- Gestión del conjunto de participantes: disponibilidad del usuario y determinación de la voluntad del receptor para participar en las comunicaciones.

- Negociación de la capacidad del usuario: Determinación del medio y de sus parámetros.
- Gestión de la sesión: Descripción de los componentes y de las características de las sesiones así como la transferencia, modificación y terminación de la sesión desde el propio usuario.

Aunque existen muchos otros protocolos de señalización para VoIP, SIP se caracteriza porque sus promotores tienen sus raíces en la comunidad IP y no en la industria de las telecomunicaciones. SIP ha sido estandarizado y dirigido principalmente por el IETF, mientras que el protocolo de VoIP H.323 ha sido tradicionalmente más asociado con la UIT.

El protocolo H.323 que fue diseñado y utilizado para proveer a los usuarios VoIP y tele-conferencias sobre redes de conmutación de paquetes IP, ha sido sustituido por SIP. Cisco está progresivamente adoptando SIP como protocolo en sus sistemas de telefonía IP en detrimento de H.323 y SCCP, Microsoft ha elegido SIP como protocolo para su nuevo OCS (Office Communication Server), y los operadores (de móvil y fijo) también están implantando SIP dentro de su estrategia de convergencia, aprovechando de este modo la escalabilidad y interoperabilidad que nos proporciona el protocolo SIP. Se espera que en el futuro reemplazara a protocolos como "ISUP", utilizado para el control de llamada en la Red Telefónica Conmutada, y "INAP", utilizado para el control de servicio en la arquitectura Red Inteligente.

### **Características SIP**

Desde la elección de 3GPP como estándar para la tercera generación de telefonía móvil, IP cobra vital importancia como protocolo adecuado para terminales duales móvil/WLAN, verdaderos propulsores de la convergencia en las comunicaciones.

Para la localización del usuario la dirección usada en SIP se basa en un localizador URI con un formato: nombre@192.168.132.33 o mediante un dominio: servinfo.com.ec requiriendo de un servidor de resolución de dominio DNS. Las principales características que hacen que SIP se un protocolo en alza son:

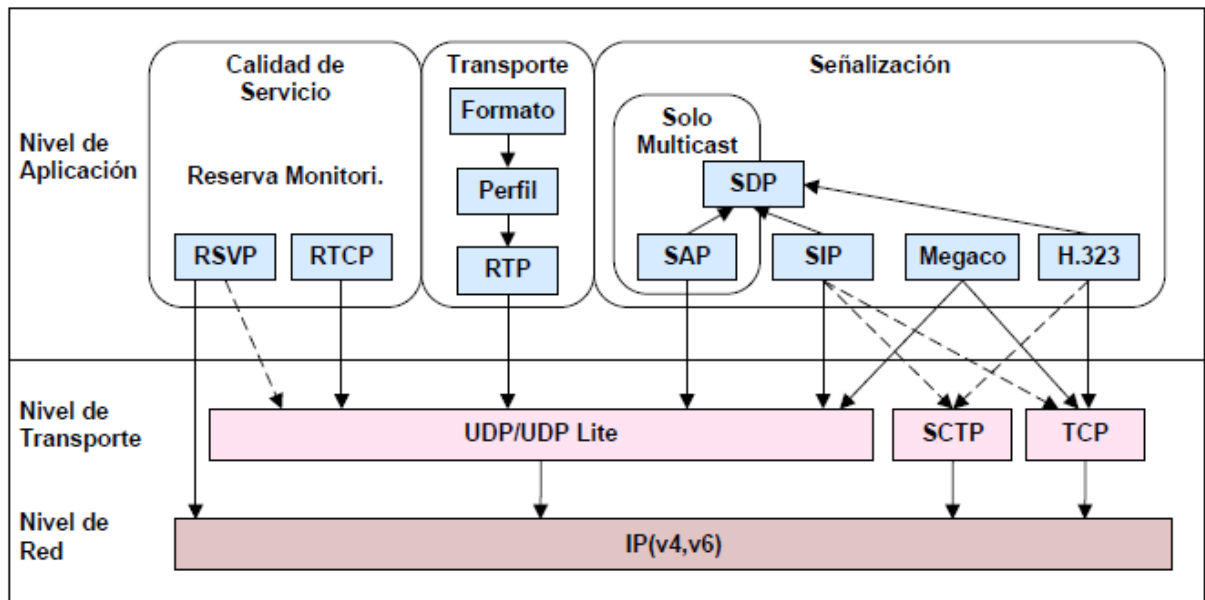
- Simplicidad: Está basado en texto para una implementación y depuración simples, utiliza primitivas (métodos y respuestas basadas en el modelo HTTP) para el establecimiento de sesiones. No se definen servicios o funciones.

- Escalabilidad y flexibilidad: Tiene funcionalidades Proxy, de redireccionamiento, localización/registro que pueden residir en un único servidor o en varios distribuidos.
- Ofrece un entorno de creación para servicios convergentes
- El control de llamadas es stateless o sin estado, y proporciona escalabilidad entre los dispositivos telefónicos y los servidores.
- Simplicidad de las URIs de usuario basadas en DNS. Un SIP URI es el esquema de direccionamiento SIP para llamar a otra persona vía SIP, parecido a una dirección de correo electrónico.
- No es necesario un control centralizado: Tiene un funcionamiento Peer to Peer de forma nativa.
- SIP ofrece todas las potencialidades y las características comunes de la telefonía de Internet como: llamada o transferencia de medios, conferencia de llamada y llamada en espera.
- SIP funciona por encima de varios diversos protocolos del transporte. Una llamada SIP es independiente de la existencia de una conexión en la capa de transporte
- Un proxy SIP puede controlar la señalización de la llamada y puede bifurcar a cualquier número de dispositivos simultáneamente.
- SIP necesita menos ciclos de CPU para generar mensajes de señalización de forma que un servidor podrá manejar más transacciones.

### Arquitectura SIP

La arquitectura de señalización y control del protocolo SIP, establece un modelo de sesiones descentralizado, no contempla la existencia de un registro central para los participantes en cada sesión.

La arquitectura del protocolo SIP está integrada y estandarizada en la infraestructura con otros protocolos internet, sigue básicamente un modelo cliente-servidor. Como consecuencia de este enfoque de diseño, una infraestructura de servicios basados en SIP requiere el despliegue de un sistema distribuido de servidores.



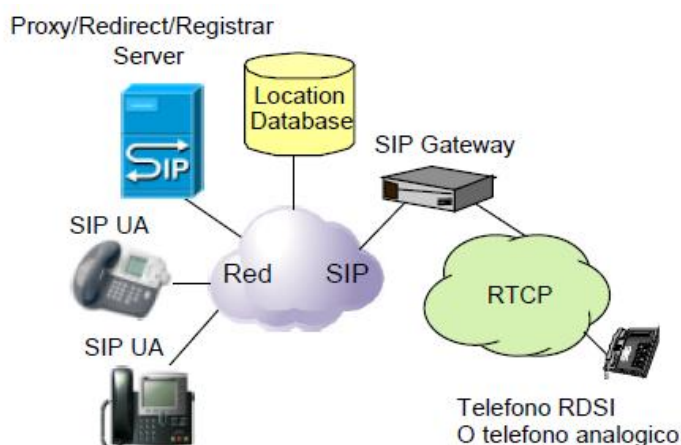
Infraestructura con otros protocolos internet

La arquitectura de señalización y control de sesiones multimedia que contempla SIP incluye mecanismos para realizar las siguientes funciones:

- Negociación y selección de características de cada sesión, en especial los formatos y la información multimedia que se desea y es posible intercambiar
- Localización de usuarios y traducción de direcciones, lo que requiere un procedimiento de adaptación de diversos tipos de direcciones, como números de teléfono tradicionales, direcciones de correo-e, correo de voz o páginas Web.
- Gestión de participantes, para incorporar y dar de baja usuarios.

El precio a pagar por esta capacidad de distribución y su gran escalabilidad es una sobrecarga en la cabecera de los mensajes producto de tener que mandar toda la información entre los dispositivos finales.

Los principales elementos [14] que constituyen la arquitectura de este protocolo son:



Arquitectura de red basada en SIP

### Agentes de usuario

Los agentes de usuario UA (User Agent) son los puntos extremos del protocolo SIP, son entidades lógicas que se comportan como cliente cuando realizan una petición y como servidores cuando la reciben.

Los usuarios, que bien pueden ser personas o aplicaciones de software, utilizan UA para establecer una sesión, se materializa por un software instalado sobre un UE o User Equipment: un videoteléfono, un teléfono, un cliente de software, softphone o cualquier otro dispositivo similar para el cual el protocolo SIP es un agente de usuario que emite y recibe solicitudes SIP.

Son capaces de iniciar o terminar una sesión SIP entre diferentes agentes de usuario mediante solicitudes y respuestas de tipo cliente-servidor para realizar estas dos funciones, el protocolo SIP no se ocupa de la interfaz de estos dispositivos con el usuario final, sólo se ocupa de los mensajes que estos generan y cómo se comportan al recibir determinados mensajes, tiene dos componentes:

- Agentes de Usuario Clientes (User Agent Client, UAC): Tienen como misión originar las solicitudes SIP (asociados al extremo que origina la llamada es decir a la parte solicitante).

- Agentes de Usuario Servidores (User Agent Server, UAS): Responden a las solicitudes, es decir, originan respuestas SIP (asociados al extremo que recibe la llamada).

Los UACs y UASs pueden, por si solos y sin los Servidores de Red, ser capaces de soportar una comunicación básica. No obstante, la potencialidad de SIP se aprovecha con el empleo de Servidores de Red

## Servidores

Son elementos que actúan como sistemas intermedios en una sesión SIP entre dos o más UA's. Su función principal es facilitar el encaminamiento de un mensaje entre un agente de usuario cliente y un agente de usuario servidor, la localización de usuarios y la resolución de nombres.

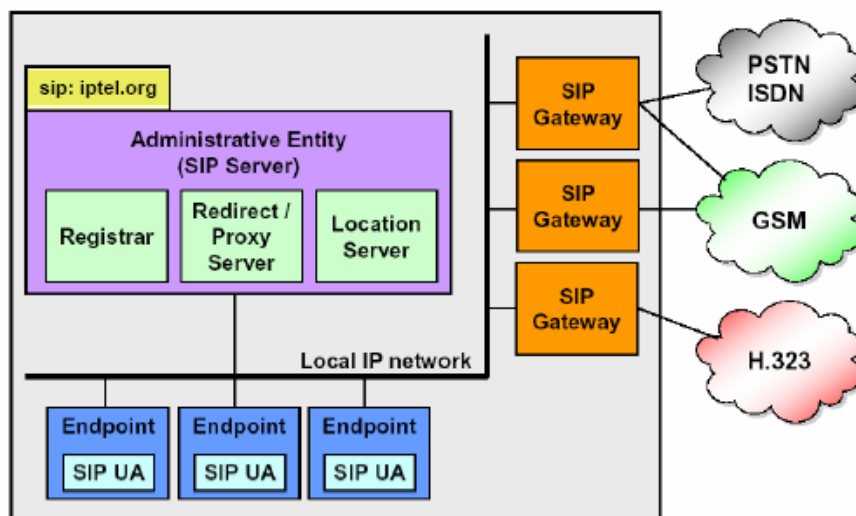
La clasificación de Servidores es conceptual, dichas funciones pueden residir en un único servidor físico o estar separado por motivos de escalabilidad, redundancia o rendimiento. De cualquier manera los Servidores de Red se clasifican, desde un punto de vista lógico, de la manera siguiente:

- Servidores Proxy
- Servidores de Redirección
- Servidores de Registro

Normalmente, un Servidor de SIP implementa una combinación de los diferentes tipos de servidores SIP: Servidor Proxy + Servidor de Registro y/o Servidor de Redirección + Servidor de Registro



## Local SIP Architecture



Servidores de red en arquitectura SIP

### Servidor Proxy

Los servidores proxys SIP son los elementos que encaminan peticiones SIP a los UAS y respuestas SIP a los UAC. Es una aplicación intermedia que actúa tanto como servidor y cliente, generando mensajes SIP a nombre del cliente que generó el mensaje original.

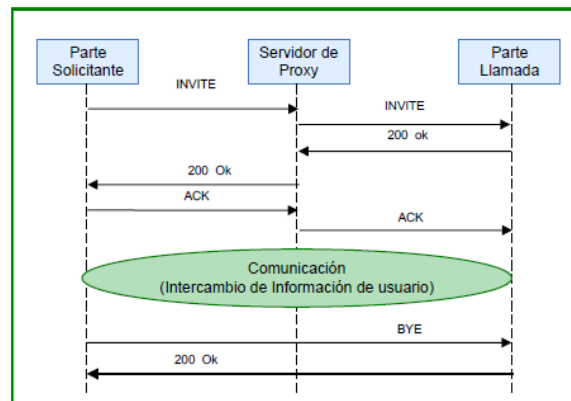
Un proxy server desempeña sobre todo el papel del encaminamiento, su función es asegurar que la petición sea enviada a otra entidad más cercana al usuario apuntado.

Los proxys son también útiles para hacer cumplir las políticas, por ejemplo, asegurarse que un usuario pueda hacer una llamada.

- Interpreta, reescribe o traduce los mensajes antes de encaminarlos.
- Autentifica y autoriza a los usuarios para los servicios
- Implementa políticas de encaminamiento.

Recibe solicitudes de clientes, cuyos mensajes pueden ser respondidos o pueden atravesar varios proxys en su camino hacia un UA. Cada uno tomará decisiones de enrutamiento, realizando ciertas modificaciones sobre estas solicitudes antes de enviarlo al elemento siguiente. Las

respuestas se encaminarán a través del mismo sistema de proxys atravesados por la petición pero en el orden inverso



Comunicación a través de un servidor proxy

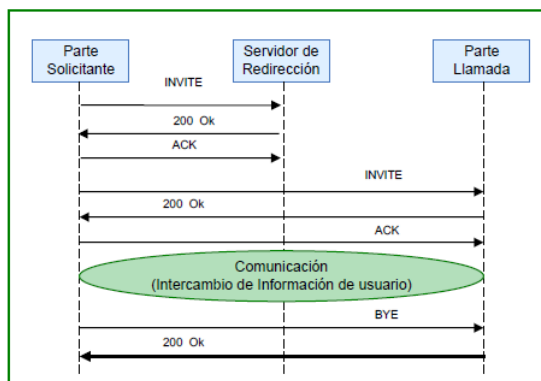
## Servidor de Redireccionamiento

Un Servidor de redirección o Redirect Server acepta las solicitudes SIP que envía un UAC mediante mensajes INVITE, traduce la dirección SIP de destino en una o varias direcciones de red y devuelve al cliente de origen la dirección (SIP – URL (Uniform Resource Locator) de la parte llamada o cómo contactar con ella mediante respuestas 3xx, ordenando al cliente entrar en contacto con un sistema alternativo de URI. Al contrario que un Servidor Proxy, el Servidor de Redirección no inicia sus propios mensajes SIP, sólo responde y tampoco encamina las solicitudes SIP, ni acepta o termina llamadas.

Cuando el extremo origen de la petición recibe el cambio de dirección, enviará una nueva petición basada en la URI que ha recibido. Propagando URIs desde el núcleo de la red hacia sus extremos, el cambio de dirección permite obtener una escalabilidad considerable en la red. Las funciones de este tipo de servidor son:

- Gestión de la zona
- Control de admisión
- Gestión del ancho de banda
- Traducción de direcciones IP.

En algunas arquitecturas puede ser deseable reducir la carga de los servidores Proxy que son responsables de las peticiones de encaminamiento, y mejorar la robustez del recorrido de los mensajes de señalización, mediante servidores de redirección.



Mensajes en una comunicación a través de un servidor de redirección

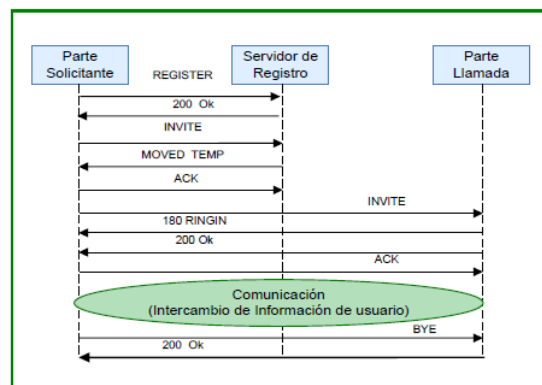
La redirección permite que los servidores envíen la información de encaminamiento para una petición como respuesta al cliente, de tal modo quitándose del camino de los subsiguientes mensajes para una transacción mientras que ayudan en la localización del blanco de la petición.

### Servidor de Registro

Se trata de un servidor que acepta peticiones REGISTER que envían los agente de usuario SIP, informando a que dirección física debe asociarse la dirección lógica del usuario, el servidor registra la información que recibe en el servicio de localización y realiza entonces dicha asociación o *binding entre las direcciones SIP (SIP – URL) y sus direcciones IP asociadas*.

Cada usuario tiene una dirección lógica (de la forma *usuario@dominio*) que es invariable respecto de la ubicación física del usuario y de una dirección física, donde es localizable (dirección IP, dependiente del lugar en donde el usuario está conectado).

Se garantiza el mapeo entre direcciones SIP y direcciones IP posibilitando el registro de la localización actual de los usuarios pues por diferentes razones las direcciones IP de éstos puede cambiar, ya que los usuarios pueden tener múltiples localizaciones o un mismo usuario puede registrarse sobre distintas UAs SIP, en este caso, la llamada le será entregada sobre el conjunto de estas UAs.



Mensajes en una comunicación a través de un servidor de registro

La información registrada en los Servidores de Registro no es permanente, requiere ser actualizado periódicamente, de lo contrario, vencido un "time out" (por defecto, una hora), el registro correspondiente será borrado.

## Mensajes SIP

El protocolo SIP es parecido al protocolo HTTP, este hecho hace que SIP tenga una estructura cliente-servidor donde el cliente es el encargado de iniciar la comunicación y el servidor se encarga de responder a la petición. El RFC 3261 define seis solicitudes / requerimientos o métodos SIP:

- INVITE: Usado con el fin de establecer una sesión entre UAs. Cuando un usuario cliente desea iniciar una sesión (por ejemplo, audio, vídeo, o un juego), formula una petición INVITE. La petición INVITE pide establecer una sesión a un servidor. Luego, estos UAs pueden aceptar la invitación (la sesión debe ser establecida) enviando una respuesta 2xx.
- ACK: Confirma que el cliente solicitante ha recibido una respuesta final desde un servidor a una solicitud INVITE, reconociendo la respuesta como adecuada. SIP implementa una comunicación en tres pasos:
  - quien llama envía un INVITE
  - quien recibe la llamada le envía una 200 OK para aceptar la llamada
  - quien llama envía un ACK para confirmar el 200 OK y establecer la llamada
- BYE: Se utiliza la petición BYE para terminar una sesión específica anteriormente establecida, finaliza una llamada, o una solicitud de

llamada. Puede ser emitido por el agente que genera la llamada o el que la recibe. Cuando un BYE se recibe en un diálogo, cualquier sesión asociada a ese diálogo debe terminar.

- REGISTER: Es el método que utiliza un usuario para registrar su localización actual en un Register Server, le indica la correspondencia entre su dirección SIP y su dirección de contacto, y este actúa como servicio de localización leyendo y escribiendo los mapeos basados en el contenido de las peticiones REGISTER.
- CANCEL: El método CANCEL, se utiliza para cancelar una petición anterior enviada por un cliente, se pide al UA que deje de procesar la petición y que genere una respuesta de error a esa petición. Es utilizado para pedir el abandono de la llamada en curso pero no tiene ningún efecto sobre una llamada ya aceptada. De hecho, solo el método "BYE" puede terminar una llamada establecida.
- OPTIONS: El método "OPTIONS" permite a un UA preguntar a otro UA o a un proxy server en cuanto a sus capacidades. Es utilizado para interrogar a otro User Agent o un servidor acerca de sus capacidades, estado, información sobre los métodos soportados, los tipos de contenidos, las extensiones, los codecs, etc. sin tener que provocar el "ringing" de la otra parte. La respuesta contiene sus capacidades (ejemplo: tipo de media siendo soportado, idioma soportado) o el hecho de que el UA sea indisponible. Todos los UAS deben soportar el método OPTIONS.

Los códigos de la respuesta del protocolo SIP son mayoritariamente heredados de los códigos de respuesta HTTP/1.1. Igual que ocurre con los mensajes HTTP, los mensajes de respuesta SIP tienen un código numérico asociado.

No todos los códigos de respuesta HTTP/1.1 son apropiados y SIP define una nueva clase, 6xx Después de haber recibido e interpretado un requerimiento SIP, el destinatario de este requerimiento devuelve una respuesta SIP. Existen seis clases de respuestas:

- Clase 1xx: Respuesta informativa: Información, el requerimiento ha sido recibido y está en curso de tratamiento.

- Clase 2xx: Mensaje afirmativo: Éxito, el requerimiento ha sido recibido, entendido y aceptado.
- Clase 3xx: Redirección: Reenrutamiento, la llamada requiere otros procesamientos antes de poder determinar si puede ser realizada.
- Clase 4xx: Error en la petición del usuario Error requerimiento cliente, el requerimiento no puede ser interpretado o servido por el servidor. El requerimiento tiene que ser modificado antes de ser reenviado.
- Clase 5xx: Error en el servidor Error servidor, el servidor fracasa en el procesamiento de un requerimiento aparentemente valido
- Clase 6xx: Error global Fracaso global, el requerimiento no puede ser procesado por ningún servidor.

El mensaje SIP contiene, generalmente, una descripción de la sesión, informaciones sobre el que genera la llamada y el destinatario así como sobre el tipo de flujos que serán intercambiados (voz, video,...).

Los mensajes SIP están codificados en ASCII, por lo que son legibles, este hecho implica que resulte más fácil trabajar con ellos. Son en texto plano y emplean el formato de mensaje genérico establecido en la RFC 2822, es decir:

- Una línea de inicio.
- Campos de cabecera (header)
- Una línea vacía (indica el final del campo de cabeceras)
- Cuerpo de mensaje (opcional)

## 8. Referencias

- [1] Rec. UIT-T Y.2001, "Visión general de las redes de próxima generación". Diciembre 2004
- [2] Rec UIT-T Y.2011, "Principios generales y modelo de referencia general de las redes de próxima generación". Octubre 2004
- [3] Rec UIT-T Y.2012, "Requisitos y arquitectura funcional de las redes de la próxima generación, versión 1". Septiembre 2006
- [4] Rec UIT-T Y.2021, "Subsistema multimedia IP para las redes de la próxima generación". Septiembre 2006
- [5] Francisco García Correa, "La próxima generación de redes, NGN, un trayecto hacia la convergencia", Septiembre 2006
- [6] Alfonso Gazo Cervero, José Luis González-Sánchez, "Propuesta de arquitectura multiprotocolo para la implantación incremental de un modelo de servicio con garantías QoS sobre redes IP". Abril 2002
- [7] Gonzalo Camarillo, "Routing architecture in DiffServ MPLS networks". Marzo 2000
- [8] E.Rosen, A.Viswanathan and R.Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC 3031. Enero 2001.
- [9] Braden, Clark & Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", RFC 1633. Junio 1994
- [10] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, Diciembre 1998
- [11] Asha Rahul Sawant, Jihad Qaddour, "MPLS DiffServ: A Combined Approach". Applied Computer Science Illinois State University. 2002
- [12] Raúl Jiménez Mateo, Cristina Paniagua Paniagua, Alfonso Gazo Cervero, José Luis González Sánchez, Francisco J. Rodríguez Pérez, "Integración de MPLS y DiffServ en una Arquitectura para la Provisión de QoS". 2004
- [13] David Blandón, Yoni Díaz, Fabio G. Guerrero, Juan Carlos Cuellar, Andrés Navarro, Caterinoi Ochoa, "Redes NGN- Medición de la calidad de servicio". Octubre 2008

[14] Simón Znaty, Jean-Louis Dauphin, Roland Geldwerth, "IP Multimedia Subsystem: Principios y Arquitectura". <http://www.efort.com>

[15] Alberto Hernández, Manuel Álvarez-Campana, Enrique Vázquez and Vicente Olmedo, "The IP Multimedia Subsystem (IMS). Quality of service and performance simulation" Universidad Politécnica de Madrid. Julio 2007

[16] Deloitte" Predicciones de Deloitte para el sector de tecnología, medios de comunicación y telecomunicaciones" Febrero 2011

[17]CMTblog,"Predicciones 2012", [blogcmt.com/2012/01/02/predicciones-2012](http://blogcmt.com/2012/01/02/predicciones-2012). Enero 2012

[18] Strand, "Strand Consult: Predictions for the Telecoms Market in 2012". Diciembre 2011

[19] El economista" ¿Cuáles serán las principales tendencias tecnológicas para 2012?"

<http://www.eleconomista.es/tecnologia/noticias/3629450/12/11/Cuales-seran-las-principales-tendencias-tecnologicas-para-2012.html>. Diciembre 2011

[20] Yu-Kai Lin, Wen-Hsu Hsiao, Ming-Chi Lin and Kim-Joan Chen, "A Framework for QoS-Oriented SIP Multimedia Conference over DiffServ/MPLS Networks" Mayo 2010

[21] A. Saika, R. El Kouch, M. Bellafkih, B. Raouyane, "Functioning and Management of MPLS/QOS in the IMS architecture". 2010

[22] Joan A. Garcia Espin UPC, "Mechanism for per-Class QoS Monitoring in IP/MPLS transport networks"