



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencias de la Administración

Escuela de Ingeniería de Sistemas

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA MULTIPROTOCOL LABEL
SWITCHING (MPLS) PARA DETERMINAR SUS POSIBLES APLICACIONES
EN NUESTRO MEDIO

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero de Sistemas

Autor: Damián Geovanny Machado Tapia

Director: Ing. Pablo Pintado

Cuenca, Ecuador

2007

Dedicatoria:

Este trabajo va dedicado a mis queridos padres, ya que ellos han constituido el pilar fundamental para que Yo sea quien soy ahora, puesto que con su afecto, apoyo y dedicación han sabido guiarme por el buen camino en mis estudios y en mi vida. Muchas gracias Julio y Bertha, por siempre estar a mi lado, brindándome el mejor amor que unos padres pueden regalar a un hijo.

Agradecimientos:

Quiero expresar un gran y sincero agradecimiento a mi Director de Monografía, el Ingeniero Pablo Pintado por haber sido un excelente guía y apoyo en la elaboración de esta Monografía. Además, quiero agradecer a la Universidad del Azuay, a sus Directivos, Profesores y Personal Administrativo por el aporte que me han ofrecido en el transcurso de mis estudios universitarios. A todos muchas gracias.

Todas las ideas vertidas en esta monografía son de
exclusiva responsabilidad de su autor.

Damián Machado Tapia.

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	v
Índice de Ilustraciones y Cuadros.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Introducción.....	1
Capítulo 1: Antecedentes del Problema.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Introducción a los antecedentes del problema.....	3
1.3 Antecedentes del problema.....	4
1.4 Breve resumen de las capas de la tecnología ATM.....	6
1.4.1 Arquitectura de ATM.....	8
1.4.2 Desventajas de ATM.....	9
1.5 Breve resumen de la tecnología Ethernet.....	10
1.5.1 Arquitectura Ethernet.....	10
1.5.2 Tipos de configuraciones Ethernet.....	12
1.5.2.1 10 Base 5.....	12
1.5.2.2 10 Base 2.....	12
1.5.2.3 10 Base T.....	13
1.6 Conclusiones.....	14
Capítulo 2: Alternativas de Solución.....	15
2.1 Introducción.....	15
2.2 Comparación entre diferentes tecnologías.....	16
2.2.1 IP clásico sobre ATM.....	16
2.2.2 IP Switching.....	17
2.2.3 LANE (LAN Emulation).....	18
2.2.4 Cell Switch Routers (CSR).....	19
2.2.5 MPOA (Multi-protocol Over ATM).....	19
2.2.6 NHRP (Next Hop Resolution Protocol).....	20
2.2.7 Tag Switching.....	20
2.3 Conclusiones.....	22
Capítulo 3: Detalle de la Solución (MPLS).....	23
3.1 Introducción.....	23
3.2 Orígenes.....	24
3.3 Conceptos y funcionamiento.....	25
3.3.1 MPLS (Multiprotocol Label Switching).....	25
3.3.2 Label (Etiqueta).....	27
3.3.3 FEC (Forwarding Equivalence Class).....	29
3.3.4 LSP (Label Switching Path).....	30
3.3.5 Jerarquía de etiquetas.....	32
3.3.6 LDP (Label Distribution Protocol).....	34
3.4 Equipos necesarios para su implementación.....	37

3.4.1 Configuración MPLS en los equipos.....	37
3.5 Aplicaciones Prácticas.....	42
3.5.1 Ingeniería de tráfico.....	42
3.5.1.1 Funcionamiento de la ingeniería de tráfico MPLS.....	43
3.5.2 QoS (Quality of Service).....	44
3.5.3 CoS (Class of Service).....	44
3.5.4 Virtual Private Network (VPN).....	46
3.5.5 Redes de alto rendimiento.....	48
3.6 Ventajas y Desventajas.....	49
3.6.1 Ventajas.....	49
3.6.2 Desventajas.....	50
3.7 Razones del por qué migrar a esta tecnología.....	51
3.8 Conclusiones.....	54
Conclusiones.....	55
Glosario.....	56
Bibliografía.....	62

Índice de Ilustraciones y Cuadros

Tabla 1: Niveles de Control MPLS.....	37
Tabla 2: Configuración de una red implementando MPLS.....	39
Tabla 3: Configuración de una ruta de paquetes a una red A.....	40
Tabla 4: Límites de Distribución de Etiquetas.....	41
Figura 1: Formato de células ATM.....	7
Figura 2: Arquitectura ATM.....	8
Figura 3: Trama Ethernet.....	11
Figura 4: Subred Lógica IP (LIS).....	16
Figura 5: Ubicación MPLS.....	25
Figura 6: Ruta de Conmutación de Etiquetas (LSP).....	26
Figura 7: Etiqueta MPLS.....	28
Figura 8: Ubicación MPLS entre la Capa de Red y la Capa de Enlace.....	29
Figura 9: Clasificación de Paquetes mediante un FEC.....	30
Figura 10: Tabla LIB (Label Information Base).....	30
Figura 11: Routers que componen un LSP.....	31
Figura 12: Conmutación de Etiquetas MPLS.....	32
Figura 13: Jerarquía de Etiquetas MPLS.....	33
Figura 14: Conmutación de etiquetas en 3 dominios MPLS.....	34
Figura 15: Control de Distribución de Etiquetas.....	36
Figura 16: Ejemplo de Tabla de Distribución de Etiquetas.....	36
Figura 17: Red MPLS con routers con interfaces Ethernet.....	38
Figura 18: Ingeniería de Tráfico MPLS.....	42
Figura 19: Transporte de diferentes servicios por distintos medios físicos.....	45
Figura 20: Tabla LIB (Label Information Base) con CoS.....	46
Figura 21: Diferencia entre un modelo VPN superpuesto y un modelo MPLS/VPN....	48
Figura 22: Soporte Multiprotocolo MPLS.....	49

Resumen

Con esta investigación se pretende dar a conocer el enrutamiento de paquetes de información mediante la utilización de etiquetas con el protocolo MPLS, las ventajas que se tiene al realizar esta implementación en comparación con otras alternativas y así determinar las posibles aplicaciones que ofrece esta tecnología. Los recursos con los que se cuenta para la obtención de esta información son en su mayoría adquiridos desde la Web, puesto que al ser una tecnología prácticamente nueva, la mayoría de su información se encuentra en la Internet. Podremos observar al final de este estudio la conveniencia y factibilidad de migrar hacia esta nueva técnica de transporte de información la cual ofrece una alta calidad de servicio en la entrega de paquetes de datos y administración de la red.

Abstract

This research work is intended to make data packages routing known through the use of labels with MPLS protocol. It also intends to show the advantages of this implementation compared to other alternatives, thus determining the potential applications offered by this technology.

The resources available for obtaining this information are mostly acquired from the Web because due to the fact that it is a practically new technology, most of this information is on the Internet. At the end of the study, we can observe the convenience and feasibility of migrating toward this new information transportation technique which offers a high quality service in the delivery of data packages and network administration.

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en la comunicación de datos cada vez van emergiendo con mayor fluidez en el mercado, con el objetivo común de luchar contra los problemas que se encuentran implícitos en las actuales tecnologías, de tal manera que se busca brindar un mejor mecanismo para la solución o mejoramiento de dichos inconvenientes. Es por ello, que el motivo principal que me llevó a indagar sobre este tema es el de profundizar mis conocimientos sobre un nuevo protocolo utilizado para el transporte de paquetes de información, Multiprotocol Label Switching (MPLS), el cual hará posible el mejoramiento en el envío y recepción de información.

El fundamento base responsable de la inquietud para adentrarme en este estudio, es propio de esta nueva tecnología el cual es, de entre muchas otras, la gran garantía que se ofrece en la Calidad de Servicio en la entrega de paquetes de información. Además posee una gran cualidad por la convergencia de diferentes protocolos, ingeniería de tráfico, redes virtuales privadas, etc. Se pretende con esta investigación, dar a conocer el funcionamiento de esta nueva tecnología que se proyecta como una “elegante” solución a la administración del ancho de banda y requerimientos de servicio para la siguiente generación del Protocolo de Internet (IP) basado en redes de BackBone (Red Troncal).

La metodología utilizada en este tema es la de una profunda investigación sobre los diferentes contenidos que abarca el protocolo MPLS y un análisis previo orientado a los problemas existentes que se pretenden solucionar con la utilización de esta tecnología, los mismos que se realizaron mediante una amplia indagación de muchos documentos y páginas virtuales de diferentes enlaces obtenidos en la Web.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

1.1 Introducción:

Dentro de los antecedentes del problema se pretende indicar el rápido crecimiento de los usuarios de Internet así como también las estructuras que soportan a la mayoría de las redes en la actualidad, es decir las tecnologías que están siendo utilizadas para el transporte de información y cómo éstas responden a las necesidades que hoy por hoy se presentan al momento de gestionar la red, ya sea para usuarios globales o para empresas que necesitan de transferencias electrónicas para agilizar su trabajo y desempeño. Se procurará igualmente, indicar breve y globalmente las ventajas y desventajas más enmarcadas que existen con la tecnología actual.

Además de estas explicaciones, se tratará de indicar rápidamente ciertas características de las tecnologías utilizadas en nuestro ambiente como son Ethernet y en menor parte ATM (Modo de Transferencia Asíncrono), con sus respectivas ventajas y falencias, puesto que es necesario que se entienda el funcionamiento relacionado a estas técnicas, aunque de una manera abstracta, para poder comprender qué es lo que se intenta solucionar mediante otras tecnologías, las cuales serán tratadas en los capítulos posteriores.

1.2 Introducción a los antecedentes del problema:

En la actualidad existe un rápido crecimiento de las redes y los servicios basados en IP con lo que se puede observar un claro y continuo aumento con respecto a la demanda de ampliación de las capacidades de interconexión de redes para el transporte de tráfico IP por redes públicas. Por ejemplo, existe el requerimiento de expansión del ancho de banda, ya que cada vez se realizan más transacciones de negocios por Internet y la mayoría de las empresas están buscando las mejores formas de optimizar sus procesos de ventas y de abaratar sus costos para hacer los tratos con sus clientes.

El crecimiento acelerado de Internet está tomando un curso imparable y de manera exponencial, por lo que la tecnología ha tenido que sufrir cambios fundamentales con respecto a las tecnologías desarrolladas a mediados de los 90's. Sin embargo, uno de los grandes problemas del uso de Internet es que no garantiza la Calidad de Servicio (QoS). La sencillez de TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/IP) hace que su eficiencia sea variable, haciendo que los paquetes se entreguen de la mejor forma posible; ésta entrega es comúnmente conocida como "best-effort" (mejor esfuerzo).

1.3 Antecedentes del problema:

En los comienzos de Internet, se primó en su diseño la funcionalidad y conectividad frente a cualquier otra consideración y el tráfico de paquetes que viaja por Internet se basa en ser procesado en cuanto sea posible, según las circunstancias de la red, sin ninguna garantía sobre el propio proceso ni cuando tendrá lugar ese tratamiento. La tecnología que gira en torno a IPV4 (IP versión 4), por su diseño, no es capaz de asimilar ni responder a las expectativas que hoy por hoy se han generado en la red de redes, circunstancia que sufren y padecen en mayor medida los proveedores de servicios que basan su negocio en proporcionar los medios de conexión necesarios.

Una vez que, al amparo del crecimiento espectacular de Internet, TCP/IP se impuso como modelo de red frente a otros protocolos, también ampliamente implantados, los proveedores de servicio optaron por el despliegue en sus infraestructuras de la combinación de enrutadores IP con conmutadores ATM para obtener un mejor aprovechamiento del ancho de banda y de recursos disponibles de la red. La integración de la capacidad de control sobre el tráfico de red que proporciona los routers en IP y la eficacia de los conmutadores sobre ATM suministraba el equilibrio adecuado entre las necesidades de crecimiento, velocidades de operación y gestión de tráfico a las que se enfrentaban los proveedores a mediados de la década pasada. El modelo más seguido para implementar esta combinación consiste en mantener un enlace troncal a modo de núcleo, basado en ATM entre distintos enrutadores que se comunican entre ellos estableciendo circuitos virtuales permanentes sobre la red física que establece ATM. Es decir, sobre una red física ATM, se define una red lógica IP.

Sin lugar a dudas el modelo de redes de superposición, redes como las descritas, supuso un avance significativo frente a las redes de enrutamiento con las que surgió Internet. Pero si bien esta integración de los niveles dos (capa de enlace de datos) y tres (capa de red) que se logra con IP sobre ATM ofrece un conjunto de ventajas atractivas, también es cierto que conlleva una serie de inconvenientes que hacen que no sea la solución perfecta para los problemas que plantea la evolución continua en la demanda y calidad de servicios que soporta La Red.

La velocidad y la rentabilidad económica del ancho de banda gestionado quedan opacadas por el esfuerzo de administración que obliga a realizar e implementar dos redes, una física y otra lógica. El desperdicio en el transporte que conlleva, por su propia naturaleza, IP en ATM y el más importante, el crecimiento exponencial que no lineal en routers, implica la inclusión de más nodos dentro de la topología extendida. Este problema plantea la más seria limitación a la que se enfrentan los proveedores de servicios para intentar ampliar sus posibilidades de negocio. En las redes de superposición, cada router de núcleo está normalmente conectado a otros dos para crear toda la trama que requieren los circuitos virtuales. Esto obliga a tener que incorporar routers en función del número de nodos que se quieran ampliar, pero al cuadrado. Por ejemplo, diez routers troncales necesitan establecer cincuenta circuitos virtuales. Sin embargo, cien canales troncales requieren cinco mil circuitos virtuales.

Ante esta problemática a finales de los 90, varios fabricantes especializados en conectividad trataron de ofrecer una mejor solución apoyándose en la filosofía de operación de este modelo, tratando de aprovechar la infraestructura ya desplegada y ofreciendo, en algunos casos, otras alternativas de conexión física. Cada fabricante aportó su propia técnica en lo que se dio en llamar Conmutación IP o Conmutación Multinivel, tecnología que se basa en combinar la conmutación de la capa 2 de ATM con la capa 3 de enrutado, asignando una etiqueta por flujo de paquetes con un origen y destino. El conmutador procesa los paquetes iniciales pasándolos por un modelo de enrutado clásico que forma parte del propio switch, a la vez que trata de construir una tabla en base a las etiquetas y que comunicará a otros conmutadores vecinos o routers de modo que los paquetes que sigan un camino conocido puedan ser conmutados más rápidamente por la etiqueta, sin necesidad de ser procesados por la dirección IP.

Cada empresa de forma independiente proponía diferentes respuestas a su manera, a las expectativas que se pretendía cubrir con el modelo TCP/IP de partida. Estos desarrollos aportaron soluciones, pero sin un manejo de algún estándar se vino el problema más común que existe en toda comunicación: entendimiento, es decir que los dispositivos diseñados por un fabricante sólo podían operar con otros que tuvieran la misma manufactura, no había la posibilidad de interconexión entre

componentes de distintos fabricantes, lo que provocó el inevitable caos en la operatividad de interredes.

La gran y clara necesidad de establecer un estándar que normalizara el nuevo procedimiento para el tráfico de red, claramente más eficaz que el tradicionalmente utilizado, originó la intervención del Internet Engineering Task Force (IETF), que ha formado el grupo de trabajo MPLS Traffic Engineering Design Group, que se encargará de fijar las bases del patrón de esta emergente tecnología. La verdadera responsabilidad de este grupo de trabajo es lograr resolver el “paradigma” que plantea el reenvío de paquetes por conmutación de etiquetas, tratando de conseguir que los procedimientos estándar para transportar la información de etiqueta funcione no sólo sobre ATM sino sobre distintas tecnologías de enlace de datos sin que suponga la incompatibilidad con la arquitectura IP que ya existe desplegada y que se desarrolle preparada para incorporarse dentro de los servicios integrados para Internet en los que están trabajando otros grupos del IETF.

1.4 Breve resumen de las capas de la tecnología ATM:

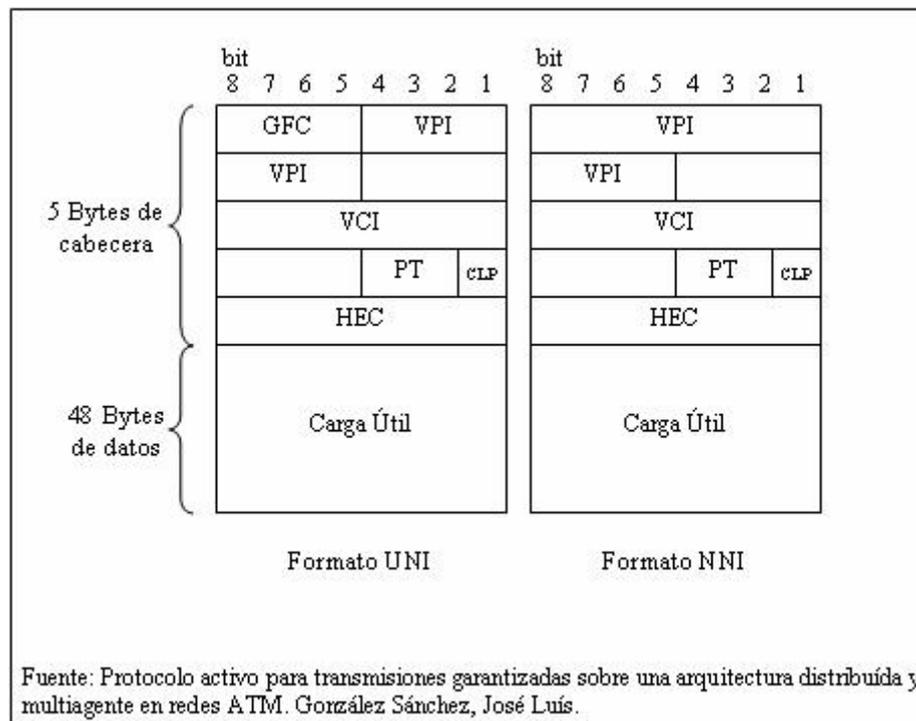
El Modo de Transferencia Asíncrono es un sistema de conmutación de paquetes para el transporte de datos basados en células de longitud fija de 53 bytes de tamaño (5 de cabecera y 48 de datos). ATM se caracteriza también por ofrecer funciones de gestión de tráfico para la transferencia óptima de información en tiempo real, como es audio y video, y tiempo no real como datos e imágenes estáticas, aportando una integración de flujos de información.

ATM es una tecnología orientada a la conexión, esto permite que las transferencias se realicen a través de Circuitos Virtuales (VPI – Virtual Path Identifier), VCI – Virtual Channel Identifier) establecidos extremo a extremo, los cuales se mantienen abiertos durante todo el tiempo que dura la comunicación. Estos VCs se crean al momento de establecer la conexión que es cuando el usuario de la red puede especificar los parámetros de tráfico que va a generar o los recursos de red que va a requerir. Así, el usuario negocia la calidad del servicio que espera recibir, de forma que la propia red dispone de mecanismos de gestión de recursos como la función CAC (Control de Admisión de la Comunicación), y como la función UPC (Control

de Parámetros de Uso). La función CAC, usada para la negociación de la conexión, actúa a modo de control de flujo impidiendo la entrada de usuarios para los que la red no dispone de recursos y evitar la sobrecarga de ésta. La función UPC se encarga de velar, durante la comunicación, por el buen cumplimiento del contrato de tráfico que los usuarios han negociado con la función CAC en el establecimiento de la conexión.

La célula constituye la unidad de transferencia de las redes ATM y son de un tamaño fijo de 53 bytes, 5 de cabecera y 48 de carga útil. Los campos de las cabeceras poseen 2 formatos (Figura 1). Estos formatos de célula ATM son la UNI (User Network Interface) que son usadas entre extremos de la comunicación y la red, y la NNI (Network to Network Interface) que son usadas entre los conmutadores de la red.

Figura 1. Formato de células ATM.



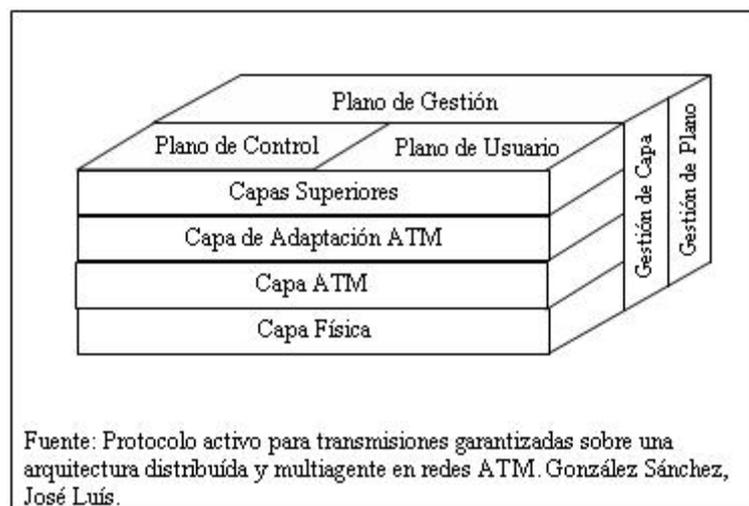
Cada célula lleva en su cabecera un Identificador de Camino Virtual (VPI) de 8 bits y un Identificador de Canal Virtual (VCI) de 16 bits. El campo PT (Payload Type) de 3 bits se usa para indicar el tipo de información contenida en el campo de carga de datos de la célula. El bit CLP (Cell Loss Priority) lo emplea el emisor para

especificar la prioridad deseada cuando aparecen situaciones de congestión. Las células con $CLP = 1$ tienen más baja prioridad y serán las primeras en ser descartadas por los conmutadores cuando se congestionan, mientras que las de $CLP = 0$ indican alta prioridad. El campo HEC (Header Error Control) se usa como mecanismo de detección de los errores producidos en las transmisiones de las cabeceras.

1.4.1 Arquitectura de ATM:

El modelo ATM es definido por tres capas principales que componen la pila de protocolos que constituyen una arquitectura tridimensional (Figura 2). Las capas de ATM son: la capa Física, la capa ATM y la capa de Adaptación ATM (AAL – ATM Adaptation Layer), cada una de ellas con una serie de funciones específicas para permitir la transferencia de las células. La Capa Física es un conjunto de reglas respecto al Hardware que se emplea para transmitir datos. Entre los aspectos que cubre esta capa están los voltajes utilizados, la sincronización de la transmisión y las reglas para establecer la conexión inicial para la comunicación. La Capa ATM tiene que ver con las celdas y su transporte, define la organización de las celdas e indica lo que significan los campos del encabezado. Además también participa en el establecimiento y la liberación de VCs y aquí es donde se realiza el control de congestión y la corrección de errores.

Figura 2. Arquitectura ATM.



Fuente: Protocolo activo para transmisiones garantizadas sobre una arquitectura distribuida y multiagente en redes ATM. González Sánchez, José Luis.

La capa de adaptación ATM (AAL) permite que los flujos basados en células de la capa Física se adapten a paquetes, datagramas o flujos de bits propios de las capas superiores de la pila de protocolos. La capa AAL está conformada por dos subcapas: en la parte superior la Subcapa de Convergencia (SC) y por debajo de ésta la Subcapa de Segmentación y Reensamblado (SAR). La SC realiza la adaptación a la velocidad de transferencia del usuario, la corrección de errores y mantiene la sincronización extremo a extremo y se encarga del control de flujo. Mientras tanto, la SAR, en el caso del emisor, es la responsable de segmentar el tráfico continuo de tramas de información a células de 48 octetos que son pasadas a la capa ATM inferior. También detecta posibles células erróneas y/o perdidas. En el caso del receptor esta misma subcapa se encarga del reensamblado de las células que recibe desde la capa ATM para convertirlas en PDUs (Unidades de Datos de Protocolo) o tramas que van a ser pasadas a los protocolos de las capas superiores.

1.4.2 Desventajas de ATM:

Los mecanismos de control de errores, de control de flujo y de control de congestión realizados extremo-extremo debido a la característica orientada a la conexión puede acabar perjudicando al rendimiento de la red o al de los propios extremos de la comunicación. Las situaciones de congestión en los conmutadores son impredecibles y cuando aparecen pueden acabar afectando negativamente a toda la red.

Como la mayoría de tráfico de Internet es IP y el manejo de redes ATM es diferente al de IP, se tendrían que duplicar dichos sistemas, uno para cada uno, llevando consigo mayores problemas de operación y mantenimiento además del alto costo de la implementación de ATM.

ATM se presenta con un excesivo número de enlaces necesarios para conectar los nodos de la red ATM ya que se utiliza la regla $N(N-1)/2$, es decir que por ejemplo, para 50 nodos se necesitarían $50*49/2$ enlaces, o sea un total de 1225 enlaces.

Existen tecnologías de alta velocidad que proveen alto rendimiento a precios que los productos ATM no pueden competir como por ejemplo FDDI (Fiber Distributed Data Interface) o Fast Ethernet.

1.5 Breve resumen de la tecnología Ethernet:

Ethernet se ha convertido en el medio de acceso más conocido para su implementación en entornos pequeños y grandes, haciendo de ésta la arquitectura de red más popular, puesto que permite un equilibrio entre velocidad, costo y facilidad de instalación. Ethernet utiliza una topología en bus, es decir que todas las máquinas se encuentran conectadas entre sí a través de un cable coaxial o un cable de par trenzado o fibra óptica, a diferentes tasas de transferencia. El acceso a la red por las máquinas que se encuentran conectadas entre sí utilizan un modelo denominado CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) y su función es la de escuchar cuando el medio de transmisión está libre.

Varios segmentos de Ethernet pueden ser conectados para formar una gran red LAN Ethernet utilizando repetidores. El uso de dispositivos de interconexión tales como bridges (puentes), routers (ruteadores) y switches (conmutadores), admiten que redes LAN individuales se conecten entre sí, permitiendo que cada LAN continúe operando de forma independiente pero con la capacidad de poder comunicarse fácilmente con las otras LAN conectadas.

Ethernet se refiere solamente a las dos primeras capas del modelo OSI (Open Systems Interconnection). Éstas son la Capa Física que se refiere al cableado e interfaces físicas, y la Capa de Enlace de Datos la cual proporciona direccionamiento local, detección de errores y controla el acceso a la capa física.

1.5.1 Arquitectura Ethernet:

La arquitectura Ethernet puede definirse como una red de conmutación de paquetes de acceso múltiple, es decir de medio compartido, y difusión amplia (Broadcast), que utiliza un medio pasivo (cables y conectores) y sin ningún control central. Proporciona detección de errores, pero no corrección. Los paquetes de datos transmitidos alcanzan a todas las estaciones y cada una de éstas reconoce la dirección contenida en cada paquete y aceptan las que les corresponden. Ethernet realiza varias funciones que incluyen empaquetado y desempaquetado de los datagramas; manejo del alcance; codificación y decodificación de datos, y acceso al canal. El gestor de

enlace (CSMA/CD) es el encargado de vigilar las posibles colisiones escuchando hasta que el medio de transmisión esté libre antes de iniciar una transmisión, de ser el caso en que se detecte una transmisión en progreso el gestor espera un cierto tiempo par intentar retransmitir la información. Una trama Ethernet se compone de los siguientes campos (Figura 3):

- **Preámbulo.**- Campo de 7 bytes (56 bits) con una secuencia de bits utilizada para sincronizar y estabilizar el medio físico antes de iniciar la transmisión de datos.
- **SOF (Start Of Frame).**- El tamaño del campo de Inicio de Trama es de 1 byte (8 bits) y posee un patrón de 1s (unos) y 0s (ceros) y termina con dos unos consecutivos, de tal manera que indica que el siguiente bit es el más significativo del campo MAC (Medium Access Control) de destino.
- **Destino.**- Es de 6 bytes (48 bits) y especifica la dirección de destino hacia la que se envía la trama
- **Origen.**- Campo de 6 bytes que indica la dirección desde donde es enviada la trama. Con ello el receptor puede saber la dirección de la estación emisora para poder establecer un intercambio de datos.
- **Tipo.**- Campo de 2 bytes que identifica el protocolo de la red asociado con el paquete.
- **Datos.**- Campo de 64 a 1500 bytes de longitud que lleva consigo a la carga útil de datos.
- **FCS (Frame Check Secuence).**- La Secuencia de Verificación de Trama posee una longitud de 4 bytes y sirve para verificar la integridad de la trama.

Figura 3. Trama Ethernet.

Preámbulo 7 Bytes	SOF 1 Byte	Destino 6 Bytes	Origen 6 Bytes	Tipo 2 Bytes	Datos 64 a 1500 Bytes	FCS 4 Bytes
-----------------------------	----------------------	---------------------------	--------------------------	------------------------	---------------------------------	-----------------------

Fuente: Wikimedia Foundation, Inc.

1.5.2 Tipos de configuraciones Ethernet:

Según el tipo de cable, topología y dispositivos utilizados para su implementación podemos distinguir diferentes tipos de Ethernet, por ejemplo, 10 Base 2, 10 Base 5, 10 Base T, Fast Ethernet, etc.

1.5.2.1 10 Base 5:

Es conocida como Thick Ethernet o Ethernet Grueso, utiliza una topología en bus y transmite a 10 Mbps, además permite conectar a 100 equipos como máximo en un mismo segmento de 185 metros de longitud. Como ventajas que 10 Base 5 presenta se tiene que es posible utilizarla en largas distancias y es inmune a altas interferencias. Los inconvenientes que posee es que es inflexible, es decir que, una vez que se haya montada su instalación los cambios a realizar son muy difíciles. Tampoco posee una tolerancia a fallos, esto es que, si el cable se corta o falla un conector, toda la red dejará de funcionar, trayendo consigo una dificultad para localizar el fallo en el cableado, haciendo que la única forma de localizar dicho fallo sea probando cada uno de los tramos entre nodos.

1.5.2.2 10 Base 2:

Utiliza un cable más fino, por ello se la conoce como Thin Ethernet o Ethernet Fino, la topología que utiliza es en bus y transmite a 10 Mbps, la mínima distancia entre estaciones es de 0,5 metros y su máxima longitud por segmento asciende a los 185 metros permitiendo una conectividad de 30 computadores por segmento. Entre sus ventajas tenemos que la simplicidad de 10 Base 2 no utiliza ni concentradores ni tranceptores, al ser simple es muy económica y debido a que utiliza cable coaxial es inmune a ruidos por el blindaje del cable. Las desventajas que presenta es que es inflexible, posee intolerancia a fallos y de la misma manera que 10 Base 5 es difícil la localización de fallos en el cableado.

1.5.2.3 10 Base T:

Utiliza un cable de par trenzado, ya sea sin blindaje (UTP - Unshielded Twisted Pair) o con blindaje (STP - Shielded Twisted Pair). La mayoría de las redes de este tipo están configuradas en forma de estrella, pero internamente utilizan el sistema de comunicación en bus. Su longitud máxima es de 100 metros, aunque se pueden utilizar repetidoras para aumentar esta limitación. La distancia mínima entre equipos es de 2,5 metros y permite una conexión de 512 dispositivos por segmento con una velocidad de 10 Mbps. Cuenta con las siguientes ventajas: Posee aislamiento de fallos; cuando se produce una avería, ésta puede ser localizada fácilmente, también permite una gran movilidad en la red. Como inconvenientes tenemos que la distancia entre el nodo y el concentrador es de 90 metros y que además, es muy sensible a interferencias externas.

1.6 Conclusiones:

Al haber finalizado el estudio de este capítulo se espera haber podido esclarecer las diferentes interrogantes de los problemas presentes en las redes actuales, puesto que se han establecido ciertos parámetros que nos indican los inconvenientes de la problemática, los cuales muchas veces quedan opacados por las ventajas que ofrecen las tecnologías que se utilizan en el presente, que como hemos podido observar, no poseen un alto grado de satisfacción y tampoco son suficientes para las diferentes necesidades empresariales dirigidas al intercambio y manipulación de la información necesaria para sus transacciones electrónicas.

CAPÍTULO II

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

2.1 Introducción:

Este capítulo describirá ciertas propuestas que intentan solucionar el problema ya mencionado de IP/ATM y Ethernet. Debido a que lo que se busca con esta investigación es dar a conocer las características de MPLS, muchas de estas soluciones aquí explicadas serán detalladas brevemente por lo que no se podría contar con una evaluación precisa del rendimiento que aportarían cada una de éstas, o del coste que su implementación conllevará, ya sea hablando en tiempo o en recursos.

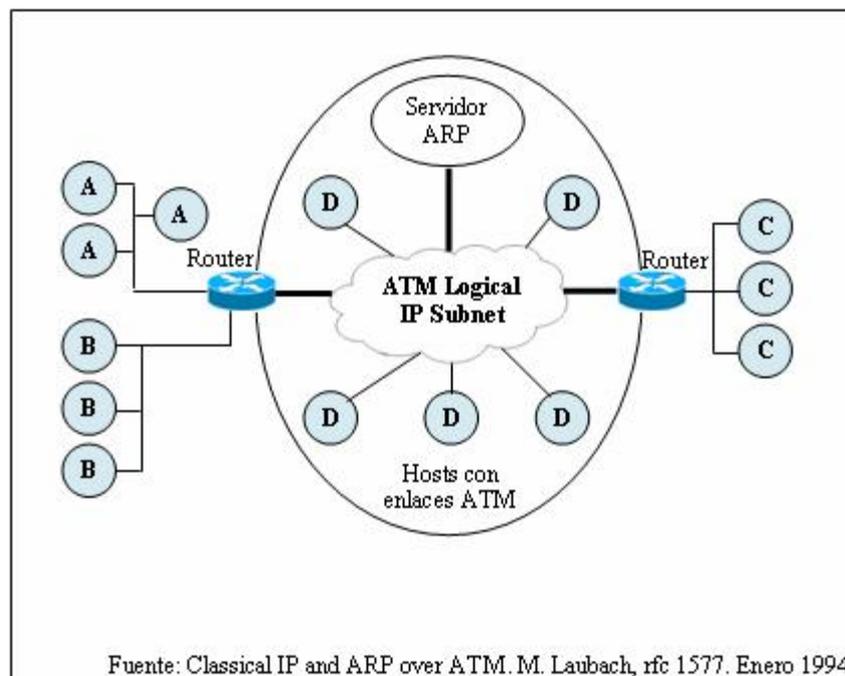
En la descripción de estas tecnologías alternas a MPLS, se analizarán muchos aspectos de cada una, entre estos aspectos se darán a conocer las ventajas y desventajas que éstas poseen, dirigidas entre otras cosas a un análisis sobre si admiten Multicast, IP Nativo, complejidad de sus procedimientos, necesidades de cambios en el hardware que se utilice, etc.

2.2 Comparación entre diferentes tecnologías:

2.2.1 IP clásico sobre ATM:

La principal ventaja que aporta es su compatibilidad total con IP estándar, permitiendo a la gran mayoría de protocolos y aplicaciones que se encuentran por encima de éste ejecutarse de manera transparente sobre ATM, aprovechando el gran ancho de banda de ATM. Otra ventaja que aporta es la facilidad de integrar servicios basados en IP con servicios basados en ATM como por ejemplo servicios de voz. La base de este modelo es el LIS (Logical IP Subnet). Esta Subred Lógica IP (Figura 4) representa a un conjunto de equipos que se comunican entre sí mediante ATM. Los equipos extremos del LIS hacen de puente entre los equipos internos del LIS y los equipos externos, y se comunican con el exterior a través de IP.

Figura 4. Subred Lógica IP (LIS).



El principal problema de esta solución es que no puede utilizar las funcionalidades en garantías de QoS de ATM debido a los siguientes motivos:

- Las conexiones ATM directas solo se pueden establecer dentro de un LIS, pero no a lo largo de los extremos. Debido que la resolución de direcciones está limitada a un solo LIS, el tráfico IP entre nodos en

diferentes LIS siempre circulará por algún router intermedio que sólo puede emplear el paradigma IP del best-effort en garantías de QoS.

- Todos los flujos de datos IP entre dos hosts comparten el ancho de banda de un solo Circuito Virtual. De modo que resulta imposible a una aplicación individual conseguir una garantía de QoS para su flujo de datos determinado.

Otro problema de IP clásico sobre ATM es la imposibilidad de realizar multicast (ni unicast). Además no existe un camino por defecto para enviar datagramas IP antes de que se establezca una conexión, provocando un retraso alto al momento de enviar el primer datagrama.

Aunque esta solución no permite aprovechar muchos de los equipos LAN clásicos, ofrece un tamaño mayor, y más apropiado de MTU (Unidad de Transferencia Máxima).

2.2.2 IP Switching:

IP switching se describe como una manera óptima y escalable de soportar el ruteo IP sobre la conmutación ATM. Emplea las partes fuertes tanto de IP como de ATM para aumentar el rendimiento de Internet:

- El hardware ATM aporta alta velocidad a un precio aceptable.
- El ruteo IP es mucho más sencillo que el de los protocolos de direccionamiento, ruteo y señalización para ATM (UNI24, P-NNI).

Los flujos de datos de mayor tiempo como por ejemplo la transferencia de archivos, se comportan de una manera óptima en ATM, ya que una vez establecido el Circuito Virtual, no es necesario volver a analizar los datagramas IP para realizar el ruteo. Por el contrario, las conexiones cortas se comportan de una manera más eficiente empleando el ruteo de IP, sin tener que esperar a establecer conexiones fijas ATM. La QoS punto a punto puede en un principio llevarse a cabo en una red totalmente equipada con IP switching. Sin embargo, esta QoS se expresa en términos de preferencia para un flujo de datos, y no en los términos comunes de ATM. Además, no es la aplicación en sí, sino la red, la que inicia el establecimiento de la sesión,

haciendo imposible a las aplicaciones establecer sus necesidades de QoS. Esto conlleva a que su escalabilidad se vea limitada en redes grandes por el hecho de establecer un gran número de Circuitos Virtuales que se necesitan para cada conexión.

2.2.3 LANE (LAN Emulation):

LANE es una buena solución para interconectar equipos LAN (Local Area Network) en una red privada, aprovechando al máximo la alta velocidad de transmisión ATM con cambios mínimos en los equipos. Además, no se necesita modificar ninguna aplicación ni protocolo de las capas superiores a IP. Es una buena opción para una integración progresiva de LAN a ATM en una red corporativa.

Las mejoras que LANE contribuye al concepto de LAN Virtual (VLAN), son de una flexibilidad mejorada a la hora de configurar parámetros de la red y una manipulación de estos mucho más sencilla que las LAN clásicas. Sin embargo, se le pueden encontrar ciertas limitaciones, las cuales son:

- Oculta por completo las funcionalidades en QoS que aporta ATM.
- No puede correr protocolos en modo nativo.
- Su alcance está limitado a una subred lógica (LAN virtual).
- Todo el tráfico entre VLANs debe pasar a través de routers, incluyendo el caso de que pudiera darse una conexión directa mediante ATM. Como consecuencia de esto, los routers pueden originar cuellos de botella en el flujo de datos.
- La conversión de direcciones LANE es ineficiente debido a que las direcciones se convierten de direcciones de la capa 3 a direcciones MAC (Medium Access Control) y posteriormente direcciones ATM, empleando dos mecanismos de resolución de direcciones.
- El funcionamiento de LANE requiere muchas conexiones, limitando el número de equipos que pueden pertenecer a una LAN Emulada.
- No dispone de mecanismos de recuperación en el servidor, imposibilitando a la seguridad para actuar en situaciones de emergencia.
- Posee limitaciones en cuanto al tamaño de la MTU.

2.2.4 Cell Switch Routers (CSR):

Muy parecida a IP Switching, se diferencia de ésta en que su intención es conectar subredes IP locales en ATM (LIS), corriendo bajo LANE o IP Clásico sobre ATM. Como IP Switching, el router CSR puede realizar tanto Cell Switching (Conmutación de Celdas) como envío de paquetes IP por defecto y los procedimientos de establecimiento de conexión ATM son idénticos a los de IP Switching. Las condiciones bajo las que se crean Circuitos Virtuales específicos ATM no han sido definidas claramente en la descripción de CSR. Las ventajas y desventajas de CSR son similares a las de IP Switching.

2.2.5 MPOA (Multi-Protocol Over ATM):

Se trata de una tecnología muy compleja. Como desventajas se presentan el desarrollo de mucho código en las máquinas debido a su complejidad y además posee la necesidad de cambiar la pila de protocolos en los hosts. Hasta la aparición de MPLS era la tecnología más prometedora ya que aporta con los siguientes beneficios:

- Da conectividad a un entorno que emplee ruteo. Admitiendo tanto multicast como broadcast en la capa 3.
- Aprovecha al máximo las ventajas de ATM, ofreciendo conexiones ATM directas entre dispositivos MPOA, sin saltos intermedios. Además admite ATM nativo, adaptando la QoS en la pila de protocolos.
- Reduce los costes en la infraestructura definiendo una nueva arquitectura de red y aprovechando al máximo la funcionalidad de conmutación, que es muy barata y puede realizarse en hardware, mientras que las necesidades de rendimiento y el ruteo más caro se lo realiza en los dispositivos frontera.
- Da una solución universal para cualquier protocolo de la capa 3 sobre ATM.
- Se integra fácilmente con LANE.

2.2.6 NHRP (Next Hop Resolution Protocol):

La ventaja principal de esta solución es que puede resolver el problema de múltiples saltos eliminando estos saltos adicionales a través de distintas subredes ofreciendo la Resolución de Direcciones inter-LIS, permitiendo así el establecimiento de una conexión directa entre las redes NBMA (Non Broadcast Multi Access), si éstas son ATM se establece un Circuito Virtual directo entre varios LIS, empleando QoS para el flujo de datos IP entre los extremos del Circuito Virtual. NHRP sólo podrá realizar esto si el camino de la ruta es abarcada por completa por subredes NBMA, y sólo bajo las condiciones que admite NHRP. Conjuntamente, al igual que IP clásico sobre ATM, una conexión IP directa será compartida por el tráfico generado por todas las aplicaciones comunes entre los dos extremos, de modo que resulta imposible dar QoS a una aplicación específica. Entre otros problemas que se presenta con NHRP se tiene:

- Se pueden dar bucles en el ruteo, si las estaciones de inicio y de respuesta NHRP son routers que están también conectados con otra red. Para evitar dichos bucles es necesario la aplicación de restricciones en la configuración de la red.
- Puede aparecer el efecto dominó. Esto se da cuando un router crea una petición de resolución NHRP para un paquete que llega sobre una de sus interfaces NHRP. Si éste envía los paquetes de datos sin esperar a que se establezca un nuevo camino, el siguiente router que reciba el paquete puede crear su propia petición de resolución y reenviar el paquete, y así sucesivamente.
- La utilización de NHRP demanda la introducción de un software específico en todos los hosts y routers pertenecientes a la red NBMA.
- La especificación actual no se adapta a broadcast o a multicast ya que está pensada sólo para comunicaciones unicast.

2.2.7 Tag Switching:

Tag Switching, creada por Cisco Systems es una manera poderosa de integrar la conmutación de celdas con el direccionamiento y el ruteo simple de tecnologías de conmutación de frames (tramas). Mejora el rendimiento del reenvío con una buena

relación costo/rendimiento. Al asociar un rango amplio de granularidad de envío con una tag (etiqueta) se puede soportar una gran variedad de funciones de ruteo como lo es el basado en el destino, multicast, QoS o mediante jerarquías.

La diferencia entre IP Switching y Tag Switching es que las etiquetas nunca se asocian basándose en el análisis del flujo de datos, sino en la topología de la red. Por tratarse de una topología bastante estática, se adquieren mejoras en el rendimiento respecto a IP switching. Otra diferencia es que Tag Switching es una tecnología multiprotocolo. Existen dos componentes principales en Tag Switching, la componente de envío y la componente de control. Para realizar el envío se utilizan técnicas de intercambio de etiquetas, mientras que para la distribución se utiliza el componente de control. Tag Switching puede mantener las propiedades de IP ayudando a mejorar la escalabilidad en estas redes y puede ser aplicado de manera directa sobre los conmutadores ATM, pero como desventaja al usarlo con ATM se presenta en que los conmutadores ATM deben participar como pares en el protocolo IP debiendo soportar envío en la capa de red. Al utilizarlo junto con un protocolo de reserva como RSVP (Resource reSerVation Protocol), es posible dar conexiones tipo Circuito Virtual con garantías de QoS extremo a extremo para flujos IP.

2.3 Conclusiones:

Al haber estudiado transitoriamente diferentes alternativas de solución, se espera que se haya entendido el manifiesto de las primacías y detrimentos de dichas alternativas, para con ello haber podido realizar un breve análisis sobre lo que proyectan dichas alternativas. Se recuerda que este análisis no intentaba demostrar a fondo las capacidades y obstáculos que presentan cada una de estas opciones, sin embargo se dio a conocer ciertas ideas con las cuales podemos establecer algunas características similares o disparejas respecto al tema principal de este estudio, el cual trata sobre la tecnología MPLS.

CAPÍTULO III

DETALLE DE LA SOLUCIÓN (MPLS)

3.1 Introducción:

En este capítulo se tratará los temas pertenecientes al propio funcionamiento de la tecnología de Multiprotocol Label Switching, describiendo desde el nacimiento de ésta y pasando por la descripción funcional de la misma incluyendo las especificaciones de sus componentes hasta llegar a analizar las ventajas y desventajas que posee MPLS. Además, se estudiará rápidamente una breve configuración en equipos de ruteo para la implementación de esta tecnología. Al final de este capítulo expondremos las diferentes aplicaciones hacia las que está orientado MPLS y también se conocerán algunas razones que apoyarán la migración hacia esta tecnología.

3.2 Orígenes:

Entre los problemas que actualmente se encuentran en Internet está por ejemplo, el alto crecimiento de los usuarios que conlleva a una mayor demanda de ancho de banda haciendo que se dé la necesidad de mejorar el rendimiento de enrutadores y encaminadores, así como la necesidad de explotar nuevas tecnologías de transmisión. Otro gran problema por el que atraviesa Internet, es que no garantiza la calidad de servicio ya que la eficiencia variable de TCP/IP hace que se entreguen los paquetes de información de la mejor forma posible.

Estos hechos provocaron que a principios de los 90's se comenzara a explorar soluciones que ayudaran a superar estas limitaciones tales como MPLS (Multiprotocol Label Switching: conmutación de etiquetas multiprotocolo). La tecnología MPLS es un estándar del IETF que surgió para unificar las diferentes soluciones que diferentes fabricantes proponían. MPLS se basa en el uso de etiquetas que sirven para identificar la ruta por donde se envían los paquetes, implementando una mejora a los protocolos de ruteo IP para hacerlos orientados a conexión.

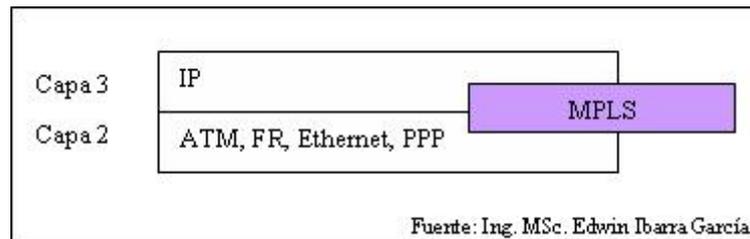
Debido al crecimiento continuo de Internet, cada vez se exigen mayores prestaciones a los encaminadores, por lo que es imprescindible separar las funciones de control y reenvío de éstos. De esta forma se permitirá la evolución de una manera más natural. Este aspecto, el de separar las funciones de control y reenvío, es el más importante de la conmutación de etiquetas (Label Switching) aunque esta idea no es nueva puesto que la separación de las funciones de control y reenvío ya se utilizaba antes, por ejemplo en la conmutación IP.

3.3 Conceptos y funcionamiento:

3.3.1 MPLS (Multiprotocol Label Switching):

Es un protocolo creado para manipular la conmutación de paquetes en routers de BackBone. MPLS está basado en la asignación e intercambio de etiquetas (Labels) que se establecen a nivel de capa 2, integrando el control de enrutamiento IP (capa 3) con la simplicidad de la conmutación de la capa 2 (Figura 5). Por ser multiprotocolo es independiente de la capa subyacente (inferior), es decir, no está limitado a una tecnología específica de capa de enlace. MPLS fue diseñado para sustituir las antiguas tecnologías Frame Relay (FR) y ATM. A diferencia de éstas, pero al igual que IP, MPLS es capaz de transportar diferentes tipos de tráfico por la misma vía.

Figura 5. Ubicación MPLS



Su campo de aplicación está destinado a:

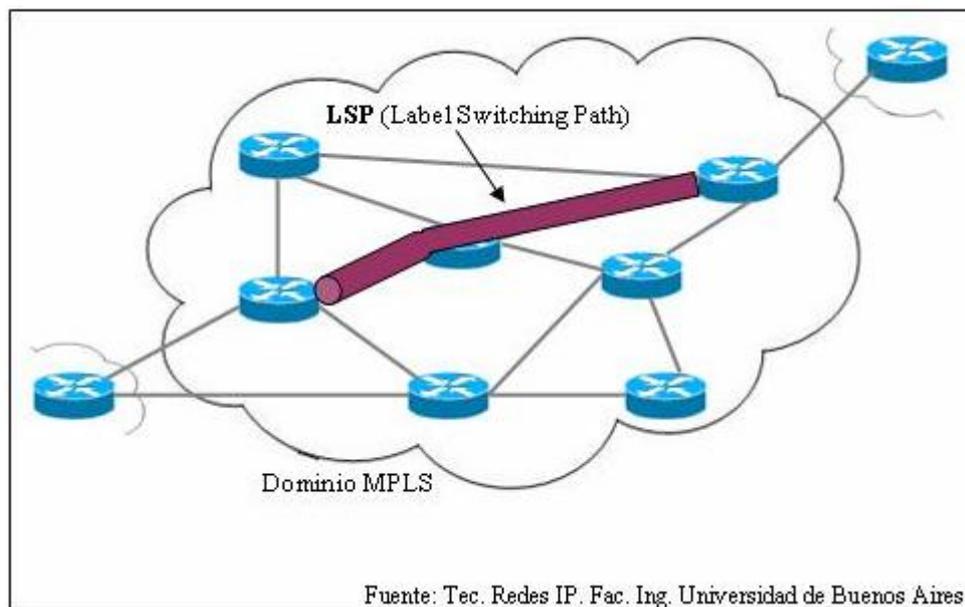
- VPN (Virtual Private Network)
- QoS (Calidad de Servicio)
- Integración con ATM (AToM)

MPLS permite crear un enlace entre dos o más puntos terminales fijos dentro de la red del proveedor de servicios. Al crear una red MPLS no se instalan equipos en las oficinas del cliente ya que se cuenta con los puntos terminales de la red del proveedor de servicios. Es por ello que, por ejemplo, cuando se requiere una conexión entre zonas geográficas muy distantes o aplicaciones de conexión remota o móvil, no se utiliza MPLS. Por el contrario, sí se suele utilizarse para conectar múltiples particiones corporativas o sucursales grandes ubicadas en una región geográfica definida con anterioridad.

La tecnología de MPLS define un mecanismo de envío de paquetes en una red de routers. Este mecanismo fue desarrollado originalmente para proveer de un envío más rápido de paquetes que el tradicional ruteo por IP, aunque las mejoras en hardware reducen la importancia de velocidad en el paquete enviado. Sin embargo, la flexibilidad de MPLS ha conducido a que MPLS se lo vea como el estándar a las redes modernas que buscan alcanzar Calidad de Servicio.

MPLS también maneja direcciones IP para identificar puntos medios y finales de switches y routers. Esto hace a las redes MPLS compatible con el protocolo IP para que sea fácilmente integrado a las redes IP. Los flujos de MPLS son orientados a conexión y los paquetes se encaminan a lo largo del trayecto de un Label Switched Paths preconfigurado (LSPs) (Figura 6). Estos caminos virtuales son simplex, se generan en un solo sentido del tráfico para cada punto de entrada en la red.

Figura 6. Ruta de Conmutación de Etiquetas (LSP).



MPLS agrega una etiqueta a cada paquete, esto permite mantener a todos los paquetes de una sesión en el mismo camino LSP. En la red MPLS, el enrutador final de etiquetas (LER) se encarga de asignar una etiqueta a cada paquete. Los paquetes se envían a través de una ruta de conmutación de etiquetas (LSP), donde el enrutador de conmutación de etiquetas (LSR, por sus siglas en inglés de Label Switching Router) retransmite los paquetes basándose en las etiquetas que tienen asignadas. Un