

**“ESTUDIOS DE MECANISMOS PARA EL CONTROL DE TRAFICO LAN Y WAN
QUE MANEJEN CONVERGENCIA DE SERVICIOS, EN UNA RED MPLS
SOBRE WIRELESS”**

**HAROLD SANTIAGO BLANCO ORTEGA
ING. ELECTRÓNICO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECION DE PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.**

2008

**“ESTUDIOS DE MECANISMOS PARA EL CONTROL DE TRAFICO LAN Y WAN
QUE MANEJEN CONVERGENCIA DE SERVICIOS, EN UNA RED MPLS
SOBRE WIRELESS”**

**HAROLD SANTIAGO BLANCO ORTEGA
ING. ELECTRÓNICO**

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS**

**DIRECTOR
ISAAC ZÚÑIGA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍAS DE SISTEMAS
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2008

Cartagena de Indias, D.T. y C. Mayo de 2008

Señores

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Ciudad

Estimados Señores

Con todo respeto me dirijo a ustedes, con el fin de presentarles a su consideración, estudio y aprobación la tesis de grado que lleva por título **“ESTUDIOS DE MECANISMOS PARA EL CONTROL DE TRAFICO LAN Y WAN QUE MANEJEN CONVERGENCIA DE SERVICIOS, EN UNA RED MPLS SOBRE WIRELESS”**, como requisito parcial para optar el título de Ingeniero de Sistemas

Espero que este proyecto sea de su total satisfacción

Agradezco su amable atención

Harold Santiago Blanco Ortega
C.C 73'202.590 de Cartagena

Cartagena de Indias, D.T. y C. Mayo de 2008

Señores

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Ciudad

Estimados Señores

Tengo el agrado de presentar a su consideración el proyecto de grado el cual me desempeño como director, titulado **ESTUDIOS DE MECANISMOS PARA EL CONTROL DE TRAFICO LAN Y WAN QUE MANEJEN CONVERGENCIA DE SERVICIOS, EN UNA RED MPLS SOBRE WIRELESS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería de Sistemas HAROLD SANTIAGO BLANCO ORTEGA, como requisito para optar el título de Ingeniero de Sistemas.

Espero que este proyecto sea de su total satisfacción

Agradezco su amable atención

Isaac Zúñiga Salgado
C.C 73'116.898 de Cartagena

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

AUTORIZACIÓN

Yo HAROLD SANTIAGO BLANCO ORTEGA, identificado con la cedula de ciudadanía numero 73.202.590 de Cartagena, autorizo a la universidad tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo on-line de la biblioteca

CONTENIDO

INTRODUCCION	VI
OBJETIVOS	VIII
ESTADO DEL ARTE	IX
1. CONVERGENCIA DE REDES.....	1
1.1 ¿Que es la convergencia de redes?	2
1.2 Tecnologías que implementan convergencia de redes	5
1.3 Futuro de la convergencia de redes en Colombia	9
1.4 Prestación de servicios convergentes	12
2. MPLS	14
2.1 Esfuerzos anteriores a MPLS “IP sobre ATM”	16
2.2 Multiprotocol label switching (MPLS)	18
2.2.1 <i>LSRs and LERs</i>	20
2.2.1 <i>Ideas preconcebidas sobre MPLS</i>	20
2.3 Descripción funcional del MPLS	22
2.4 Tunneling en MPLS	26
2.5 Aplicaciones de MPLS.....	27
2.5.1 <i>Ingeniería de tráfico</i>	28
2.5.2 <i>Clases de servicio (CoS)</i>	28
2.5.3 <i>Redes privadas virtuales (vpns)</i>	29

3.	WIRELESS	30
3.1	Wireless: realidad o ficción?	31
3.2	Wireless: una vía distinta para acercarnos a la convergencia.....	32
3.3	Otra mirada a las tecnologías inalámbricas: las redes ad hoc	34
4.	CALIDAD DE SERVICIOS (QoS)	38
4.1	¿Que es QoS?	39
4.2	Protocolos.....	40
4.3	Algoritmo de manejo de colas	41
4.4	¿Por qué necesitamos QoS en las redes?	43
4.5	QoS para redes Wireless	44
4.6	Modelos de calidad de servicio en redes Wireless	46
5.	INGENIERÍA DE TRÁFICO EN REDES MPLS.....	49
5.1	Como funciona la ingeniería de trafico en una red MPLS	50
5.2	Ruteo explicito	53
5.2.1	Atributos asociados a las troncales de tráfico.	54
5.2.2	Atributos asociados a los recursos.	55
5.2.3	Constrained base routing para realizar el mapeo.....	55
5.3	Implementación de algoritmos CBR.....	55
5.4	Reparto de la carga	58
6.	CONFIGURACIÓN DE MPLS SOBRE UN ROUTER CISCO.....	61
6.1	Configuración de Una interfaz Loopback	61
6.2	Configuración de OSPF	61
6.3	Configuración de BGP	62
6.3.1	Configurar el proceso de routing BGP	63
6.3.2	Establecer adyacencias entre los pares BGP	63

6.4	Configuración de las funcionalidades MPLS	64
7.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	66
7.1	Conclusiones.....	66
7.2	Trabajos Futuros	67
8.	GLOSARIO.....	69
9.	BIBLIOGRAFÍA	73
10.	ANEXO.....	77
10.1	Consideraciones para configurar una red MPLS en los routers cisco serie 2800 del la universidad Tecnológica de Bolívar.....	77

LISTA DE FIGURAS

2.1 Comparacion de Topologia ATM con topologia IP.....	17
2.2 funcionamiento de un LSR.....	23
2.3 Asignacion de etiquetas MPLS.....	23
2.4 Cabecera MPLS.....	24
2.5 esquema general del funcionamiento MPLS.....	25
2.6 túneles en MPLS.....	26
3.1 topología de una red ad hoc.....	36
4.1 Campos implementados en MPLS.....	40

LISTA DE TABLAS

1.1 Distribución de suscriptores de Internet en Colombia a diciembre 2007.....	11
---	----

INTRODUCCIÓN

Como se ha establecido el surgimiento de novedosas tecnologías, cabe la necesidad de indagar sobre formas distintas de establecer la comunicación a través de las redes. Es por esto que se proponen soluciones alternativas que mejoren la multiplexación de servicios (para el caso ATM) además variadas funcionalidades; Con este fin se pretende crear soluciones que soporten de manera primordial las innovadoras aplicaciones crecientes en el mundo de la Internet, a través de las cuales se pretenden integrar en un mismo medio voz, video, mail ... pero ofreciendo soluciones que estén de acuerdo a las necesidades del usuario y evitar una disminución en la prestación del servicio.

De esta manera es imperativo introducir cambios tecnológicos que optimicen el servicio de transporte de datos, por consiguiente, se determina que una de las respuestas a este llamado se constituye en el término "MULTIPROTOCOL LEVEL SWITCHING (MPLS)", el cual se centra en unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes; no solo se debe tener en cuenta la convergencia de la información, si no que de igual manera se debe establecer la manera como accederán a los datos desde los diferentes nodos, una de las formas más dinámicas de ingresar a una red es a través de la implementación de la tecnología wireless. De esta manera se buscará una solución que se implementa de manera individual con respecto al control del tráfico en la red y la topología"¹.

En concreto con este trabajo de investigación se pretende analizar tecnologías para el soporte de procedimientos de encaminamiento y de envío de paquetes en

¹ BLÁZQUEZ Juan Martín, "IP de calidad: MultiProtocol Label Switching: MPLS". DANYSOFT 2005. Pág. 1.8 – 8.8

Backbones IP, y la posibilidad de proporcionar nuevas aplicaciones y servicios, en redes IP y en la Internet en general, y si a esto le sumamos la increíble funcionalidad de establecer múltiples servicios a través de un medio inalámbrico, es posible aseverar que esta investigación se ciñe a los lineamientos estandarizados acerca del futuro de las redes

OBJETIVOS

General

- Realizar estudios de mecanismos para el control de tráfico en redes LAN y WAN, que manejen MPLS sobre WIRELESS

Específicos

- ❖ Realizar el estudio de MULTIPROTOCOL LEVEL SWITCHING (MPLS) con el fin de implementarlo sobre una red wireless
- ❖ Realizar el estudio de mecanismo para poder proporcionar calidad de servicio(QoS) extremo a extremo, en la comunicación en una red wireless a la que se le implementa MPLS e implementarlos en la red
- ❖ Realizar pruebas de control de tráfico y analizar el comportamiento de los datos extremo a extremo en la red

ESTADO DEL ARTE

En muchos lugares se han realizado investigaciones con el fin de asegurar y mejorar el estado de las redes a nivel mundial desde diferentes puntos de vista, esto se ha realizado con el fin de poder tener una mejor comprensión de cómo es el comportamiento mismo de las redes y como pueden optimizar las utilización de misma. Muchas de estas investigaciones han servido como base para el desarrollo de protocolos y lineamientos que han servido como base para el desarrollo de las telecomunicaciones a nivel mundial como lo son:

- Ingeniería de tráfico en línea en redes MPLS aplicando la teoría de grandes desviaciones. Este trabajo es una tesis de maestría en el cual se estudian los mecanismos propuestos de una red MPLS para realizar ingeniería de tráfico en línea y asegurar QoS de punta a punta en una red MPLS
- Interconnection of IP/MPLS networks through ATM and optical backbones using PNNI protocols, esta investigación es una tesis de doctorado la cual estudia la forma de realizar la interconectividad de una red IP/MPLS a través de una red troncal ATM la cual utiliza PNNI como plano de control
- Mapping application QoS to network configurations for DiffServ over MPLS networks. Tesis de Doctorado en el cual se estudian los mecanismos para implementar y asegurar calidad de Servicio en una red MPLS

Estos y otros muchos trabajos se han realizado a través de los años, algunos con aportes muy importantes al ámbito científico y otros se dedican a la comparación de técnicas y propuestas para ver su eficiencia entre uno y otro. En la bibliografía al final de la tesis se presenta cada uno de los trabajos científicos consultados y la referencia completa de los mismos.

1. CONVERGENCIA DE REDES

Hoy en día es posible ver el avance de la tecnología. Si bien las redes de telecomunicaciones han avanzado tanto que es posible conectarse al mundo digital desde diversos aparatos electrónicos en casi cualquier parte del mundo. En este caso nos referiremos a las redes de nueva generación, que no son más que las que integran todos los servicios disponibles a la hora establecer el término comunicación: voz, video y datos.

Muchas son las necesidades del usuario a la hora de interactuar con el mundo real, por lo que se hace necesario que esta comunicación se establezca de una manera rápida y eficiente; y si lo que se quiere es abaratar costos a la hora de realizar este proceso (algo que en la mayoría de los casos se pretende), una alternativa real sería unir estos medios de comunicación en un solo “conducto” o medio de transporte, y como se diría en términos sencillos “en un solo cable”. Como se sabe que los medios más usados son el teléfono y el Internet, no se hace para nada descabellada la idea que estos medios (mas otros frecuentemente usados) sean guiados a través de un simple cable; de esta manera se estaría cambiando las redes existentes actualmente.

En otras palabras, las futuras redes convergerán en una sola y usarán para ello como base de su arquitectura y funcionamiento el protocolo IP, que no es otro en el que se basa la red de redes Internet.

Todas estas ideas ya están siendo materializadas poco a poco en proyectos macro para empresas con miras al progreso y el termino “convergencia de redes” ha ido introduciéndose en nuestro mundo de una manera tan eficaz, como lo hizo una vez el teléfono o el Internet.

1.1 ¿Qué es la convergencia de redes?

El termino convergencia de redes hace mención a la unión de infraestructuras basadas en distintos tipos de redes como son las correspondientes a las líneas telefónicas, las cuales se basan en técnicas de conmutación de circuitos y las redes que se emplean para el tráfico de datos, que como ya es sabido se basan en técnicas de conmutación de paquetes.

Esta idea ha surgido de diversos estudios relacionados con los tipos de datos en cuestión, la viabilidad de las distintas redes, y la necesidad consumista de los distintos tipos de usuario, que ponen a este término como el nuevo símbolo del progreso.

Uno de los logros de este proyecto es sin duda alguna es permitir en la misma "línea" la voz y los datos, por lo que se ve obligado a establecer un modelo que pueda empaquetarla voz para que pueda ser transmitida junto con los datos.

Para lograr este cometido se hace necesaria la optimización del uso del ancho de banda de la red. Por esto se ha concretado que para obtener un manejo eficiente de estas redes deben estar soportadas en dos tipo de dominios; dominio de sistemas TDM y dominio de sistemas IP. TDM traduce multiplexación por división de tiempo, y en términos básicos quiere decir que este tipo de tecnología la información viaja a través de tráfico seguros sobre líneas dedicadas. Esto junto al dominio de sistemas IP, nos proporciona una vía segura de transporte fundamentado además en protocolos establecidos para la comunicación entre redes.

En estas redes de nueva generación, existe un único elemento básico que es el paquete de información y todo el sistema está diseñado para su administración, acceso, transporte y conmutación de extremo a extremo y basado en una única tecnología.

Si bien se puede decir que esta tecnología está fundamentada para desarrollarse en sistemas ETHERNET, más específicamente hablando, la tecnología ETHERNET/GIGABIT, el cual como se sabe es un nuevo avance que ha tenido este tipo de sistemas.

Pero este análisis no ha sido arbitrario ya que Ethernet ha logrado una gran difusión en comparación a otras tecnologías por la que ha sido esta la elegida para soportar la conectividad representada en la convergencia de redes.

Como se dijo anteriormente el concepto convergencia es de gran importancia ya que para tratar de transmitir la voz en igual medida que los datos a través de la conmutación de paquetes se ha hecho necesaria una serie de investigaciones para tratar estas señales y convertirlas de su forma análoga a la forma en la que se hace “accesible” para su transporte, es decir en forma digital.

A través de una serie de procesos de codificación en los distintos sistemas (conmutado y de paquetes) se ha podido analizar las diferencias de su uso, y se ha previsto como se puede disminuir su “tamaño” a la hora de ser transportada. Esto ha significado un arduo proceso que ha incluido desde diversos algoritmos de codificación hasta las más intrincadas formulas para lograr un optimo procesamiento de la voz, y por ende obtener la calidad que se requiere a la hora de la entrega del paquete, es decir a la hora de la recepción de la voz como tal, a través de este sistema de convergencia de redes.

Todo esto ha sido posible gracias a las investigaciones lideradas por empresas que creen que en este tipo de sistemas esta la llave de la evolución, las cuales se fundamentan en el principio que dice que la mejoría al servicio al cliente tiene más peso que los costos menores en telefonía. Además de esto es posible decir que estas grandes empresas no son las únicas que se beneficiarían de este tipo de avances tecnológicos ya que este tipo de sistemas puede agrupar a dos tipos de clientes potenciales:

Clientes corporativos y clientes residenciales. Los primeros podrán obtener beneficios como facturaciones basadas en calidad de servicio, video avanzado para sistemas de seguridad, videoconferencia “plug and play”, además de un sinnúmero de servicios que podrían ofrecer a los clientes residenciales el cual sea de primera calidad, en forma consistente, a través una extensa gama de canales de comunicación (texto móvil, video y Web Chat).

Y para los clientes residenciales pueden sobrevenir benéficos como:

- Autogestión y simplicidad de administración
- Acceso permanente a Internet como servicio “básico”
- Video streaming bajo demanda para Tele educación
- Broadcasting de TV comercial
- Video Básico para uso Familiar
- Aplicaciones Peer to Peer y acceso a repositorios públicos de video y audio

Actualmente, este cambio está en plena transición. Prueba de ello, son las recientes adquisiciones de teléfonos IP y centrales IP por parte de organismos líderes en todos los campos, aunque estas “adquisiciones” estén fuera del país, ya que, se puede decir que en el territorio europeo este tipo de tecnología ha tenido gran auge. Por ejemplo se puede ver la incursión de este tipo de tecnologías en empresas como Telefónica, aunque seria de mas agrado que empresas netamente colombianas incursionaran en la nueva era de las telecomunicaciones.

En el futuro se presentarán nuevas oportunidades no solo para el desarrollo tecnológico, sino para también la creación de nuevas empresas que brinden los servicios y las aplicaciones de estas nuevas redes, y se espera que Cartagena se introduzca en los nuevos planes de telecomunicaciones que están revolucionando al mundo actual.

1.2 Tecnologías que implementan convergencia de redes

Existen muchas tecnologías que pueden ayudar a implementar la convergencia de redes, muchas de estas ya se están utilizando y tienen una amplia utilización en el mercado. Algunas tecnologías presentes que ya se han estado aplicando a las comunicaciones y que aplican claramente la convergencia de servicios son: Voz sobre IP (Voip), IP Multimedia Subsystem (IMS), Multiprotocol Label Switching (MPLS), Generalized Multiprotocol Label Switching (GMPLS). A continuación se muestra una breve descripción de cada una de estas.

- **Voip:** Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP VoIP, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Internet Protocol). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla en forma de circuitos como PSTN.

Los Protocolos que son usados para llevar las señales de voz sobre la red IP son comúnmente referidos como protocolos de Voz sobre IP o protocolos IP. Pueden ser vistos como implementaciones comerciales de la Red experimental de Protocolo de Voz (1973), desarrolladas por ARPANET.

El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet, como por ejemplo redes de área local (LAN).

La principal ventaja de este tipo de servicios es que evita los cargos altos de telefonía (principalmente de larga distancia) por las compañías Red Pública Telefónica Conmutada (PSTN). Algunos ahorros en el costo son debidos a utilizar una misma red para llevar voz y datos, especialmente

cuando los usuarios tienen sin utilizar toda la capacidad de una red ya existente la cual pueden usar para VoIP sin un costo adicional.

- **IMS:** es un estándar reconocido internacionalmente que especifica características de interoperabilidad y roaming (interconexión entre redes diferentes). Se integra completamente con las redes de voz y datos existentes (GSM, WCDMA, CDMA 2000, acceso de banda ancha fija, WLAN) y a la vez adopta características clave del dominio IP, lo que convierte a esta tecnología en un elemento que potencia la confluencia entre redes fijas y móviles.

El IP Multimedia Subsystem define una arquitectura genérica para la Voz sobre IP y los servicios multimedia. Representa un elemento clave para la evolución hacia el “all-IP”.

Para los usuarios finales, los servicios basados en IMS posibilitan las comunicaciones que se establecen de persona a persona y de persona a contenido en muy diversas modalidades (voz, gráficos, texto, fotos, vídeo o cualquier combinación de los anteriores) de una forma controlada y personalizada.

“Para los operadores IMS lleva el concepto de arquitectura por capas un paso más allá, definiendo una arquitectura horizontal donde los facilitadores de servicios y las funciones comunes se pueden reutilizar para múltiples aplicaciones. Gracias a esta arquitectura, se elimina la costosa y tradicionalmente compleja estructura de red con funcionalidades superpuestas en la gestión de cargos, de listas y grupos, de presencia, de direccionamiento y aprovisionamiento.

IMS proporciona una forma bien estructurada y estándar para ofrecer servicios multimedia a la vez que se produce una confluencia entre redes fijas y móviles. A esto se añaden términos de valor económico, ya que además de incrementar las fuentes de ingreso, se reducen los costes de operación y mantenimiento.”²

- **MPLS:** Es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

MPLS es a veces un tanto difícil de explicar. Como protocolo es bastante sencillo, pero las implicaciones que supone su implementación real son enormemente complejas. Según el énfasis (o interés) que se ponga a la hora de explicar sus características y utilidad, 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... incluso, ¿para eliminar por completo el routing? Pero, ante todo y sobre todo, debemos considerar MPLS como el avance más reciente en la evolución de las tecnologías de routing y forwarding en las redes IP. 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.

² <http://www.ericsson.com/es/novedades/ims.shtml>

Más adelante se profundizara en este tipo de tecnología la cual compete al estudio de este trabajo de investigación.

- **GMPLS:** “En definitiva, GMPLS consiste en una serie de extensiones de protocolo que proporcionan un control común sobre los servicios de paquetes, TDM y longitudes de onda. Estas extensiones afectan a los protocolos de señalización y de enrutamiento MPLS para actividades tales como distribución de etiquetas, ingeniería de tráfico o protección y restauración, permitiendo un rápido aprovisionamiento y gestión de los servicios de red. GMPLS puede utilizarse también con las arquitecturas "overlay" tradicionales en las que cada tipo de tráfico se gestiona por medio de su propio plano de control. Sin embargo, el gran potencial de GMPLS es que hace posible la evolución hacia un modelo "peer" en el cual cada elemento de red posee información completa sobre el resto de elementos y sus capacidades de enlace.

Los modelos "overlay" y "peer" se aplican tanto en el enrutamiento como en la señalización. El modelo "overlay" mantiene capas de red separadas para cada tipo de tráfico y dominios administrativos diferentes. En cambio, las redes basadas en un modelo "peer" se construyen con dispositivos que tienen información completa sobre los otros dispositivos en todas las capas de red. Por lo tanto, el modelo "overlay" es adecuado para realizar funciones de red entre operadores, ya que permite que la información de enrutamiento de cada operador de red se mantenga dentro de su propio dominio administrativo. Por otro lado, el modelo "peer" resulta mucho más adecuado para las funciones de red dentro del dominio de un proveedor de servicios o entre proveedores de servicios con protocolos compatibles, dado que permite mayor flexibilidad en la optimización de las labores de enrutamiento.

El plano de control GMPLS incluye funcionalidades tales como enrutamiento, gestión del enlace, señalización y recuperación”³

Como se pudo ver estas tecnologías ofrecen una solución adecuada para la integración de diferentes servicios de red, estas tecnologías sirven como timón para el desarrollo de nuevas aplicaciones e integraciones para redes de voz y redes de datos, con el fin de generar servicios de valor agregado para satisfacer las necesidades actuales y futuras de disponibilidad, ancho de banda de la nueva sociedad.

Hoy por hoy se emplean muchas tecnologías y al igual que alrededor del mundo es factible que en nuestro país sean implementadas todas estas tecnologías, para la mejora del transporte de datos y prestación de servicios; Es posible pensar que la convergencia esta cada vez más cerca de nosotros, lo que nos lleva a decir que este término solo le falta “evolucionar” en nuestro territorio

1.3 Futuro de la convergencia de redes en Colombia

“...Cuando la historia de los medios se escriba, el Internet será su conclusión mayor. La televisión, la radio teléfonos y computadores se verán como pioneros que se fusionaron y convergieron en un nuevo medio....no es simplemente una interconexión de enlaces y protocolos entre redes conmutadas sino también el fruto de la imaginación donde todo el mundo proyecta sus deseos, temores y fantasías....”

Elí Noam⁴

³ <http://www.radioptica.com/Fibra/gmpls.asp?pag=3>

⁴ Investigador de Columbia Univeristy, Institute for Tele – Information, III Conferencia Internacional

Los nuevos desarrollos tecnológicos de los productores de equipos para telecomunicaciones hacen aún más evidente el fenómeno de la convergencia. Tal es el caso de los terminales integrados que poseen las opciones de fax, correo electrónico, voz, Internet y aplicaciones de software, en un solo teléfono móvil que ya está en el mercado.

En el futuro cada vez serán más las aplicaciones y más diversos los terminales, que irán desde los sistemas de navegación para automóviles hasta electrodomésticos conectados a sistemas remotos de operación. Las nuevas terminales multimedia, producidas incluso por los tradicionales proveedores de telefonía móvil, están diseñadas para los nuevos sistemas de transmisión de vídeo digital que cambian la manera tradicional como realizan las telecomunicaciones y como las señales pueden ser recibidas por sistemas terrestres, de cable o satelitales.

Los incrementos en capacidad, velocidad y digitalización, han provisto la posibilidad de integrar gráficas, texto, vídeo y sonido (incluida voz) en aplicaciones, mientras que la integración de las comunicaciones y tecnologías de información han creado la posibilidad de acceder a servicios y aplicaciones interactivas. Los desarrollos en técnicas de compresión de datos y tecnologías de almacenamiento de alta capacidad completan los avances. La convergencia se está dando entre tecnologías, infraestructura y en los niveles de contenido, servicio y aplicaciones

“Con respecto a la utilización de servicios de red A diciembre de 2007, Colombia poseía 1.381.473 suscriptores de Internet, lo cual representa un incremento del 21% respecto a junio de 2007, y del 92.2 en todo el año. Los suscriptores dedicados continuaron en aumento y ampliaron aún más su diferencia con los suscriptores conmutados.

A diciembre de 2007 Colombia poseía 1.381.473 suscriptores de Internet, que representan 239.759 suscriptores adicionales respecto de junio de 2007, lo que se traduce en un aumento del 21%. Los suscriptores dedicados sobrepasan por primera vez el millón, 1.207.090, logrando así un crecimiento del 27,9%. Por su parte, los suscriptores conmutados continuaron con la tendencia de los semestres anteriores, disminuyendo un 12% y llegando a 174.383 suscriptores. La distribución por tecnologías muestra que xDSL se sigue consolidando en el primer lugar con el 57,4% del total de suscriptores dedicados. Le siguen cable con el 35,5% y WiMAX e inalámbricos con el 4,4%. En esa línea, los suscriptores xDSL crecieron un 30,2%, cifra que representa un aumento de 160.666 nuevos suscriptores. En el cuadro 1 se compara la distribución de suscriptores discriminada por los diferentes medios de acceso para los dos semestres del año 2007.”⁵

Tabla 1. Distribución de suscriptores de Internet en Colombia a diciembre 2007⁶

Medio de acceso	Junio 2007	Diciembre 2007	Variación
Acceso Conmutado	198.086	174.383	-12,0%
Acceso Dedicado			
xDSL	532.467	693.133	30,2%
Cable	346.959	428.587	23,5%
WiMax e Inalámbricos	42.740	53.088	24,2%
Otros (Cu, FO, uO, Sat)	21.462	32.282	50,4%
SUBTOTAL DEDICADOS	943.628	1.207.090	27,9%
TOTAL SUSCRIPTORES	1.141.714	1.381.473	21,0%

⁵ Informe semestral del CRT. Mayo de 2007

⁶ Fuente: Cálculos CRT

Como se puede ver en al anterior tabla la demanda de mayor capacidad de tecnología del país va cada día en aumento, y la necesidad de mayor ancho de banda y manejo de información en un mismo medio es cada vez mayor, por lo tanto es necesario disminuir costes de implementar de la red y ofrecer garantías de servicio a los usuarios que demandan cada vez mayor velocidad e integración de la información.

Este prioridad en el desarrollo de las redes no solo es necesario en el país como ente único, sino que hay que mirar hacia un futuro no muy lejano, ya que existe el “Tratado De Libre Comercio (TLC)” el cual presentara una fuerte competencia dentro del mercado colombiano haciendo que las diferentes compañías prestadoras de servicios manejen cada vez más su portafolio de prestaciones y actualicen sus servicios para ser más competitivas.

1.4 Prestación de servicios convergentes

Al prestar servicios de convergencia no solo es imperativo saber cómo se van a integrar los datos a través de un mismo canal sino también ofrecerles garantías de servicios a los usuarios finales

Esta mentalidad marca un cambio en la manera como se perciben los servicios de proyectos de convergencia de redes. Hasta hace poco tiempo, las compañías percibían a las plataformas “convergidadas” como un recurso para disminuir costos de redes. Hoy se enfatiza mucho más la forma en que esta convergencia puede ser aplicada para innovar y agregar valor. Por ejemplo, los beneficios de “mejoría en servicio al cliente” y “mejor colaboración (con clientes, proveedores, asociados y empleados)” tienen mayor peso que los “costos menores de telefonía”.

“Reducciones en capital y gastos, aunque sin duda son importantes, son factores secundarios de beneficio” explicó Hossein Eslambolchi, director de tecnología e información de AT&T. “La convergencia de redes debe enfocarse más hacia el cómo se crea una nueva generación de servicios que permita a nuestros clientes y socios obtener mayor valor. Tiene que ver con la transformación de los servicios y las redes, ya que éstos son el vehículo para alcanzar ese objetivo”.⁷

La convergencia puede proveer valor, entre otras razones, al hacer posible que las empresas ofrezcan servicio al cliente de primera calidad, en forma consistente, a través una extensa gama de canales de comunicación. El estudio de AT&T/EIU indica que texto móvil, video y web chat se convertirán en canales clave de servicio al cliente en los próximos dos años. Es evidente que las empresas necesitarán soluciones de red que permitan un entorno de comunicaciones más fluido y, a la vez, más complejo, un ambiente que soporte colaboración efectiva y sencilla con clientes, proveedores y asociados

Debido a lo visto anteriormente no solo se debe ofrecer integrar los servicios en una red como tal, sino que también se debe garantizar al usuario una mejora en la prestación de los mismos y un mejor rendimiento de estos.

⁷ AT&T , Boletín de Prensa, “Mayor Competitividad: Principal Beneficio De La “Convergencia De Redes”

2. MPLS

Uno de los factores de éxito de la Internet actual está en la aceptación de los protocolos TCP/IP como estándar para todo tipo de servicios y aplicaciones. La Internet ha desplazado a las tradicionales redes de datos y ha llegado a ser el modelo de red pública del siglo XXI. Pero si bien es cierto que la Internet puede llegar a consolidarse como el modelo de red pública de datos a gran escala, también lo es que no llega a satisfacer ahora todos los requisitos de los usuarios, principalmente los de aquellos de entornos corporativos, que necesitan la red para el soporte de aplicaciones críticas. Una carencia fundamental de la Internet es la imposibilidad de seleccionar diferentes niveles de servicio para los distintos tipos de aplicaciones de usuario. La Internet se valora más por el servicio de acceso y distribución de contenidos que por el servicio de transporte de datos, conocido como de "best-effort". Si el modelo Internet ha de consolidarse como la red de datos del próximo milenio, se necesita introducir cambios tecnológicos fundamentales, que permitan ir más allá del nivel best-effort y puedan proporcionar una respuesta más determinística y menos aleatoria.

Hoy por hoy las aplicaciones novedosas y cada vez mas demandantes que han surgido en Internet han producido un aumento de la necesidad de transmitir información; además se requiere que esta transmisión se haga garantizando ciertos parámetros de Calidad de Servicio como pueden ser el retardo máximo y el número de paquetes que puedan ser descartados sin afectar la calidad de la transmisión de la información. Debido a que esta calidad de servicio requerida no puede ser asegurada por los protocolos TCP /IP, se han desarrollado diferentes tecnologías para superar este inconveniente, entre estas tecnologías está la tecnología MPLS (Multiprotocol Label Switching).

MPLS es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

MPLS es a veces un tanto difícil de explicar. Como protocolo es bastante sencillo, pero las implicaciones que supone su implementación real son enormemente complejas. Según el énfasis (o interés) que se ponga a la hora de explicar sus características y utilidad, 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.

Pero, ante todo y sobre todo, debemos considerar MPLS como el avance más reciente en la evolución de las tecnologías de routing y forwarding en las redes IP. 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 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 añadido. Para poder entender mejor las ventajas de la solución MPLS, vale la pena revisar antes los esfuerzos anteriores de integración de los niveles 2 y 3 que han llevado finalmente a la adopción del estándar MPLS.

2.1 Esfuerzos anteriores a MPLS “IP sobre ATM”

El crecimiento imparable de la Internet, así como la demanda sostenida de nuevos y más sofisticados servicios, supone cambios tecnológicos fundamentales respecto a las prácticas habituales desarrolladas a mitad de los años 90. La respuesta de los Network Service Provider (proveedores de servicio de Internet - NSPs) fue el incremento del número de enlaces y de la capacidad de los mismos.

Como consecuencia, se impulsaron los esfuerzos para poder aumentar el rendimiento de los routers tradicionales. Estos esfuerzos trataban de combinar, de diversas maneras, la eficacia y la rentabilidad de los conmutadores ATM con las capacidades de control de los routers IP. Estas redes ofrecían entonces una buena solución a los problemas de crecimiento de los NSPs. Por un lado, proporcionaba mayores velocidades (155 Mbps) y, por otro, las características de respuesta determinísticas de los circuitos virtuales ATM posibilitaban la implementación de soluciones de ingeniería de tráfico.

“El funcionamiento IP/ATM supone la superposición de una topología virtual de routers IP sobre una topología real de conmutadores ATM. Cada router comunica con el resto mediante los circuitos virtuales permanentes (PVCs) que se establecen sobre la topología física de la red ATM. Los PVCs actúan como circuitos lógicos y proporcionan la conectividad necesaria entre los routers de la periferia. En la figura 1 se representa un ejemplo en el que se puede comparar la diferencia entre la topología física de una red ATM con la de la topología lógica IP superpuesta sobre la anterior.

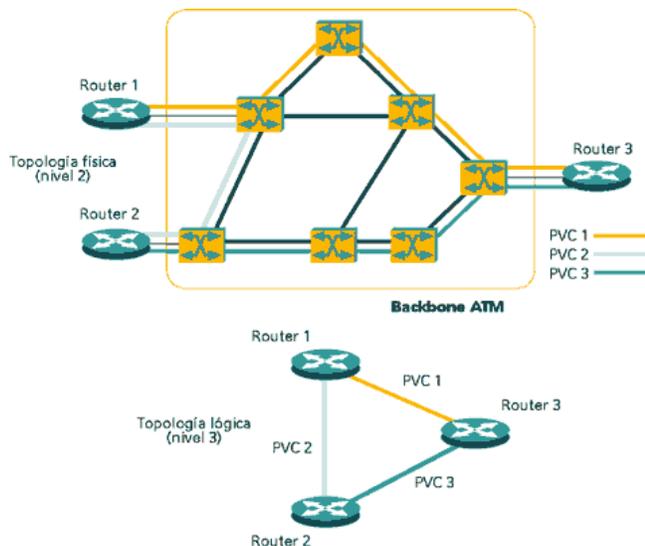


Figura 2.1 Comparación de Topología ATM con topología IP

IP/ATM es un grupo de servicios para la comunicación en redes ATM que pueden usarse como alternativa a la emulación de LAN. IP/ATM se controla mediante dos componentes principales: el cliente IP/ATM y el servidor IP/ATM. El servidor IP/ATM incluye un servidor ARP (Address Resolution Protocol) de ATM y un servicio de resolución de direcciones de multidifusión (MARS). Los componentes de red IP/ATM pueden residir en un servidor o en un conmutador ATM”⁸.

“La ventaja principal de usar IP/ATM es que es más rápido que LANE (*Local Area Network Emulation*). Con IP/ATM, no se agrega información adicional de encabezado a los paquetes a medida se transmiten por la pila de protocolo. En cuanto el cliente IP/ATM ha establecido una conexión, los datos pueden transferirse sin modificaciones.”⁹

La solución de superponer IP sobre ATM permite aprovechar la infraestructura ATM existente. Las ventajas inmediatas son el ancho de banda disponible a precios competitivos y la rapidez de transporte de datos que proporcionan los conmutadores.

⁸Tomado de <http://www.rediris.es/rediris/boletin/53/enfoque1.html>

⁹ Tomado de <http://www.microsoft.com/latam/technet/articulos/windows2k/chapt-7/>

Sin embargo, el modelo IP/ATM tiene también sus inconvenientes: hay que gestionar dos redes diferentes, una infraestructura ATM y una red lógica IP superpuesta, lo que supone a los proveedores de servicio unos mayores costes de gestión global de sus redes. El modelo IP/ATM, si bien presenta ventajas evidentes en la integración de los niveles 2 y 3, lo hace de modo discontinuo, a base de mantener dos redes separadas.

2.2 Multiprotocol label switching (MPLS)

MPLS (Multi-Protocol Label Switching) es una red privada IP que combina la flexibilidad de las comunicaciones punto a punto y la fiabilidad, calidad y seguridad de los servicios Private Line, Frame Relay o ATM. MPLS es una solución versátil para solucionar los problemas presentados en las redes actuales como los son la velocidad, escalabilidad, calidad de Servicio (QoS), administración e ingeniería de tráfico. MPLS tiene la posibilidad de coexistir sobre redes ATM y Frame Relay.

Las características principales de una red MPLS se muestran a continuación:

- MPLS es una nueva tecnología de conmutación creada para proporcionar circuitos virtuales en las redes IP
- Introduce una serie de mejoras respecto a IP:
 - Redes privadas virtuales.
 - Ingeniería de tráfico.
 - Mecanismos de protección frente a fallos
- MPLS se basa en el etiquetado de los paquetes en base a criterios de prioridad y/o calidad (QoS).

- La idea de MPLS es realizar la conmutación de los paquetes o datagramas en función de las etiquetas añadidas en capa 2 y etiquetar dichos paquetes según la clasificación establecida por la QoS en la SLA (*Service Level Agreement*).
- Por tanto MPLS es una tecnología que permite ofrecer QoS, independientemente de la red sobre la que se implemente.
- El etiquetado en capa 2 permite ofrecer servicio multiprotocolo y ser portable sobre multitud de tecnologías de capa de enlace: ATM, Frame Relay, líneas dedicadas, LANs.

“En MPLS, la transmisión de datos ocurre en los label-switched paths (LSPs). LSPs son una secuencia de etiquetas de cada y en cada nodo a lo largo de la trayectoria desde la fuente hasta el destino. LSPs se puede establecer antes de la transmisión de datos (control-driven) o sobre la detección de cierto flujo de los datos (data-driven). Se distribuyen usando el protocolo de distribución de niveles (LDP) o RSVP, o se llevan las etiquetas al igual que en protocolos de encaminamiento como el Border Gateway Protocol (BGP) y el OSPF. Cada paquete de datos encapsula y lleva las etiquetas durante su viaje de la fuente al destino. La conmutación de alta velocidad de datos es posible porque las etiquetas de longitud fija se insertan al inicio del empaquetado y puede ser utilizado por el hardware al cambiar los paquetes rápidamente entre los Links”¹⁰.

¹⁰ MINOLI, Daniels. “ VOICE OVER MPLS: Planning and Designing Networks”, McGraw-Hill Telecom. 2002 pag 206– 208.

2.1.1 LSRs and LERs

“Los dispositivos que participan en los mecanismos del protocolo de MPLS se pueden clasificar en label Edge Routers (LERs) y label switching routers(LSRs). Un LSR es un router de alta velocidad de una red de MPLS que participa en el establecimiento del LSPs usando el apropiado protocolo de señalización y conmutación de alta velocidad del tráfico de los datos basado en las trayectorias establecidas.

Un LER es un dispositivo que funciona en el borde del acceso de la red MPLS. LERs puede tener múltiples puertos conectados a diferentes redes (tales como Frame Relay, ATM y Ethernet) y redireccionan este tráfico a la red de MPLS después de establecer LSPs, usando el protocolo de distribución de niveles en el ingreso y distribuir del tráfico. El LER desempeña un papel muy importante en la asignación y el retiro de etiquetas, pues este maneja el tráfico que entra o sale de una red de MPLS”¹¹.

2.2.1 Ideas preconcebidas sobre MPLS

Si bien es cierto que MPLS mejora notablemente el rendimiento del mecanismo de envío de paquetes, éste no era el principal objetivo del grupo del IETF. Los objetivos establecidos por ese grupo en la elaboración del estándar eran:

- “MPLS debía funcionar sobre cualquier tecnología de transporte, no sólo ATM
- MPLS debía soportar el envío de paquetes tanto unicast como multicast

¹¹ GALLAHER Rick . “MPLS Training Guide: Building Multi Protocol Label Switching Networks” SYNGRESS. Diciembre 2003, pag 1-5

- MPLS debía ser compatible con el Modelo de Servicios Integrados del IETF, incluyendo el protocolo RSVP
- MPLS debía permitir el crecimiento constante de la Internet
- MPLS debía ser compatible con los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de las actuales redes IP

También ha habido quien pensó que el MPLS perseguía eliminar totalmente el encaminamiento convencional por prefijos de red. Esta es otra idea falsa y nunca se planteó como objetivo del grupo, ya que el encaminamiento tradicional de nivel 3 siempre sería un requisito en la Internet por los siguientes motivos:

- El filtrado de paquetes en los cortafuegos (FW) de acceso a las LAN corporativas y en los límites de las redes de los NSPs es un requisito fundamental para poder gestionar la red y los servicios con las necesarias garantías de seguridad. Para ello se requiere examinar la información de la cabecera de los paquetes, lo que impide prescindir del uso del nivel 3 en ese tipo de aplicaciones.
- No es probable que los sistemas finales (hosts) implementen MPLS. Necesitan enviar los paquetes a un primer dispositivo de red (nivel 3) que pueda examinar la cabecera del paquete para tomar luego las correspondientes decisiones sobre su envío hasta su destino final. En este primer salto se puede decidir enviarlo por routing convencional o asignar una etiqueta y enviarlo por un LSP.
- Las etiquetas MPLS tienen solamente significado local (es imposible mantener vínculos globales entre etiquetas y hosts en toda la Internet). Esto implica que en algún punto del camino algún dispositivo de nivel 3 debe examinar la cabecera del paquete para determinar con exactitud por dónde lo envía: por routing convencional o entregándolo a un LSR, que lo expedirá por un nuevo LSP.

- Del mismo modo, el último LSR de un LSP debe usar encaminamiento de nivel 3 para entregar el paquete al destino, una vez suprimida la etiqueta, como se verá seguidamente al describir la funcionalidad MPLS¹².

2.3 Descripción funcional del MPLS

“La operación del MPLS se basa en las componentes funcionales de envío y control, aludidas anteriormente, y que actúan ligadas íntimamente entre sí. Empecemos por la primera.

a) Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS

La base del MPLS está en la asignación e intercambio de etiquetas, que permiten el establecimiento de los caminos LSP³ por la red. Los LSPs son simplex por naturaleza (se establecen para un sentido del tráfico en cada punto de entrada a la red); el tráfico dúplex requiere dos LSPs, uno en cada sentido. Cada LSP se crea a base de concatenar uno o más saltos (hops) en los que se intercambian las etiquetas, de modo que cada paquete se envía de un "conmutador de etiquetas" (Label-Switching Router) a otro, a través del dominio MPLS. Un LSR no es sino un router especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS.

Esta tabla se construye a partir de la información de encaminamiento que proporciona la componente de control. Cada entrada de la tabla contiene un par de etiquetas entrada/salida correspondientes a cada interfaz de entrada, que se utilizan para acompañar a cada paquete que llega por ese interfaz y con la misma etiqueta (en los LSR exteriores sólo hay una

¹² E. Rosen; A. Viswanathan. “RFC3031: Multiprotocol Label Switching Architecture”. Enero de 2001

etiqueta, de salida en el de cabecera y de entrada en el de cola). En la figura 2.2 se ilustra un ejemplo del funcionamiento de un LSR del núcleo MPLS. A un paquete que llega al LSR por el interfaz 3 de entrada con la etiqueta 45 el LSR le asigna la etiqueta 22 y lo envía por el interfaz 4 de salida al siguiente LSR, de acuerdo con la información de la tabla.

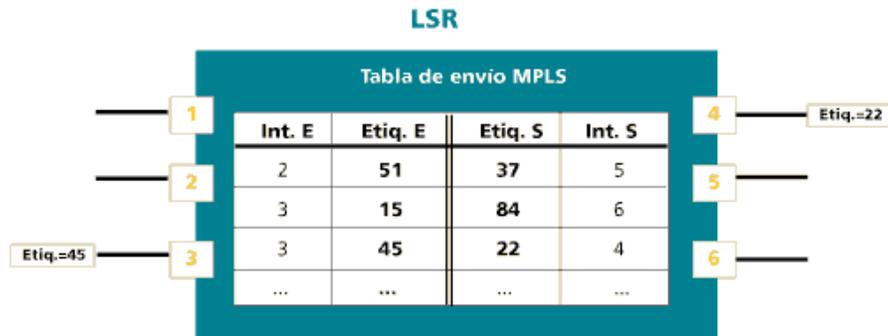


Figura 2.2 funcionamiento de un LSR

El algoritmo de intercambio de etiquetas requiere la clasificación de los paquetes a la entrada del dominio MPLS para poder hacer la asignación por el LSR de cabecera. En la siguiente figura se muestra como un paquete que viene sin etiquetar llega a su destino aplicando etiquetas.

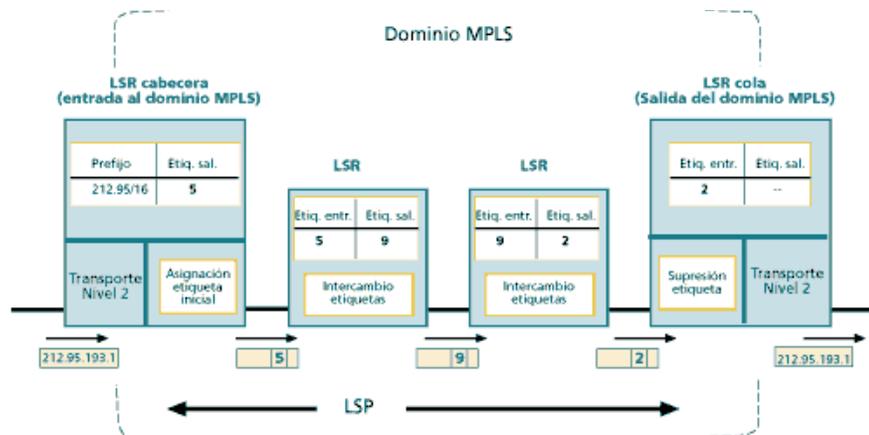


Figura 2.3 Asigacion de etiquetas MPLS

Las etiquetas se insertan en cabeceras MPLS, entre los niveles 2 y 3. Según las especificaciones del IETF, MPLS debía funcionar sobre cualquier tipo de transporte: PPP, LAN, ATM, Frame Relay, etc. Por ello, si el protocolo de transporte de datos contiene ya un campo para etiquetas (como ocurre con los campos VPI/VCI de ATM y DLCI de Frame Relay), se utilizan esos campos nativo para las etiquetas. Sin embargo, si la tecnología de nivel 2 empleada no soporta un campo para etiquetas (p. ej. enlaces PPP o LAN), entonces se emplea una cabecera genérica MPLS de 4 octetos, que contiene un campo específico para la etiqueta y que se inserta entre la cabecera del nivel 2 y la del paquete (nivel 3).



Figura 2.4 Cabecera MPLS

Donde:

- Label (20 bits): Es la identificación de la etiqueta.
- Exp (3 bits): También aparece como CoS en otros textos, afecta al encolado y descarte de paquetes.
- S (1 bit): Del inglés stack, sirve para el apilado jerárquico de etiquetas. Cuando S=0 indica que hay mas etiquetas añadidas al paquete. Cuando S=1 estamos en el fondo de la jerarquía.
- TTL (8 bits): Time-to-Live, misma funcionalidad que en IP, se decrementa en cada enrutador y al llegar al valor de 0, el paquete es descartado

b) Funcionamiento global MPLS

Una vez vistos todos los componentes funcionales, el esquema global de funcionamiento es el que se muestra en la siguiente figura, donde quedan reflejadas las diversas funciones en cada uno de los elementos que

integran la red MPLS. Es importante destacar que en el borde de la nube MPLS tenemos una red convencional de routers IP. 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). Ahora, esa unión a un solo salto se realiza por MPLS mediante los correspondientes LSPs (puede haber más de uno para cada par de routers). La diferencia con topologías conectivas reales es que en MPLS la construcción de caminos virtuales es mucho más flexible y que no se pierde la visibilidad sobre los paquetes IP. Todo ello abre enormes posibilidades a la hora de mejorar el rendimiento de las redes y de soportar nuevas aplicaciones de usuario”¹³.

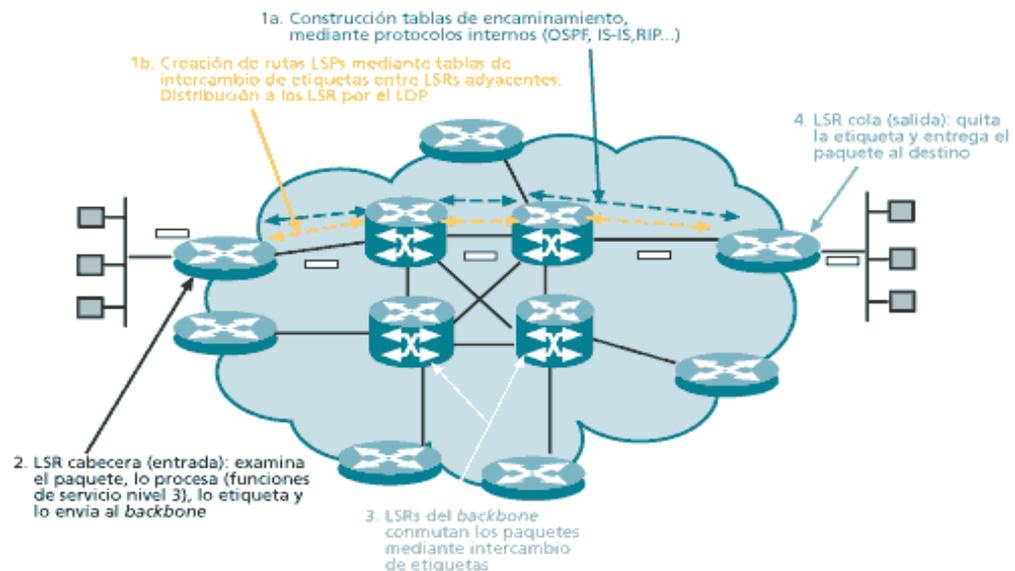


Figura 2.5 esquema general del funcionamiento MPLS

¹³ REGIS, Bates. “Broadband telecommunications handbook”. McGrawHill, 2002 pag 508-521

2.4 Tunneling en MPLS

Una característica única de MPLS es que puede controlar la trayectoria entera de un paquete sin explícitamente especificar los routers intermedios. Esto lo puede hacer creando túneles a través de los routers intermedios que pueden atravesar múltiples segmentos. Este concepto se utiliza en VPNs MPLS.

Considerar el escenario mostrado en la figura 2.6. LERs (LER1, LER2, LER3, y LER4) todos utilizan BGP y crean un LSP entre ellos (LSP 1). LER1 está enterado que su destinación siguiente es LER2, pues está transportando los datos para la fuente, que debe pasar con dos segmentos de la red. Alternadamente, LER2 está enterado que LER3 es su destinación siguiente, y así sucesivamente. Este LERs utilizarán el LDP para recibir y para almacenar etiquetas de la salida LER (LER4 en este escenario) hasta el final al ingreso LER (LER1).

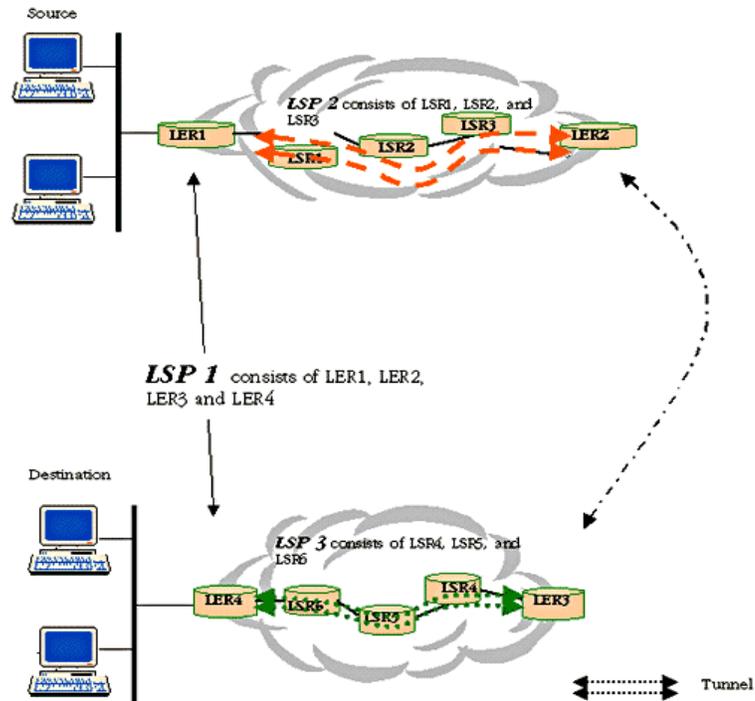


Figura 2.6 túneles en MPLS

Sin embargo, para que LER1 envíe sus datos a LER2, debe pasar por varios (en este caso tres) LSRs. Por lo tanto, un LSP separado (LSP 2) se crea entre los dos LERs (LER1 y LER2) los cuales empalman LSR1, LSR2, y LSR3. Esto, en efecto, representa un túnel entre los dos LERs. Las etiquetas en esta trayectoria son diferentes de las etiquetas que el LERs creó para LSP1. Esto es lo mismo para LER3 y LER4, así como para el LSRs entre ellos. Un LSP 3 se crea para este segmento.

Para alcanzar esto, el concepto de etiqueta se utiliza al transportar el paquete a través de dos segmentos de la red. Como el paquete debe viajar a través de LSP 1, LSP 2, y LSP 3, llevará dos etiquetas completas a la vez. El Par usado para cada segmento es (1) en el primer segmento, la etiqueta para el segmento de LSP 1 y de LSP 2 y (el 2) segundos, la etiqueta para LSP 1 y LSP 3.

Cuando el paquete sale de la primera red y es recibido por LER3, quitará la etiqueta para LSP 2 y la substituirá por la etiqueta de LSP 3, mientras que intercambia la etiqueta de LSP 1 dentro del paquete con la etiqueta siguiente del salto. LER4 quitará ambas etiquetas antes de enviar el paquete al destino.

2.5 Aplicaciones de MPLS

Las principales aplicaciones que hoy en día tiene MPLS son:

- Ingeniería de tráfico
- Diferenciación de niveles de servicio mediante clases (CoS)
- Servicio de redes privadas virtuales (VPN)

2.5.1 Ingeniería de tráfico

El objetivo básico de la ingeniería de tráfico es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. La idea es equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén suprautilizados, con posibles puntos calientes y cuellos de botella, mientras otros puedan estar infrautilizados. A comienzos de los 90 los esquemas para adaptar de forma efectiva los flujos de tráfico a la topología física de las redes IP eran bastante rudimentarios. Los flujos de tráfico siguen el camino más corto calculado por el algoritmo IGP correspondiente. En casos de congestión de algunos enlaces, el problema se resolvía a base de añadir más capacidad a los enlaces. La ingeniería de tráfico consiste en trasladar determinados flujos seleccionados por el algoritmo IGP sobre enlaces más congestionados, a otros enlaces más descargados, aunque estén fuera de la ruta más corta (con menos saltos).

2.5.2 Clases de servicio (CoS)

MPLS está diseñado para poder cursar servicios diferenciados, según el Modelo DiffServ del IETF. Este modelo define una variedad de mecanismos para poder clasificar el tráfico en un reducido número de clases de servicio, con diferentes prioridades. Según los requisitos de los usuarios, DiffServ permite diferenciar servicios tradicionales tales como el WWW, el correo electrónico o la transferencia de ficheros (para los que el retardo no es crítico), de otras aplicaciones mucho más dependientes del retardo y de la variación del mismo, como son las de vídeo y voz interactiva. Para ello se emplea el campo ToS (Type of Service), rebautizado en DiffServ como el octeto DS. Esta es la técnica QoS de marcar los paquetes que se envían a la red.

2.5.3 Redes privadas virtuales (vpns)

Una red privada virtual (VPN) se construye a base de conexiones realizadas sobre una infraestructura compartida, con funcionalidades de red y de seguridad equivalentes a las que se obtienen con una red privada. El objetivo de las VPNs es el soporte de aplicaciones intra/extranet, integrando aplicaciones multimedia de voz, datos y vídeo sobre infraestructuras de comunicaciones eficaces y rentables. La seguridad supone aislamiento, y "privada" indica que el usuario "cree" que posee los enlaces. Las IP VPNs son soluciones de comunicación VPN basada en el protocolo de red IP de la Internet.

3. WIRELESS

La comunicación entre redes wireless resulta esencial para poder extender las telecomunicaciones más allá de su alcance tradicional, a aquellas áreas hasta ahora inaccesibles, permitiendo la utilización de servicios Web y otras muchas aplicaciones en todo momento y lugar.

A medida que las redes inalámbricas vayan evolucionando, los clientes solicitarán aplicaciones de red, incluso, en casos donde no exista una infraestructura de red propia. Los usuarios de terminales móviles con dispositivos inalámbricos compatibles entre sí deberán ser capaces de establecer una red de corta duración que les permita satisfacer sus necesidades de comunicación en un momento determinado, es decir, deberán poder implementar una red wireless.

Las redes wireless puede trabajar de dos modos el primer modo basado en infraestructura y en modo AD-HOC

Cuando las WLAN operan en el modo basado en infraestructura, la red está constituida por al menos un punto de acceso conectado a la infraestructura de la red cableada y a un conjunto de estaciones inalámbricas. En cambio, cuando las WLAN operan en el modo ad hoc, lo que tenemos es un conjunto de estaciones inalámbricas que se comunican directamente entre sí, sin la presencia de puntos de acceso, evitándose de esta forma su colapso a la hora de atender a un número tan elevado de usuarios (no todo el tráfico debe de estar dirigido al punto de acceso, tal y como sucede con las WLAN operando en el modo basado en infraestructura).

Estas propiedades convierten a las redes wireless en redes altamente flexibles y rápidas de desarrollar, pues no necesitan para su funcionamiento una infraestructura propia. Gracias a la coexistencia y cooperación entre las redes wireless y las redes IP fijas, será posible desarrollar nuevas e innovadoras aplicaciones, aprovechando también las ya existentes.

Además dada la enorme importancia que pueden llegar a tener las comunicaciones inalámbricas y en especial las redes ad hoc, éstas deben estar preparadas para ofrecer una cierta calidad de servicio, QoS (Quality of Service) a aplicaciones tales como las multimedia, voz, datos. etc. En este tipo de tecnología resulta muy complicado establecer QoS debido a sus particularidades; por este motivo, la provisión de calidad de servicio entre redes wireless se ha convertido en un desafío tan difícil como atrayente

Más adelante se mostrara las características de este tipo de red wireless, y se explicaran las diferentes tecnologías existentes para ofrecer QoS sobre este tipo de redes.

3.1 Wireless: realidad o ficción?

El término wireless se relaciona con las telecomunicaciones, el cual se puede asimilar o asemejar a la palabra inalámbrico, ya que no se utiliza un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan por el espacio, en ausencia de un medio físico que las transmita. “Este tipo de tecnología utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica de uso libre para transmitir entre dispositivos”¹⁴.

¹⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Wireless>

Es decir la tecnología Wireless nos permite montar una red con todas sus ventajas y sin conectar ni un solo cable. Nos ayuda a tener acceso a internet sin tener limitaciones de espacio o lugar, además nos brinda la posibilidad de acceder lugares remotos.

Este tipo de redes ya está siendo implementada y muy usada en nuestro medio una de las aplicaciones de este tipo de tecnología inalámbrica pueden variar desde usos domésticos hasta usos ya especializados.

“uno de los usos de esta tecnología se puede apreciar un poco más en sistemas de seguridad los cuales evitan la colocación de grandes sistemas de cableados para su implementación. Otro ejemplo de utilización de sistemas inalámbrico se puede ver en el uso diario con la tecnología de los teléfonos celulares, con los cuales podemos tener acceso a la información sin importar el lugar en el que nos encontremos.

Para referirnos a la tecnología wireless debemos centrarnos en la gran rama de opciones que nos presenta entre las que podemos ubicar tecnologías como GSM/GPRS (WAN–Wide Area Network), Wi-Fi (WLAN–Wireless Local Area Network) y bluetooth (PAN- personal area network)”¹⁵.

3.2 Wireless: una vía distinta para acercarnos a la convergencia

Como ya es sabido la convergencia nos brinda una gran gama de posibilidades a través de un solo medio (transmitir y recibir variedad de información a través de un medio unificado: el cable). Pero en este caso, si nos permitiéramos soñar, si en vez de soportar todo tipo de información (ya sea voz, datos, video, música) a

¹⁵ BORKO Furth. “Wireless internet handbook: technologies, standards and applications”.CRC PRESS.Pag -6

través de un medio como el cable, lo hiciéramos simplemente a través del “aire”, sería como adelantarnos al tiempo, como llegar al futuro y vislumbrar la tecnología en todo su esplendor. Lo cierto es que la convergencia desarrollada en wireless no es ningún sueño: es una realidad. Es mas esta ha sido desarrollada desde hace ya varios años y se está perfeccionando día a día.

“Es posible ver un claro ejemplo dentro del mundo de las telecomunicaciones más específicamente hablando del mundo de celular: el invento de fin de siglo. Los primeros intentos para acercarnos a la convergencia fueron aportados por una aplicación que nos permitía tener acceso a la Web. El problema de esto era el poco contenido que generaba este método, lo cual representaba un vago intento por acceder a la red desde un punto libre sin atadura de cables desde la comodidad de tu celular pero con escaso contenido para Mostar al público. Hoy en día es posible vislumbrar que el ancho de banda en los móviles ha crecido y se han realizado estándares más evolucionados para la producción de contenidos para el Internet móvil”¹⁶.

Para observar un poco el futuro es posible prever que los dispositivos que implementan tecnología wireless se convertirán en medios indispensables para los seres humanos como lo fue una vez el teléfono o sistemas cableados, por ello se puede decir que la tecnología wireless serán en un futuro el punto fundamental de las telecomunicaciones en el mundo, permitiendo el acceso y convergencia de servicios a través de este medio.

No obstante se debe tener en cuenta que para este tipo de redes se debe estudiar un poco más las características del trafico y la manera como este podría comportarse y conociendo estas características se podría converger en este

¹⁶ <http://www.celularis.com/tecnologia/ivt-presenta-el-primer-movil-bluetooth.php>

medio las diferentes servicios de red sin preocupación de que el servicio estaría mal administrado.

3.3 Otra mirada a las tecnologías inalámbricas: las redes ad hoc

Las redes AD HOC tienen gran representación en el futuro de la comunicación vía wireless. Cuando hablamos de redes AD HOC nos estamos refiriendo a un entorno cerrado en donde lo importante es la comunicación en un área determinada. Estas redes pueden comunicarse con el mundo global del Internet a través de dispositivos como gateways. Las redes AD HOC están clasificadas como redes aisladas con largo y pequeño tamaño, redes integradas AD HOC en varios escenarios y redes celulares AD HOC para el futuro acceso a redes móviles.

Las redes AD HOC se están convirtiendo en una importante inversión en áreas comerciales y residenciales, lo cual se soporta por las siguientes razones:

- Con el incremento de la corta información procesada por dispositivos como lap tops, PDA's, pocket PC, la necesidad de intercambiar esta información (datos, video, música) hace que este tipo de redes intervenga de una manera fácil y segura para transmitir la misma.
- Las tecnologías emergentes wireless como Bluetooth, IEEE 802.11, ETSIHiperLAN 2 and W-CHAMB (Wireless Channel Oriented Ad hoc Multihop Broadband Networks) permiten que se desenvuelvan las redes AD HOC a través de variados nodos.
- Las redes AD HOC se vislumbran como la solución para incrementar la cobertura del radio de wireless banda ancha.

- La redes AD HOC se convierten en un importante método para extender los servicios multimedia en Internet hacia ambientes wireless.

Dentro de este tipo de redes se destacan las más importantes:

Redes aisladas AD HOC: básicamente en estas todos los nodos se comunican entre sí con la misma red (AD HOC). Estas redes no tienen conexión directa con redes globales como la Internet. Pueden clasificarse en 2 tipos:

- Large Scale Isolated Ad hoc Networks: esta cuenta con muchos nodos. Esta, se podría decir que tiene un corto potencial comercial (es más factible su uso para fines académicos) ya que puede implementarse para transportar mensajes con una corta cantidad de datos. La razón de esto es que estas redes presentan problemas en la seguridad (presenta problemas para garantizar el AAA (Authentication, Authorization and Accounting))
- Small Size Isolated Ad hoc Networks: en contraste con la anterior este tipo de redes si tiene un gran potencial comercial en ambientes hogareños, de negocio, hotspots, y áreas personales. Las tecnologías emergentes wireless como ETSI HiperLAN 2, IEEE 802.11, Bluetooth cumplen un rol importante en aplicaciones como intercambio de documentos, presentaciones instantáneas digitales, y en el área de entretenimiento satisfacen el deseo de millones de competidores en materia de videojuegos ya que hacen posible la conexión de los mismos a este entorno para desenvolverse como verdaderos guerreros en el área virtual (en tiempo real).

Redes integradas AD HOC: las cuales intervienen en temas referentes a los escenarios en los que se desenvuelven, entre los que se destacan:

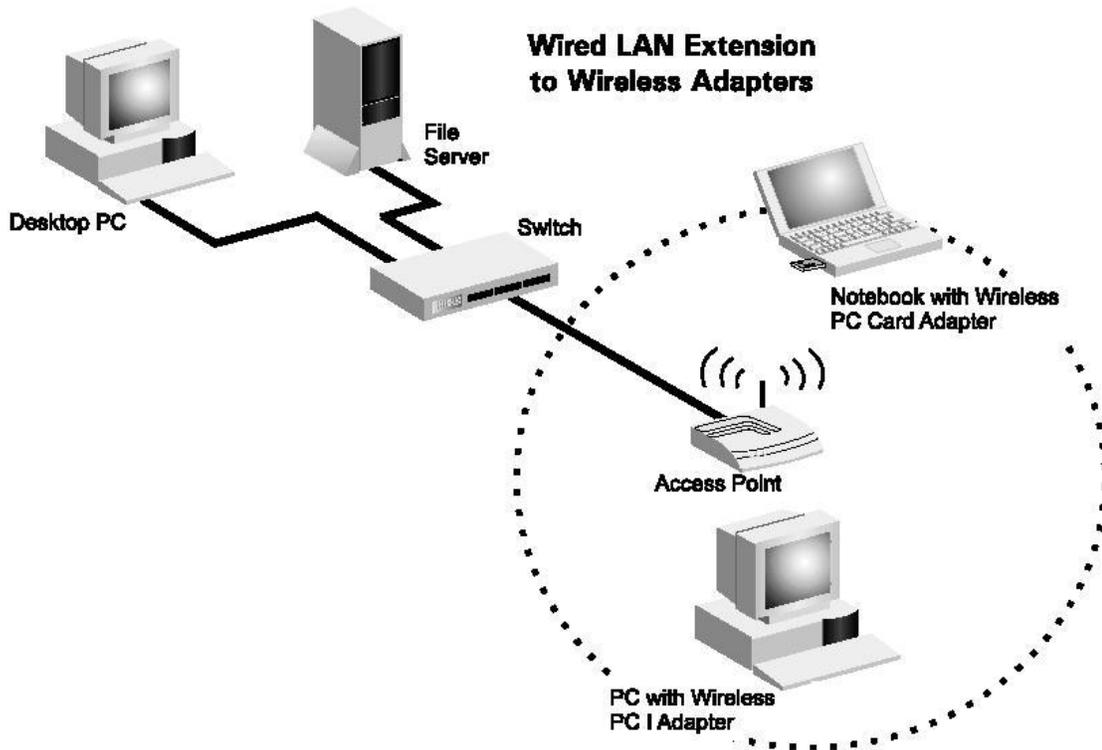


Figura 3.1 topología de una red ad hoc

- Hotspot: En este escenario se hace necesaria la interconexión de estas redes con gateways, más específicamente 3 tipos de estos dispositivos: WA-GW (Wireless Ad hoc Gateway), MA-GW (Mobile Ad hoc Gateway) y MH-GW (Mobile Hotspot Ad hoc Gateway), los cuales se hacen necesarios para integrar redes AD HOC de pequeño tamaño con redes de acceso de banda ancha.

Esta adaptación es necesaria para integrar los protocolos de enrutamiento de AD HOC con los protocolos de enrutamiento del IP móvil que será usado en infraestructuras basadas en dominios de ruteo. La red de accesos consiste de un gateways, switches y Access points. EL funcionamiento de

estos dispositivos se define de esta forma: los GW's se conectan con el Internet; dependiendo del tamaño del area de cobertura mas SW's se conectan al GW y los AP's son conectados a cada SW.

- GPRS/UMTS: en este escenario cada miembro del grupo AD HOC puede acceder a Internet desde cualquier parte y en cualquier momento usando GPRS/UMTS a través de MA-GW o MH-GW. En comparación al escenario hotspot la tarifa de datos es limitada.
Pero este escenario es importante para los casos móviles de hotspot ya que la base WLAN no está disponible durante el movimiento.

4. CALIDAD DE SERVICIOS (QoS)

Múltiples factores afectan la percepción de la calidad del servicio en una red de paquetes. Los requerimientos de calidad varían dependiendo de los usuarios y servicios solicitados, en las redes IP muchas veces la entrega de un paquete puede durar minutos otras veces horas, como es el caso de la obtención de un archivo.

Al navegar en la web o al solicitar acceso a una base de datos remota la tolerancia podrá ser de segundos pero no de minutos. En aplicaciones demandantes tales como sesiones de chat o voz y video en tiempo real solo se toleran retardos de fracciones de segundos para satisfacer los requerimientos humanos, y algo también muy importante es el orden de llegada de los paquetes.

Estas aplicaciones demandan, además de gran ancho de banda, un servicio diferenciado. En muchos casos es necesario garantizar que la transmisión de los datos sea realizada sin interrupción o pérdida de paquetes.

Con la implantación de calidad de servicio (QoS), es posible ofrecer más garantía y seguridad para las aplicaciones avanzadas, una vez que el tráfico de estas aplicaciones pasa a tener prioridad en relación con aplicaciones tradicionales.

4.1 ¿Qué es QoS?

La calidad de servicio (QoS) es un conjunto de requisitos de servicio que la red debe cumplir para asegurar un nivel de servicio adecuado para la transmisión de los datos. Estos requisitos de servicio se basan en estándares de funcionalidad QoS.

QoS permite que los programas en tiempo real optimicen el uso del ancho de banda de la red. Como QoS asegura cierto nivel de garantía de recursos de red suficientes, ofrece a una red compartida un nivel de servicio similar al de una red dedicada.

Una garantía de QoS indica un nivel de servicio que permite que un programa transmita datos a una velocidad especificada y los entregue en un periodo de tiempo dado

Los efectos que perciben los usuarios ante la falta de la calidad de servicio son los siguientes:

- VOZ: se interrumpe, no se comprende, se repite un efecto de entrecortado, no se sabe cuándo termina de hablar el corresponsal o cuando empezó, se desconectan las llamadas
- VIDEO: movimientos erráticos, audio fuera de sincronismo, imágenes enlentecidas
- DATOS: tiempos variables de respuesta, pantallas que no terminan de abrirse.

A raíz de esto se han implementado varios protocolos para el manejo de la calidad de servicio, con el fin de que el usuario final no perciba retrasos en la información que maneja y además, el servicio prestado satisfaga todas las expectativas esperadas por el mismo.

4.2 Protocolos

Algunos protocolos de QoS operan individualmente y otros interactúan entre sí para brindar una calidad de extremo a extremo.

Los paquetes son diferenciados en la red en base a flujos caracterizados por sus encabezados IP. La calidad de servicio puede ser aplicada a flujos individuales de paquetes o a flujos agregados.

Un flujo individual transcurre entre una aplicación en una fuente de un dispositivo de origen a otra aplicación en un dispositivo de destino. Todos los paquetes pertenecientes al mismo flujo llevan los mismos 5 campos detallados en el encabezado dibujado a continuación.



Figura 4.1 Campos implementados en MPLS

Un flujo agregado es un grupo de dos o más flujos que tienen algunos de los 5 campos en común.

La siguiente categorización muestra los servicios básicos definibles para esos flujos individuales o agregados en relación a la calidad de servicio

➤ Servicio del Mejor Esfuerzo

Se refiere a conectividad básica sin ningún tipo de garantía de si el paquete será entregado a destino o en tiempo y forma.

En este servicio cualquier paquete puede ser descartado a lo largo del trayecto o desbordar un buffer en algún nodo intermedio. Es el único servicio brindando por Internet al menos en la versión IP v4.

➤ **Servicios Diferenciados**

Se refiere a que el tráfico es agrupado en clases basadas en los requisitos del servicio Solicitado.

Este servicio no da tampoco ninguna garantía de calidad pero permite un trato preferencial a aquellos paquetes marcados con determinadas prioridades frente a otros.

➤ **Servicios Garantizados**

Se refiere a que los recursos de la red se reservan previamente a la iniciación de la sesión y a lo largo de todo el trayecto desde el origen al destino. Solo se establecerá la sesión en el caso de que todos los tramos hayan acordado poder reservar los recursos que les hayan sido solicitados desde el origen hacia el destino marcado.

En todos los casos se aplica una serie de medidas para lograr controlar algunos de los factores que afectan la calidad de servicio.

4.3 Algoritmo de manejo de colas

Existen varios niveles en los cuales se puede proveer de calidad de servicio en una red IP. Uno de ellos es el de contar con una estrategia de manejo de los paquetes en caso de congestión, o evitar que la red alcance este estado, descartando paquetes a medida que estos ingresan a la red.

El “Manejo de Colas” es un término general usado para nombrar los distintos tipos de estrategia de encolamiento que se utilizan para manejar situaciones donde la demanda de ancho de banda solicitada por las aplicaciones excede el ancho de banda total de la red, controlando la inyección de tráfico a la red, para que ciertos flujos tengan prioridad sobre otros.

Algunos algoritmos para el manejo de colas son los siguientes

- **FIFO:** Es el tipo más simple de encolamiento, se basa en el siguiente concepto: el primer paquete en entrar a la interfaz es el primero en salir, es adecuado para interfaces de alta velocidad, sin embargo no para bajas, ya que FIFO es capaz de manejar cantidades limitadas de ráfagas de datos.

- **FAIR QUEUEING:** FQ, generalmente conocido como WFQ (Weighted Fair Queueing), es un método automatizado que provee una justa asignación de ancho de banda para todo el tráfico de la red, utilizado habitualmente para enlaces de velocidades menores a 2048 [Mbps]. WFQ ordena el tráfico en flujos, utilizando una combinación de parámetros. Por ejemplo, para una conversación TCP/IP, se utiliza como filtro el protocolo IP, dirección IP fuente, dirección IP destino, puerto de origen, etc. Una vez distinguidos estos flujos, el enrutador determina cuáles son de uso intensivo o sensibles al retardo, priorizándolos y asegurando que los flujos de alto volumen sean empujados al final de la cola, y los volúmenes bajos, sensibles al retardo, sean empujados al principio de la cola.

- **PRIORITY QUEUEING:** El Encolamiento de Prioridad (PQ: Queueing) consiste en un conjunto de colas, clasificadas desde alta a baja prioridad. Cada paquete es asignado a una de estas colas, las cuales son servidas en

estricto orden de prioridad. Las colas de mayor prioridad son siempre atendidas primero, luego la siguiente de menor prioridad y así.

- **CUSTOM QUEUEING:** Para evadir la rigidez de PQ, se opta por utilizar Encolamiento Personalizado (CQ: Custom Queueing). Permite al administrador priorizar el tráfico sin los efectos laterales de inanición de las colas de baja prioridad, especificando el número de paquetes o bytes que deben ser atendidos para cada cola

4.4 ¿Por qué necesitamos QoS en las redes?

“Las redes IP reparten paquetes con un tipo de servicio conocido como “best effort” (BE), lo cual equivale a “lo más posible, lo antes posible”. Los paquetes con este tipo de servicio tienen la misma expectativa de tratamiento a medida que transita la red. Se caracteriza porque la complejidad se encuentra en los “host” de las puntas, siendo “tontos” los routers del núcleo de la red. Sólo miran el header, buscan en la tabla de ruteo y definen el next hop. Si llegase a ocurrir congestión, se retardan o descartan los paquetes. Esto hace muy escalable la red. Es suficiente para aplicaciones como mail, ftp y websurfing, pero no para otras aplicaciones que no toleran retardos variables o pérdida de datos, como es el caso de servicios de voz y video en tiempo real. Hay una convergencia de servicios no tradicionales: telefonía, radio, televisión, video, conferencia, etc; los cuales tienen otras exigencias. Una solución se podría pensar es agregar más ancho de banda, pero esto no es suficiente, ya que el tráfico es típicamente en ráfagas, produciendo congestiones temporales y retardos y pérdidas. Por lo tanto la clave está en implementar mecanismos de control de tráfico que permitan implementar QoS. El objetivo de la calidad de servicio en una red es cuantificar el tratamiento

que un paquete debe esperar a medida que circula por la red. El objetivo de una QoS diferenciada, es el dar a ciertos paquetes un mejor trato y a otros un peor trato”¹⁷.

Hay que tener en cuenta que QoS no puede crear ancho de banda adicional, sino que debe manejar el tráfico de manera que el ancho de banda disponible soporte los requerimientos de un amplio rango de aplicaciones que la performance actual de BE no puede soportar

Los proveedores de servicios en general publican un Acuerdo del Nivel de Servicio (SLA) para sus servicios, que contiene los niveles de calidad mensurables que un cliente espera del tráfico de la clase en particular que se encuentra manejando

4.5 QoS para redes Wireless

Las redes wireless presentan restricciones de ancho de banda motivadas por la capacidad variable de sus enlaces inalámbricos y, como consecuencia, en muchas ocasiones se produce congestión. De hecho, el throughput de las comunicaciones inalámbricas es mucho menor que la tasa máxima de transmisión, debido a causas tales como la contienda en el acceso múltiple, fading, ruido y condiciones de interferencia.

Por lo general, las redes funcionan de acuerdo al protocolo del mejor-esfuerzo, que significa que todo el tráfico tiene igual prioridad e igual oportunidad de ser entregado en una manera oportuna. Cuando ocurre la congestión, todo el tráfico tiene la misma oportunidad de ser desechado.

¹⁷ DELFINO, Adrian y RIVERO, Sebastián. “DiffServ: Servicios Diferenciados”, Monografía de Evaluación de Performance en Redes de Telecomunicaciones.

Al configurar QoS puedes seleccionar el tráfico específico de la red que quieres manejar, dar prioridad, y utilizar técnicas de congestión - gerencia y de congestión- evitación para proporcionar un trato preferencial a ciertos datos. Poner QoS en ejecución en una red wireless hace que el funcionamiento de la red sea mucho más fiable y que la utilización del ancho de banda sea más eficaz.

La calidad de servicio se basa en el concepto de que las propias aplicaciones pueden indicar o incluso negociar sus requisitos específicos con la red. No todas las aplicaciones necesitarán que la red les proporcione por igual los mismos niveles de garantía o de QoS. Las aplicaciones de tiempo real (tales como voz o vídeo) tendrán estrictos requisitos de calidad de servicio temporales, puesto que si los paquetes pertenecientes a dichas aplicaciones no llegan en un momento determinado a su destino, su contenido ya no tendrá valor y la transmisión será incorrecta

En una red ad hoc resulta particularmente complicado proporcionar una cierta calidad de servicio porque tanto la topología como capacidad de los enlaces varían dinámicamente. Además, en los entornos inalámbricos la existencia de fading provoca que las tasas de pérdidas de paquetes y las variaciones de retardo sean mucho mayores y variables en comparación con las redes fijas.

Por todos estos motivos, se ha llegado a cuestionar si resulta viable proporcionar calidad de servicio a una red con estas características; no obstante, se han realizado y se están dedicando muchos esfuerzos para conseguirlo; prestigiosos investigadores de todo el planeta se hallan actualmente entregados a este propósito

Por todas estas razones, la investigación actual se ha centrado muy recientemente en cómo conseguir la convivencia e interacción para facilitar la integración entre redes wireless y redes IP fijas.

Si la red ad hoc está conectada a una red IP fija, que le proporciona acceso a Internet, será crucial y esencial el desarrollo de un modelo de calidad de servicio que facilite la interacción entre ambas redes para poder transportar el tráfico de tiempo real.

Se convierte pues en un importante reto el conseguir que este modelo de QoS sea capaz de acomodarse tanto a la red ad hoc como a la red IP fija, pudiendo incluso favorecer la cooperación entre distintos modelos de calidad de servicio de cada una de las redes para que la diferenciación de servicios extremo a extremo sea posible

4.6 Modelos de calidad de servicio en redes Wireless

La diferenciación de servicios consiste en distinguir entre diferentes clases de tráfico tratando a cada clase de forma distinta de acuerdo con su nivel de prioridad. La diferenciación de servicios resulta fundamental para el correcto funcionamiento de algunas aplicaciones

“A la hora de diseñar un modelo de calidad de servicio para una red ad hoc, deben seleccionarse una serie de características:

- Reserva de recursos mediante ‘estado duro’ (hard-state) o ‘estado suave’ (soft-state)

Si la reserva de recursos para una sesión con calidad de servicio es de 'estado duro', deben reservarse recursos desde la fuente hacia el destino a través de los nodos intermedios correspondientes y deben liberarse explícitamente cuando la ruta no se encuentra disponible.

En cambio, si los recursos se reservan mediante 'estado suave', la reserva se efectúa temporalmente y permanece activa a lo largo del tiempo solamente si está en uso y se reciben paquetes del flujo antes de que expire el temporizador asociado la reserva.

➤ Modelo de calidad de servicio basado en estados o bien sin estados

Un modelo de calidad de servicio basado en estados mantiene información de estado local o global, mientras que si se trata de un modelo sin estados no se mantiene este tipo de información en los nodos.

Si el modelo de calidad de servicio es sin estados se reduce la carga de la red, aunque también resulta más complicado el poder proporcionar calidad de servicio

➤ Calidad de servicio 'dura' o 'suave'

Se dice que se ofrece una calidad de servicio 'dura' (hard) cuando se garantizan los requisitos de calidad de servicio de una conexión durante toda la sesión y, en cambio, la calidad de servicio ofrecida es suave si estos requisitos no pueden llegar a garantizarse durante toda la sesión (es decir, la garantía no es estricta sino estadística).

La calidad de servicio que proporciona una red wireless no depende de una capa del modelo de referencia ISO/OSI dedicada a este propósito, sino del esfuerzo coordinado de varias capas. La investigación realizada demuestra que si todas las

capas en cada nodo de una red ad hoc comparten información e interaccionan entre sí, resulta mucho más eficiente la comunicación y es más fácil que la red pueda adaptarse a las características variables del medio inalámbrico. Este método de interacción entre capas se denomina diseño 'cross layer'. ”¹⁸

¹⁸ DOMINGO, Mari Carmen, “Diferenciación de Servicios y Mejoras da la supervivencia en redes Ad Hoc Conectadas a Redes Fijas”. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. 2005 . pag 20

5. INGENIERÍA DE TRÁFICO EN REDES MPLS

“En telecomunicaciones se denomina ingeniería o gestión de tráfico a diferentes funciones necesarias para planificar, diseñar, proyectar, dimensionar, desarrollar y supervisar redes de telecomunicaciones en condiciones óptimas de acuerdo a la demanda de servicios, márgenes de beneficios de la explotación, calidad de la prestación y entorno regulatorio y comercial”¹⁹.

Como cualquier otro servicio público, un sistema de telecomunicaciones tiene que atender una demanda de servicio fluctuante que solo se puede predecir con un grado limitado de exactitud mediante técnicas de análisis de mercado, medición y proyección adecuados. La demanda de servicio se entiende en diferentes aspectos: número de clientes de la red, uso de la red por dichos clientes para los distintos servicios de la red, origen y destino de las conexiones, tiempos de conexión y la evolución de los distintos aspectos en el tiempo (variaciones horarias y estacionales, previsiones de crecimiento a corto, medio y largo plazo, etc.).

El RFC 2702, 'MPLS Traffic Engineering (TE)', establece que la “**INGENIERÍA DE TRAFICO** concierne a la optimización del rendimiento de una red e involucra diversas áreas: Mediciones de tráfico, Modelado de tráfico y redes, Control del tráfico en Internet, Evaluación de performance. En general abarca el uso de la tecnología y de los principios científicos a la medida, modelando, caracterización y control del tráfico de internet, y la aplicación de estos conocimientos y técnicas con el fin de obtener objetivos de rendimientos específicos”²⁰

¹⁹ Tomado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_tr%C3%A1fico_\(Telecomunicaciones\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_tr%C3%A1fico_(Telecomunicaciones))”.

²⁰ D. Awduche; J. Malcolm; J. Agobua; M. O'Dell y J. McManus. “RFC2702: Requirements for Traffic Engineering Over MPLS”, septiembre de 1999.

La Arquitectura MPLS es una nueva arquitectura que habilita a realizar Ingeniería de Tráfico en redes IP. La característica principal de MPLS que habilita a realizar ingeniería de tráfico es la de ruteo explícito, este ruteo explícito permite establecer caminos (Label Switched Path, LSP) predefinidos para los paquetes. Esto se realiza desde los routers de la frontera de la red. MPLS retoma en este sentido las bases sobre las que se diseñó ATM, al establecer 'caminos virtuales' para los flujos agregados.

Al realizar ingeniería de tráfico en MPLS se genera la posibilidad de usar esta arquitectura para asegurar Calidad de Servicio, esto se debe a que en el ruteo IP actual, los paquetes se envían por la ruta de menor número de saltos generando hiperagregación de tráfico en ciertas zonas de la red y zonas donde la red está subutilizada. Las funciones de ruteo explícito de MPLS permiten enviar los paquetes por una ruta preestablecida o que se obtenga la misma analizando la carga de la red. De esta forma se puede por ejemplo, enviar los agregados de flujo con fuertes requerimientos de calidad de servicio por rutas específicas descongestionadas.

5.1 Cómo funciona la ingeniería de tráfico en una red MPLS

“MPLS es una tecnología que integra características de capa 2 y capa 3. Con la tecnología MPLS se logra establecer y mantener automáticamente un túnel a través del backbone de la red, utilizando “Resource Reservation Protocol (RSVP)”, Con RSVP se pueden reservar anchos de banda mínimos, se permite la gestión del tráfico según su origen y según su tipo. Actualmente representa la forma más completa y sencilla de implementación de técnicas de ingeniería de tráfico. La trayectoria dada a un túnel en cualquier punto y en cualquier momento, es

determinada por las características de requerimientos de recursos del túnel y los recursos de la red, como lo es al ancho de banda”²¹.

MPLS permite realizar ruteo explícito. “Una ruta explícita es una secuencia de nodos lógicos entre un nodo de ingreso y uno de egreso que se definen y establecen desde un nodo de la frontera. Una ruta explícita puede ser una lista de direcciones IP. También pueden especificarse los primeros N saltos solamente y luego la ruta definida por el protocolo de ruteo IP. Puede usarse también en una ruta explícita el concepto de Nodo Abstracto: Colección de nodos presentados como un solo paso en una ruta explícita. Un ejemplo de nodo abstracto puede ser un Sistema Autónomo”²².

Los recursos disponibles de la red son analizados por un IGP (Interior Protocol Gateway).

Las trayectorias se calculan con el encabezamiento del túnel, basado en un ajuste entre los recursos requeridos y los recursos disponibles (enrutamiento basado en restricciones). El IGP encamina automáticamente el tráfico en estos túneles. Por lo general, el paquete que cruza el backbone creado por la ingeniería del tráfico de MPLS viaja a través de un solo túnel que conecta el punto del ingreso al punto de la salida.

La ingeniería de tráfico de mpls se construye a través de los siguientes mecanismos de IOS:

²¹ CISCO IOS Release 12.0(5)s “Multiprotocol Label Switching (MPLS) Traffic Engineering”, pag 2

²² BELZARENA, Pablo. “Ingeniería De Tráfico En Línea en Redes MPLS Aplicando La Teoría De Grandes Desviaciones”. Tesis De Maestría, Universidad De La República. Montevideo - Uruguay 2003

- Label-switched path (LSP) tunnels, los cuales son establecidos gracias al RSVP con extensión de tráfico (RSVP - TE). LSP tuneles son representados como interfaces de túneles IOS, tienen un destino configurado, y son unidireccionales.
- Un sistema de acoplamiento del estado de la red IGP, el cual toma información de los recursos de la red, y una extensión para enrutar automáticamente el tráfico dentro del túnel LSP de manera apropiada
- un modulo MPLS para el cálculo del encaminamiento el cual determina la ruta a usar por los túneles LSP
- Un modulo de gerencia de acoplamiento de MPLS el cual permite la conexión y balance de la información del recurso que se enviara.
- Label switching forwarding (LSF), el cual provee características de ruteo de capa 2 como capacidad de dirigir tráfico a través de saltos múltiples, según lo definido por el algoritmo de enrutamiento

Una forma para aplicar ingeniería de tráfico en un backbone, es definir un acoplamiento de túneles de cada dispositivo de entrada a cada dispositivo de salida. El IGP, funcionando como un dispositivo de ingreso, determina qué tráfico debe ir a qué dispositivo de salida, y dirige ese tráfico en el túnel desde el punto de ingreso hasta el punto de salida. Los módulos para el cálculo de las rutas, determinan la trayectoria tomada por el túnel de LSP, conforme como se tenga disponibilidad del recurso y al estado dinámico de la red. Para cada túnel, la cantidad de los paquetes y los octetos enviados son guardados.

A veces, un flujo es tan grande que no puede caber sobre un solo acoplamiento, así que no puede ser llevado por un solo túnel. En este caso los túneles múltiples

entre un ingreso y una salida dados se pueden configurar, y el flujo será la suma de la carga compartida entre ellos.

5.2 Ruteo explicito

Como se vio anteriormente el ruteo explicito es una secuencia de nodos lógicos entre un nodo de ingreso y uno de egreso, con el fin de ayudar a un mejor comportamiento del trafico en una red.

Si el nodo de ingreso quiere establecer una ruta que no sigue el camino que sigue por defecto el protocolo de ruteo, debe utilizar un protocolo de distribución de etiquetas que soporte la definición de rutas explicitas. Existen dos definidos por el IETF: CR-LDP y RSVP.

La ruta LSP puede ser restringida por la capacidad de recursos y la capacidad de los nodos de cumplir con los requerimientos de QoS. Esto lleva al concepto de "constrained route"(CR) o ruta con restricciones. Una ruta con restricciones es una ruta que se obtiene imponiendo un conjunto de restricciones que se deben cumplir. Por ejemplo: información de QoS del enlace (ancho de banda disponible, retardo, etc.), clases, prioridades, etc.

EL LSR de ingreso calcula una ruta que satisfaga un conjunto de restricciones en el estado actual de la red. Para encontrar una CR se debe correr un algoritmo de ruteo basado en restricciones (Constrained Base Routing - CBR).

En el RFC 2702 se establece que para realizar TE una red MPLS y particularmente CBR debe ser posible definir:

5.2.1 Atributos asociados a las troncales de tráfico.

Que en conjunto especifican su comportamiento. Dentro de estos atributos se encuentran:

- Parámetros del tráfico de la troncal. Caracterización del tráfico que utilizara esa troncal.
- Atributos para el establecimiento y mantenimiento de caminos establecidos administrativamente
- Reglas para establecer preferencias de ciertos caminos que pueden ser mandatorios o no. Se considera adecuado tener atributos que establezcan una jerarquía o preferencia para mapear una troncal dentro de un conjunto de posibles caminos.
- Clase de afinidad con recursos. Se recomienda contar con atributos que permitan establecer clases de afinidad entre los recursos y las troncales de forma de establecer caminos para las troncales usando aquellos recursos que le son afines.
- Adaptabilidad a cambios. Debe poder especificarse si ante cambios en el estado de la red se re-calculan o no los caminos establecidos para la troncal.
- Prioridad y Preemptividad de las diferentes troncales a la hora de establecer y de mantener un LSP.
- Atributos asociados al re-enrutamiento. Se debe poder decidir ante cambios en la red, si una troncal se re-enrutaria solo si hay caminos con recursos suficientes o si se re-enrutaria siempre.
- Atributos de Policing para definir qué acciones se toman si la troncal no cumple con los parámetros de tráfico que se especificaron.

5.2.2 Atributos asociados a los recursos.

En este punto se establecen básicamente dos atributos:

- Maximun Allocation Multiplier Máximo ancho de banda que se permite reservar para los caminos que atraviesan dicho enlace
- Clases de recursos. Afinidad que restringe el mapeo de las troncales sobre los recursos.

5.2.3 Constrained base routing para realizar el mapeo.

Este algoritmo tendría en cuenta: Atributos asociados con las troncales de tráfico, atributos asociados con los recursos e información del estado de la red.

5.3 Implementación de algoritmos CBR

Los algoritmos CBR tienen como objetivo la identificación de una trayectoria que satisfaga características de calidad de servicio (QoS). Se sabe que este tipo de algoritmos por los general tiene una característica NP-completo, conduciendo este hecho al diseño e implementación de muchos algoritmos heurísticos.

Por ejemplo en el trabajo de “Wang Zheng”²³, se clasifican las métricas de interés para el ruteo basado en restricciones de la siguiente manera:

Sea $d(i, j)$ una métrica de enlace (i, j) . Para todo camino $p = (i, j, k, \dots, l, m)$, decimos que la métrica es:

²³ ZHENG, Wang, “Quality of Service Routing for Supporting Multimedia Application” IEEE JSAC.

Aditiva si: $d(p) = d(i, j) + d(j, k) + \dots + d(l, m)$

Cóncava si: $d(p) = \min [d(i, j), d(j, k), \dots, d(l, m)]$

Multiplicativa si: $d(p) = d(i, j) * d(j, k) \dots d(l, m)$

Por ejemplo el Retardo, el jitter y el costo son métricas aditivas, el ancho de banda es cóncavo y las pérdidas se pueden transformar en una métrica multiplicativa. En dicho trabajo se demuestra que encontrar un camino en una red sujeto a restricciones en dos o más métricas aditivas o multiplicativas y en cualquier combinación de ellas es NP-completo.

A raíz de este problema se han propuesto numerosos algoritmos heurísticos, entre los cuales están:

- JAFFE'S APPROXIMATION: Jaffe presenta dos algoritmos para el problema CBR bajo dos restricciones ($m = 2$).

El primer algoritmo pseudo polynomial muestra un algoritmo en el peor caso este algoritmo es poco atractivo debido a su alta complejidad.

El segundo es un algoritmo basado en aproximaciones, calcula valores multiplicadores los cuales son utilizados para colocar pesos a cada link. Al final el algoritmo encuentra el camino más corto para el envío de datos.

- FALLBACK ALGORITHM: En este caso, el algoritmo computa individualmente uno a uno a la vez, la QoS de cada uno de los caminos. Si el camino más corto actual a la medida dada de QoS satisface todos los criterios, el algoritmo se detiene. Si no, se repite la búsqueda usando otros criterios de QoS hasta que se encuentre una trayectoria que satisfaga los criterios de QoS.

- ALGORITMO DE SELECCIÓN AL AZAR: El concepto detrás del randomization es tomar decisiones al azar durante la ejecución de un algoritmo para poder potencialmente evitar trampas imprevistas al buscar para una trayectoria factible. Usando este acercamiento, Korkmaz y Krunz propusieron un algoritmo seleccionado al azar para el problema del MCP. El algoritmo consiste en dos partes:
 - En la fase de la inicialización, los cálculos del algoritmo las trayectorias más cortas de cada nodo
 - Fase de búsqueda al azar, con el cual mira que nodos son factibles para alcanzar el nodo final, usando la información obtenida en la fase de inicialización

La realidad muestra que las implementaciones de CBR en línea existentes en la práctica, se basan en el algoritmo CSPF (Constrained Shortest Path First). CSPF es un algoritmo basado en el conocido algoritmo SPF. CSPF utiliza en general como restricción el ancho de banda requerido del LSP a establecer y lo compara con el ancho de banda disponible en los enlaces (ancho de banda reservable del enlace menos el ancho de banda ya reservado). Con este criterio primero se podan todos aquellos enlaces que no satisfagan la restricción de ancho de banda. Luego, si existen otros criterios administrativos, como asignaciones de afinidad entre enlaces y el LSP que se desea establecer, se podan aquellos enlaces que no satisfagan estas restricciones administrativas. Sobre este 'árbol podado' se aplica el algoritmo SPF para encontrar el camino más corto (teniendo en cuenta los pesos de los enlaces) que conducen del LER de ingreso al LER de egreso.

5.4 Reparto de la carga

El RFC 3031, habilita a realizar balanceo o reparto de carga entre diferentes LSPs. Balancear carga es una potente herramienta de ingeniería de tráfico en MPLS. Esta herramienta brinda la posibilidad de enrutar troncales cuyo tráfico es superior a las posibilidades de un único camino en la red, y permite también mejorar el uso de recursos de la red.

Para realizar reparto de carga se deben tener en cuenta dos aspectos. El primero es el algoritmo con el cual se decide los coeficientes de reparto de carga entre los LSPs. El segundo es el mecanismo (una vez fijados los coeficientes) que se utiliza para asignar los paquetes a uno u otro LSP.

Respecto de los algoritmos para balancear carga en una red MPLS existen diferentes propuestas las cuales se discutirán más adelante.

Sobre los mecanismos para realizar el reparto de carga, esto no ha sido aun estandarizado por el IETF. Existe en discusión dentro del IETF un draft²⁴ que aborda parte de estos problemas.

Varios autores han abordado el problema del reparto de carga entre LSPs, que es una de las herramientas que habilita usar la arquitectura MPLS. En estos casos se supone que ya se encuentran configurados un conjunto de LSPs, y el problema que se plantea es para cada agregado de flujo en cada LER como repartir su carga entre los diferentes LSPs asociados a dicho agregado. Algunos autores proponen algoritmos en línea para repartir carga y otros han propuesto

²⁴ ALLAN, David, "A Suggested Approach for MPLS Load Spreading, draft-allan-mpls-loadbal-05", IETF . Octubre 2003.

mecanismos fuera de línea para esto. En ambos casos se busca optimizar alguna medida de performance como por ejemplo las perdidas promedio o el retardo medio en la red. Por ejemplo en la propuesta realizada en el trabajo “MATE: MPLS Adaptive Traffic Engineering” se debe medir la derivada del retardo con respecto a la capacidad de cada enlace y para tal fin se asumen modelos de los enlaces simples (M/M/1). MATE no garantiza requerimientos de QoS al tráfico, simplemente optimiza un costo global de la red, como el retardo promedio, pero nada garantiza que para cada agregado se puedan garantizar sus restricciones de QoS. Se puede tener un retardo promedio en la red mínimo y para algunos agregados no ser posible cumplir con sus requerimientos de QoS.

Los algoritmos fuera de línea obtienen formas de cálculo que son adecuadas para una optimización de largo plazo de la red pero que son de difícil aplicación en escalas más cortas.

Por otra parte en su aplicación real cabe preguntarse que quiere decir "óptimos" en el largo plazo, cuando la red sufre variaciones de diferente índole y estos algoritmos se basan en estimaciones estadísticas de diversos parámetros. Este tipo de algoritmos además tratan de optimizar algún parámetro de la red, por ejemplo que las perdidas máximas en la red sean mínimas, pero, esto puede no lograr una configuración donde cada agregado de flujo tenga las pérdidas que se requieren para cumplir sus requerimientos de QoS. Es decir, puede convenir que las pérdidas en algunos agregados sean mayores, pero gracias a eso disminuir las pérdidas para el tráfico más restrictivo en cuanto a la QoS.

“Una vez definidos los coeficientes de reparto de carga, existen dos formas de repartir carga entre LSPs:

- Por paquete
- Por flujo

El primer modo es más simple de implementar y más preciso. El segundo es más complejo de implementar y si no se tienen muchos flujos o estos son muy diferentes, es poco preciso. Sin embargo, este último método presenta una fuerte ventaja al mantener el ordenamiento de los paquetes de un flujo”²⁵.

Actualmente en los enrutadores comerciales se puede realizar reparto de carga pero no se puede ajustar en línea los coeficientes de reparto. Es decir, se configuran los coeficientes de reparto y luego estos quedan fijos no existiendo un mecanismo de ajuste si hay variaciones de tráfico. Lo que sucede por defecto, es que si se establece más de un LSP para una troncal, la carga se reparte por partes iguales entre los LSPs establecidos. En algunos casos se implementa una variante algo más sofisticada que es repartir carga inversamente proporcional al ancho de banda reservado por cada LSP.

En otros enrutadores se permite configurar coeficientes de reparto de carga y repartir de acuerdo a estos coeficientes. En general también se permite configurar reparto de carga por paquete o por flujo.

²⁵ BELZARENA, Pablo. “Ingeniería De Trafico En Línea En Redes MPLS Aplicando La Teoría De Grandes Desviaciones”. Tesis de Maestría, Universidad de la República. Montevideo-Uruguay, 2003”. Pag. 40

6. CONFIGURACIÓN DE MPLS SOBRE UN ROUTER CISCO

A continuación se describen los comandos utilizados para la configuración básica de un router cisco para poder trabajar el mismo sobre un dominio MPLS

6.1 Configuración de Una interfaz Loopback

Primero que todo se realiza la configuración de una interfaz loopback con la cual sirve para la identificación del router

La interfaz loopback es un tipo especial de interfaz que le permite hacer conexiones consigo mismo. Hay varias razones por las que podría querer esto. Por ejemplo, puede que desee probar algún tipo de programa sin interferir con alguien más en su red.

Una forma de realizar la configuración de una interfaz loopback es la siguiente

```
cisco# configure terminal  
cisco(config)# interface loopback<número de la interfaz>  
cisco(config-if)# ip address <dirección IP> <máscara>
```

esta interfaz la asociaremos mas adelante a procesos OSPF y BGP asegurando que no se perderán estos procesos por problemas físicos en la red

6.2 Configuración de OSPF

El protocolo de routing dinámico que se utilizara es OSPF

“OSPF es un protocolo de routing interno (IGP) del tipo estado de enlace.

Los equipos anuncian toda la información al arrancar el protocolo. Se enviarán entre sí paquetes link state cuando se detectan fallos en algún enlace. Entonces,

todos los routers actualizan la base de datos topológica, se copian los link state e inundan a los vecinos. Por tanto, sólo se van enviando las nuevas actualizaciones de rutas (y no la tabla completa)”²⁶.

Para configurar el OSPF se realiza de la siguiente manera

```
(config)# router ospf 1
(config-router)# network <dirección IP> 0.0.0.255 area <numero del area>
(config-router)# network <dirección IP> 0.0.0.255 area <numero del area>
```

Donde ospf 1 es el indicador del proceso OSPF, al igual se debe definir un número de área de la red con el fin de saber a qué área pertenecer los Host pertenecientes a estos.

Para verificar el estado del OSPF podemos utilizar le comando “*show ip ospf interface*” con esto podemos ver el estados del OSPF y verificar si se configuro de manera correcta

6.3 Configuración de BGP

“El **BGP** o **Border Gateway Protocol** es un protocolo mediante el cual se intercambian prefijos los ISP registrados en Internet. Actualmente la totalidad de los ISP intercambian sus tablas de rutas a través del protocolo BGP. Este protocolo requiere un router que tenga configurado cada uno de los vecinos que intercambiarán información de las rutas que cada uno conozca. Se trata del protocolo más utilizado para redes con intención de configurar un EGP (*external gateway protocol*)”²⁷

²⁶ Manual rápido de configuración MPLS y BGP de un Router Cisco.
<http://hondo.diatel.upm.es/manuales/cisco>

²⁷ Tomado de “http://es.wikipedia.org/wiki/Border_Gateway_Protocol”

Antes de configurar MPLS en la red, se debe establecer un *full-mesh* de sesiones BGP entre los PE del backbone y así dejar preparado el escenario de red para la configuración final de MPLS en los routers.

El hecho de configurar BGP en un dominio MPLS es para dejarlo preparado para la creación de servicios de redes privadas virtuales sobre MPLS (VPN-MPLS).

La configuración de BGP requiere los siguientes pasos

6.3.1 Configurar el proceso de routing BGP

```
cisco# configure terminal  
cisco(config)# router bgp <número de proceso BGP>
```

El número de proceso BGP que generalmente se pone es el 65000, para entorno de pruebas, ya que hay otras numeraciones que están reservadas, lo que realmente estamos configurando es el sistema autónomo en el que se quiere que se “hable” BGP

6.3.2 Establecer adyacencias entre los pares BGP

Para cada pareja de router que estén encontrados hay que especificar el router vecino e indicarle que actualice el encaminamiento a través de la interfaz loopback configurada sobre el router

Esta configuración se puede realizar de la siguiente manera

```
cisco(config-router)# neighbor <dir IP de la interfaz del vecino que tiene  
enfrentada> remote-as <número de proceso BGP >  
cisco(config-router)# neighbor <dir IP de la interfaz del vecino que tiene  
enfrentada > update-source loopback<número de la interfaz>
```

Para comprobar la configuración de la de BGP podemos comprobarlo utilizando los siguientes comandos `show ip bgp neighbor`, `show ip bgp summary`

6.4 Configuración de las funcionalidades MPLS

Una vez establecidos los protocolos de routing se han de configurar las funcionalidades MPLS en los routers. Para ello hay que arrancar el protocolo de distribución de etiquetas en las distintas interfaces por las que queremos “hablar MPLS”.

La configuración de MPLS requiere los siguientes pasos:

➤ **Configurar el CEF (Cisco Express Forwarding)**

CEF es el conjunto de funcionalidades que reúnen los equipos Cisco para poder trabajar en un entorno MPLS entre otras funciones

Los comandos que hay que ejecutar para activar CEF en un router que soporte estas funcionalidades son:

```
cisco# configure terminal  
cisco(config)# ip cef
```

➤ **Activación del protocolo de distribución de etiquetas LDP**

Hay que realizar la siguiente configuración en cada interfaz que vaya a hablar MPLS:

```
cisco(config)# interface <nombre de la interfaz>  
cisco(config-if)# mpls ip  
cisco(config-if)# mpls label protocol ldp
```

Después de haber realizados todas las anteriores configuraciones se puede realizar la verificación del funcionamiento de MPLS. Algunos comandos que se pueden utilizar son los siguientes:

- show mpls interfaces

Muestra las interfaces en las que está funcionando MPLS-LDP

- show mpls ldp parameters

Muestra los parámetros que está utilizando el protocolo en el equipo donde se ejecuta el comando.

- show mpls ldp neighbor

Muestra los routers que mantienen una relación de vecindad con el router en el que se ejecuta el comando.

- show mpls ldp binding

Muestra la tabla de etiquetas que está utilizando el router donde se ejecuta el comando

- show mpls forwarding-table

Muestra la tabla de forwarding del router donde se ejecuta el comando

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1 CONCLUSIONES

Se puede notar que la convergencia de servicios es una realidad que va de la mano del desarrollo Tecnológico de la sociedad alrededor del mundo. Este desarrollo tecnológico es apoyado a través de diferentes tecnologías en las cual una de ellas es la MPLS, gracias a esto se puede converger o integrar en una misma red dato, voz, video sin necesidad de la utilización de diferentes tipos de medios, y realizar una implementación que al final se utilizara para abaratar costos, y satisfacer aun más la demanda de los clientes y las necesidades de facilidad de los mismos. Una de las características que ayuda a la selección y utilización del esta Tecnología, es debido a que MPLS maneja un protocolo que es relativamente sencillo y puede coexistir conjuntamente con otras redes que se encuentren implementadas.

La tecnología MPLS tiene características que permiten el manejo sencillo y estudio de manera efectiva de temas como la Ingeniería de Tráfico, QoS, VPN entre otros...entre estas características la red MPLS permite de igual manera el manejo del flujo de datos a través del de reparto de la carga, haciendo que en una red MPLS sea más sencilla garantizar el buen funcionamiento de la misma, en las cuales el ruteo explicito puede ayudar y mejorar la intercomunicación punto a punto entre los extremos de la red.

Al aplicar tecnología inalámbrica a este tipo de red podemos disminuir los problemas de accesibilidad sobre la misma, y abarcar un mayor número de usuarios, aunque, al aumentar la accesibilidad por medio de una red inalámbrica

aumenta los problemas al asegurar QoS, y disponibilidad de la misma, esta se puede asegurar al implementar las políticas de Ingeniería de Tráfico y características de ruteo y manejo de datos propia de esta tecnología.

La implementación de una práctica de MPLS en el laboratorio de redes de la UTB es una realidad que se debe tener en cuenta, gracias a la nueva adquisición de Routers Cisco de la Serie 2800, nos permite poder implementar tecnología MPLS sin muchas dificultades. Al igual que se cuenta con los equipos y la infraestructura suficiente para la implementación de tecnología Wireless sobre los mismos, ampliando la gama de posibilidades para la utilización y optimización de las prácticas de redes en la UTB.

7.2 RECOMENDACIONES

Al adentrarse en el estudio de esta tesis, es importante entender de la mejor manera características propias de la red MPLS, saber cómo se comporta, como está conformada y entender claramente las características que define la ingeniería de tráfico en una red MPLS. A raíz de esto esta tesis está redactada de manera que se pueda profundizar en la tecnología MPLS sin obviar detalles propios, los cuales se van explicando poco a poco en el desarrollo de cada uno de los capítulos de la misma.

Con base en lo anterior esta tesis de grado está orientada a toda la comunidad de la UTB que trabaje o esté interesado en profundizar en el estudio de redes de última generación, ya que presenta de manera sencilla y práctica información concreta información de a redes MPLS y también la manera de realizar la implementación de la tecnología MPLS sobre redes Wireless. Como recomendaciones a tener en cuenta al leer esta tesis, se puede trabajar sobre los

siguientes puntos, los cuales ayudan a mejorar la información consignada acerca de MPLS y características propias de este tipo de redes:

- Se puede adentrar un poco más en Estudio de algoritmos para la implementación de políticas de QoS sobre este tipo de red, mirar cuales algoritmos se encuentran actualmente en el mercado y tratar de realizar un estudio un poco más profundo de la estructura de los datos de la red MPLS y trabajar sobre estos
- Un punto interesante de esta tecnología es la manera como esta maneja el tema de la Ingeniería de Tráfico, como implementan reparto de la carga en la red y al mismo tiempo el ruteo explícito entre puntos distintos de la red, por lo tanto sería interesante realizar un estudio de los mecanismos de control de tráfico en estas redes y tratar de implementarla y aprovechar todas estas características sobre la misma
- Se puede tomar parte del estudio realizado sobre la red MPLS y adentrarse en el estudio de la tecnología GMPLS, en el cual el aporte mostrado en esta tesis puede servir como base para continuar el estudio en este tipo de redes y realizar un estudio a profundidad de la características de GMPLS y que avances esta muestra frente a una red MPLS.
- Es necesario realizar actualizaciones en cursos y/o seminarios de los diferentes profesores de planta que se encuentren vinculados en el área de redes, con el fin de aumentar sus conocimientos en el tema de convergencia y conocer más el funcionamiento de protocolos de última generación; además sería muy conveniente agregar al plan de estudio de la universidad el tema de redes de última generación para mitigar la falencia con la que los estudiantes se encuentran al momento de enfrentarse al mundo laboral.

8. GLOSARIO

ARP: El protocolo ARP es un protocolo estándar específico de las redes. Su status es electivo, el protocolo de resolución de direcciones es responsable de convertir las direcciones de protocolo de alto nivel (direcciones IP) a direcciones de red físicas.

AT&T: La Corporación AT&T (siglas de su antiguo nombre, American Telephone and Telegraph; NYSE: AT&T) es una compañía estadounidense de telecomunicaciones. Provee servicios de voz, video, datos, e internet a negocios, clientes y agencias del gobierno

ATM: El Modo de Transferencia Asíncrona es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.

Backbone: La palabra Backbone se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos entre países, continentes y océanos del mundo.

BGP: Border Gateway Protocol es un protocolo mediante el cual intercambia información de encaminamiento entre Sistemas Autónomos (conjunto de routers dirigidos por la misma autoridad y que usan un mismo protocolo interno de distribución y actualización de información de encaminamiento (IGP).

BROADCASTING: es un modo de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo

CROSS LAYER: La idea fundamental del diseño Cross-Layer consiste en permitir un intercambio de información entre las capas del modelo OSI que forman el sistema de comunicaciones

ETHERNET: es el nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos.

FRAME RELAY: es una técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas, introducida por la ITU-T a partir de la recomendación I.122 de 1988. Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas o marcos ("*frames*") para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos

IETF: (Internet Engineering Task Force, en castellano Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet) es una organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, tales como transporte, encaminamiento, seguridad. Fue creada en EE. UU. en 1986

IOS: IOS son las siglas de (Internetwork Operating System, Sistema Operativo de Interconexión de Redes) creado por Cisco Systems para programar y mantener equipos de interconexión de redes informáticas como switches (conmutadores) y routers (enrutadores).

IP: El Protocolo de Internet (IP, de sus siglas en inglés Internet Protocol) es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

IGP: Interior Gateway Protocol (IGP, protocolo de pasarela interno) hace referencia a los protocolos usados dentro de un sistema autónomo. Calculan las rutas utilizando el algoritmo de Bellman-Ford. En los protocolos de este tipo, ningún enrutador tiene información completa sobre la topología de la red. En lugar de ello, se comunica con los demás enrutadores, enviando y recibiendo información sobre las distancias entre ellos.

ISP: Network Service Provider proveedores de servicio de Internet

OSPF: Open Shortest Path First (frecuentemente abreviado OSPF) es un protocolo de enrutamiento jerárquico de pasarela interior o IGP (Interior Gateway Protocol), que usa el algoritmo Dijkstra enlace-estado (LSA - Link State Algorithm) para calcular la ruta más corta posible. Usa cost como su medida de métrica. Además, construye una base de datos enlace-estado idéntica en todos los enrutadores de la zona.

PPP: Point-to-point Protocol, es decir, Protocolo punto a punto, es un protocolo de nivel de enlace estandarizado en el documento RFC 1661. Por tanto, se trata de un protocolo asociado a la pila TCP/IP de uso en Internet

ROUTING: Se refiere a la selección del camino en una red de computadoras por donde se envían datos.

SLA: Un SLA es generalmente conocido como un contrato entre dos empresas, proveedora y cliente de un servicio, en el cual se especifican los detalles de la solución a brindar, disponibilidad, indemnizaciones, etc.

TDM: Multiplexación por División de Tiempo, es una tecnología madura a través de la cual viajan tráficos específicos en Time Slots fijos sobre líneas dedicadas. Actualmente, es el método más confiable de transmisión de voz de alta calidad y datos de misión crítica.

WiMax: es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.16 MAN) que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 48 km de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base

xDSL: es un grupo de tecnologías de comunicación que permiten transportar información multimedia a mayores velocidades, que las que se obtienen vía modem, simplemente utilizando las líneas telefónicas convencionales.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ ALLAN, David, "A Suggested Approach for MPLS Load Spreading, draft-allan-mpls-loadbal-05", IETF. Octubre 2003.
- ❖ AT&T , Boletín de Prensa, "Mayor Competitividad: Principal Beneficio De La "Convergencia De Redes"
- ❖ BADRAN Hosein. "Service Provider Networking Infrastructures with MPLS". International ATM Forum Ambassador, Cairo, Egypt. 2001
- ❖ BANGNAN, Xu, SVEN Hischke, "The Role of Ad Hoc networking in future Wireless communications", T-Systems, Technologiezentrum, Darmstadt, Germany. 2003
- ❖ BELZARENA, Pablo. "Ingeniería De Tráfico En Línea en Redes MPLS Aplicando La Teoría De Grandes Desviaciones". Tesis De Maestría, Universidad De La República. Montevideo - Uruguay 2003
- ❖ BLÁZQUEZ Juan Martín, "IP de calidad: MultiProtocol Label Switching: MPLS". DANYSOFT 2005.
- ❖ BORKO Furth. "Wireless internet handbook: technologies, standards and applications".CRC PRESS.Pag-6
- ❖ CISCO IOS Release 12.0(5)s "Multiprotocol Label Switching (MPLS) Traffic Engineering",

- ❖ D. Awduche; J. Malcolm; J. Agogbua; M. O'Dell y J. McManus. "RFC2702: Requirements for Traffic Engineering Over MPLS", septiembre de 1999.
- ❖ DAISAKU Shimazaki, EIJI Oki, KOHEI Shiomoto, YAMANAKA Naoaki, "GMPLS and IP+MPLS Interworking Technologies "Routing and Signaling"". NTI Network Innovation Laboratories, NTT Corp. Japan 2004
- ❖ DELFINO, Adrian y RIVERO, Sebastián. "DiffServ: Servicios Diferenciados", Monografía de Evaluación de Performance en Redes de Telecomunicaciones.
- ❖ DOMINGO, Mari Carmen, "Diferenciación de Servicios y Mejoras de la supervivencia en redes Ad Hoc Conectadas a Redes Fijas". Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. 2005.
- ❖ E. Rosen; A. Viswanathan. "RFC3031: Multiprotocol Label Switching Architecture". Enero de 2001
- ❖ FOWLER Scott, ZEADALLY Sherali, "Fast Handover over Micro-MPLS-based Wireless Networks", Department of Computer Science Wayne State University, Detroit, Michigan, USA. 2006
- ❖ GALLAHER Rick. "MPLS Training Guide: Building Multi Protocol Label Switching Networks" SYNGRESS. Diciembre 2003
- ❖ KASLER Andreas, SCHULTHESS Peter. "An end-to-end quality of service management architecture for wireless ATM networks". Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences, 1999

- ❖ MINOLI, Daniels. "VOICE OVER MPLS: Planning and Designing Networks", McGraw-Hill Telecom. 2002.
- ❖ REGIS, J Bates, "BroadBand Telecommunications Handbook", Second Edition, Mc Graw Hill, 2002.
- ❖ SERRES Yves, HEGARTY Lawrence. "Value-Added Services in the Converged Network". IEEE Communication Magazine, September 2001
- ❖ SUBRAMANIAN Vijayarangam, SUBRAMANIAN Ganesan. "QoS Implementation For MPLS Based Wireless Networks" ASEE Conference, April 2002, Oakland University, Michigan
- ❖ ZHENG, Wang, "Quality of Service Routing for Supporting Multimedia Application" IEEE JSAC.
- ❖ ZHIGUN zhang, XU shao, WEI ding. "MPLS ATcC: An active traffic congestion control mechanism in mpls". University of Post and Telecommunication, Beijing 2001
- ❖ Comisión de Regulación de Telecomunicaciones CRT, <http://www.crt.gov.co/>
- ❖ Compañía multinacional de desarrollo de equipos y soluciones de telecomunicaciones, <http://www.ericsson.com/es/novedades/ims.shtml>
- ❖ Manual rápido de configuración MPLS y BGP de un Router Cisco. <http://hondo.diatel.upm.es/manuales/cisco>
- ❖ Pagina enfocada al estudio de las radiocomunicaciones y fibra óptica, <http://www.radioptica.com/Fibra/gmpls.asp?pag=3>

- ❖ Red española para la interconexión de los recursos informáticos Red IRIS,
<http://www.rediris.es/rediris/boletin/53/enfoque1.html>

- ❖ Wikipedia, enciclopedia libre en internet,
<http://es.wikipedia.org/wiki/Wireless>

10.ANEXOS

10.1 CONSIDERACIONES PARA CONFIGURAR UNA RED MPLS EN LOS ROUTERS CISCO SERIE 2800 DEL LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Para la configuración de una red MPLS en los routers serie 2800 de la Universidad Tecnológica de Bolívar, se debe tener en cuenta las siguientes actualizaciones y requerimientos de software para realizar con éxito la misma.

- Los routers cisco serie 2800 que se encuentran en la universidad Tecnológica de Bolívar, cuentan con una versión de IOS 12.4 Básica. Esta versión no cuenta con los comandos necesarios para implementar una red MPLS, por lo tanto se hace necesario poder actualizar esta versión de la IOS
- Antes de realizar cualquier cambio se debe tener en cuenta que al momento de adquirir los routers serie 2800, se hizo la adquisición de los mismos como academia cisco para fines educativos, por tal razón la memoria flash que se encuentra en estos routers tiene poca capacidad, se hace necesario que se adquieran memorias flash de mínimo 64 Megas de capacidad, de lo contrario no se podrá realizar la actualización de las IOS en los routers
- Al tener todas las características de hardware necesaria, se hace imperativo poder actualizar la IOS de los routers. Para esto es necesario descargar de la pagina de cisco www.cisco.com la versión del sistema operativo que contenga los comandos necesarios para la implementación de la red MPLS, para esto se puede descargar la versión 12.4 enterprise. Después de tener este software descargado los siguientes son los pasos para la actualización de la IOS en el Router

Para Actualizarle la IOS a un router Cisco, se necesita tener un programa Cliente TFTP como el Cisco TFTP Server instalado en el PC. Una vez hecho esto, abrimos en el programa Cisco TFTP Server; lo configuramos para que el archivo de la IOS se encuentre en el directorio raíz del TFTP

TFTP Server root Directory=(Directorio donde está el archivo Flash).

Una vez configurado el programa Cisco TFTP Server, accedemos al router mediante hyperterminal, con la siguiente configuración:

- ❖ Port: Com1
- ❖ Baud Rates: 9600
- ❖ Data Bits: 8
- ❖ Parity: None
- ❖ Stop Bits: 1
- ❖ Flow Control: None

Conectar el Router al Ordenador con un cable de red (Necesario para transferir la FLASH mediante el TFTP)

Es recomendable siempre hacer una copia de seguridad de la IOS que tenemos en el Router ya que sabemos a ciencia cierta que esta nos funciona. Recordemos que un Router Cisco es ampliable en cuestión de memoria, y que no todas las IOS que nos encontremos para este Router nos van a servir, ya que en muchos casos no dispondremos de recursos suficientes en el Router para iniciarlas. A continuación describo los pasos a seguir para guardar la IOS del Router a un archivo en el computador:

Teniendo el Cisco TFTP Server abierto y configurado, indicando el directorio donde queremos guardar la IOS, y la consola del Router abierta, escribimos en consola:

```
Router> enable
Router# copy flash tftp
Source Filename []? (nombre del archivo IOS)
Address or name of remote host []? (IP del Router)
Destination Filename []? (nombre del archivo IOS)
```

De esta forma se crea una copia de la IOS del Router en el directorio configurado del TFTP

Teniendo el Cisco TFTP Server abierto y configurado, indicando el directorio donde se encuentra la nueva IOS, y la consola del Router abierta, escribimos en consola:

```
Router> enable
Router# copy tftp flash
Address or name of remote host []? (IP del ordenador que tiene el TFTP)
Source Filename []? (nombre del archivo IOS)
Destination Filename []? (nombre del archivo IOS)
Warning: There is a file already existing with this name
Do you want to over write? [confirm]
Accessing tftp://xxx.xxx.xxx.xxx/c827v-y6-mz.121-1.XB...
Erase flash: before copying? [confirm]
Erasing the flash filesystem will remove all files! Continue? [confirm]
Router#
```

Una vez llegados a este punto reiniciamos el Router para cargar la nueva IOS:

```
Router# reload
```

Una vez reiniciado el Router, podemos comprobar la versión instalada con el siguiente comando:

Router> show version

Y listo, tenemos nuestro Router Actualizado, después de haber realizado todos estos pasos podemos utilizar el router para poder implementar satisfactoriamente una red MPLS en el mismo