

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO DE UNA RED METROPOLITANA ETHERNET EN LA
CIUDAD DE QUITO”**

LUIS ALBERTO MIÑO MONTALVO

QUITO – ECUADOR

Mayo 2006

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Proyecto de Grado “DISEÑO DE UNA RED METROPOLITANA ETHERNET EN LA CIUDAD DE QUITO” fue realizado en su totalidad por el señor Luis Alberto Miño Montalvo,, portador de la cédula de identidad 170759216-6, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Electrónico con especialidad en Telecomunicaciones, bajo nuestra dirección.

Atentamente,

Ing. Rodrigo Silva
Director

Ing. Ramiro Ríos
Codirector

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud y vida para poder cumplir con uno de los objetivos que me he trazado en mi vida profesional y personal.

Especialmente a mis padres, y a mis hermanas, por todo el apoyo y la fuerza que me han brindado a lo largo de mi carrera universitaria, por el cariño desinteresado, y por el aliento y paciencia que me han tenido durante cada instante de mi vida.

A mis amigos y compañeros, quienes en los momentos difíciles supieron brindarnos su apoyo y consejos cuando lo necesitaba.

A los ingenieros Rodrigo Silva y Ramiro Ríos, por haberme orientado y apoyado durante toda mi vida estudiantil.

A Andinados, especialmente a Cesar Puga y Xavier Moreano, por brindarme su amistad y colaboración durante el desarrollo de este proyecto.

A la Escuela Politécnica del Ejército, por darnos cabida en su seno durante el periodo de nuestra formación superior.

Luis Alberto Miño Montalvo

DEDICATORIA

A mis padres por todo su apoyo, paciencia y comprensión, gracias por toda la ayuda que me han dado ya que sin ustedes no hubiese podido culminar esta etapa de la vida.

A mis hermanas y mi sobrino por estar presente siempre que lo necesité.

A todos mis amigos que supieron acompañarme a lo largo de mi vida.

Luis Alberto Miño Montalvo

PRÓLOGO

Claramente, las comunicaciones de datos y redes de computadoras representan unas de las tecnologías que ha sufrido uno de los mayores incrementos en los últimos años. En efecto, se suele poner como emblema de la medida de crecimiento espectacular la precisión establecida por Gordon Moore (uno de los fundadores de Intel) hace unos 50 años, que estima que el número de transistores que podrían ser integrados en un chip crecería exponencialmente, duplicándose aproximadamente cada 18 meses, y resulta que esta regla, conocida como ley de Moore, es superada con creces por los avances que se están logrando en el campo de las redes. Así, piénsese que el primer modo de Internet (proyecto ARPANET) se instaló en 1969 y se planificó para conectar tan solo 15 computadores a lo ancho de Estados Unidos. Ya en 1973, interconecta a 52 computadoras; por otra parte, de 1983 a 1997 el incremento del tráfico en Internet se duplicó cada nueve meses (un crecimiento doble al establecido por la Ley de Moore), y de 1997 a la actualidad se duplica cada seis meses. También, desde 1997, la velocidad de funcionamiento de los dispositivos de enrutamiento (routers) y conmutadores de red se ha duplicado cada seis meses. Lawrence G. Roberts (uno de los creadores de ARPANET) sostiene que este ritmo de crecimiento se mantendrá al menos hasta el año 2008. Este desarrollo explosivo está siendo debido al gran número de aplicaciones que se utilizan a través de Internet, entre las que se puede incluir, desde las clásicas de utilización remota de recursos de cómputo, correo electrónico, transferencia de archivos y acceso a páginas Web, hasta las más novedosas como acceso a radio y TV, comercio electrónico, video bajo demanda telefonía fija y móvil, videoconferencias y, en general, aplicaciones multimedia bajo diversas formas.

Este crecimiento impresionante ha llevado a los operadores de red a afrontar un número mayor de desafíos. Sus logros en adaptarse a las necesidades de cambio para responder a estos retos determinan su éxito final en el mercado.

Probablemente el más importante desafío que los operadores establecidos están afrontando es la necesidad de expandir sus redes debido a la explosión del tráfico de datos y la demanda de anchos de banda mucho más grandes de los que se soportan en las redes actuales.

El diseño de la red que se plantea, se basará en los anillos de fibra que posee Andinatel, con esto se podrá optimizar la arquitectura de red, con el fin de brindar servicios de nueva generación a los usuarios y maximizar las ganancias de los proveedores.

ÍNDICE GENERAL

<i>CERTIFICACIÓN</i>	<i>i</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>ii</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>iii</i>
<i>PRÓLOGO</i>	<i>iv</i>
<i>CAPITULO I</i>	<i>1</i>
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. DEFINICIÓN DE RED METROPOLITANA	2
1.3. ¿POR QUÉ ETHERNET?	7
1.4. BENEFICIOS	9
1.5. SITUACIÓN ACTUAL	11
1.5.1. Estructura de la red de datos	12
1.5.2. Topología	12
1.5.3. Productos que brinda Andinadatos	13
1.5.4. Servicios que brinda Andinadatos	13
1.5.4.1. Clear Channel.....	13
1.5.4.1.1. Clear Channel implementado en la red TDM	14
1.5.4.1.2. Clear Channel implementado en la red ATM	14
1.5.4.2. xDSL	14
1.5.4.2.1. ADSL.....	16
1.5.4.2.2. SDSL.....	17
1.5.4.2.3. G.SHDSL	17
1.5.4.3. Frame Relay	17

<i>CAPÍTULO II</i>	19
2.1. INTRODUCCIÓN.....	19
2.2. RESEÑA HISTÓRICA.....	21
2.3. DESAFÍOS PARA LAS REDES ETHERNET METROPOLITANAS.....	22
2.4. IMPORTANCIA CRECIENTE DE LAS REDES METROPOLITANAS ETHERNET MEJORADAS CON MPLS	23
2.5. DEFINICIONES PRINCIPALES.....	24
2.6. CONDICIONES NECESARIAS PARA QOS.....	26
2.7. PRIMEROS MODELOS DE QOS E INGENIERÍA DE TRÁFICO	26
2.7.1. INTSERV con RSVP	27
2.7.2. DIFFSERV	28
2.8. CONMUTACIÓN IP	30
2.9. OBJETIVOS ESTABLECIDOS EN LA ELABORACIÓN DEL ESTANDAR MPLS.....	33
2.10. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL MPLS.....	33
2.10.1. Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS.....	33
2.10.2. Control de la información en MPLS.....	38
2.10.3. Funcionamiento global MPLS	39
2.11. APLICACIONES DE MPLS.....	40
2.11.1. Ingeniería de tráfico.....	41
2.11.2. Clases de servicio (COS).....	42
2.11.3. Redes privadas virtuales (VPNS).....	43
2.12. VENTAJAS DE MPLS SOBRE EL IP TRADICIONAL	47
2.12.1. Protección y flexibilidad del servicio.....	48
2.12.2. Convergencia de redes	49

<i>CAPITULO III</i>	50
3.1. INTRODUCCIÓN.....	50
3.2. DEFINICIÓN DE BANDA ANCHA	52
3.3. FUTURO DIGITAL	53
3.4. BANDA ANCHA: UNA PUERTA AL ENTRETENIMIENTO	55
3.5. UNA TRANSFORMACIÓN DEL NEGOCIO	60
3.6. ALCANCE DEL SERVICIO	61
3.7. VOIP	62
3.7.1. ¿Cómo funciona la telefonía a través de internet?	63
3.7.2. Estrategia para la migración a una red VoIP	64
3.7.3. Ventajas VoIP	65
3.7.4. Posibles beneficios del servicio VoIP	66
3.7.5. Privacidad y seguridad	66
3.7.6. ¿Por qué hablar por internet es más barato?	67
3.8. IPTV.....	67
3.8.1. Nuevos modelos de negocio	69
3.8.2. Fuentes de ventaja competitiva: vídeo de ocio	70
3.8.3. Diseño de las prestaciones del bucle de acceso.....	72
3.8.4. Prestaciones de DSL.....	72
3.8.5. Diseño de calidad de servicio.....	74
<i>CAPITULO IV</i>	76
4.1. INTRODUCCIÓN.....	76
4.2. METAS Y RETOS.....	77
4.3. BENEFICIOS DE LA CONVERGENCIA.....	78
4.4. UNA TRANSFORMACIÓN DE LA RED	78
4.5. REQUISITOS DE UN BACKBONE DE NUEVA GENERACIÓN	80
4.6. DIMENSIONAMIENTO	81
4.7. DISEÑO	83
4.7.1. Routers.....	85

4.7.2. Switchs.....	89
4.8. SOLUCIONES PARA LA RED DE ACCESO.....	93
4.9. PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO	97
4.10. GIGABIT ETHERNET	97
4.11. SISTEMA DE GESTIÓN CISCO 12000/10720 V 3.2 ROUTER MANAGER	98
4.11.1 Diagnóstico rápido de los problemas	104
<i>CONCLUSIONES.....</i>	<i>107</i>
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>110</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>113</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>115</i>
<i>GLOSARIO.....</i>	<i>116</i>
<i>ÍNDICE DE DATA SHEETS</i>	<i>120</i>
<i>CISCO CATALYST 3750 METRO SERIES SWITCHES DATA SHEET</i>	<i>121</i>
<i>CISCO XR 12000 SERIES ROUTER DATA SHEET</i>	<i>134</i>

CAPITULO I

SITUACIÓN ACTUAL Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED METROPOLITANA ETHERNET EN LA CIUDAD DE QUITO.

1.1. INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicación actuales se caracterizan por tener un funcionamiento complejo que implica la interacción de muchos sistemas.

Una red es una interconexión de dos o más computadoras con el propósito de compartir información y recursos a través de un medio de comunicación.

El propósito más importante de cualquier red es enlazar entidades similares al utilizar un conjunto de reglas que aseguren un servicio confiable. Estas normas podrían quedar de la siguiente manera:

- La información debe entregarse de forma confiable sin ningún daño en los datos.
- La información debe entregarse de manera consistente. La red debe ser capaz de determinar hacia dónde se dirige la información.
- Las computadoras que forman la red deben ser capaces de identificarse entre sí o a lo largo de la red.
- Debe existir una forma estándar de nombrar e identificar las partes de la red.

La posibilidad que exhiben las redes de comunicación para transferir información a velocidades extremadamente elevadas permite a los usuarios recolectar información masivamente de forma casi instantánea, y con la ayuda de computadores realizar casi inmediatamente acciones remotas. Estas dos características exclusivas constituyen la esencia de los servicios actuales y futuros basados en la red.

La función esencial de toda red es transferir información entre el origen y el destino. Normalmente el origen y el destino consisten en una terminal que se conecta a la red, como por ejemplo una red o una computadora. Este procedimiento puede implicar la transferencia de un único bloque de información o la transferencia de una secuencia encadenada de información.

La red debe proporcionar la conectividad, es decir, debe aportar algún método que permita que la información fluya entre los usuarios. Esta función básica la realizan los sistemas de transmisión; para ello se utiliza medios como, por ejemplo cables, radio o fibra óptica. Las redes se diseñan normalmente para transportar un tipo específico de información, ya sea esta señal de voz analógica, bits o caracteres.

1.2. DEFINICIÓN DE RED METROPOLITANA

No es fácil llegar a una definición sencilla del concepto de red metropolitana. Dicha red puede ser geográficamente pequeña, como en muchas ciudades europeas. En otros casos, puede ser relativamente grande, como cuando se consideran las redes metropolitanas de ciudades como Beijing, Nueva York, México o Sao Paulo.

Abarcan un área intermedia entre las LAN y las WAN. Es básicamente una versión más grande que las redes de área local (LAN), con una tecnología bastante similar. Una red de éste tipo, puede manejar voz y datos e incluso podría estar relacionada con la red de televisión.

Una red de área metropolitana es una red de alta velocidad (banda ancha) que dando cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo, sobre medios de transmisión tales como fibra óptica y par trenzado de cobre.

El concepto de red de área metropolitana representa una evolución del concepto de red de área local a un ámbito más amplio, cubriendo áreas de una cobertura superior que en algunos casos no se limitan a un entorno metropolitano sino que pueden llegar a una cobertura regional e incluso nacional mediante la interconexión de diferentes redes de área metropolitana.

Las redes de área metropolitana tienen muchas aplicaciones, las principales son:

- Interconexión de redes de área local
- Interconexión de centralitas telefónicas digitales (PBX y PABX)
- Interconexión PC a PC
- Transmisión de vídeo e imágenes

Una red de área metropolitana puede ser pública o privada. Un ejemplo de MAN privada sería un gran departamento o administración con edificios distribuidos por la ciudad, transportando todo el tráfico de voz y datos entre edificios por medio de su propia MAN y encaminando la información externa por medio de los operadores públicos. Los datos podrían ser transportados entre los diferentes edificios, bien en forma de paquetes o sobre canales de ancho de banda fijos. Aplicaciones de vídeo pueden enlazar los edificios para reuniones, simulaciones o colaboración de proyectos.

Un ejemplo de MAN pública es la infraestructura que un operador de telecomunicaciones instala en una ciudad con el fin de ofrecer servicios de banda ancha a sus clientes localizados en esta área geográfica.

La red metropolitana está sufriendo una rápida metamorfosis debido al espectacular crecimiento de la tipología de empresas que necesitan soluciones

metropolitanas. Las grandes empresas, los bancos, las compañías de medios de comunicación, los proveedores de servicios de almacenamiento, las compañías de distribución de contenidos, los proveedores de servicios Ethernet, los operadores de telecomunicaciones establecidos o nuevos, los proveedores de servicios Internet, los operadores de redes de radio convencionales y de tercera generación, las universidades y las instituciones gubernamentales desean disponer de más ancho de banda, fibra y servicios metropolitanos. Esta necesidad suscita un esfuerzo global y masivo de reconfiguración de las infraestructuras urbanas.

La actual sed de soluciones metropolitanas es el resultado de varios cambios profundos en la estructura de la demanda y el tráfico de telecomunicaciones.

Las redes de área metropolitana, para proporcionar un servicio de interconexión pública, deben aportar un conjunto de capacidades que vayan más allá que el mero servicio de red básico. Entre éstas, la más importante es el poder ser incorporadas y operadas dentro de la red pública de telecomunicaciones.

El comité IEEE 802 ha desarrollado el estándar para redes de área metropolitana públicas tratando de conjugar las ventajas de redes de área local (LAN) y redes de área extensa (WAN), proporcionando además de los clásicos servicios de las LAN la posibilidad de canalizar voz y vídeo digitalizados.

Los criterios del IEEE para el desarrollo del estándar fueron:

- Funcionar bajo un rápido y robusto sistema de señalización.
- Proporcionar unos niveles de seguridad que permitan el establecimiento de Redes Privadas Virtuales (VPN, Virtual private Network) dentro de las redes de área metropolitana.
- Asegurar una alta fiabilidad, disponibilidad y facilidad de mantenimiento.
- Permitir una gran eficiencia independientemente del tamaño.

La red de área metropolitana según el estándar IEEE 802.6 es una alternativa para entornos públicos en los cuales es particularmente bien recibido el tráfico

discontinuo que caracteriza a las LAN y el coste efectivo para el cliente se reduce debido a la existencia de una infraestructura para transmisión compartida por muchos usuarios.

Las razones por las cuales se hace necesaria la instalación de una red de área metropolitana a nivel corporativo o el acceso a una red pública de las mismas características se resumen a continuación:

- **Ancho de banda:** El elevado ancho de banda requerido por grandes servidores y aplicaciones compartidas en red es la principal razón para usar redes de área metropolitana en lugar de redes de área local.
- **Nodos de red:** Las redes de área metropolitana permiten superar los 500 nodos de acceso a la red, por lo que se hace muy eficaz para entornos públicos y privados con un gran número de puestos de trabajo.
- **Extensión de red:** Las redes de área metropolitana permiten alcanzar un diámetro entorno a los 50 Km., dependiendo el alcance entre nodos de red del tipo de cable utilizado, así como de la tecnología empleada. Este diámetro se considera suficiente para abarcar un área metropolitana.
- **Distancia entre nodos:** Las redes de área metropolitana permiten distancias entre nodos de acceso de varios kilómetros, dependiendo del tipo de cable. Estas distancias se consideran suficientes para conectar diferentes edificios en un área metropolitana o campus privado.
- **Tráfico en tiempo real:** Las redes de área metropolitana garantizan unos tiempos de acceso a la red mínimos, lo cual permite la inclusión de servicios síncronos necesarios para aplicaciones en tiempo real, donde es importante que ciertos mensajes atraviesen la red sin retraso incluso cuando la carga de red es elevada.

- **Integración voz/datos/vídeo:** Adicionalmente a los tiempos mínimos de acceso, los servicios síncronos requieren una reserva de ancho de banda; tal es el caso del tráfico de voz y vídeo. Por este motivo las redes de área metropolitana son redes óptimas para entornos de tráfico multimedia, si bien no todas las redes metropolitanas soportan tráficos isócronos (transmisión de información a intervalos constantes).
- **Alta disponibilidad:** Disponibilidad referida al porcentaje de tiempo en el cual la red trabaja sin fallos. Las redes de área metropolitana tienen mecanismos automáticos de recuperación frente a fallos, lo cual permite a la red recuperar la operación normal después de uno. Cualquier fallo en un nodo de acceso o cable es detectado rápidamente y aislado. Las redes MAN son apropiadas para entornos como control de tráfico aéreo, aprovisionamiento de almacenes, bancos y otras aplicaciones comerciales donde la indisponibilidad de la red tiene graves consecuencias.
- **Alta fiabilidad:** Fiabilidad referida a la tasa de error de la red mientras se encuentra en operación. Se entiende por tasa de error el número de bits erróneos que se transmiten por la red. En general la tasa de error para fibra óptica es menor que la del cable de cobre a igualdad de longitud. Esta característica permite a la redes de área metropolitana trabajar en entornos donde los errores pueden resultar desastrosos como es el caso del control de tráfico aéreo.
- **Alta seguridad:** La fibra óptica ofrece un medio seguro porque no es posible leer o cambiar la señal óptica sin interrumpir físicamente el enlace. La rotura de un cable y la inserción de mecanismos ajenos a la red implican una caída del enlace de forma temporal.
- **Inmunidad al ruido:** En lugares críticos donde la red sufre interferencias electromagnéticas considerables la fibra óptica ofrece un medio de comunicación libre de ruidos.

1.3. ¿POR QUÉ ETHERNET?

Después de veinticinco años, Ethernet sigue su progresión como norma mundial de facto de las redes locales de empresas (LAN). Tras haber conquistado todas las oficinas del planeta, Ethernet se coloca como la tecnología que permite compartir la línea de acceso de banda ancha por los equipos en red dentro del ámbito doméstico. Prácticamente todos los PCs nuevos están equipados con una conexión Ethernet, y las consolas de juegos la tendrán también. Muchas razones explican el éxito de Ethernet tanto en las empresas como en los hogares: facilidad de uso y alta velocidad, junto a un bajo coste. En efecto, el auto-aprendizaje de los puentes Ethernet, asociado a un protocolo DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) dinámico, hace que la construcción de una red local de 10 ó 100 Mbps sea de lo más sencillo: es un verdadero "plug-and-play".

Las Metro Ethernet (Red de Área Metropolitana basada en Ethernet) añade estas ventajas al introducir Ethernet en la red metropolitana. El reto está en conservar las mismas ventajas de costes y de facilidad de uso, propias del entorno LAN, en la zona metropolitana, al tiempo que se superan los obstáculos debidos a la propia naturaleza de las redes metropolitanas: escalabilidad, seguridad y aumento de la robustez frente a los fallos. La extensión de los conceptos LAN a red metropolitana (MAN) abre nuevas perspectivas a los operadores de red. Invirtiendo en las E-MAN, los operadores de red podrán ofrecer un acceso rápido relativamente barato a sus Puntos de Presencia (POP) eliminando así el cuello de botella existente entre la LAN de alta velocidad de la empresa y la red dorsal. La oferta de nuevos servicios puede compensar en gran manera la pérdida de ganancias debida a la bajada de precio del ancho de banda ofrecido a los usuarios. Las Metro Ethernet representan de esta forma una vía de migración de la venta de conductos de tráfico costoso, hacia la venta de servicios de valor añadido con un ancho de banda relativamente barato. Una gran parte de las tareas de explotación de la red, en la parte relativa a la empresa, se podrán ejecutar desde los POP por el suministrador de red o por una compañía externa.

Ethernet está entrando en el área metropolitana basada en las proyecciones que el datos está creando una carga de tráfico mayor que la voz. Cuando los

datos dominan el tráfico, es muy racional usar una infraestructura de datos en lugar de una infraestructura de TDM.

Desde su inserción en los noventas, los servicios Ethernet han llegado a un grado de madurez como red de transporte en esquemas LAN y actualmente en el mundo de las redes Metropolitanas. Con la aprobación del estándar 802.3ae, los Proveedores de Servicios y las empresas de Telecomunicaciones tienen un gran interés en generar servicios de valor agregado para garantizar a largo plazo, los beneficios económicos que traerán consigo ampliar ó desarrollar nuevos puntos de acceso Ethernet.

Implementar Gigabit Ethernet como red de transporte resulta más económico que continuar creciendo con las tecnologías actuales (SONET, Frame Relay y ATM), lo cual esta permitiendo llevar hasta el usuario final variaciones de ancho de banda desde 256 Kbps hasta 1 Gigabit Ethernet, contar con una disponibilidad del 99.999% de acceso a la red y servicios incluyendo VPN y VLAN's.

Para lograr los beneficios deseados, éstos nuevos servicios requieren una arquitectura de red subyacente que brinde las capacidades de diferenciación de tráfico, manejo y monitoreo para reforzar las demandas de las actuales SLA's (Service Level Agreement) implementadas. Si tenemos el ancho de banda de 1 Gbps, sería factible pensar que una infraestructura de red Ethernet con esta capacidad no necesitaría algún esquema de QoS, sin embargo no olvidemos que lo mismo se pensó cuando se instalaron los primeros enlaces de alta velocidad dentro de las redes metropolitanas.

Considerando lo anterior, debemos tener en cuenta que las actuales aplicaciones y servicios agregados que ofrecen la gran mayoría de los proveedores, requieren y necesitarán un diferenciamiento especial contra aquellas que no sean sensibles a los retardos inherentes en la red de transporte. Por lo tanto, DiffServ y MPLS tienen que analizarse de manera conjunta con la familia 802.3 con la finalidad de "cubrir" las pequeñas deficiencias de una tecnología que incursiona hoy mismo en los ambientes metropolitanos.

El gran desarrollo de las tecnologías de Internet ha permitido avanzar a ritmo acelerado en la convergencia de redes y servicios. Las redes ATM (Asynchronous Transfer Mode) fueron creadas para resolver la integración de aplicaciones con ciertas garantías de tráfico en las redes, no obstante su aceptación, aún se puede considerar como una solución de alto costo y compleja de administrar. Con estos antecedentes y con la aparición de nuevas aplicaciones demandantes de ancho de banda para su óptimo funcionamiento, aparece la necesidad de ofrecer Calidad de Servicio (QoS) y cómo poder ofrecer éstas garantías extremo a extremo en las actuales infraestructuras de Internet o Intranets.

1.4. BENEFICIOS

En la actualidad la única opción de oferta de servicios de datos para empresas grandes y muy grandes, son circuitos alquilados fijos de 2 Mbps y superiores. Desde el punto de vista del usuario, estos servicios se caracterizan por su alto precio y un alto grado de rigidez. Las opciones se limitan a tasas de bits normalizadas de Multiplexación por División en el Tiempo (TDM) con los grandes clientes. En otras palabras, es necesario competir con nuevas ofertas flexibles de servicios, al mismo tiempo que se mantienen las principales fuentes de ingresos, que son los circuitos fijos de calidad superior

Además actualmente la demanda de ancho de banda en las redes de área metropolitana se está expandiendo exponencialmente, debido a muchos factores que incluyen: aplicaciones de datos, nuevos modelos de negocios que utilizan Internet, el crecimiento de los servicios de banda ancha, servicios Web, servicios multimedia, almacenamiento, entre otros.

Los servicios Metro Ethernet están ayudando cada vez más a los proveedores de servicios a cubrir esa demanda y además prestan la facilidad de la convergencia de servicios tales como datos, voz y video, para sus clientes empresariales y residenciales. Mientras que el acceso tradicional basado en TDM es rígido, complejo y costoso, los servicios Metro Ethernet proporcionan ancho de banda escalable en incrementos flexibles, fáciles de administrar, de mayor velocidad, y a precio mucho más bajo. Los servicios Metro Ethernet

complementan el portafolio de los proveedores de servicio permitiendo la entrega de datos optimizados, y servicios de gran ancho de banda, lo que significa una nueva oportunidad de mercado.

Los proveedores de servicio han manejado tradicionalmente los datos metropolitanos proveyendo servicios de última milla sobre E1 o T1. Pero estos circuitos poseen un ancho de banda limitado. Además los circuitos tradicionales soportan o bien voz o datos, y no la convergencia de voz, video y datos que se utilizan en las aplicaciones de hoy en día.

Basado en Ethernet, IP y tecnología óptica, las Metro Ethernet superan las limitaciones de ancho de banda fijo. Estas proporcionan mayor ancho de banda, la habilidad de proveer ancho de banda en incrementos flexibles, y mejor soporte para la convergencia de video, voz y datos.

Al implementar una red Metro Ethernet las empresas podrán acceder a servicios de transmisión de datos con una velocidad de hasta 1 Gbps, lo cual permite una flexibilidad, escalabilidad y capacidad de adaptación que no ofrecen las redes actuales. Esto facilita una reducción de costos y al mismo tiempo da a las empresas beneficios comerciales reales.

Además con la implementación de una Metro Ethernet, los clientes, a mas de obtener velocidades de transmisión mucho mas altas que con la infraestructura actual, podrían acceder a nuevos servicios, tales como televisión de difusión, video bajo demanda, música interactiva, publicidad interactiva, video conferencias, y muchas mas aplicaciones las cuales serán tratados posteriormente.

1.5. SITUACIÓN ACTUAL

En Ecuador se ha concesionado la licencia para ofrecer servicios de transmisión de datos a las empresas:

- Andinatel
- Pacifictel
- Etapa
- Megadatos
- Impsat
- Suratel
- Otecel
- Quickstat
- Telconet
- Nedetel
- Gilauco
- Grupo Bravco
- Transnexa
- Setel
- Ecuador Telecom
- Conecel

Como se puede notar Andinatel no es la única empresa autorizada por lo tanto tiene una fuerte competencia en precios, calidad y servicios.

Andinatel posee anillos de fibra dentro de la ciudad de Quito, es por eso que es una de las empresas más importantes para la transmisión de datos. El diseño se basará en dichos anillos para interconectar los diferentes equipos dentro de la red.

Andinadatos, es una unidad de negocios de Andinatel que ha sido creada para ofrecer servicios de transmisión de datos, conexión a Internet con banda ancha así como soluciones específicas en telecomunicaciones acorde a las necesidades de cada cliente con la infraestructura de ANDINATEL S.A.

1.5.1. Estructura de la red de datos

Los servicios que ofrece Andinadatos están implementados sobre una infraestructura de última generación que se soporta en tecnología TDM (Time Division Multiplexing) y fundamentalmente ATM (Asynchronous Transfer Mode) (Figura 1.1).

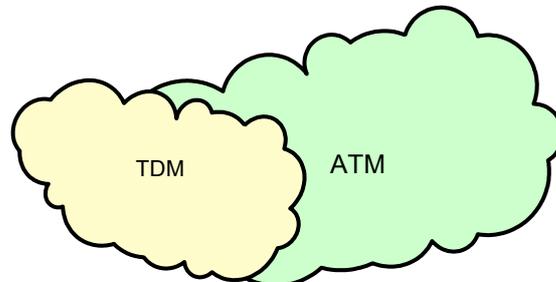


Figura. 1.1. Infraestructura TDM y ATM

1.5.2. Topología

Estas dos redes están desplegadas sobre una topología como se muestra en la figura 1.2, conectadas mediante fibra óptica y enlaces E1.

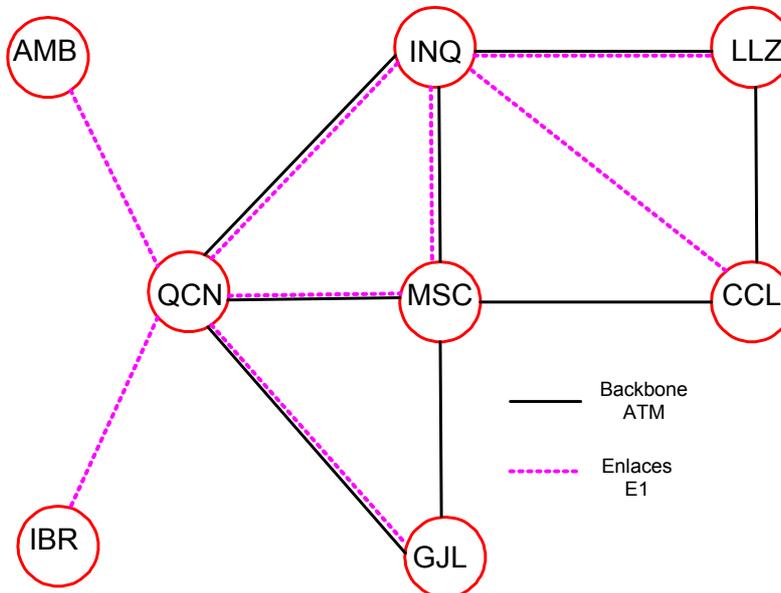


Figura. 1.2. Topología

1.5.3. Productos que brinda Andinadatos

- Enlaces locales y regionales con infraestructura propia. (ANDINATEL)
- Enlaces nacionales e internacionales mediante convenios con proveedores (PACIFICTEL, ETAPA, SPRINT, TELECOM)
- Acceso al Backbone de Internet por Fibra Óptica
- Líneas ISDN: BRI y PRI

1.5.4. Servicios que brinda Andinadatos

Con la infraestructura que dispone ANDINATEL, se ofrecen los siguientes servicios:

- **Clear Channel**, donde el cliente dispone de un ancho de banda fijo entre origen y destino del circuito.
- **Frame Relay**, donde el cliente dispone de un ancho de banda mínimo para su comunicación, este ancho de banda puede variar de acuerdo a las condiciones
- **xDSL**, donde se utiliza el mismo par de cobre que el de la línea telefónica.

1.5.4.1. Clear Channel

Este servicio garantiza al cliente que siempre tendrá a su disposición el ancho de banda contratado exista o no ocupación del canal. El cliente debe disponer de un equipo activo conectado a los módems.

Se lo puede implementar en la red TDM o en la red ATM.

1.5.4.1.1. Clear Channel implementado en la red TDM

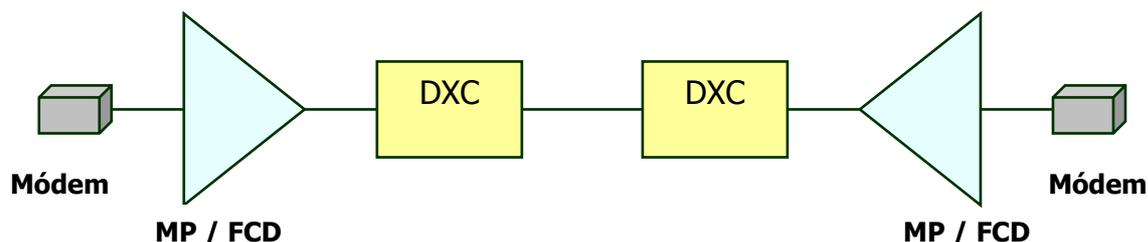


Figura. 1.3. Clear Channel sobre TDM

Este circuito se encuentra configurado íntegramente en la red TDM pasando por los MP/FCD y DXCs, el camino entre origen y destino se establece asignando time slots a lo largo de la ruta, como se muestra en la figura 1.3.

1.5.4.1.2. Clear Channel implementado en la red ATM



Figura. 1.4. Clear Channel sobre ATM

Este circuito se encuentra configurado en la red ATM, iniciando y/o terminando en IMAS o ASAM, el camino entre origen y destino se establece mediante circuitos virtuales dentro del backbone ATM, como se muestra en la figura 1.4.

1.5.4.2. xDSL

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

Esta tecnología permite “segmentar” el par de cobre para la transmisión de la voz, el upstream y downstream como se observa en la figura 1.5.



Figura. 1.5. Segmentación del par de cobre



Figura. 1.6. xDSL sobre ATM

En la figura 1.6 se muestra la forma como se provee el servicio xDSL sobre la red ATM.

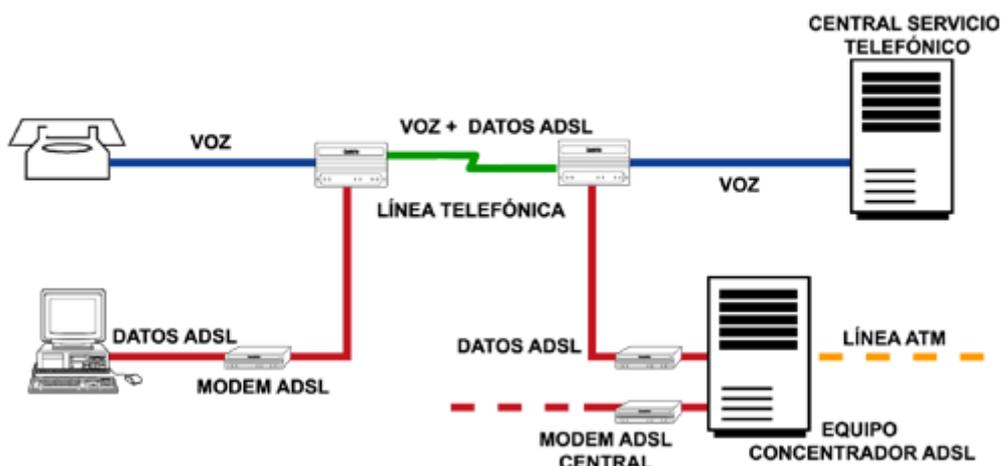


Figura. 1.7 xDSL

La figura 1.7 muestra como xDSL combina la voz y los datos.

En xDSL mediante un splitter, la voz y los datos se separan de manera que se pueda hablar por teléfono aunque el computador este conectado a Internet al mismo tiempo, como se muestra en la figura 1.8.

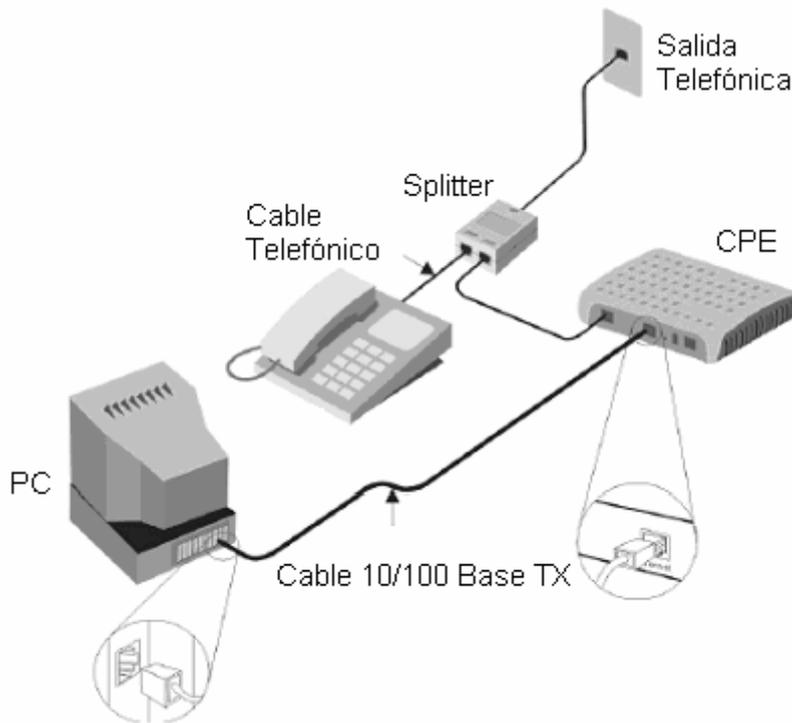


Figura. 1.8. Acceso xDSL

1.5.4.2.1. ADSL

- Asimetric Digital Subscriber Line, brinda la facilidad de disponer de diferente velocidad entre el canal de subida (upstream) y el de bajada (downstream).
- Hasta 8Mbps de downstream y 1 Mbps en upstream
- El alcance máximo es de 5.4Km en una excelente planta externa.

1.5.4.2.2. SDSL

- Symmetric Digital Subscriber Line ofrece velocidad upstream igual a la de downstream.
- Permite velocidades desde 144 Kbps hasta 2.3 Mbps
- Alcance 3.4Km

1.5.4.2.3. G.SHDSL

- Symmetric High Bit Rate Digital Subscriber Line
- Velocidades simétricas entre 192 Kbps y 2.3 Mbps.
- 30% más alcance que SDSL

1.5.4.3. Frame Relay

Frame relay es una técnica de conmutación rápida de tramas diseñada para operar en redes digitales de alta calidad y confiabilidad.

Es una tecnología orientada a conexión y soporta tanto pvc's como svc's. Su principal característica es el uso dinámico del ancho de banda, es decir se ocupa cuando hay información para transmitir.

Los conmutadores ATM permiten brindar el servicio de Frame Relay sobre ATM, como se muestra en la figura 1.9.

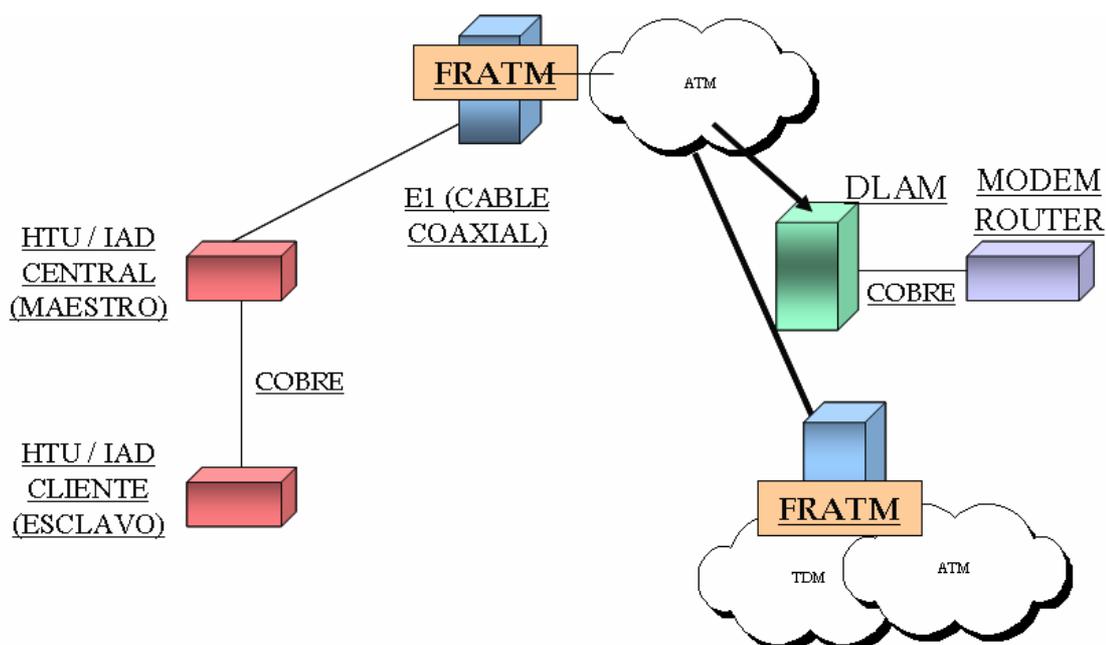


Figura. 1.9. Frame Relay sobre ATM

Los IAD (Integrated access device) son dispositivos de acceso para Frame Relay. A estos dispositivos se pueden conectar routers, mediante interfaces v35, para proveer el acceso a la red empresarial

Con todos estos servicios Andinadatos es una de las más importantes proveedores a nivel Nacional.

Por lo tanto tiene un compromiso de diario de mejorar y actualizar sus servicios para mantener y captar nuevos clientes.

Por eso se debe implementar una arquitectura de red capaz de soportar servicios de nueva generación de manera fiable.

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS DE LA RED

2.1. INTRODUCCIÓN

Considerando el dominio de Ethernet en área local, campus universitarios y redes empresariales, se están llevando a cabo iniciativas en el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), el MEF (Metro Ethernet Forum) y la UIT (Unión Internacional de las Telecomunicaciones) para ampliar Ethernet a las redes metropolitanas. Los proveedores de servicios ya están comenzando a desplegar servicios metropolitanos escalables, rentables y de valor añadido. Aunque la tecnología Ethernet ya soporta diferentes tipos de tráfico (voz, video y datos) en las redes empresariales, el reto más importante para el despliegue de esta tecnología en redes metropolitanas y en WANs (redes de área extensa) es garantizar la calidad del servicio (QoS). Entre otros retos están la escalabilidad (direccionamiento plano Ethernet), la ingeniería de tráfico (equilibrio de carga), la fiabilidad y las facilidades OAM (operación, administración y mantenimiento).

Un problema central de Internet, es que es muy difícil cobrar por un servicio si no es posible asegurar la calidad adecuada. La política "best effort" que fue uno de los pilares del crecimiento y la escalabilidad de la red, parte de la premisa de que los paquetes son entregados a la red y esta tratará de hacerlos llegar al destinatario lo antes posible. Imaginemos lo que sucederá en la red telefónica si el operador le dijera usted hable que haremos lo posible para que su interlocutor escuche, pero no le aseguramos nada', sin duda pocos pagarían por un servicio así. Los aspectos relacionados con el cobro y la calidad de servicio no adquirieron relevancia real hasta que surgió la necesidad de ofrecer 'nuevos servicios' (telefonía, videoconferencias, etc.) sobre Internet.

Para transferir un archivo o mandar un mail los retardos no son muy relevantes, pero para mantener una conversación telefónica si lo son. Una conversación de buena calidad no es posible con un retardo superior a los 150 ms aproximadamente, y por encima de 300 ms es muy difícil mantener una conversación. Existen también otros servicios que son sensibles a la calidad de servicio por ejemplo las video conferencias, en este caso además del retardo pueden ser relevantes también las pérdidas de paquetes. Como se dijo anteriormente para los servicios tradicionales el retardo no era un problema y las pérdidas de paquetes se solucionan por retransmisiones implementadas en los protocolos superiores a IP.

En este punto es importante notar que el problema severo de calidad de servicio no se da por el hecho de transmitir voz o video en línea sino por la interactividad del servicio. Es decir, si lo que se pretende es por ejemplo escuchar radio en Internet, se está frente a un servicio de voz en línea. Pero en este caso, el retardo no es relevante porque escuchar la radio con algunos segundos de atraso respecto de la emisión no es demasiado importante. En este caso las pérdidas pueden solucionarse con mecanismos tradicionales y se agrega un buffer en la aplicación destino que pre-memorice algunos segundos de transmisión. Sin embargo, en un servicio interactivo esto no es posible y las retransmisiones no aportan una solución a las pérdidas.

El otro parámetro que aunque es de segundo orden es muy importante en aplicaciones interactivas es el jitter. El jitter es la variación del retardo y tiene importancia porque por ejemplo, la reconstrucción de una señal de voz se debe hacer a la misma cadencia a la que fue muestreada. Si el retardo de los paquetes es variable esto no es posible. Para solucionar el problema del jitter se puede agregar retardo para absorber esta variabilidad, pero si el servicio es interactivo el margen de maniobra es muy pequeño.

2.2. RESEÑA HISTÓRICA

Al principio, las redes IP existieron sin ningún mecanismo de QoS explícito. La Internet basado en TCP/IP no se planeó por proporcionar voz u otros servicios que demandan grandes requerimientos de ancho de banda, delay y jitter. TCP se definió con FTP, SMTP, TELNET y otros tipos de comunicaciones de datos dónde un servicio de mejor esfuerzo parecía lo adecuado. Estos ofrecían un tamaño variable de la ventana deslizante para el control de flujo, y otros mecanismos que producían pérdidas y retransmisiones de paquetes.

El mecanismo básico para lidiar con la congestión, era ofrecer una carga de tráfico mayor al ancho de banda, lo que producía el descarte de los paquetes. En este “entorno de QoS”, los proveedores de servicio aumentaron el ancho de banda para reducir los niveles de congestión y el volumen de tráfico durante el crecimiento de la Internet. Una consecuencia de esto fue que los gastos de capital (CAPEX) de los proveedores de servicios obedecían al volumen de tráfico, lo que no tenía una correspondencia con las ganancias de los servicios, lo que daba como resultado un modelo de negocios ineficiente.

Sin embargo, últimamente el enfoque de los proveedores de servicios ha cambiado hacia desplegar mecanismos de administración de tráfico y QoS. Existen varias razones para esto. Primero, con el volumen de tráfico que mantiene un continuo crecimiento, los proveedores de servicios descubrieron que es difícil e ineficiente aliviar la congestión solamente con ancho de banda. Los cambios en la distribución de tráfico y las fallas en los nodos y en los enlaces dan como resultado un patrón de congestión impredecible, y un significativo sobre dimensionamiento en toda la red se vuelve extremadamente costoso. Segundo, los cuellos de botella ocurren frecuentemente en los puntos de acceso, donde el sobre dimensionamiento sigue siendo costoso. Tercero, la situación económica por la que han atravesado la industria del networking ha motivado que las compañías reduzcan el nuevo CAPEX que se requerían para aumentar el ancho de banda, y por el contrario se enfoquen en obtener mejor rendimiento de su infraestructura actual. Cuarto, y muy importante, la industria esta contemplando el modelo de negocios de proveer transporte con valor

agregado. A la larga se espera, que las redes convergentes que ofrezcan servicios de video, voz y datos, sean mucho más fácil de operar y administrar; que las redes existentes, por lo tanto tendrán un gran impacto en los gastos operativos (OPEX) de los proveedores de servicios. Pero para ofrecer estos servicios a los usuarios empresariales (el segmento del mercado más lucrativo) las redes convergentes deben ofrecer un alto nivel de calidad y un estricto soporte para los acuerdos de nivel de servicio (Service Level Agreements SLA).

Estas consideraciones llevan a los proveedores de servicios a interesarse en proporcionar niveles de QoS seguros en su red.

2.3. DESAFÍOS PARA LAS REDES ETHERNET METROPOLITANAS

En los últimos años, el único servicio de banda ancha que recibían los clientes residenciales conectados por DSL era el acceso HSI¹ a Internet. Este servicio se basaba en una infraestructura ATM (modo de transferencia asíncrono). Hoy, muchos proveedores de servicios están promoviendo el servicio “triple play” sobre DSL, dando a los clientes tanto VoIP (voz sobre IP) como servicios de video BTB (radiodifusión de televisión digital) y VoD (vídeo por demanda). Estos nuevos servicios imponen nuevos requerimientos a la infraestructura; implican un aumento significativo del ancho de banda disponible; la sensibilidad al retardo de transmisión y a sus variaciones requiere soporte para diferenciación de la calidad de servicio (QoS). Además, la fiabilidad de la red telefónica pública y de las redes de distribución de TV por cable han sentado un precedente de “servicio sin fallos” en los clientes residenciales. La diferenciación y disponibilidad de los servicios son claves para el correcto despliegue de servicios cada vez más exigentes, como la voz y el video. Con los avances de la tecnología Ethernet, los proveedores de servicios están considerando su utilización como mecanismos de integración en estos entornos. Su simplicidad, bajo coste, gran variedad de interfaces y opciones de ancho de banda granular son razones para ello. Sin embargo, la tecnología tradicional Ethernet no es capaz de cumplir satisfactoriamente los

¹ High Speed Internet (Internet de Alta Velocidad)

requerimientos de los servicios “triple play”, tales como la calidad del servicio extremo a extremo, especialmente el delay y el jitter, la ingeniería de tráfico y la diferenciación de los servicios. Además, la adición de miles de clientes residenciales a una infraestructura Ethernet introduce problemas de escala específicos, y la falta de herramientas efectivas de operación, administración y mantenimiento (OAM) dificulta la provisión, resolución de fallos y supervisión de estas redes y servicios.

Estas inquietudes son importantes también para los proveedores de servicios que están introduciendo nuevos y prometedores servicios de empresa basados en Ethernet. Los proveedores de servicios están evitando caer en otro mercado de servicios normalizados con márgenes bajos y muy competitivos. La utilización de la tecnología tradicional de conmutación Ethernet ha limitado bastante el alcance de los servicios empresariales de valor añadido que pueden ofrecerse y el tamaño del mercado al que se dirigen. Los proveedores de servicios necesitan una arquitectura de red muy robusta, capaz de manejar todos los problemas de soportar un conjunto de servicios empresariales Ethernet de valor agregado diferenciados de una forma escalable.

2.4. IMPORTANCIA CRECIENTE DE LAS REDES METROPOLITANAS ETHERNET MEJORADAS CON MPLS

Para que estos nuevos servicios empresariales y residenciales sean aceptados por el mercado, los proveedores de servicios necesitan dar el siguiente paso y evolucionar a una infraestructura Ethernet fuerte y orientada a servicios. Esto puede alcanzarse con la tecnología de red MPLS.

Pero, los proveedores de servicios se enfrentan a una serie de desafíos en el despliegue de los servicios actuales de Ethernet. El avance hacia las redes metropolitanas Ethernet mejoradas con MPLS proporcionará a los proveedores de servicios un medio para enfrentarse a esos desafíos, basándose en un protocolo de red unificado de extremo a extremo. Desde el punto de vista de un usuario final del servicio, la arquitectura de servicio Ethernet basado en MPLS ayuda a los operadores a personalizar una cartera de servicios muy

diferenciados para clientes empresariales y residenciales, incluyendo garantías SLAs (acuerdos de nivel de servicio) extremo a extremo para el soporte de aplicaciones críticas.

2.5. DEFINICIONES PRINCIPALES

Antes de discutir los mecanismos de QoS y su relación con MPLS, es útil repasar algunos las definiciones importantes de QoS y los conceptos relacionados. Actualmente no existe una definición "oficial" de QoS, pero a continuación se presenta algunas definiciones de expertos en el tema.

Yoram Bernet [Ber]² ha distinguido entre las definiciones de QoS activas y pasivas. Una definición pasiva describe la calidad de servicio que experimenta el tráfico que transita la red, mientras que una definición activa se refiere a los mecanismos que controlan la calidad de servicio que experimenta el tráfico que transita la red. La definición activa de Bernet de una Red con QoS es "La capacidad para controlar los mecanismos del manejo de trafico en la red tal que la red brinde el servicio que necesitan ciertas aplicaciones y los usuarios estén sujetos a las políticas de la red".

Jerry Ash proporciona en [TE-QoS]³ un extenso conjunto de definiciones relacionadas con Ingeniería de Tráfico (TE) y QoS desde el punto de vista de los proveedores de servicios. Estas se refieren a varios métodos de ingeniería de tráfico tales como, manejo de tráfico, capacidad de manejo, y planificación de la red. Mientras que la capacidad de manejo y la planificación de la red aseguran el desempeño futuro de la red, el manejo de tráfico se refiere a la optimización de los recursos existentes de la red bajo varias condiciones, que incluyen los cambios de carga y las fallas. El manejo de tráfico abarca el control de las funciones de ruteo, las cuales incluyen la conexión del router, el manejo de las tablas de ruteo, manejo de los recurso de QoS, y el ruteo dinámico.

² [Ber] Y. Bernet, "Networking Quality of Service and Windows® Operating Systems," New Riders, 2001.

³ [TE-QoS] G. Ash, "Traffic Engineering & QoS Methods for IP-, ATM-, & TDM-Based Multiservice Networks," draft-ietf-tewg-qos-routing-04.txt, Oct. 2001

En el [TE-QoS], QoS se define como “un conjunto de servicios que se requiere que cumpla la red mientras transporta una conexión o un flujo; el efecto colectivo del desempeño del servicio esta determinado por el grado de satisfacción de un usuario del servicio” Esta definición es “pasiva” basada en la distinción perfilada en [Ber], pero la siguiente definición de manejo de los recursos de QoS es activa: “funciones de la red las cuales incluyen identificación de clase de servicio, derivación de las tablas de ruteo, admisión de conexión, asignación de ancho de banda, protección del ancho de banda, reservación del ancho de banda, priorización del ruteo, y priorización del encolamiento”

En resumen, se habla de QoS como el servicio que necesitan varias aplicaciones, y de mecanismos de QoS / funciones de manejo de los recursos de QoS como los mecanismos de control de la red que permiten a la red satisfacer el QoS.

Los servicios que necesitan las diferentes aplicaciones pueden ser representados como un conjunto de parámetros, que incluyen ancho de banda, delay, jitter, perdidas de paquetes, prioridad, y otros más. Por ejemplo, la voz y las aplicaciones multimedia son muy sensibles al delay y al jitter, mientras que algunas aplicaciones de datos pueden requerir una tasa de perdida de paquetes muy baja. Estos parámetros son las variables QoS.

La última observación concerniente a las definiciones es la distinción entre QoS y Clase de Servicio (CoS), la cual a veces se la denomina QoS cualitativo; ya que esta no proporciona absolutamente las garantías de desempeño (cuantificables). El CoS es un método para asignar flujo de tráfico para separar las clases y proporcionar un servicio diferenciado basado en clases.

2.6. CONDICIONES NECESARIAS PARA QOS

Con QoS como se lo definió anteriormente, debemos ahora considerar los requisitos fundamentales que deben reunirse para lograrlo. Para proveer QoS para los tipos más exigentes de aplicaciones (como por ejemplo, voz, multimedia), una red debe satisfacer dos condiciones necesarias.

La primera condición es que el ancho de banda debe ser garantizado para todas las aplicaciones bajo varias condiciones, las cuales incluyen congestión y fallas.

La segunda condición es que mientras una aplicación atraviesa la red, esta debe recibir el tratamiento apropiado basado en clases, incluyendo la planificación y el descarte de paquetes. Se debe pensar en estas dos condiciones como ortogonales. Un flujo de datos puede tener el suficiente ancho de banda, pero retrasarse en el camino (se cumple la primera condición, pero no la segunda). O también, un flujo de datos puede pasar apropiadamente por casi todos los nodos de la red, pero puede perderse o distorsionarse por una falta ocasional de ancho de banda (la segunda condición se cumple, pero no la primera). Por lo tanto, es necesario satisfacer ambas condiciones para lograr las garantías de QoS que requieren los proveedores de servicio y sus clientes.

2.7. PRIMEROS MODELOS DE QOS E INGENIERÍA DE TRÁFICO

Mientras la comunidad de internetworking empezó a darse cuenta de la necesidad de mecanismos de QoS en las redes basadas en paquetes, varios acercamientos surgieron. IntServ, junto con el protocolo de señalización RSVP, proporcionaron la primera arquitectura genuina de QoS. Sin embargo, al observar los problemas operacionales y de escalabilidad que tenía IntServ con RSVP, la IETF definió la arquitectura DiffServ, la cual en su forma básica no requería protocolo de señalización. Después, se introdujo MPLS como un acercamiento orientado a la conexión para las redes IP, y esto ha habilitado la Ingeniería de Tráfico (TE).

2.7.1. INTSERV con RSVP

IntServ⁴ definió los requerimientos para los mecanismos de QoS para satisfacer dos metas:

1. Dar servicio a las aplicaciones de tiempo real
2. Controlar el compartimiento de ancho de banda entre diferentes clases de servicios.

Se definieron dos tipos de servicios para cumplir con la arquitectura IntServ: Servicio Garantizado (Guaranteed Service) y el Servicio Controlado de Carga (Controlled Load Service), ambos se enfocaban en los requisitos de una aplicación individual.

El Servicio Garantizado (Guaranteed Service) fue definido para proporcionar un nivel seguro de ancho de banda, un límite firme de retraso end-to-end, y para evitar las pérdidas en las colas; esto fue pensado para aplicaciones de tiempo real tales como voz y video.

La definición del Servicio Controlado de Carga (Controlled Load Service) no incluyó ninguna garantía cuantitativa sino “la apariencia de una red un poco cargada”. Esta fue pensada para aplicaciones que pueden tolerar una cantidad limitada de pérdidas y retrasos, incluyendo aplicaciones de tiempo real adaptables. El Servicio Controlado de Carga provee mejor desempeño que el tratamiento de mejor esfuerzo, ya que esta no se deteriora notoriamente mientras se incrementa la carga en la red.

La arquitectura IntServ satisface las dos condiciones necesarias para QoS en la red, es decir provee el apropiado ancho de banda y los recursos de encolamiento para cada aplicación. Sin embargo la implementación de IntServ

⁴ R. Braden, D. Clark, and S Shenker, Integrated services in the internet architecture: An overview RFC 1633, IETF (Jun. 1994).

con RSVP⁵ requiere señalización en cada salto. Esto aumenta significativamente la complejidad de la red. Por lo tanto, el modelo IntServ se implementó en un número limitado de redes, y la IETF desarrolló DiffServ como una alternativa para proporcionar mecanismos de QoS con menor complejidad.

En resumen, el modelo Intserv esta basado en la utilización del protocolo de reserva (RSVP, ReSerVation Protocol) que permite la reserva de recursos a lo largo de los routers implicados en la comunicación. El principal problema de este modelo es la necesidad de mantener información sobre cada flujo en todos los routers de la red, lo cual lleva a problemas de escalabilidad.

2.7.2. DIFFSERV

Los servicios diferenciados (Diffserv⁶) proporcionan mecanismos de calidad de servicio para reducir la carga en dispositivos de la red a través de un mapeo entre flujos de tráfico y niveles de servicio. En esta arquitectura se definen Clases de Servicios (CoS). Los paquetes que pertenecen a una determinada clase se marcan con un código específico (DSCP – Diffserv CodePoint). Este código es todo lo que necesitamos para identificar una clase de tráfico. La diferenciación de servicios se logra mediante la definición de comportamientos específicos para cada clase de tráfico entre dispositivos de interconexión, hecho conocido como PHB (Per Hop Behavior).

El modelo DiffServ se basa en redefinir el sentido del octeto ToS en el encabezado IP. Este octeto se lo divide en 6 bits para el DSCP y 2 bits para la Notificación Explícita de Congestión (ECN)

De esta manera a través de Diffserv se plantea asignar prioridades a los diferentes paquetes que son enviados a la red. Los nodos intermedios (routers) tendrán que analizar estos paquetes y tratarlos según sus necesidades. Esta es la razón principal por la que Diffserv ofrece mejores características de

⁵ R. Braden, "Resource Reservation Protocol (RSVP)," RFC2205, Sep. 1997.

⁶ S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss, "an architecture for Differentiated Services RFC 2475, IETF (Dec. 1998.)."

escalabilidad que Intserv. Dentro del grupo de trabajo de Diffserv de la IETF, se define en el campo DS (Differentiated Services) donde se especificarán las prioridades de los paquetes. En el subcampo DSCP (Differentiated Service CodePoint) se especifica la prioridad de cada paquete. Estos campos son validos tanto para IPv4 como IPv6.

En resumen, el modelo DiffServ permite clasificar el tráfico de la red en clases, y ofrecer un tratamiento diferenciado a cada una de estas.

El modelo DiffServ satisface la segunda condición necesaria para QoS pero no la primera.

DiffServ no es suficiente en IP para poder asegurar QoS. Esto se debe a que con los protocolos actuales de ruteo IP se termina hiperagregando tráfico en ciertas zonas de la red aunque otras estén subutilizadas. Por este motivo la calidad de servicio aún para las clases de más alta prioridad de DiffServ se puede deteriorar. Como consecuencia, para poder asegurar QoS en IP es necesario realizar ingeniería de tráfico. Ingeniería de tráfico significa ser capaz de distribuir el tráfico que arriba a la red de manera eficiente dentro de la misma. Tradicionalmente la ingeniería de tráfico en IP se realizó usando el modelo IP sobre ATM. Esta arquitectura tiene diversos problemas. Los principales problemas están referidos a la gestión de dos redes (IP y ATM), a la escalabilidad de la red y a la performance en redes de alta velocidad por la adaptación de la capa IP a la capa ATM.

Estas limitaciones para proporcionar un servicio garantizado para las diferentes aplicaciones se lo puede resolver mediante la Arquitectura MPLS (MultiProtocol Label Swiching)⁷.

⁷ E. Rosen and A. Viswanathan, Multiprotocol label switching architecture, RFC3031, IETF (January 2001).

2.8. CONMUTACIÓN IP

La convergencia continuada hacia IP de todas las aplicaciones existentes, junto a los problemas de rendimiento derivados de la solución IP/ATM, llevaron a que varios fabricantes desarrollasen técnicas para realizar la integración de niveles de forma efectiva, sin las discontinuidades señaladas anteriormente. Esas técnicas se conocieron como "conmutación IP" (*IP switching*) o "conmutación multinivel" (*multilayer switching*). Una serie de tecnologías privadas —entre las que merecen citarse: *IP Switching* de Ipsilon Networks, *Tag Switching* de Cisco, *Aggregate Route-Base IP Switching (ARIS)* de IBM, *IP Navigator* de Cascade/Ascend/Lucent y *Cell Switching Router (CSR)* de Toshiba— condujeron finalmente a la adopción del actual estándar MPLS del IETF. El problema que presentaban tales soluciones era la falta de interoperatividad, ya que usaban diferentes tecnologías privadas para combinar la conmutación de nivel 2 con el enrutamiento IP (nivel 3). Se resume a continuación los fundamentos de esas soluciones integradoras, ya que permitirá luego comprender mejor la esencia de la solución MPLS.

Todas las soluciones de conmutación multinivel (incluido MPLS) se basan en dos componentes básicos comunes:

- La separación entre las funciones de control (*routing*) y de envío (*forwarding*).
- El de intercambio de etiquetas para el envío de datos.

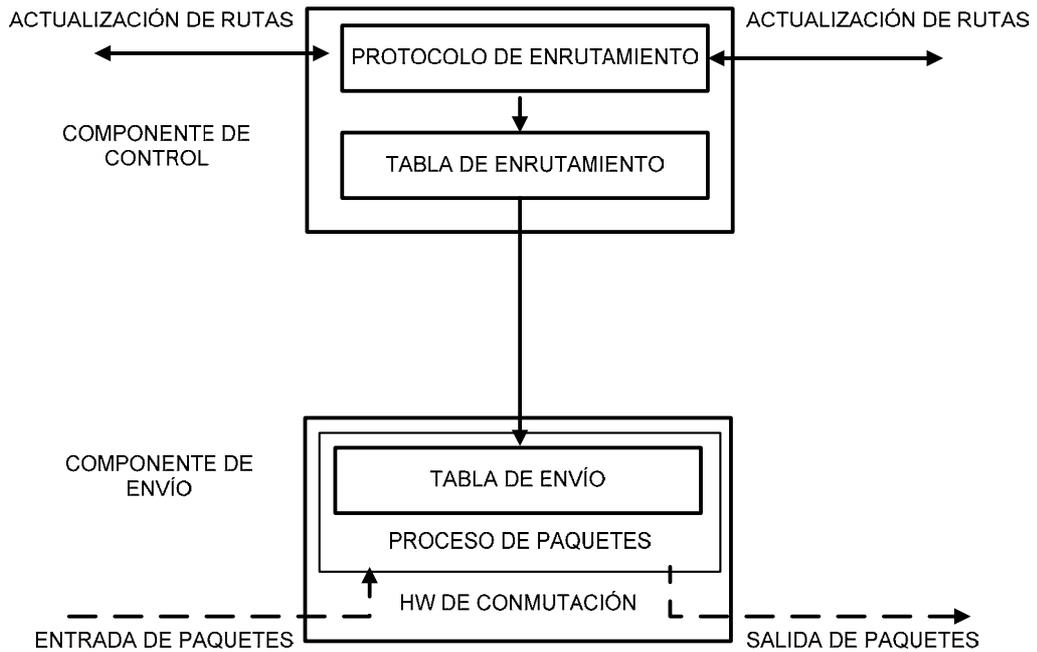


Figura. 2.1. Separación funcional de enrutamiento y envío.

En la figura 2.1 se representa la separación funcional de esas dos componentes, una de control y la otra de envío. La componente de control utiliza los protocolos estándar de enrutamiento (OSPF, IS-IS y BGP-4) para el intercambio de información con los otros *routers* para la construcción y el mantenimiento de las tablas de enrutamiento. Al llegar los paquetes, la componente de envío busca en la tabla de envío, que mantiene la componente de control, para tomar la decisión de enrutamiento para cada paquete. En concreto, la componente de envío examina la información de la cabecera del paquete, busca en la tabla de envío la entrada correspondiente y dirige el paquete desde la interfaz de entrada al de salida a través del correspondiente hardware de conmutación.

Al separar la componente de control (enrutamiento) de la componente de envío, cada una de ellas se puede implementar y modificar independientemente. El único requisito es que la componente de enrutamiento mantenga la comunicación con la de envío mediante la tabla de envío de paquetes y actualice la información. El mecanismo de envío se implementa mediante el intercambio de etiquetas, similar a ATM. La diferencia está en que ahora lo que

se envía por la interfaz física de salida son paquetes "etiquetados". De este modo, se está integrando realmente en el mismo sistema las funciones de conmutación y de enrutamiento.

En cuanto a la etiqueta que marca cada paquete, decir que es un campo de unos pocos bits, de longitud fija, que se añade a la cabecera del mismo y que identifica una "clase equivalente de envío" (*Forwarding Equivalence Class*, FEC). Una FEC es un conjunto de paquetes que se envían sobre el mismo camino a través de una red, aun cuando sus destinos finales sean diferentes. Realmente, una etiqueta es similar a un identificador de conexión (como el VPI/VCI de ATM o el DLCI de Frame Relay). Tiene solamente significado local y, por consiguiente, no modifica la información de la cabecera de los paquetes; tan sólo los encapsula, asignando el tráfico a los correspondientes FEC.

El algoritmo de intercambio de etiquetas permite así la creación de "caminos virtuales" conocidos como LSP (*Label-Switched Paths*), funcionalmente equivalentes a los PVCs de ATM y Frame Relay. En el fondo, lo que hace es imponer una conectividad entre extremos a una red no conectiva por naturaleza, como son las redes IP, pero todo ello sin perder la visibilidad del nivel de red (de aquí los nombres de conmutación IP o conmutación multinivel). Esta es la diferencia básica con el modelo IP/ATM.

2.9. OBJETIVOS ESTABLECIDOS EN LA ELABORACIÓN DEL ESTANDAR 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, ya sea esta ATM, Frame Relay, IP, etc.
- MPLS debía soportar el envío de paquetes tanto unicast como multicast
- 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

2.10. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL MPLS

La tecnología MPLS permite superar ciertas deficiencias de los niveles superiores, como por ejemplo TCP/IP, y a la vez mejora el factor de transmisión debido a que en vez de realizar el envío de paquetes a través de enrutamientos basados en direcciones IP este se realiza mediante conmutación a través de etiquetas.

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.

2.10.1. Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS

La base del MPLS está en la asignación e intercambio de etiquetas ya expuesto, que permiten el establecimiento de los caminos LSP 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. En la figura 2.2 se puede ver la funcionalidad del MPLS. Al igual que en las soluciones de conmutación multinivel, MPLS separa las dos componentes funcionales de control (routing) y de envío (forwarding). Del mismo modo, el envío se implementa mediante el intercambio de etiquetas en los LSPs.

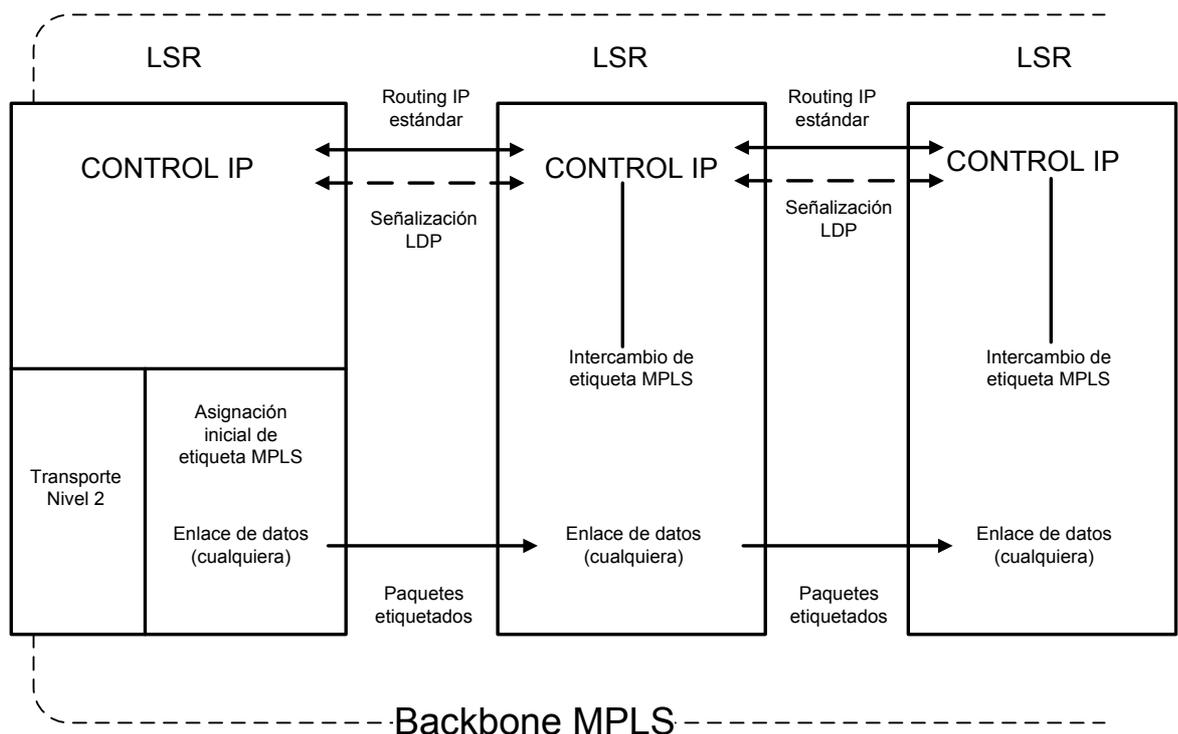


Figura. 2.2. Esquema funcional del MPLS.

Un camino LSP es el circuito virtual que siguen por la red todos los paquetes asignados a la misma FEC. Al primer LSR que interviene en un LSP se le denomina de entrada o de cabecera y al último se le denomina de salida o de cola. Los dos están en el exterior del dominio MPLS. El resto, entre ambos, son LSRs interiores del dominio MPLS. Un LSR es como un router que funciona a base de intercambiar etiquetas según una tabla de envío. Esta tabla se construye a partir de la información de enrutamiento que proporciona la componente de control, según se verá más adelante. Cada entrada de la tabla contiene un par de etiquetas entrada/salida correspondientes a cada interfaz de entrada, que se utilizan para acompañar a los paquete que llega por ese

interfaz con la misma etiqueta (en los LSR exteriores sólo hay una etiqueta, de salida en el de cabecera y de entrada en el de cola). En la figura 2.3 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.

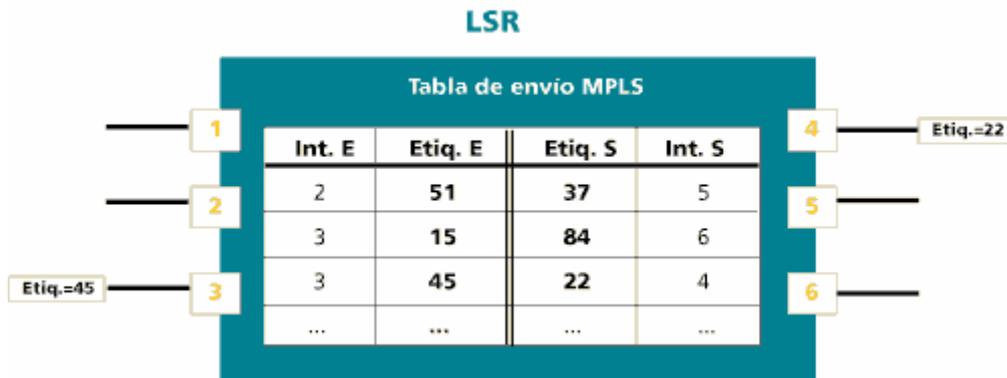


Figura. 2.3. Detalle de la tabla de envío de un LSR.

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 figura 2.4 el LSR de entrada recibe un paquete normal sin etiquetar, en principio se está suponiendo que se trata de un paquete IP, pero nada impide etiquetar paquetes de otros protocolos (IPX, AppleTalk, etc...). De ahí el calificativo "multiprotocolo" de MPLS, cuya dirección de destino es 212.95.193.1. El LSR consulta la tabla de enrutamiento y asigna el paquete a la clase FEC definida por el grupo 212.95/16. Asimismo, este LSR le asigna una etiqueta (con valor 5 en el ejemplo) y envía el paquete al siguiente LSR del LSP.

Dentro del dominio MPLS los LSR ignoran la cabecera IP; solamente analizan la etiqueta de entrada, consultan la tabla correspondiente (tabla de conmutación de etiquetas) y la reemplazan por otra nueva, de acuerdo con el algoritmo de intercambio de etiquetas. Al llegar el paquete al LSR de cola (salida), ve que el siguiente salto lo saca de la red MPLS; al consultar ahora la tabla de conmutación de etiquetas quita ésta y envía el paquete por routing convencional.

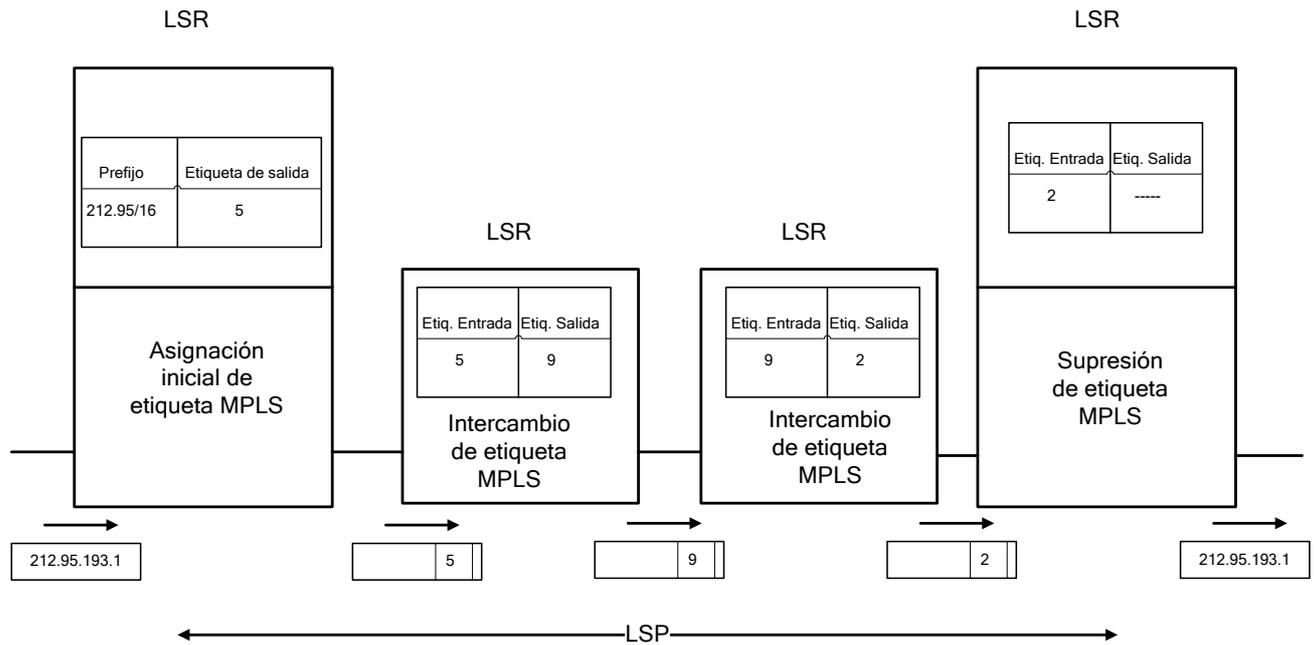


Figura. 2.4. Ejemplo de envío de un paquete por un LSP.

Como se puede observar, la identidad del paquete original IP queda enmascarada durante el transporte por la red MPLS, que no "mira" sino las etiquetas que necesita para su envío por los diferentes saltos LSR que configuran los caminos LSP.

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, como se muestra en la figura 2.5. 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).

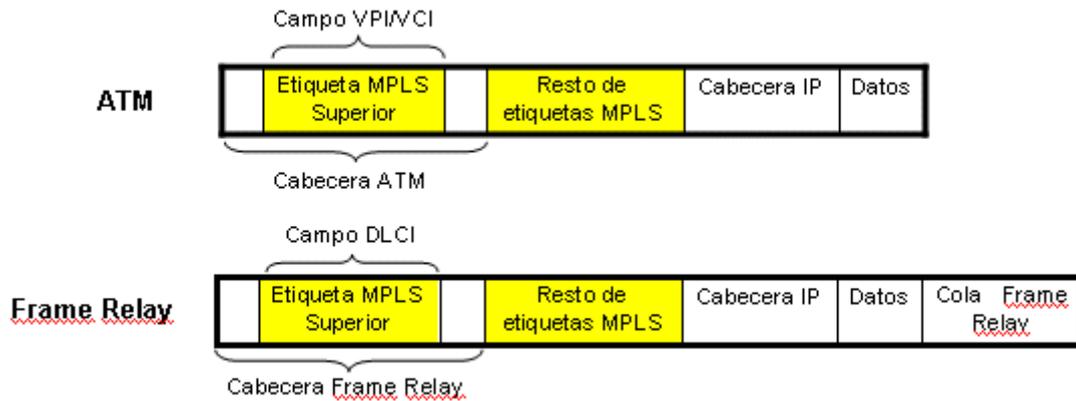


Figura. 2.5. Cabecera

En la figura 2.6 se representa el esquema de los campos de la cabecera genérica MPLS y su relación con las cabeceras de los otros niveles. Según se muestra en la figura, los 32 bits de la cabecera MPLS se reparten en: 20 bits para la etiqueta MPLS, 3 bits para identificar la clase de servicio en el campo EXP (experimental, anteriormente llamado CoS), 1 bit de stack para poder apilar etiquetas de forma jerárquica (S) y 8 bits para indicar el TTL (time-to-live) que sustenta la funcionalidad estándar TTL de las redes IP. De este modo, las cabeceras MPLS permiten cualquier tecnología o combinación de tecnologías de transporte, con la flexibilidad que esto supone para un proveedor IP a la hora de extender su red.

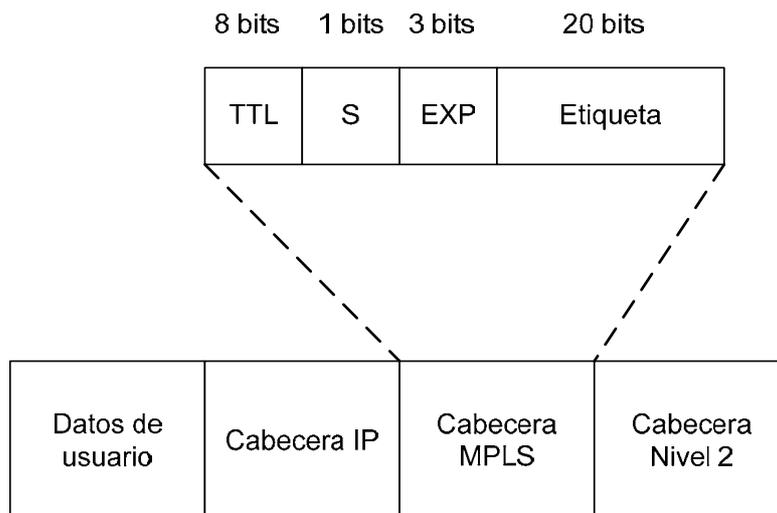


Figura. 2.6. Estructura de la cabecera genérica MPLS.

2.10.2. Control de la información en MPLS

Hasta ahora se ha visto el mecanismo básico de envío de paquetes a través de los LSPs mediante el procedimiento de intercambio de etiquetas según las tablas de los LSRs. Pero queda por ver dos aspectos fundamentales:

- Cómo se generan las tablas de envío que establecen los LSPs
- Cómo se distribuye la información sobre las etiquetas a los LSRs

El primero de ellos está relacionado con la información que se tiene sobre la red: topología, patrón de tráfico, características de los enlaces, etc. Es la información de control típica de los protocolos de enrutamiento. MPLS necesita esta información de routing para establecer los caminos virtuales LSPs. Lo más lógico es utilizar la propia información de enrutamiento que manejan los protocolos internos IGP (OSPF, IS-IS, RIP...) para construir las tablas de enrutamiento (recuérdese que los LSR son routers con funcionalidad añadida). Esto es lo que hace MPLS precisamente: para cada "ruta IP" en la red se crea un "camino de etiquetas" a base de concatenar las de entrada/salida en cada tabla de los LSRs; el protocolo interno correspondiente se encarga de pasar la información necesaria.

El segundo aspecto se refiere a la información de "señalización". Pero siempre que se quiera establecer un circuito virtual se necesita algún tipo de señalización para marcar el camino, es decir, para la distribución de etiquetas entre los nodos.

MPLS no utiliza ninguno de los protocolos de señalización definidos por el ATM Forum; en lugar de ello, en MPLS o bien se utiliza el protocolo RSVP o bien un nuevo estándar de señalización LDP (Label Distribution Protocol). Pero, de acuerdo con los requisitos del IETF, el transporte de datos puede ser cualquiera. Si éste fuera ATM, una red IP habilitada para MPLS es ahora mucho más sencilla de gestionar que la solución clásica IP/ATM. Ahora ya no hay que administrar dos arquitecturas diferentes. El papel de ATM queda restringido al mero transporte de datos a base de celdas. Para MPLS esto es

indiferente, ya que puede utilizar otros transportes como Frame Relay, o directamente sobre líneas punto a punto, como se muestra en la figura 2.7

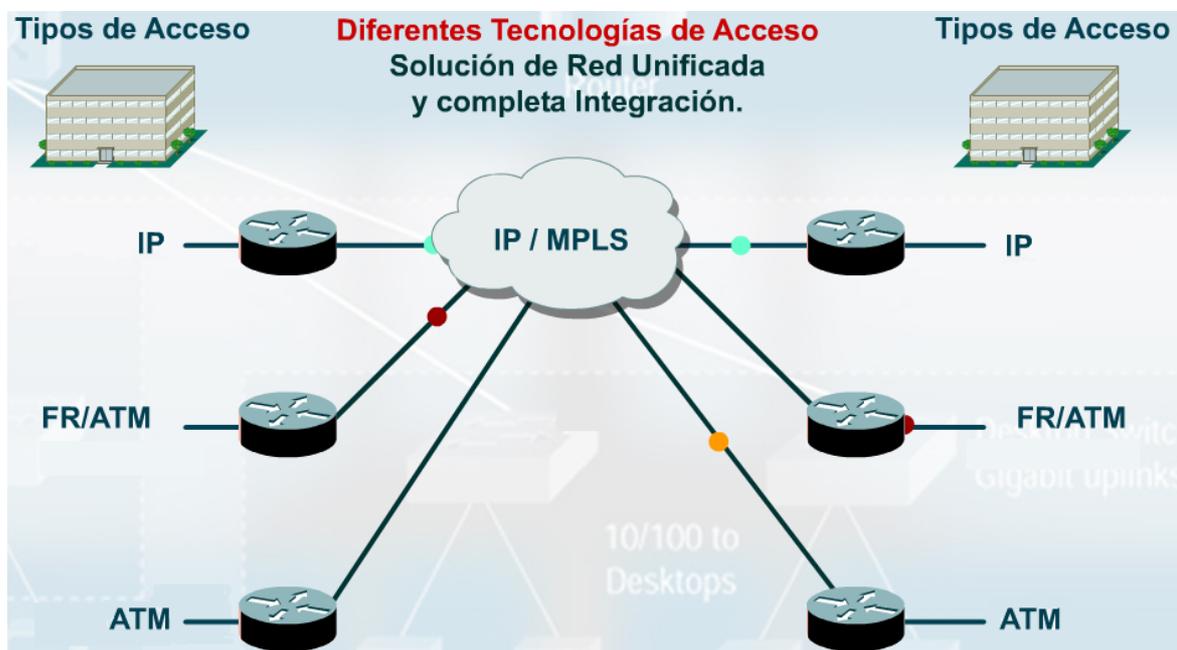


Figura. 2.7. Red única

LDP define el conjunto de procedimientos y mensajes a través de los cuales los LSRs establecen LSPs en una red MPLS. Aplicando el protocolo de señalización LDP, el LSR origen enviará un mensaje de petición de etiqueta (LABEL_REQUEST) y utilizando la tabla de enrutamiento lo enviará a los múltiples destinos. Cuando el LSR de destino recibe este mensaje, elige una etiqueta y pasando por diferentes LSRs la regresa al origen utilizando los caminos seleccionados obtenidos por el protocolo de enrutamiento. Cada LSR registra el valor de la etiqueta recibida por el puerto.

2.10.3. Funcionamiento global MPLS

Una vez vistos todos los componentes funcionales, el esquema global de funcionamiento es el que se muestra en la figura 2.8, 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 solo 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.

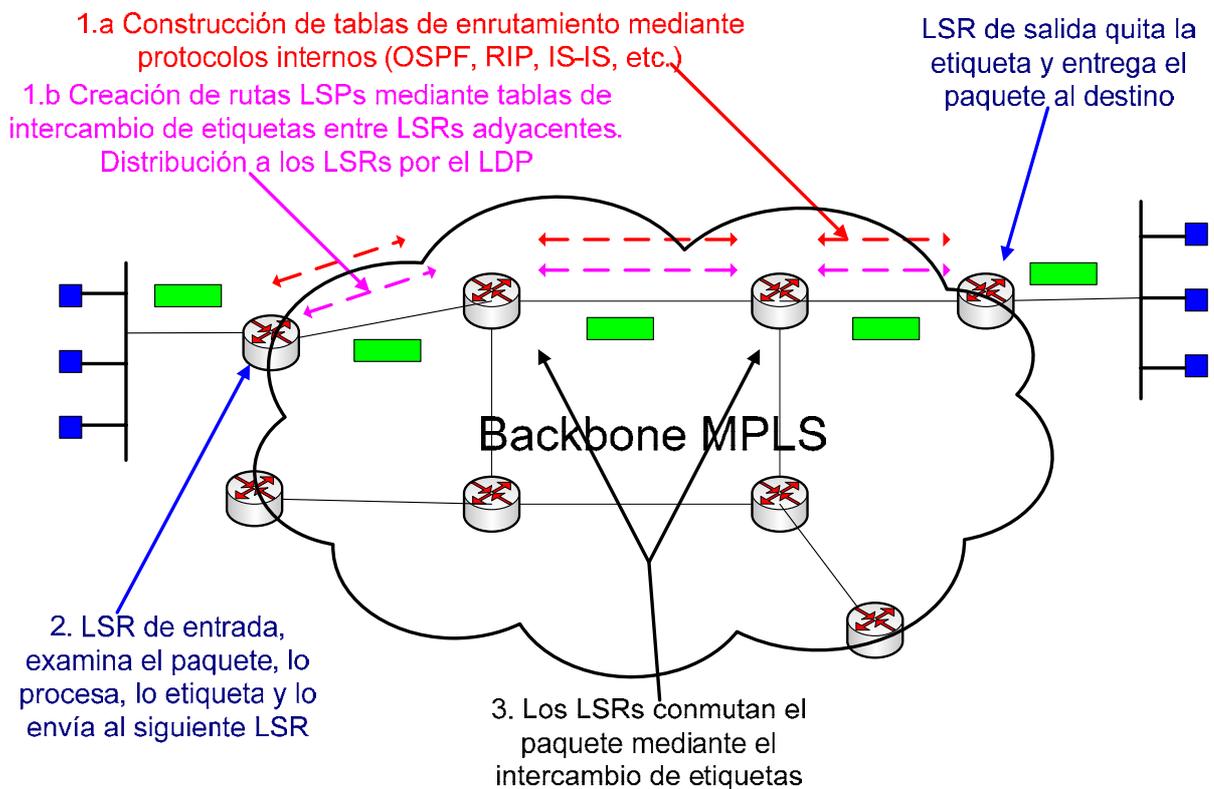


Figura. 2.8. Funcionamiento de una red MPLS

2.11. 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)

A continuación se presentarán las características de estas aplicaciones y las ventajas que MPLS supone para ello frente a otras soluciones tradicionales.

2.11.1. 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 hotspots 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). En el esquema de la figura 2.9 se comparan estos dos tipos de rutas para el mismo par de nodos origen-destino.

El camino más corto entre A y B según la métrica normal IGP es el que tiene sólo dos saltos, pero puede que el exceso de tráfico sobre esos enlaces o el esfuerzo de los routers correspondientes haga aconsejable la utilización del camino alternativo indicado con un salto más. MPLS es una herramienta efectiva para esta aplicación en grandes backbones, ya que:

- Permite al administrador de la red el establecimiento de rutas explícitas, especificando el camino físico exacto de un LSP.
- Permite obtener estadísticas de uso LSP, que se pueden utilizar en la planificación de la red y como herramientas de análisis de cuellos de botella y carga de los enlaces, lo que resulta bastante útil para planes de expansión futura.
- Permite hacer "encaminamiento restringido" (Constraint-based Routing, CBR), de modo que el administrador de la red pueda seleccionar

determinadas rutas para servicios especiales (distintos niveles de calidad). Por ejemplo, con garantías explícitas de retardo, ancho de banda, fluctuación, pérdida de paquetes, etc.

La ventaja de la ingeniería de tráfico MPLS es que se puede hacer directamente sobre una red IP, al margen de que haya o no una infraestructura ATM por debajo, todo ello de manera más flexible y con menores costes de planificación y gestión para el administrador, y con mayor calidad de servicio para los clientes.

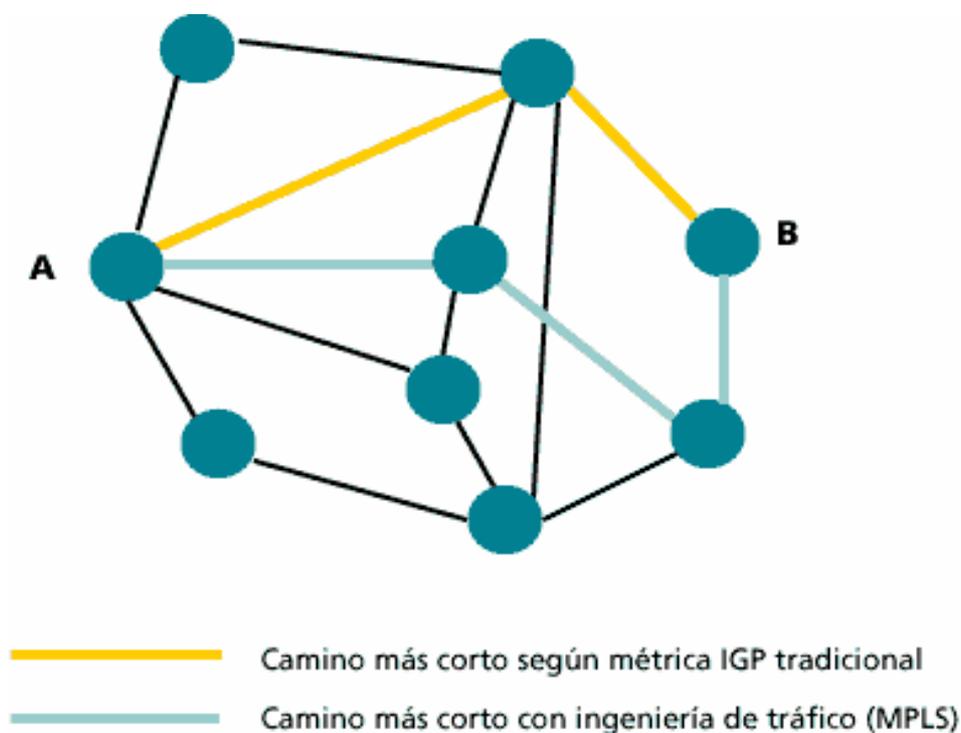


Figura. 2.9. Comparación entre camino más corto IGP con ingeniería de tráfico.

2.11.2. 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 archivos (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.

MPLS se adapta perfectamente a ese modelo, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la clase de servicio CoS en el correspondiente LSP. De este modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico, ya que:

- El tráfico que fluye a través de un determinado LSP se puede asignar a diferentes colas de salida en los diferentes saltos LSR, de acuerdo con la información contenida en los bits del campo EXP
- Entre cada par de LSR exteriores se pueden provisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda. P. ej., un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, otro para una prioridad media y un tercero para tráfico best-effort.

2.11.3. 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.

Las IP VPNs son soluciones de comunicación VPN basada en el protocolo de red IP de la Internet. Aquí se va a describir brevemente las ventajas que MPLS ofrece para este tipo de redes frente a otras soluciones tradicionales.

Las VPNs tradicionales se han venido construyendo sobre infraestructuras de transmisión compartidas con características implícitas de seguridad y respuesta predeterminada. Tal es el caso de las redes de datos Frame Relay,

que permiten establecer PVCs entre los diversos nodos que conforman la VPN. La seguridad y las garantías las proporcionan la separación de tráfico por PVC y el caudal asegurado (CIR). Algo similar se puede hacer con ATM, con diversas clases de garantías. Los inconvenientes de este tipo de solución es que la configuración de las rutas se basa en procedimientos más bien artesanales, al tener que establecer cada PVC entre nodos, con la complejidad que esto supone al proveedor en la gestión (y los mayores costes asociados). Si se quiere tener conectados a todos con todos, en una topología lógica totalmente mallada, añadir un nuevo emplazamiento supone retocar todos los CPEs del cliente y restablecer todos los PVCs.

Además, la popularización de las aplicaciones TCP/IP, así como la expansión de las redes de los proveedores, ha llevado a tratar de utilizar estas infraestructuras IP para el soporte de VPNs, tratando de conseguir una mayor flexibilidad en el diseño e implantación y unos menores costes de gestión y provisión de servicio. La forma de utilizar las infraestructuras IP para servicio VPN (IP VPN) ha sido la de construir túneles IP de diversos modos.

El objetivo de un túnel sobre IP es crear una asociación permanente entre dos extremos, de modo que funcionalmente aparezcan conectados. Lo que se hace es utilizar una estructura no conectiva como IP para simular esas conexiones: una especie de tuberías privadas por las que no puede entrar nadie que no sea miembro de esa IP VPN.

Los túneles IP en conexiones dedicadas se pueden establecer de dos maneras:

- en el nivel 3, mediante el protocolo IPSec del IETF
- en el nivel 2, mediante el encapsulamiento de paquetes privados (IP u otros) sobre una red IP pública de un proveedor

En las VPNs basadas en túneles IPSec, la seguridad requerida se garantiza mediante el cifrado de la información de los datos y de la cabecera de los paquetes IP, que se encapsulan con una nueva cabecera IP para su transporte

por la red del proveedor. Es relativamente sencillo de implementar, bien sea en dispositivos especializados, tales como firewalls, como en los propios routers de acceso del proveedor. Además, como es un estándar, IPSec permite crear VPNs a través de redes de distintos proveedores que sigan el estándar IPSec. Pero como el cifrado IPSec oculta las cabeceras de los paquetes originales, las opciones QoS son bastante limitadas, ya que la red no puede distinguir flujos por aplicaciones para asignarles diferentes niveles de servicio. Además, sólo vale para paquetes IP nativos, IPSec no admite otros protocolos.

En los túneles de nivel 2 se encapsulan paquetes multiprotocolo (no necesariamente IP), sobre los datagramas IP de la red del proveedor. De este modo, la red del proveedor no pierde la visibilidad IP, por lo que hay mayores posibilidades de QoS para priorizar el tráfico por tipo de aplicación IP. Los clientes VPN pueden mantener su esquema privado de direcciones, estableciendo grupos cerrados de usuarios, si así lo desean. (Además de encapsular los paquetes, se puede cifrar la información por mayor seguridad, pero en este caso limitando las opciones QoS). A diferencia de la opción anterior, la operación de túneles de nivel 2 está condicionada a un único proveedor.

A pesar de las ventajas de los túneles IP sobre los PVCs, ambos enfoques tienen unas características comunes que las hacen menos eficientes frente a la solución MPLS:

- están basadas en conexiones punto a punto (PVCs o túneles)
- la configuración es manual
- la provisión y gestión son complicadas; una nueva conexión supone alterar todas las configuraciones
- plantean problemas de crecimiento al añadir nuevos túneles o circuitos virtuales
- la gestión de QoS es posible en cierta medida, pero no se puede mantener extremo a extremo a lo largo de la red, ya que no existen

mecanismos que sustenten los parámetros de calidad durante el transporte

Realmente, el problema que plantean estas IP VPNs es que están basadas en un modelo topológico superpuesto sobre la topología física existente, a base de túneles extremos a extremo (o circuitos virtuales) entre cada par de routers de cliente en cada VPN. De ahí las desventajas en cuanto a la poca flexibilidad en la provisión y gestión del servicio, así como en el crecimiento cuando se quieren añadir nuevos emplazamientos. Con una arquitectura MPLS se obvian estos inconvenientes ya que el modelo topológico no se superpone sino que se acopla a la red del proveedor. En el modelo MPLS, en lugar de conexiones extremo a extremo entre los distintos emplazamientos de una VPN, lo que hay son conexiones IP a una "nube común" en las que solamente pueden entrar los miembros de la misma VPN. Las "nubes" que representan las distintas VPNs se implementan mediante los caminos LSPs creados por el mecanismo de intercambio de etiquetas MPLS. Los LSPs son similares a los túneles en cuanto a que la red transporta los paquetes del usuario (incluyendo las cabeceras) sin examinar el contenido, a base de encapsularlos sobre otro protocolo.

Aquí está la diferencia: en los túneles se utiliza el enrutamiento convencional IP para transportar la información del usuario, mientras que en MPLS esta información se transporta sobre el mecanismo de intercambio de etiquetas, que no ve para nada el proceso de routing IP. Sin embargo, sí se mantiene en todo momento la visibilidad IP hacia el usuario, que no sabe nada de rutas MPLS sino que ve una internet privada (intranet) entre los miembros de su VPN. De este modo, se pueden aplicar técnicas QoS basadas en el examen de la cabecera IP, que la red MPLS podrá propagar hasta el destino, pudiendo así reservar ancho de banda, priorizar aplicaciones, establecer CoS y optimizar los recursos de la red con técnicas de ingeniería de tráfico.

En la figura 2.10 se representa una comparación entre ambos modelos. La diferencia entre los túneles IP convencionales (o los circuitos virtuales) y los "túneles MPLS" (LSPs) está en que éstos se crean dentro de la red, a base de LSPs, y no de extremo a extremo a través de la red.

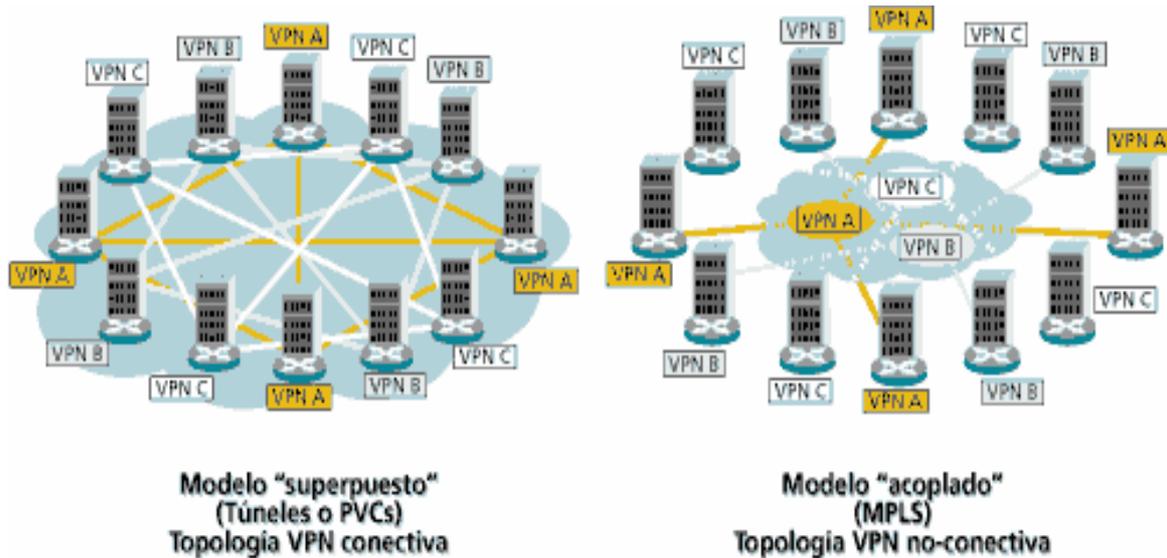


Figura. 2.10. Modelo "superpuesto" (túneles/PVCs) vs. modelo "acoplado" (MPLS).

Como resumen, las ventajas que MPLS ofrece sobre IP VPNs son:

- Evita la complejidad de los túneles y PVCs.
- La provisión de servicio es sencilla: una nueva conexión afecta a un solo router.
- Tiene mayores opciones de crecimiento modular.
- Permiten mantener garantías QoS extremo a extremo, pudiendo separar flujos de tráfico por aplicaciones en diferentes clases, gracias al vínculo que mantienen el campo EXP de las etiquetas MPLS con las clases definidas a la entrada.
- Permite aprovechar las posibilidades de ingeniería de tráfico para poder garantizar los parámetros críticos y la respuesta global de la red (ancho banda, delay, jitter...), lo que es necesario para un servicio completo VPN.

2.12. VENTAJAS DE MPLS SOBRE EL IP TRADICIONAL

MPLS resuelve las limitaciones de las redes IP tradicionales, y presenta las siguientes ventajas:

2.12.1. Protección y flexibilidad del servicio

La capacidad de protección del servicio y la tolerancia a fallos son aspectos fundamentales de cualquier red de transporte. Esto también se aplica a las redes metropolitanas Ethernet desplegadas para ofrecer agregación de alta velocidad y servicios “triple play” a clientes residenciales y servicios privados de datos basados en Ethernet a las empresas. De hecho, la tolerancia a fallos es especialmente importante en el área metropolitana, ya que esta parte de la red es vulnerable a los cortes de cables.

Las redes Ethernet puenteadas se basan en STP (Spanning Tree Protocol) [IEEE 802.1D] y derivadas para recuperarse de los fallos de red como los cortes de cables. STP crea una topología sin bucles en la red y proporciona flexibilidad. Recalcula automáticamente la topología en respuesta a fallos en la red o nodos. Existen, sin embargo, algunos problemas en las redes metropolitanas Ethernet con la recuperación basada en STP, relacionados con los tiempos de reconvergencia alcanzables y con la protección de la granularidad. Por lo tanto, los proveedores de servicios están considerando las capacidades de protección del MPLS para complementar o reemplazar a la recuperación basada en STP en el área metropolitana. Una infraestructura de redes metropolitanas

Ethernet mejorada con MPLS puede suministrar la flexibilidad de servicio necesaria para los servicios emergentes. Las técnicas de recuperación de MPLS, tales como LSPs de respaldo borde a borde, FRR (Fast Rerouting) que provee un mecanismo para reenrutar automáticamente el tráfico en un LSP si un nodo o un enlace fallan, reduciendo la pérdida de paquetes. FRR se logra mediante el pre establecimiento de desvíos a lo largo de los LSPs.

Con MPLS, la protección puede ser específica para cada servicio o para cada cliente.

2.12.2. Convergencia de redes

La convergencia de redes está en marcha, siendo MPLS la tecnología que lo hace posible. Los proveedores de servicios están buscando formas para simplificar las arquitecturas de red para ayudar a reducir los costos financieros y operacionales. Con MPLS ya en el núcleo de la red, existen muchas ventajas por ganar al integrar la red metropolitana Ethernet como parte de una red MPLS de extremo a extremo.

Actualmente, los clientes empresariales requieren servicios Ethernet flexibles que puedan expandirse fácilmente en la red o entre diversas redes. Con un modelo basado en MPLS, los servicios pueden escalarse geográficamente de forma sencilla a través de límites de redes metropolitanas, nacionales e internacionales.

De esta forma, MPLS estimula la fidelización del cliente al dar al proveedor de servicios la posibilidad de adaptarse a las cambiantes topologías de las empresas y la oportunidad de expandirse a nuevos segmentos de servicios.

MPLS tiene también la capacidad de interrelacionar protocolos clásicos de capa 2, tales como FR (frame relay) y ATM (modo de transferencia asíncrono), en un núcleo IP/MPLS.

Con MPLS como protocolo básico en la red, los proveedores de servicios tienen la opción de mantener los servicios FR o ATM existentes, interfundar interfaces Ethernet con interfaces FR y ATM, o suministrar interfaces Ethernet al cliente. Extender MPLS a las redes metropolitanas es una evolución natural. La utilización de MPLS como tecnología de red metropolitana permite a los proveedores de servicios suministrar un servicio transparente completo independiente de la geografía, creando formas flexibles de migración, gestionando los actuales flujos de ingresos, y definiendo nuevos servicios que generen nuevas oportunidades de negocio.

CAPITULO III

NUEVOS SERVICIOS QUE SE PODRÍAN IMPLEMENTAR

3.1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de redes de paquetes representa una revolución en las telecomunicaciones. Utilizando un protocolo como IP, se pueden unir servicios de comunicaciones de voz, datos y video a través de una sola red. La promesa de reducción en los gastos de operación y un aumento en los ingresos debido a servicios nuevos e integrados ha provocado que todos los proveedores de telecomunicaciones consideren una migración.

Está claro que para los actuales operadores de red los ingresos proporcionados por el negocio de transporte están en clara recesión, lo que a corto o medio plazo puede impedirles seguir siendo competitivos, por lo que en el futuro necesitarán ampliar el abanico de servicios ofrecidos al usuario final con el fin de generar ingresos adicionales.

La tendencia actual de integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red IP ha puesto de manifiesto las deficiencias que actualmente tienen las soluciones clásicas de este tipo en temas como la capacidad, la calidad de servicio, la seguridad, la fiabilidad y la capilaridad. Para solucionar estos problemas han aparecido en el mercado multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera racional pueden permitir la realización de modelos de red que proporcionen todo tipo de servicios multimedia tanto al cliente corporativo como al cliente residencial.

El creciente auge de las aplicaciones multimedia, como la videoconferencia, voz sobre IP, VoD, requieren un uso extensivo del ancho de banda, y niveles de retardo y jitter así como garantías durante todo el servicio. Además de estos requerimientos, se debe poder ofrecer clases diferenciadas de servicio a los distintos tipos de usuarios de la red.

Los recientes avances hacia la búsqueda de una convergencia entre voz, video y datos en las redes no representan una solución óptima, debido a que la infraestructura y protocolos de enrutamiento han sido optimizados sólo para la transmisión de datos.

Muchos de estos protocolos de enrutamiento están basados en algoritmos que buscan el camino más corto (como RIP y BGP4, basados en el vector distancia) sin tener en cuenta métricas adicionales como retardo, jitter y congestión del tráfico. Todo esto se traduce en un uso ineficiente de los recursos de la red, problemas de propagación de las rutas, cuellos de botella en las rutas principales (las de mínima métrica) y la necesidad de aumentar continuamente la capacidad y velocidad de los enlaces de la red.

La arquitectura MPLS (Multiprotocol Label Switching) es un estándar de la IETF (Internet Engineering Task Force), y se presenta como una solución versátil a los problemas mencionados anteriormente, presentes en las redes de datos existentes, porque ofrece alta velocidad de conmutación, escalabilidad, gestión de la calidad de servicio (QoS), e ingeniería de tráfico.

Por otra parte, la tecnología Multicast permite la conservación del ancho de banda, que reduce el tráfico por medio de la entrega simultánea de un único flujo de información a miles de receptores, que pueden estar localizados en centros de investigación, universidades, empresas o en los hogares. Entre los servicios que se benefician del multicast se incluyen video-conferencia, comunicaciones corporativas, aprendizaje a distancia y distribución de software.

3.2. DEFINICIÓN DE BANDA ANCHA

El término banda ancha se ha introducido inevitablemente en el lenguaje cotidiano. La alta capacidad o velocidad de transmisión es un concepto relativo que evoluciona en el tiempo hacia demandas de mayores velocidades, y que varía significativamente de país a país. En un primer momento se denominó banda ancha a aquellas conexiones a Internet que poseen una capacidad mayor que las conexiones telefónicas tradicionales o dial-up⁸. Hoy hay un amplio acuerdo en que ligar la definición de banda ancha únicamente a una capacidad de transmisión ofrece una pobre dimensión de este concepto y condena a dicha definición a caer rápidamente en la obsolescencia. En la línea de recientes informes de la Unión Europea, debe entenderse banda ancha como:

Conjunto amplio de tecnologías que han sido desarrolladas para soportar la prestación de servicios interactivos innovadores, con la característica del siempre en línea (always on), permitiendo el uso simultáneo de servicios de voz y datos, y proporcionando unas velocidades de transmisión que evolucionan con el tiempo, partiendo de los 128Kb de velocidad en sentido descendente que puede considerarse actualmente el mínimo para la denominación de Banda Ancha⁹.

El nuevo ambiente cultural y de negocios reconoce que la tecnología, en particular la capacidad de los individuos, las empresas, las ciudades y los países para actuar en la denominada Sociedad de la Información, es fundamental para su desarrollo social y económico.

Así lo manifiesta El Foro Económico Mundial mediante la publicación del Growth Competitiveness Report Index que califica a los países teniendo en cuenta tres variables: Calidad del ambiente macroeconómico, estado de las

⁸ Informe Banda Ancha GAPTEL (Grupo de Análisis y Prospectivas del Sector de las Telecomunicaciones)

⁹ Comunicación de la Comisión “Connecting Europe at High Speed: Nacional Broadband estrategias”, COM (2004) 369. Bruselas, Mayo 2004

instituciones públicas y, dada la creciente importancia de la tecnología en el proceso de desarrollo, el nivel de alistamiento tecnológico del país.

Como complemento, el denominado Network Readiness Index, publicado también por el Foro Económico Mundial, reconoce la importancia de entender la contribución de las Tecnologías de Información y Comunicaciones para el crecimiento económico y la productividad de los países. Según este indicador, además de los elementos relacionados con la infraestructura, el ambiente propicio para participar de la Sociedad de la Información está dado por las condiciones del mercado y por aspectos políticos y regulatorios. Sin embargo, esto no es todo. El alistamiento y el nivel y tipo de utilización de estas herramientas por parte de los individuos, las empresas y los gobiernos son determinantes.

En este escenario, se debe reconocer que los operadores de telecomunicaciones son claves para el desarrollo de la Sociedad de la Información. Lo cual, dadas las tendencias actuales que indican que en el futuro las aplicaciones y la información estarán en la “RED”, se manifiesta en una oferta amplia y garantizada de soluciones de Banda Ancha, para las cuales DSL es un protagonista.

3.3. FUTURO DIGITAL

Mientras que Internet se ha convertido ya en la principal fuente de información de los usuarios de la red, todavía resulta incierto si llegará a convertirse en su principal fuente de ocio y entretenimiento. Este es uno de los descubrimientos principales del estudio de investigación llevado a cabo por la UCLA (Universidad de California, en Los Angeles)¹⁰ a lo largo de todo un período que ha alcanzado ya su tercer año. El estudio apunta que más del 60% de los usuarios considera Internet como una fuente de información muy o extremadamente importante, mientras que sólo el 25% lo calificaría de esta manera en el campo del ocio y entretenimiento.

¹⁰ Informe: “Banda Ancha: El futuro comienza hoy”, 2003 Accenture

Los usuarios de Internet afirman que su fuente de información más importante es Internet, seguida de los libros, los periódicos y la televisión. Sin embargo, resulta significativo que Internet se sitúe en quinto lugar entre las fuentes de ocio por detrás de la televisión, los libros, la radio y las revistas.

En este contexto, una mayor penetración de la banda ancha probablemente hará que Internet sea un proveedor de ocio con más éxito. En la actualidad, el 74,8% de los usuarios utiliza módems telefónicos. Estos mismos usuarios, con banda ancha, tienen una relación muy diferente con Internet.

Estos usuarios que han tenido banda ancha durante dos años o más, comienzan a trasladar la conexión de banda ancha desde el estudio o la oficina a la cocina.

Los usuarios de banda ancha compran el servicio porque es más rápido, sin ser conscientes de que obtienen con ello una conexión 24 horas al día, 7 días a la semana. Los cinco usos más populares de Internet son¹¹:

- E-mail y servicio de mensajería instantánea
- Navegación
- Noticias
- Ocio
- Compras

Pocos usuarios hablan por teléfono a través de Internet aunque, al resultar muy barato y ofrecer un sonido de alta calidad, se espera que este uso aumente.

El uso de Internet en general continúa creciendo. En 2002, la media de uso era de 11,1 horas por semana, en comparación con las 9,8 horas en 2001 y las 9,4 horas en 2000.

¹¹ Según informe “Examinando el Futuro”, 2003 Accenture

Por tercer año consecutivo, el estudio comprobó que el único medio seriamente amenazado por Internet es la TV. De hecho, los usuarios de Internet con experiencia ven más películas en los cines y teatros que en vídeo y juegan más con videojuegos. El uso de Internet tiene un impacto insignificante en la lectura de libros y el uso de la radio y el teléfono. Sin embargo, el uso de la televisión entre los usuarios de Internet ha descendido en más de una hora a la semana, pasando de 12,3 horas en 2001 a 11,2 horas en 2002.

Un dato significativo que ha surgido del estudio es que los usuarios de Internet, por primera vez, leen menos periódicos y revistas impresos que los no usuarios. Sin embargo, el estudio muestra su escepticismo sobre que este nuevo descubrimiento vaya a ser un lamento fúnebre para los periódicos. “A la gente no le gusta leer on line” afirma. “Leer el periódico supone leer mucha más información. No creo que los periódicos tengan mucho que temer”.

3.4. BANDA ANCHA: UNA PUERTA AL ENTRETENIMIENTO

La era de la banda ancha ya está aquí. A finales de 2002 había 36 millones de usuarios de líneas de abonado digital (DSL) en todo el mundo. En 2003, DSL prosigue su curva de crecimiento en todas las regiones del planeta, especialmente en Europa y Asia, donde en algunos países el índice de crecimiento supera el 200%.

La gente ya está viendo los beneficios que puede aportar el ADSL (línea de abonado digital asimétrica), tales como un Internet más rápido y acceso a correo electrónico en tiempo real. Suministrado sobre las líneas telefónicas ya existentes y con servicios de voz funcionando con datos de alta velocidad en paralelo y simultáneamente, ADSL es una forma económica de hacer llegar los servicios de banda ancha hasta los hogares. Al estar la tecnología DSL disponible con mayor facilidad para el mercado de masas, ADSL se utiliza como medio de información y entretenimiento, al tiempo que proporciona a los pequeños negocios la oportunidad de competir de manera económica, y a los teletrabajadores la de trabajar desde casa regular u ocasionalmente, con la

misma eficacia que si estuvieran en la oficina. Sin embargo, con la evolución tecnológica actual, ADSL sólo es el principio de la banda ancha empresarial y residencial. Las nuevas opciones DSL ofrecen enormes capacidades para ir mucho más lejos y mucho más deprisa.

Cuando se trata de entretenimiento, los desarrollos tecnológicos, en particular VDSL (línea de abonado digital de muy alta velocidad), una versión de la tecnología que combina cable de fibra óptica y cables telefónicos de cobre estándar, posee el potencial para transformar por completo la experiencia del entretenimiento.

Justo cuando ADSL se está convirtiendo en una necesidad más que en un lujo, VDSL empieza a despegar. VDSL soporta aplicaciones de mayor ancho de banda y amplía el potencial de crecimiento del mercado de masas en todo el mundo. Los usuarios con VDSL se encuentran conectados a unas capacidades de vídeo en directo y juegos en-línea con las que los amantes del cine y los videojuegos de la mayoría de países no pueden más que soñar.

La plena realización del valor de la banda ancha dependerá del desarrollo de aplicaciones de nueva generación, como se muestra en la figura 3.1, que habrán de ser atractivas y útiles si se trata de que atraigan a nuevos clientes y modifiquen las pautas de uso de los clientes actuales. Esta nueva generación de aplicaciones será el motor clave para una industria de banda ancha exitosa.

La gente se está empezando a dar cuenta de ello. Con el objetivo de 200 millones de clientes DSL para finales de 2005, éste es un valioso mercado que atrae a muchos proveedores de electrónica de consumo, aplicaciones y servicios, deseosos de vender nuevas aplicaciones innovadoras que proliferarán en un entorno de banda ancha DSL.

Los altos índices de transmisión significan que las conexiones DSL pueden ejecutar la mayoría de juegos interactivos en vivo, películas (ya sea vídeo bajo demanda o vídeo en directo), repetición de TV en tiempo real, videotelefonía, descargas de música, redes privadas virtuales seguras basadas en

comunicaciones, descarga de software, y acuerdos comerciales de nivel de servicio.

En la misma medida que crezca el valor añadido para el cliente lo harán las oportunidades de ingresos para los proveedores de aplicaciones, contenidos y servicios.

Se espera que los proveedores de servicios capaces de suministrar el servicio "triple play" completo (voz, datos y vídeo) lleguen a dominar la industria. Actualmente, la mayoría de las ofertas de banda ancha se limitan a voz y datos, pero a medida que los proveedores de contenido creen contenidos más ricos y más consumidores de ancho de banda, el vídeo se convertirá en parte del paquete esperado por los usuarios.

Utilizando lo último en tecnología DSL, los proveedores de servicios están confeccionando sus ofertas para atender las siempre cambiantes necesidades de los clientes. Hoy, la banda ancha se está convirtiendo en parte de nuestra vida cotidiana, y en parte de nuestros hogares. Más y más clientes DSL conectan múltiples PCs a sus actuales accesos de alta velocidad a Internet. A partir de ahora aspiran a conectar otros aparatos y equipos que van, por ejemplo, desde cámaras de control remoto como parte de los sistemas de seguridad hasta sus televisores.

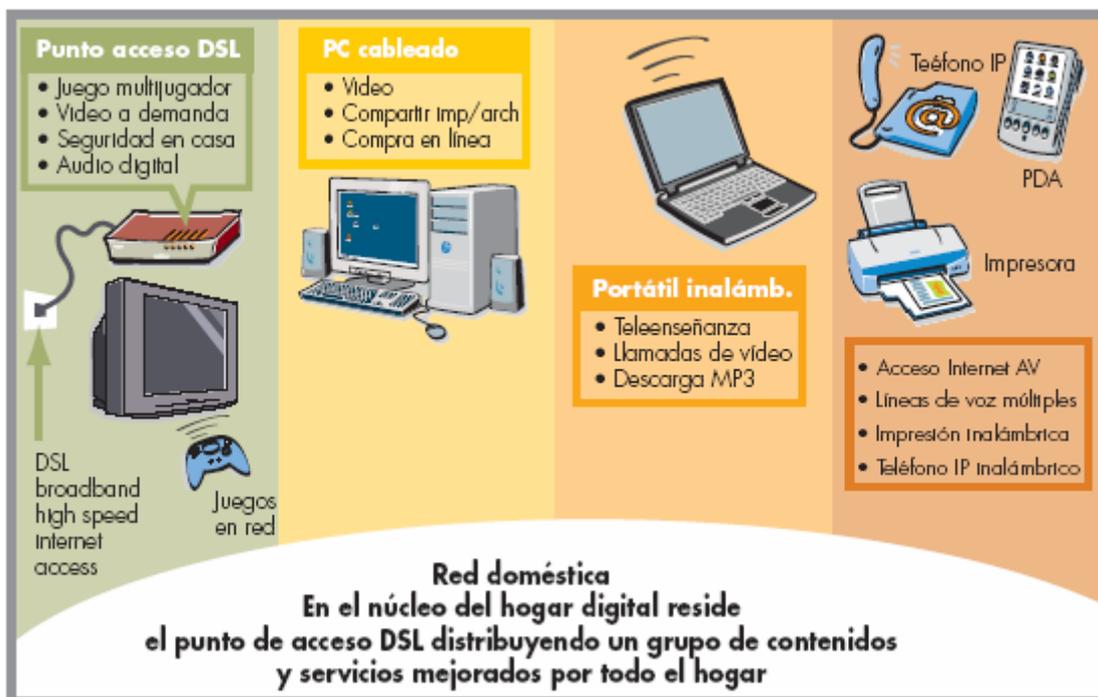


Figura. 3.1. Aplicaciones de nueva generación sobre tecnología xDSL

Constantemente se presentan productos para aprovechar este "canal" hacia los hogares. Como resultado, el hogar en red está destinado a situarse en el centro del suministro de servicios. A medida que se desarrollen nuevos contenidos y servicios para sacar partido a las conexiones DSL con los clientes, más gente utilizará estos productos y servicios para mejorar su "experiencia en línea". DSL y las redes domésticas están revelándose como mutuamente beneficiosas y lideran la mejora de los servicios que utilizamos hoy en día.

Incluir nuevas aplicaciones en las ofertas DSL incrementa el valor de la conexión DSL de banda ancha y atrae clientes fieles que no pueden vivir sin los servicios DSL. Existe el potencial de añadir al paquete servicios como vídeo bajo demanda y voz sobre IP. El "tripleplay", como se llama en la industria, se convertirá en el paquete de elección de los consumidores, quienes desean sacar un partido total a sus conexiones DSL. La sencillez de adquirir este paquete a un único suministrador es una postura muy atractiva para los usuarios.

Ahora ya estamos viviendo en un mundo en-línea. Las empresas esperan que sus equipos humanos sean capaces de compartir documentos e información a cualquier hora y en cualquier lugar sin tener que encontrarse cara a cara, despachar operaciones comerciales a la hora conveniente para una determinada zona geográfica y reportar información desde casa, la oficina o mientras se viaja.

Estudiantes y profesionales esperan cada vez más tener acceso a la plataforma mundial del conocimiento, a las experiencias más recientes en todas las materias y a los últimos juegos. Sólo la banda ancha puede cumplir con estas expectativas; DSL lo hace de manera eficaz y efectiva.

Al igual que otras tecnologías DSL, el VDSL utiliza el espectro de más alta frecuencia disponible sobre cables telefónicos estándar de cobre, por encima de las frecuencias empleadas para el viejo servicio telefónico tradicional y la red digital de servicios integrados. VDSL es la tecnología más veloz disponible, alcanzando velocidades de hasta 52 Mbit/s, casi diez veces más rápida que ADSL.

Con todo este ancho de banda servido a un número de hogares y empresas que crece rápidamente en todo el mundo, es fácil adivinar que se están diseñando más contenidos y aplicaciones para el mundo de la banda ancha.

El tráfico de datos en Europa superó al tráfico de voz por primera vez a finales de 2000; dos años antes se produjo el mismo cambio en Norteamérica. El camino que se nos abre es más inteligente, rápido y eficaz, y aumentará nuestro disfrute del bien más valioso: el tiempo. La banda ancha puede conseguir todo esto, y el DSL es una de las más eficaces tecnologías disponibles para su suministro.

3.5. UNA TRANSFORMACIÓN DEL NEGOCIO

Los ingresos por voz están disminuyendo en los mercados de negocio y consumo. Además, la agresiva política de precios está llevando a los abonados hacia los proveedores de aplicaciones y servicios emergentes.

Para mantenerse competitivos los proveedores deben incursionar en nuevos servicios, para mantener sus clientes y captar nuevos. Estos nuevos servicios se consideran como esenciales para mantener e incrementar sus ingresos.

Reunir el vídeo con las suscripciones de voz y de datos de banda ancha puede conformar una oferta convincente de triple play. Los paquetes triple play pueden variar desde el básico al orientado al usuario:

- El triple play básico ofrece servicios BTV (radiodifusión de televisión) empaquetados con servicios HSI (Internet de alta velocidad) y voz. Para los operadores, esta oferta "táctica" e incremental contribuirá principalmente a reducir la pérdida de clientes a corto plazo;
- El triple play orientado al usuario, centrado en torno a una "TV mejor" (IPTV), proporciona al usuario una experiencia inmejorable de cualquier contenido, en todo momento y en cualquier parte. Las ventajas añadidas incluyen: interactividad, contenido de alta definición, tiempo rápido de zapping, PIP (imagen en imagen), vídeo bajo demanda, grabación de vídeo personalizada, etc., para una experiencia mucho más personalizada. Esta oferta permitirá a los operadores diferenciarse de sus competidores y aumentar el ARPU de sus abonados de banda ancha.

La introducción de IPTV representa una transformación real del negocio de los operadores de telecomunicación por alguna de las siguientes razones:

- Asegurar el contenido es una actividad crítica y que consume tiempo. La demora en la adquisición de estos derechos puede dar lugar a retrasos en el despliegue de productos y servicios, afectando de forma negativa a la totalidad del proyecto

- Cuando se implementa un nuevo servicio de vídeo, la mayor parte del esfuerzo debe comenzar con el desarrollo de interfaces middleware a medida para la integración de los sistemas, tales como la entrada de pedidos del cliente o su atención.

El término middleware se refiere a una capa de software entre los servicios de la red y las aplicaciones, encargada de proporcionar servicios como identificación, autenticación, autorización, directorios y movilidad. El uso de esta capa permite a las aplicaciones sacar un mayor provecho de la Red e interoperar por medio de interfaces normalizadas, ofreciendo así a los usuarios servicios más avanzados con un menor esfuerzo.

Esta etapa incluye también la creación de aplicaciones a medida que satisfagan las necesidades de los requisitos de marketing del cliente.

3.6. ALCANCE DEL SERVICIO

El éxito del triple play y de los servicios ricos en medios depende de la capacidad para proporcionar más interactividad que las redes de difusión de vídeo tradicionales, ofreciendo servicios de banda ancha orientados al usuario; es decir, cualquier contenido a cualquier usuario en cualquier momento.

Esta flexibilidad da lugar a la diversificación de las tecnologías del acceso, evolucionando la red de banda ancha hacia opciones de acceso múltiple para todos los gustos para alcanzar el 100 por ciento de abonados, tanto en entornos fijos como en móviles. Esto se traduce en una mezcla de tecnologías que incluyen, DSL basada en CO (multi-ADSL); FTTN (fibra hasta el nodo), es decir ADSL2+, VDSL, VDSL2; FTTU (fibra hasta el usuario) (red óptica pasiva); móvil 3G; Wi-Wi-Fi; y WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).

El desafío clave que tienen los operadores al introducir estas tecnologías es minimizar su impacto operacional, es decir mantener una red de acceso unificada.

Esto permite a los operadores racionalizar la red y simplificar sus operaciones en las redes de agregación y de borde.

3.7. VOIP

La tecnología de voz sobre el Internet o VoIP¹² por el acrónimo de Voice overInternet Protocol, es una forma nueva de hacer y recibir llamadas telefónicas utilizando una conexión de Internet de banda ancha (broadband) en lugar de una línea telefónica corriente. VoIP convierte su llamada telefónica — en realidad convierte la señal de voz de su teléfono — en una señal digital que viaja a través del Internet hasta llegar al teléfono de la persona que usted está llamando. Si usted llama a un número de teléfono fijo corriente, la señal se reconvierte al llegar al receptor de la llamada.

Las redes telefónicas, tal cual han funcionado siempre como redes de conmutación de circuitos, tienden a desaparecer debido al bajo costo y beneficios para el transporte de tráfico multimedia de las redes de conmutación de paquetes por las que están siendo desplazadas. Dentro de éstas, la tecnología de Voz sobre IP está emergiendo como la preferida.

El crecimiento y fuerte implementación de las redes IP, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permitan la calidad de servicio en redes IP, han creado un entorno donde es posible transmitir telefonía sobre IP con una calidad equivalente a la comunicación por conmutación por circuitos.

Este crecimiento permite afirmar que estamos inmersos en un periodo de migración desde los sistemas clásicos de conmutación de circuitos a las tecnologías basadas puramente en paquetes. Como tecnología, la Voz sobre IP lleva varios años de presencia en el mercado. Sin embargo, no ha sido sino

¹² ITU-T H 323

hasta la emergencia de nuevos e innovadores servicios basados en esta tecnología que la integración de datos y voz se ha hecho realidad, lo que, para las empresas, ha significado un ahorro de costos y comunicaciones más eficientes y efectivas.

Como las primeras experiencias con la tecnología VoIP estaban relacionadas con Internet, muchas personas la consideran un simple método económico y de poca calidad para transportar comunicaciones de voz por la Web. En realidad, se trata de algo mucho más importante: Esta tecnología puede cambiar el modo de crear, distribuir, comercializar y vender aplicaciones de voz. Y al combinar los sistemas de voz y de tráfico en tiempo real, se abre un nuevo mundo de fantásticas oportunidades multimedia e interacción para consumidores individuales y empresas.

En el ámbito de las redes corporativas, la VoIP tendrá un alcance mayor debido a las valoraciones que implican mejoras significativas en funcionalidad y relación costo-beneficio. Entre las posibles motivaciones que nos encontramos en la empresa a la hora de implantar sistemas de Voz sobre IP tenemos la posibilidad de utilizar la infraestructura de datos para el transporte de voz y el hecho de poder emplear una tarifa plana para las comunicaciones de voz al igual que para las de datos, lo que supone ahorros considerables.

En el sector empresarial VoIP será la tecnología con mayor crecimiento en los próximos años. Ya en la actualidad, son cada vez más numerosas las compañías que ven esta tecnología como una herramienta de comunicaciones comercialmente viable.

3.7.1. ¿Cómo funciona la telefonía a través de internet?

La voz que ingresa en el extremo receptor, es transformada por un programa en el computador o equipo del emisor, en pequeños paquetes de datos (en el teléfono normal la voz se transforma en señal eléctrica o en tonos que viajan por la red de telecomunicaciones y en la Internet la voz se digitaliza y transforma en datos) que se transmiten por la Internet empleando el mismo

protocolo que se usa por ejemplo para transmitir un correo electrónico o email. Este protocolo se llama IP por sus siglas en inglés (Internet Protocol) y es el lenguaje en el cual se entienden las miles de computadoras y aparatos conectados a la red. Por esto se llama VoIP o Voz sobre IP a la telefonía por Internet.

En el sistema, una computadora, situada en un punto estratégico por facilidades tecnológicas, por costos, o por ubicación, recibe estos paquetes y los transforma al estado normal de las señales de voz, es decir en una señal telefónica convencional que es sacada luego a través de un puerto de enlace o gateway.

Finalmente, la señal telefónica convencional se envía a la red normal de telefonía y de allí se enruta al receptor o sea se envía hacia el aparato telefónico normal, cualquiera que éste sea.

3.7.2. Estrategia para la migración a una red VoIP

Debido a que una migración de red representa una tarea prolongada que puede tardar meses o aun años, es importante definir los pasos para introducir VoIP en la red de forma estratégica.

Algunas de las tácticas más comunes son:

- Superpuesta (overlay). La creación de una red paralela para servir clientela selecta. Se utiliza la red VoIP para clientes nuevos, usuarios de servicios nuevos u otros con necesidades especiales. Los clientes tradicionales se sirven a través de la red TDM. Después de tener la nueva red en servicio un tiempo, se empieza a migrar los clientes que quedan según se van retirando componentes.
- Migración geográfica. Similar a la red superpuesta, implementando cambios por áreas geográficas. La transición se hace en fases, cada una expandiendo el ámbito de VoIP y retirando equipos TDM hasta que sean eliminados por completo.

- “Cap and Grow” (cierre y expansión). Se trata de congelar la red actual y mantenerse en servicio tal y como existe en el momento. Cualquier expansión se implementa en equipos VoIP. Cuando se llega a un punto que la red nueva sea de tamaño estable, se empiezan a migrar los clientes que aun están conectados a la anterior para retirarla.
- Reutilización de equipos en la red. Algunos suministradores de equipos ofrecen una arquitectura de nueva generación que aprovecha elementos de la red actual. Estos casos presentan una oportunidad de ahorro para los operadores, que pueden hacer una migración aprovechando algunos de los mismos elementos tanto en una red como en la otra

3.7.3. Ventajas VoIP

Una gran ventaja de VoIP es la flexibilidad para ofrecer nuevos servicios multimedia (voz, datos, vídeo o una combinación) particularmente en comercios y entornos de atención al cliente.

Estos son ejemplos de servicios posibles con una red de paquetes:

- Telefonía (VoIP) para el consumidor a través de acceso de banda ancha (DSL, cable-módem, etc.).
- Interconexión de IP-PBX para negocios
- Emulación de IP-PBX (IP-Centrex)
- Central mensajera multimedia (buzón de voz, fax, correo electrónico, etc.)
- Centro de llamadas/atención al cliente
- Teletrabajo
- Telefonía VoIP internacional

También, la red IP permite integrar servicios diversos en una sola red. De esta forma, se economiza en temas de operación, espacio, poder y climatización, infraestructura, etc.

Un justificante técnico es la eficiencia. Una llamada telefónica por red TDM requiere un ancho de banda de 64 kbps. Esta capacidad se mantiene ocupada por la duración entera de la conexión, incluso en periodos de silencio en la conversación. Sin embargo, en VoIP, dependiendo del codificador (CODEC) que se utiliza y si se usan técnicas para suprimir el silencio, esta misma capacidad puede llevar múltiples llamadas.

3.7.4. Posibles beneficios del servicio VoIP

Varios de los servicios VoIP incluyen planes de llamadas ilimitadas locales y de larga distancia (por lo menos dentro de los Estados Unidos y Canadá) por un precio fijo y además una variedad de características o funciones interesantes, como por ejemplo:

- La posibilidad de tener más de un número de teléfono, incluso números de teléfono con códigos de área diferentes. Por ejemplo, si usted vive en Nueva York y sus hijos residen en San Francisco, usted puede obtener un número telefónico con un código de área de San Francisco y las llamadas efectuadas desde ese número serán facturadas con la tarifa aplicada a las llamadas locales.
- Sistemas integrados de mensajes de correo de voz y correo electrónico que le permiten escuchar sus mensajes telefónicos en su computadora o consultar su correo electrónico en su teléfono.
- Portabilidad, ya que mediante la utilización de programas software y hardware especiales, puede llevarse su sistema VoIP consigo cuando salga de viaje con su computadora, permitiendo que sus llamadas personales o comerciales le sean derivadas esté donde esté.

3.7.5. Privacidad y seguridad

Las llamadas del servicio VoIP se transmiten a través del Internet, lo cual plantea riesgos de privacidad y seguridad que no surgen con un servicio de teléfono fijo. Por ejemplo, los servicios VoIP pueden ser atacados por virus o “gusanos” de computadoras; si así fuera su línea telefónica VoIP podría ser

atacada por un nuevo tipo de spam de telefonía por el Internet llamado SPIT por su nombre en inglés (Spam Over Internet Telephony), y como resultado de este ataque su casilla de mensajes de voz podría ser inundada con mensajes de envío masivo y su línea podría ser interrumpida por una denegación debida al ataque al servicio.

3.7.6. ¿Por qué hablar por internet es más barato?

Al emplear la red de la Internet para transmitir la señal digital que contiene información de voz, los costos se reducen sustancialmente. La única tarifa que se paga es la de la conexión telefónica local o de cualquier otro tipo para acceder a Internet en el emisor y ciertos cargos en el punto final o de recepción. En la telefonía normal, toda la señal viaja por la red de telecomunicaciones empleando una infraestructura costosa que puede resultar complicada por diversos enlaces.

Cuando la conexión requiere usar la red telefónica normal, se emplea la misma en sitios de costos mínimo como EEUU u otros países de condiciones similares para igualmente abaratar costos.

3.8. IPTV

Desde el punto de vista de un usuario el servicio de difusión de televisión apenas ha sufrido variación desde sus comienzos. El equipo receptor, el televisor, permite sintonizar y acceder a los canales difundidos en el medio. Sin embargo, el servicio ha evolucionado de forma notable a lo largo del tiempo, ha mejorado la calidad de la imagen y el sonido, ha aumentado la oferta de canales difundidos por la aparición de nuevos agentes privados y se ha incorporado una oferta televisiva de pago a la emisión en abierto original. Siendo reseñables estas mejoras, es actualmente cuando la televisión, sumida en el proceso de digitalización, se enfrenta a una etapa de cambio sin precedentes.

La TV digital¹³ es la evolución de las emisiones tradicionales al formato digital. Esta evolución permite una mejora de calidad de la imagen y sonido, un mayor número de canales y la introducción de numerosos servicios interactivos. La posibilidad de renovar el parque de televisores y de reinventar el ocio en el hogar justifica las tremendas expectativas y el incondicional apoyo de la industria de electrónica de consumo al proceso de digitalización. Sin embargo, el efecto con mayor impacto del proceso de digitalización de la televisión es la ampliación del número de canales, y por tanto de la oferta televisiva. En el mercado audiovisual, basado fundamentalmente en los ingresos publicitarios, la aparición de nuevos agentes y nuevos canales, provocará una mayor competencia por la publicidad e impulsará nuevos modelos de negocio.

La digitalización supone también la liberación del espectro actualmente utilizado por la televisión analógica. Los posibles usos de ese espectro, sea en canales adicionales, nuevos servicios televisivos o servicios de comunicaciones móviles o inalámbricas, tendrá un efecto importante en el panorama global de las telecomunicaciones.

Si al proceso de digitalización de la televisión, se une la popularización de los accesos a Internet de banda ancha, el efecto en el panorama audiovisual puede ser aún más futurista. La aparición de servicios audiovisuales prestados sobre la infraestructura de banda ancha de acceso a Internet (IPTV) incide aún más en una situación en que el número de canales es limitado, y su difusión se apoya en un recurso, el espectro, escaso, se pasa a una situación en que el número de canales es, teóricamente ilimitado, y desaparece la dependencia del espectro. Es un nuevo concepto de televisión, más cercano al concepto de vídeo digital (acceso a contenidos) que al de televisión (difusión de contenidos).

La televisión sobre IP (IPTV, *Internet Protocol Television*) es el resultado de la convergencia entre Internet y televisión, que abre nuevas opciones al

¹³ CCIR-601 (actualmente ITU-R. BT.601)

entretenimiento y a los servicios para los usuarios, así como a la generación de mayores ingresos para las operadoras que entren en este mercado.

El gran crecimiento de las conexiones de banda ancha va a facilitar el rápido desarrollo del sistema IPTV en los próximos años. El éxito, en cualquier caso, depende no sólo de las características de cada operador en particular (su infraestructura, la estrategia que diseñe para abordar el negocio, etc.), sino también de la elección de los mejores socios para el desarrollo de un sistema muy complejo, pero con una enorme potencialidad. Nadie duda de que, a corto o medio plazo, esta modalidad será adoptada por las empresas de telecomunicaciones para aumentar sus ingresos, complementar sus actuales ofertas de transmisión de voz y datos, y, sobre todo, conocer los gustos y hábitos de sus clientes. Esta última premisa es fundamental para lograr el objetivo de ofrecer un conjunto de servicios de vídeo, voz y datos (*triple play*) que incremente los beneficios por suscriptor, mejore la satisfacción del cliente y garantice su fidelidad. No obstante, la proposición de valor de la IPTV no esconde tampoco la dificultad de su implementación y la necesidad de resolver algunos de los problemas clave que su desarrollo presenta.

3.8.1. Nuevos modelos de negocio

En lo que respecta a la difusión propiamente dicha, IPTV facilita opciones como la suscripción por un paquete de servicios, la modalidad a la carta o el *time shifting*, que permite detener el programa que se está viendo en directo y continuar posteriormente su visión en el punto en el que se dejó. En el campo de los servicios bajo demanda, se abren posibilidades al vídeo *on-demand* (VOD), así como la posibilidad de ofrecer la caja decodificadora con o sin disco duro.

Además, la interactividad que permite la televisión sobre IP abre muchas posibilidades al mercado de juegos, loterías y subastas, así como a la publicidad interactiva.

Otras opciones son la integración de los servicios (por ejemplo, el *caller ID* en pantalla) o fijar el precio bien a través de paquetes de ofertas (voz, vídeo y datos) o bien con gran variedad de alternativas, desde el establecimiento de primas hasta la gratuidad.

Está claro que los diferentes servicios de pago que ofrece la televisión sobre IP ayudan a maximizar el valor de las redes de banda ancha de las operadoras. Sin embargo, los retos a los que se enfrentan son igual de importantes. Por un lado, deben garantizar al consumidor las altas expectativas generadas en la calidad del servicio y hacer frente a dos de las características que definen actualmente este mercado: la falta de estandarización, lo que obliga a una exigente selección de *partners*, y la carencia de soluciones escalables y sólidas *end-to-end*, debido al todavía escaso desarrollo de la tecnología.

Por otro lado, las operadoras necesitan garantizar la protección del contenido y los ingresos, así como alcanzar acuerdos con los principales propietarios de dichos contenidos, como los estudios de Hollywood o las empresas y entidades que controlan los derechos deportivos. En este contexto, es fundamental el desarrollo de las competencias de red, así como insistir en su capacidad y escalabilidad.

3.8.2. Fuentes de ventaja competitiva: vídeo de ocio

Cada nueva aplicación de banda ancha tiene requisitos únicos que la distinguen del servicio HSI (High Speed Internet) de hoy. Por ejemplo, migrar las comunicaciones en tiempo real desde telefonía a videotelefonía con presencia ofrece una rara oportunidad a los proveedores de servicios para mejorar la utilidad y el valor de sus servicios de comunicación en tiempo real.

Actualmente, el vídeo de ocio es uno de los nuevos servicios de banda ancha más excitantes. Pero, ¿Cómo puede el vídeo basado en DSL ofrecer una ventaja competitiva, especialmente cuando está entrando tarde en un

mercado dominado por los MSOs¹⁴ de cable y el satélite? Aunque un proveedor de servicios puede ser capaz de capitalizar sobre otros recursos, como su imagen de marca como un suministrador fiable y de confianza, su principal ventaja es la capacidad de suministrar servicios personalizados que se distinguen de los de sus competidores al ofrecer ancho de banda individualizado e importante en ambas direcciones.

A diferencia de las redes de MSOs de cable, las redes DSL se pueden diseñar con relativa facilidad para una alta proporción de tráfico de unidifusión y ascendente. Unidifusión significa que un tren de vídeo diferente se envía por la red para cada abonado, en oposición a la multidifusión, en la que cada tren se copia para muchos abonados.

La unidifusión es ventajosa para los proveedores de servicios debido a que soporta mejor los servicios.

La unidifusión también ofrece modelos de precios que no están disponibles o son difíciles de implementar con la difusión, como “pay per view”, y capacidad para emitir anuncios y reportar estadísticas de emisión de anuncios.

El ancho de banda ascendente permite a un proveedor de servicio ofrecer servicios de comunicación en tiempo real ricos en medios. Muchos proveedores de servicios de banda ancha elegirán lanzar sus ofertas multiservicio con un servicio de vídeo multidifusión, ya que pueden lanzarlas rápidamente y reclamar paridad con sus competidores. Sin embargo, a largo plazo se espera que los proveedores de servicios apunten hacia un modelo de suministro de unidifusión debido a su capacidad de diferenciación de servicios. Sin embargo, incluso a largo plazo la multidifusión tiene un papel útil ya que es mucho más eficiente cuando mucha gente desea ver simultáneamente el mismo contenido, como noticias y deportes en directo.

¹⁴ Multiple System Ownership

3.8.3. Diseño de las prestaciones del bucle de acceso

Cuanto más “vanguardista” es la oferta de vídeo, más retardadora es la evolución de red. El principal obstáculo de red para DSL es la nueva referencia de consumo de ancho de banda por hogar que está estableciéndose o previéndose para cable y satélite.

Específicamente, la referencia norteamericana (que será probablemente la marca durante algún tiempo) está constituida por los múltiples espectadores simultáneos de TV de definición estándar o alta definición en un único hogar, más HSI y otros servicios. La mayoría de los proveedores de servicios consideran que esto requerirá una velocidad de pico de 15 a 24 Mbit/s por hogar, asumiendo el uso de codecs de vídeo de próxima generación. Esto es demasiado rápido para ADSL (línea de abonado digital asimétrica) y por ello se requiere un cambio en la arquitectura de red, o a FTTN (fibra hasta el nodo) usando ADSL2+ o VDSL (línea de abonado digital de muy alta velocidad) para el punto final, o a FTTP (fibra hasta las instalaciones), generalmente en situaciones donde no hay nada hecho.

ADSL2+ proporciona mayor alcance pero menores prestaciones que VDSL. ADSL2+ de canal-conectado aumenta las prestaciones casi a los niveles de VDSL, pero a costa de múltiples pares por hogar. En zonas con muchos pares de reserva esto no será un problema, pero podría ser importante en otras zonas o donde existe una elevada adopción de servicios. VDSL ofrece excelentes prestaciones, pero sólo en distancias cortas. También tiene un elevado consumo de potencia, que es un problema debido a que la planta exterior de VDSL se suele instalar en lugares sin fuentes de alimentación ni refrigeración.

3.8.4. Prestaciones de DSL

La velocidad de datos que puede soportar una línea de acceso disminuye con el aumento de la longitud del bucle. También influyen el calibre del hilo, la

condición de los cables y conexiones, los niveles de ruido y diafonía y otros factores.

La Figura 3.2 muestra el funcionamiento simulado de ADSL2+ (línea de abonado digital asimétrica 2+) y de VDSL2 (línea de abonado digital de muy alta velocidad 2) sobre un hilo 26 AWG (0,4 mm) con un nivel realmente significativo de auto-diafonía y ruido. Las prestaciones en planta exterior suelen ser mejores, pero podría también ser peores que estas prestaciones simuladas.

Al usar la compresión de video H.264, tres canales de TV de definición estándar, un canal de TV de alta definición, unos pocos canales de VoIP (voz sobre el protocolo Internet), con una cierta capacidad por encima del acceso Internet de alta velocidad, se requieren aproximadamente de 18 a 24 Mbit/s a un usuario. Como puede verse en la Figura 2, se pueden suministrar 20 Mbit/s a una distancia de unos 3.000 pies (1 kilómetro) usando VDSL2 o, cerca de 4.500 pies (1,5 kilómetros) usando ADSL2+ de dos pares conectados (10 Mbit/s por par). Esta distancia es obviamente demasiado corta para proporcionar a la mayoría de usuarios directamente desde la oficina central el paquete de servicios de video requerido, lo cual se convierte claramente en un limitante.

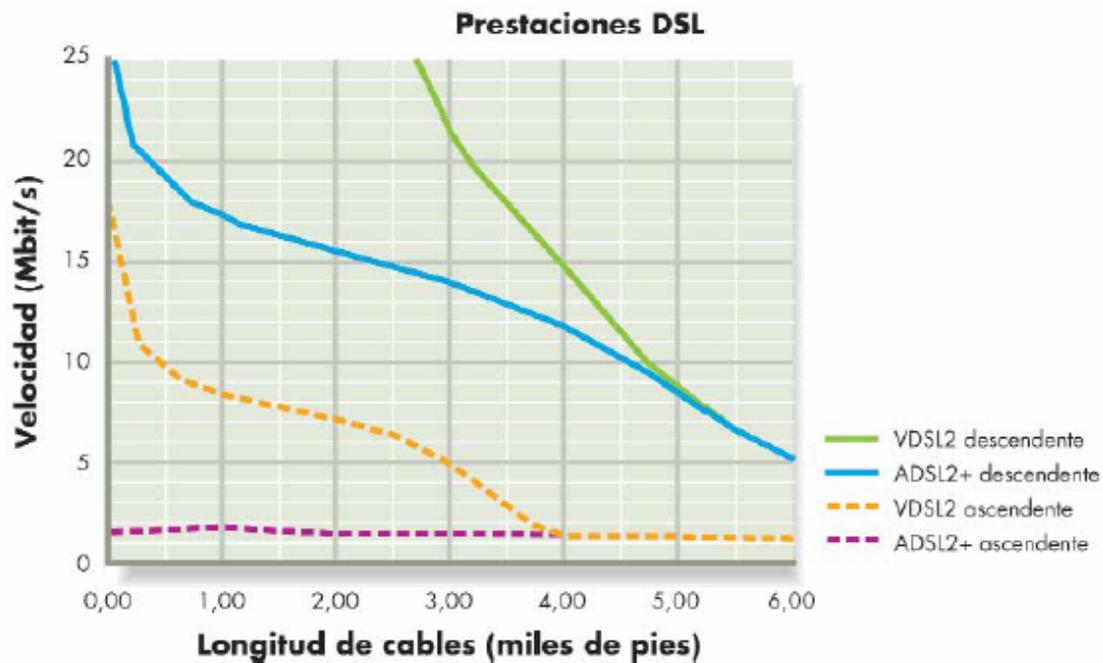


Figura 3.2. Prestaciones xDSL

3.8.5. Diseño de calidad de servicio

Una diferencia llamativa entre los servicios en una red multiservicio es la QoS requerida en métricas de prestaciones como caudal, pérdidas de paquetes, latencia y jitter. Una red multiservicio debe ser capaz de distinguir entre servicios y tratarlos de forma diferente a través de la red de acceso y agregación.

Debe asignar a los servicios diferentes prioridades, y realizar diferentes acciones en condiciones de congestión.

El tráfico de vídeo llega a un cliente, a un settop box, desde el cual se ve a una velocidad constante, como el agua gotea a una velocidad constante desde el fondo de un cubo. El tamaño del buffer de vídeo (o cubo) determina durante cuánto tiempo debe mantenerse el caudal mínimo. Si la velocidad media de llegada al buffer es más lenta que la velocidad de visión, el cubo se vaciará y la visión del vídeo se parará como resultado de “desbordamiento de buffer”

El vídeo (en especial la multidifusión), VoIP y MMoIP responden mal a la pérdida de paquetes. Durante congestión cuando un navegador web va momentáneamente más lento, las sesiones de voz se pueden desconectar, mientras que el vídeo puede experimentar defectos de audio e imagen de vídeo. El vídeo es sensible a la pérdida debido a que se comprime, ya que cada bit contiene información importante, y porque los paquetes recibidos más tarde generalmente no son utilizables; no hay tiempo para retransmitir un paquete perdido.

Es esencial separar vídeo y VoIP de los servicios Internet. Los elementos de red diseñados para HSI responden normalmente a la congestión descartando paquetes aleatoriamente. Es el comportamiento estándar para tráfico TCP (protocolo de control de transmisión) en Internet, pero resulta ineficaz para fuentes de vídeo (que por lo general no usa TCP), y puede degradar significativamente la calidad de los servicios de vídeo. La priorización y separación de servicios deberían usarse para asegurar que dichos mecanismos limitadores de la demanda no se aplican al tráfico de vídeo o de VoIP.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA RED

4.1. INTRODUCCIÓN

En el mundo de hoy, los operadores fijos se enfrentan a retos sin precedentes en sus negocios. Los cambios en la tecnología a través de mercados hipercompetitivos empujan a los operadores a buscar nuevos caminos para diferenciación y valor. Aparte de estos retos, existen oportunidades significativas para que los operadores fijos mantengan su base y rehagan el panorama de las comunicaciones transformando las reglas fundamentales del juego. El factor capacitador para los operadores reside en los medios tecnológicos a su alcance para impulsar una innovación de servicio sin precedentes explotando una base de servicio IP para servicios de voz, vídeo y datos.

La nueva red debe ser capaz de soportar el acceso de múltiples usuarios pero a su vez debe ser capaz de aislar a los diferentes clientes entre sí. Para conseguir estos propósitos se opta por elegir una tecnología capaz de crear fácilmente redes privadas virtuales.

A su vez, es necesario poder dar un buen servicio a todos los operadores/clientes, con lo que la solución para la evolución de la red debe ser capaz de permitir técnicas de recuperación rápida ante fallos, calidad de servicio e ingeniería de tráfico.

Por ello se está actuando sobre la red IP para llegar a la implantación de una red basada en la tecnología de conmutación de etiquetas multiprotocolo, MPLS

(Multiprotocol Label Switching), como medio para mejorar la eficiencia de las redes de datos.

Hoy en día la arquitectura del Multiprotocol Label Switching (MPLS) está obteniendo un notable éxito, por su capacidad de coexistir con cualquier protocolo de la red y, sobre todo por su compatibilidad con cualquier tecnología de la red subyacente. La red IP se ha transformado en una extensa red en la que las opciones de negocio y los mercados de consumo inducen al desarrollo de nuevas aplicaciones. Existen aplicaciones de voz y multimedia que requieren una gran cantidad de ancho de banda y que éste se mantenga garantizado durante todo el servicio.

4.2. METAS Y RETOS

Las áreas de backbone, acceso y metropolitanas están evolucionando, con servicios Ethernet extendidos a través de dominios diferentes, y con MPLS como la arquitectura para convergencia de red.

La migración de las redes de telecomunicaciones a una plataforma IP que soporta ofertas de voz, vídeo y datos ofrece una oportunidad convincente para innovaciones de servicio que responden a demandas del consumidor. Además, la naturaleza de las redes de telecomunicaciones de última milla para soportar comunicaciones bidireccionales de mayor ancho de banda es una distinción que se halla en el corazón de la diferenciación de servicio.

Los operadores de telecomunicaciones han adoptado protocolos IP para casi todas las partes de sus negocios, incluyendo servicios de datos, redes de voz de siguiente generación. La llegada de la televisión de protocolo Internet (IPTV) ofrece un tercer servicio que se apoya en protocolos IP comunes a voz y datos. Con esto en mente, los operadores de telecomunicaciones tendrán una plataforma unificadora basada en IP para innovación de servicio que fusiona voz, vídeo y datos en un catálogo de servicios que puede personalizarse para los consumidores. Ésta es la base para una ventaja competitiva a largo plazo ofreciendo un mejor servicio.

Para ello es fundamental una plataforma de servicio común escalable que soporte servicios ricos en medios con diferentes acuerdos de nivel de servicio (SLAs) y capaz de llegar a los consumidores a través de una variedad de puntos de acceso.

4.3. BENEFICIOS DE LA CONVERGENCIA

Los operadores de red están observando grandes incrementos de tráfico, pero sin un aumento equiparable en los ingresos. La migración de voz a datos y vídeo implicará un aumento del tráfico, aproximadamente del doble, mientras se espera con toda probabilidad que los ingresos se tripliquen.

La manera de asegurar la rentabilidad es evolucionar la red hacia la convergencia de los servicios.

La implementación de un core o backbone único MPLS para el transporte de todo tipo de servicios presenta ventajas importantes en términos de simplificación de la infraestructura de red y por tanto de abaratamiento de su operación y mantenimiento.

Una faceta importante del backbone de la red es la de proporcionar una interfaz con otros componentes de la red. Esto tiene lugar en la periferia de la red, donde el backbone se conecta con la capa de agregación de acceso para ofrecerle servicios de transporte y para servir como punto de inyección de servicios de voz, datos y vídeo.

4.4. UNA TRANSFORMACIÓN DE LA RED

Junto a la transformación del negocio, la introducción del triple play tiene un impacto importante en la red, dando lugar a nuevas demandas e imponiendo nuevas restricciones, requiriendo de los operadores la actualización de su infraestructura existente. Los servicios vídeo crean una demanda masiva de

mayor caudal de tráfico y una necesidad creciente de la calidad de servicio, así como de las prestaciones y escalado de servicios y políticas.

Para entrar de forma estratégica en el proceso de transformación del triple play y beneficiarse de sus oportunidades, los operadores deben asegurar que sus redes pueden acomodar nuevas demandas de aplicaciones ricas en contenido y de servicios de ancho de banda. Los operadores están de acuerdo con el modelo definitivo de conexión de redes extremo a extremo a utilizar para la entrega de triple play. La evolución hacia Ethernet en redes de acceso y agregación ya ha comenzado, debido a su rentabilidad y eficiencia en ancho de banda.

El proceso de transformación que los proveedores de servicios deben emprender se resume en la tabla 4.1

<p>Agregación de banda ancha basada en ATM</p> <p>DSLAMs ATM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agregación de capa 1 no inteligente • Enlaces ATM de baja velocidad <p>Conexiones fijas y complejas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basados en PPP • Elevado coste de provisión <p>BRAS centralizados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acceso a internet best-effort • Escaso QoS y enrutamiento escalable <p>Escasez de resiliencia en la red</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interrupciones toleradas • Mínimas recuperaciones financieras 		<p>Agregación de banda ancha basada en IP y Ethernet de nueva generación</p> <p>DSLAMs IP</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agregación inteligente con soporte de multidifusión • Enlaces Gigabit Ethernet <p>Conexiones flexibles y sencillas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basados en DHCP • Bajo coste de provisión <p>Routers de agregación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimización para servicios de video y otros de QoS • Altamente escalables <p>Alta disponibilidad de la red</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poca o ninguna tolerancia a interrupciones de servicios • Riesgos de pérdidas si no se cumple los estándares de fiabilidad
---	---	---

Tabla. 4.1. Proceso de transformación de la red para Triple Play

4.5. REQUISITOS DE UN BACKBONE DE NUEVA GENERACIÓN

El nuevo backbone de las redes de nueva generación debe estar constituido de modo que pueda acomodar todo el tráfico residencial y de empresas, incluyendo voz, vídeo bajo demanda y broadcast (TV), redes privadas virtuales y acceso a Internet. Esto requiere un fuerte incremento de la capacidad de los nodos por lo que la escalabilidad de los equipos de core es esencial.

Además de los servicios tradicionales de paquetes, el nuevo core ha de transportar ahora tráfico muy sensible al retardo, al jitter y a la pérdida de paquetes como son la voz y el vídeo. Por ello, las nuevas redes han de tener unos niveles de disponibilidad desconocidos hasta ahora. A más de la disponibilidad debe ser flexible a la hora de añadir nuevos servicios a la red, lo que tradicionalmente ha supuesto paradas para actualización de software.

Los equipos de nueva generación requieren altas prestaciones para poder gestionar todo el tráfico al que se ven sometidos mientras que deben ser capaces de ofrecer múltiples funciones para tratar el tráfico de forma inteligente y poder actualizar esas funciones a medida que los requisitos de mercado lo exijan para el lanzamiento de nuevos servicios.

4.6. DIMENSIONAMIENTO

De los servicios que se pueden implementar dentro de la red el que a más corto plazo estará presente es la VoIP, por lo tanto se debe realizar el dimensionamiento considerando las necesidades particulares de este servicio.

En el dimensionamiento se deben tomar en cuenta factores tales como el ancho de banda y la calidad de servicio, por lo tanto se debe considerar el ancho de banda mínimo para mantener una conversación telefónica de buena calidad y además los métodos de priorización e ingeniería de tráfico.

En cuanto al ancho de banda para diseñar una red convergente que incluya voz se debe pensar en el algoritmo de codificación.

La tabla 4.2 muestra las características de los más comunes algoritmos de codificación

Algoritmo de codificación		Ancho de banda	Muestreo	Ancho de banda IP
G.711	PCM	64kbps	0.125ms	80kbps
G.723.1	ACELP	5.6kbps	30ms	16.27kbps
	MP-MLQ	6.4kbps		17.07kbps
G.726	ADPCM	32kbps	0.125ms	48kbps
G.728	LD-CELP	16kbps	0.625ms	32kbps
G.729(A)	CS-ACELP	8kbps	10ms	24kbps

Tabla. 4.2. Algoritmos de codificación

Como se puede observar en la figura 4.1 con un ancho de banda de 32 Kbps y utilizando el algoritmo de codificación G.728 se puede tener una línea de voz.

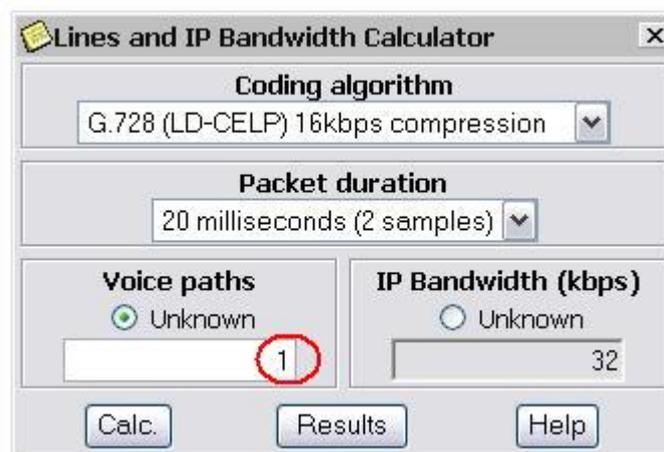


Figura. 4.1. Calculo de las líneas de voz

Se tiene que tomar en cuenta que el ancho de banda que se requiere es de subida tanto como de bajada.

En cuanto a los métodos de priorización e ingeniería de tráfico se pueden utilizar los ya expuestos que son características básicas del protocolo MPLS, tales como la provisión de LSPs exclusivos para el tráfico de voz, y la asignación a diferentes colas de salida.

Dentro del diseño entre cada router se van a crear varios LSPs con el fin de proveer rutas explícitas para la voz, esto permite eliminar la congestión que provoca el tráfico de datos tradicionales.

Con todo esto suponiendo una conexión de banda ancha de 128kbps/64Kbps que incluya servicios de VoIP y datos, aparte de los servicios de telefonía tradicional; con una capacidad de transporte de 1Gbps se puede brindar acceso a un poco mas de 5000 usuarios residenciales, esto asumiendo la mínima velocidad para una conexión de banda ancha.

Considerando esto y suponiendo que solamente se vaya a brindar el servicio a usuarios residenciales con cada Gigabit de capacidad de transporte se puede ofrecer este servicio a más de 5000 usuarios dentro de la ciudad de Quito, lo cual es suficiente. Pero, ya que no solamente se transportará voz con una pequeña capacidad de datos, este número de usuarios disminuye.

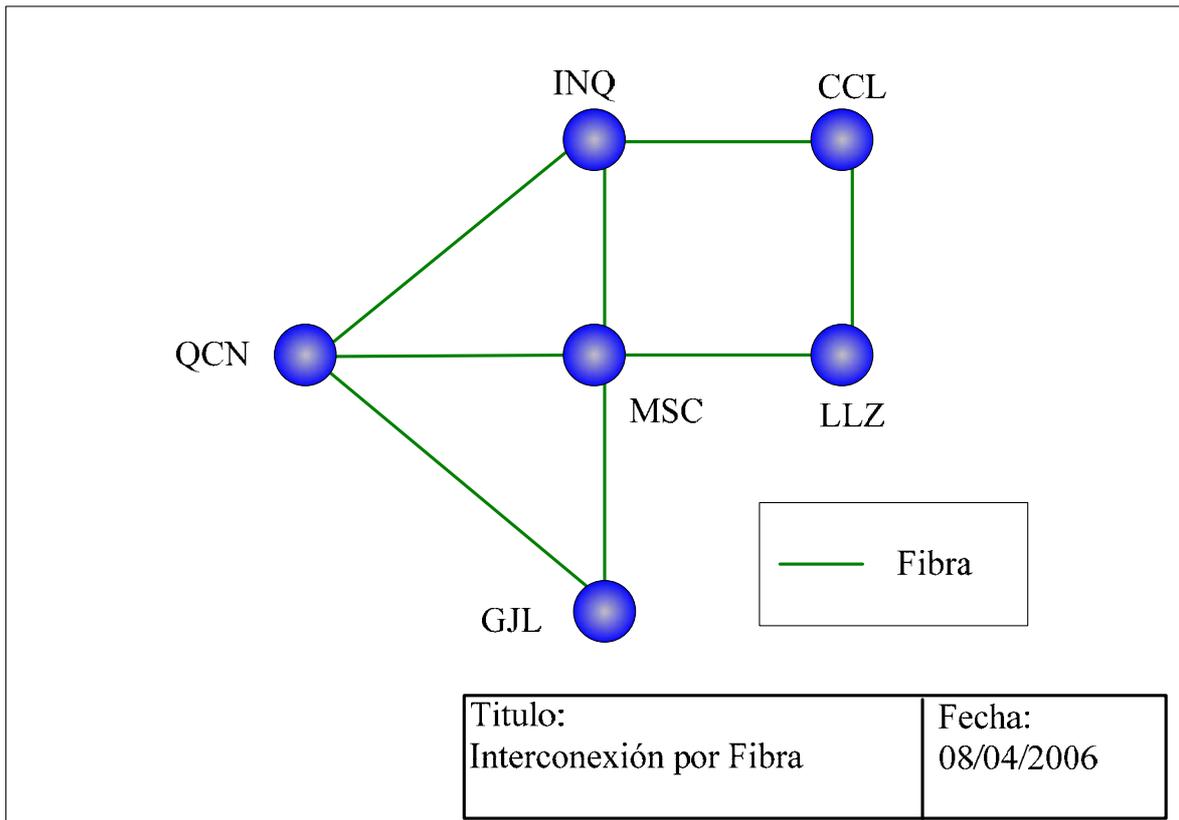
Este cálculo no es muy preciso, ya que las empresas no solamente necesitan una línea de VoIP, sino varias según sus necesidades y además necesitan mayores velocidades de datos y la posibilidad de realizar videoconferencias, que requieren un mínimo de 384 Kbps. Si a todo esto se suma que a largo plazo se podrá brindar servicios de video, sumado con los de voz y datos, la capacidad de transporte necesaria dentro de la red deberá aumentar considerablemente.

Por lo tanto se tiene que diseñar la red de modo que posea la flexibilidad y capacidad de crecimiento necesaria a fin de cumplir con las necesidades de todos los clientes.

La capacidad de transporte tiene que irse incrementando de acuerdo con las necesidades, partiendo de 1 Gbps dentro del backbone a velocidades cada vez mayores. Por lo tanto los routers deben tener la posibilidad de brindar las interfaces necesarias para este incremento.

4.7. DISEÑO

Andinatel posee anillos de fibra que conectan las principales centrales en la ciudad de Quito como se muestra en la figura 4.2.



QCEN: Quito Centro INQ: Iñaquito MSC: Mariscal
LLZ: La Luz CCL: Carcelen GJL: Guajaló

Figura. 4.2. Interconexión por fibra en la ciudad de Quito

Sobre esta fibra óptica que ya está desplegada, se pretende montar una red IP/MPLS, conectando los routers a interfaces GigabitEthernet.

Este sería el backbone principal, a partir del cual se desarrollará toda la red. Al conectarse con interfaces GigabitEthernet se garantiza que el flujo de paquetes entre los routers tengan el suficiente ancho de banda para desarrollar aplicaciones de nueva generación, tales como Triple Play.

4.7.1. Routers

Los routers deben cumplir con las siguientes características:

- Poseer interfaces Gigabit Ethernet
- Poseer Slots de crecimiento, tanto Ethernet como otras tecnologías para la interconexión de redes
- Ser compatible con algún sistema de gestión
- Tener gran capacidad de transporte
- Brindar alimentación redundante

El sistema operativo de los routers deben brindar las siguientes características:

- Soportar por lo menos los protocolos de enrutamiento OSPF y BGP
- Ser modular
- Soportar MPLS
- Permitir la creación de rutas y túneles MPLS
- Garantizar la priorización de paquetes
- Reconocimiento de aplicaciones y tratamiento de los flujos de acuerdo con sus necesidades

De acuerdo a todas estas características se ha escogido para el diseño el Router Cisco de la serie XR 12000, que según el fabricante cumple con todas los requerimientos para la implementación de esta red.

Se va a diseñar un backbone de red que conectará las centrales Iñaquito, Quito Centro y Mariscal, debido a que son las centrales mas importantes, y las que más tráfico soportan; como se muestra en la figura 4.3

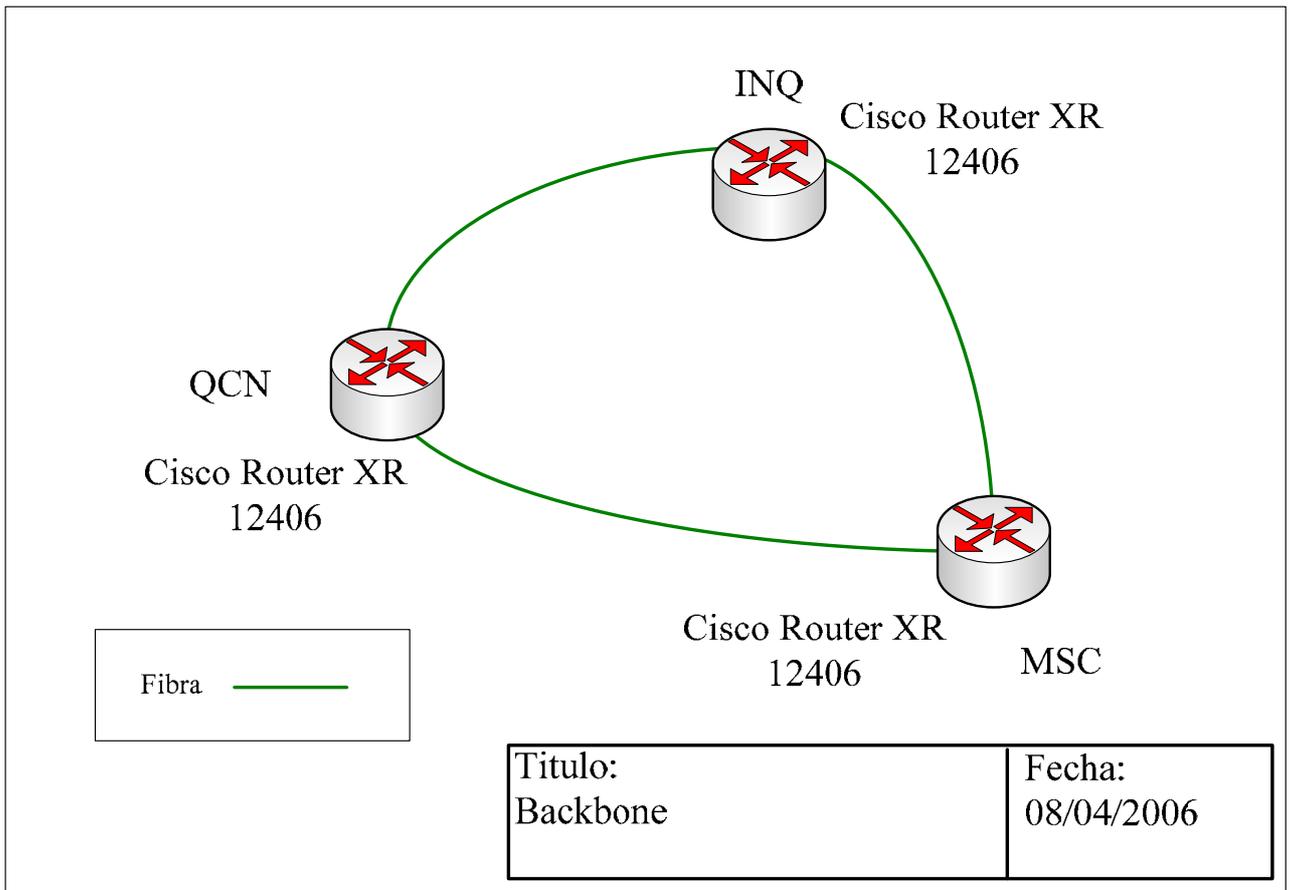


Figura. 4.3. Red de Backbone

Este backbone de red estará conformado por Routers Cisco XR 12406 (figura 4.4).



Figura. 4.4. Cisco Router XR 12406

En las centrales restantes se instalarán routers Cisco XR 12404 (figura 4.5).



Figura. 4.5. Cisco Router XR 12404

Estas plataformas permitirán a los proveedores de servicios ampliar sus redes para incrementar las velocidades ópticas y entregar el ancho de banda necesario para los servicios IP/MPLS de próxima generación

El router XR 12406, posee una chasis de 1/4 rack, 6 slots en los cuales se pueden incorporar tarjetas de 10 Gbps, llegando a una capacidad de 60 Gbps. La tarjeta de 10 Gbps (figura 6), proveen 10 puertos GigabitEthernet dedicados. Están diseñadas para interconectar el router con otros sistemas, los cuales incluyen router de frontera, switch de capa 2, 3. Además se pueden incorporar tarjetas STM-1 para interconectarse con la red ATM.

El router XR 12404 es de la misma serie que el XR 12406, por lo tanto posee las mismas características, la diferencia está en el tamaño y la capacidad, el XR 12404 es más pequeño.

El router Cisco XR 12404 posee un chasis de 1/8 rack, posee 4 slots, en los cuales se puede incorporar tarjetas de 10 Gbps (figura 4.6), llegando a una capacidad de 40 Gbps.

Los Routers Cisco de la serie XR 12000 ofrecen escalabilidad, alto rendimiento, Qos robusto, mecanismo de multicast, y garantizan la priorización de paquetes, además combinan la disponibilidad del ancho de banda con el ahorro de costos, lo cual permite acelerar la evolución de los proveedores de servicio a las redes IP de nueva generación rentables.

Además soportan una gran variedad de protocolos de enrutamiento tales como IS-IS, OSPF, BGP, EIGRP, RIP, entre otros. Permite la creación de listas de acceso, ingeniería de tráfico, creación de VPNs, por lo cual constituyen una solución muy adecuada para la implementación de la red.

Estos routers utilizan un sistema operativo IOS XR. El sistema operativo IOS XR, un nuevo miembro de la familia IOS. Este software ha sido diseñado para ofrecer los altísimos niveles de escalabilidad, operación continuada y flexibilidad que requiere la convergencia de redes.

Una característica fundamental de IOS XR es que está construido empleando una arquitectura de microkernel con protección de memoria. Esto aísla el funcionamiento del sistema operativo de cualquier componente del sistema, como drivers de dispositivos o sistemas de ficheros aumentando por tanto la fiabilidad general del sistema.

La naturaleza modular de IOS XR combinada con su capacidad de soportar rearranques de procesos sin impacto en la operación permite realizar actualizaciones de software, en forma de módulos funcionales, sin interrumpir el servicio. Esto permite a los operadores de servicios aplicar parches para corregir problemas concretos o añadir nuevas funciones sin necesidad de tener que homologar un nuevo sistema operativo.

El IOS XR de Cisco ha sido diseñado con unos criterios de escalabilidad que permitan soportar millones de rutas, decenas de miles de interfaces y miles de peers; todo esto mientras mantiene la identidad de un router único de cara a la red



Figura. 4.6. Tarjeta 10 Gigabit

La conexión entre los routers se realizará por medio de interfaces GigabitEthernet.

4.7.2. Switchs

A estos routers se deben conectar switchs para brindar el acceso como se muestra en la figura 4.7.

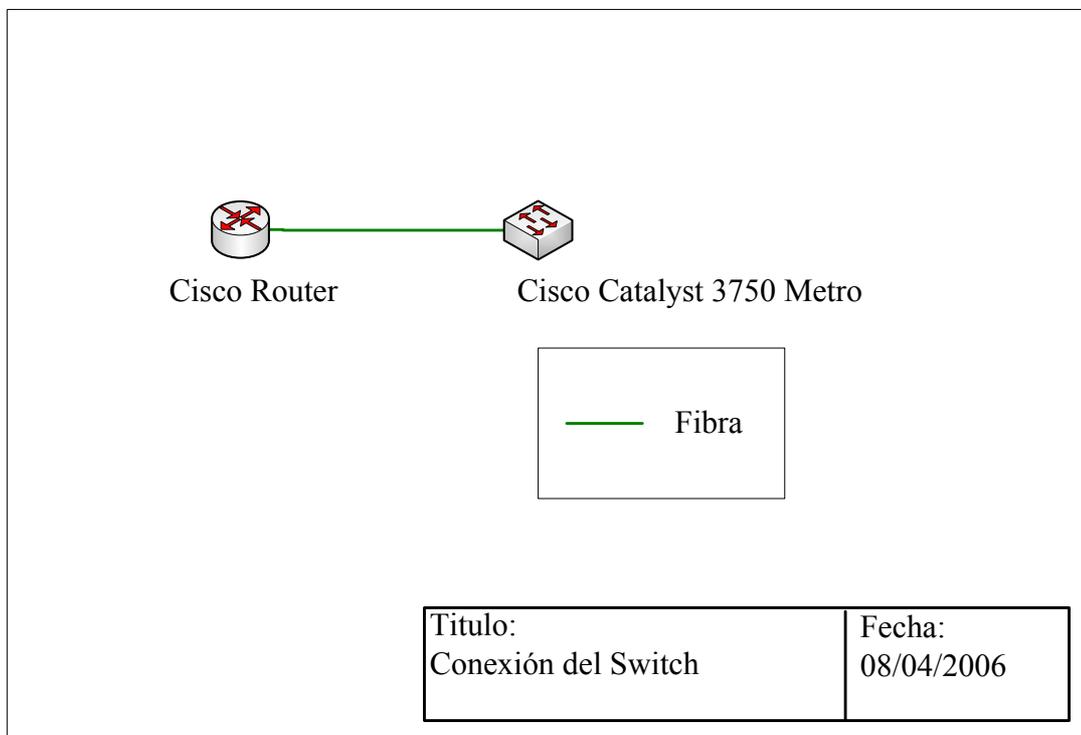


Figura. 4.7. Conexión del Cisco Catalyst 3750 Metro

Estos switches deben tener las siguientes características:

- Poseer alimentación redundante
- Poseer interfaces tanto Gigabit Ethernet como Fast Ethernet
- Soportar la creación de VLANs
- Soportar la creación de VPNs
- Capacidad de diferenciación de servicios
- Soportar MPLS

Según estas características se ha escogido para el diseño los switch Cisco Catalyst 3750 (figura 4.8), que según el fabricante satisface las necesidades para la implementación.



Figura. 4.8. Switch Cisco Catalyst 3750

El switch Cisco Catalyst 3750 Metro, es una nueva línea de switches que proporcionan gran inteligencia para el acceso a redes metropolitanas Ethernet, permitiendo la entrega de servicios diferenciados. El switch ofrece Qos, modelamiento de tráfico, tunneling 802.1Q inteligente, VLANs translation, MPLS, Ethernet sobre MPLS (EoMPLS).

Son ideales para proveedores de servicios que buscan entregar servicios rentables, tales como VPNs en diferentes anchos de banda y con diferentes acuerdos de servicios.

Con sus flexibles opciones de software, brinda a los proveedores una ruta rentable para alcanzar los actuales y futuros requerimientos de servicios de las empresas y negocios.

Con el Cisco Catalyst 3750 Metro, los proveedores de servicios son capaces de construir una red integrada y flexible con inteligencia de extremo a extremo.

El Cisco Catalyst 3750 Metro, posee 24 puertos Ethernet 10/100, 2 puertos Gigabit Ethernet básicos, y 2 puertos Gigabit Ethernet mejorados. Además posee opciones de alimentación AC o DC, opciones alimentación redundante.

Los puertos Gigabit Ethernet se conectan mediante convertidores SFP, los cuales incluyen 1000BASE-T, 1000BASESX, 1000BASE-LX/LH, 1000BASE-ZX y WDM.

Los puertos mejorados soportan QoS jerárquico bidireccional, modelamiento de tráfico, tunneling 802.1Q inteligente, VLAN translatios, MPLS, EoMPLS. Estos puertos sirven como uplink para los puntos de agregación de la red.

El 802.1Q tunneling permite al proveedor de servicio crear servicios de VPN de capa 2. Con 802.1Q tunneling los proveedores de servicios pueden separar sus redes de las de sus clientes.

La VLAN translation es que en lugar de etiquetar dos veces el paquete, la característica VLAN Translation traduce la ID de la VLAN de un cliente a una ID del proveedor de servicio, mientras el paquete pasa por la red. Al no tocar el paquete la información de QoS se preserva.

El MPLS VPN permite al proveedor de servicio construir una verdadera red MPLS end-to-end, y ofrecer servicios MPLS VPN a sus clientes. EL modelo MPLS VPN es un modelo VPN que pone vigor en la separación de tráfico mediante la asignación de un VRF (Virtual Routing Forwarding) único a cada cliente. De esa manera, los usuarios en una VPN específica no pueden ver el

tráfico afuera de dicha VPN. La separación del tráfico ocurre sin necesidad de tunneling o encriptación porque se construye directamente en la red.

El modelamiento de tráfico almacena los frames de datos de un flujo de tráfico particular. Los frames de datos después se envían a la red en cantidades reguladas para asegurar que el tráfico encaje a una conexión particular.

El Cisco Catalyst 3750 Metro se conectara al router mediante el puerto mejorado a través de un cable de fibra.

La arquitectura de la red se muestra en la figura 4.9.

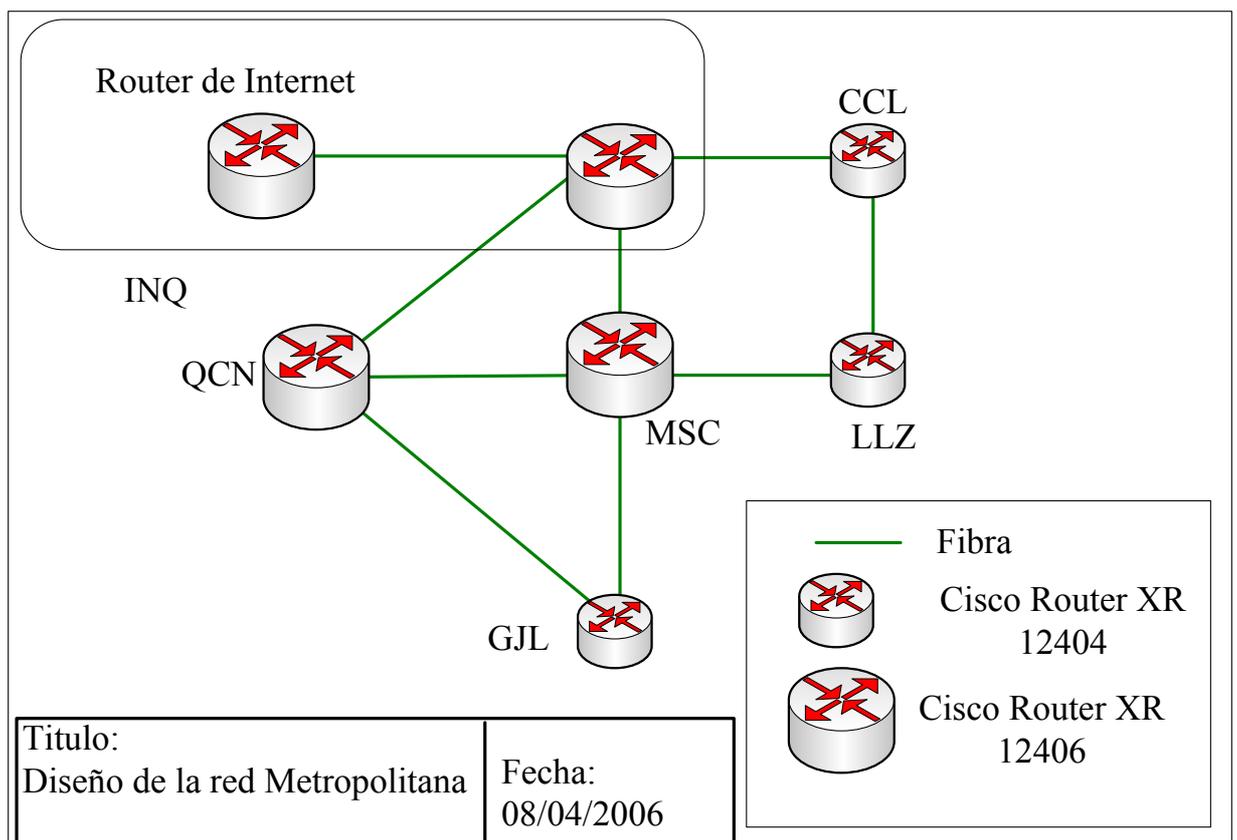


Figura. 4.9. Arquitectura de Red

Todos los dispositivos se conectan a interfaces Gigabit Ethernet mediante Fibra óptica monomodo.

El router de Internet se encuentra en la central de Ñaquito, por lo cual se conecta directamente al Cisco Router XR 12406.

4.8. SOLUCIONES PARA LA RED DE ACCESO

El acceso y el ancho de banda de red disponible para cada usuario debe ser incrementado significativamente.

Basada en el servicio en mente en la actualidad y el tamaño de las familias, la experiencia procedente de ensayos muestra que se requiere una capacidad de tráfico por hogar de 20 a 100 Mbps. Está claro que ofertas de cerca de 1 - 1,5 Mbps no serán suficientes para hacer posible servicios triple play con capacidades atractivas, como TV de alta definición, cambio de canal instantáneo, ofertas de canales múltiples por familia, etc.

Se puede destacar como posibles opciones en la red de acceso xDSL como solución general en el entorno residencial, como se observa en la figura 4.10.

Con este método de acceso existen limitaciones, tales como la distancia entre la central y el cliente, la calidad de la red de cobre que se encuentre instalada, este es el mayor limitante, ya que la mayoría de proveedores de telefonía fija tienen una red de cobre instalada hace muchos años.

Existen otras formas de acceso, directamente con fibra óptica, como se muestra en la figura 4.11, este tipo de acceso se lo hace mediante convertidores de medios eléctrico/óptico, estos se conectan directamente al switch, y en el lado del cliente se instala otro convertidor en sentido contrario. Este tipo de acceso resuelve las limitaciones de planta externa que tienen las redes de cobre.

A esta opción de acceso se la conoce como Fibra Hasta el Hogar (FTTH Fiber To The Home), con esto se puede brindar todas las características del servicio Triple Play sin estar limitado por la distancia que separa la central del cliente ni a la calidad del cobre.

Para el entorno empresarial, la opción más óptima es al igual que en el caso anterior desplegar una línea de fibra óptica directamente hasta las instalaciones del cliente (figura 4.12). La diferencia fundamental es que en las instalaciones del cliente no se utilizan convertidores de medio, la fibra se conecta directamente al router de la empresa.

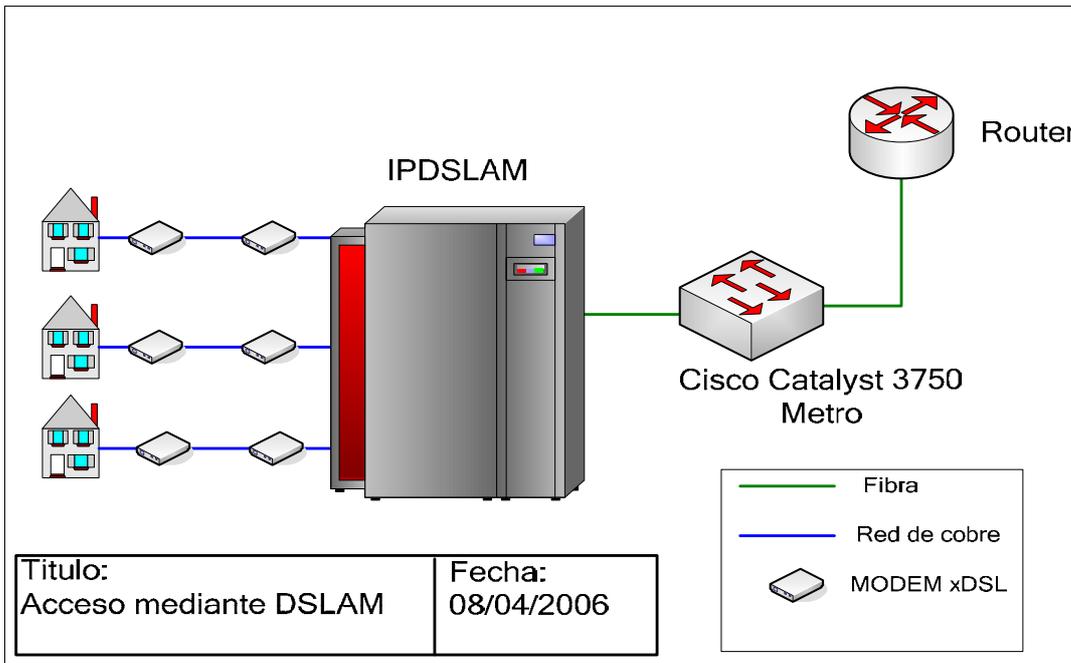


Figura. 4.10. Acceso mediante DSLAM

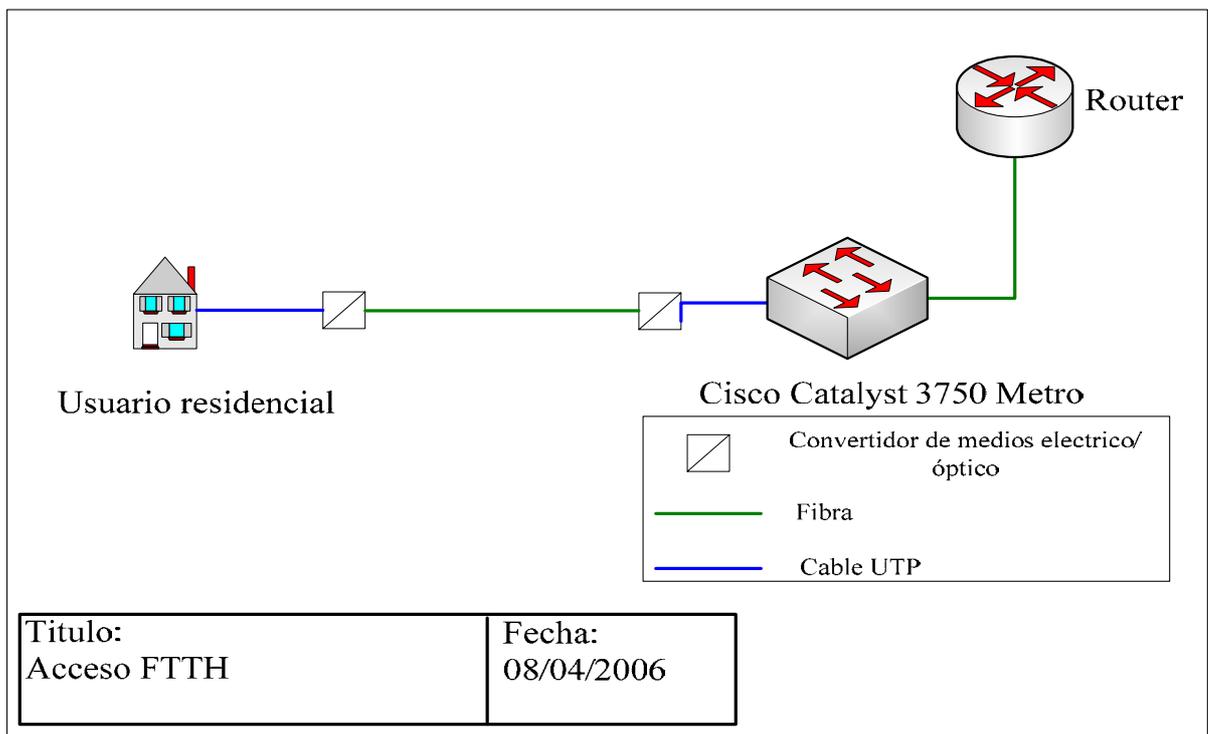


Figura. 4.11. Método de acceso Fibra Hasta El Hogar

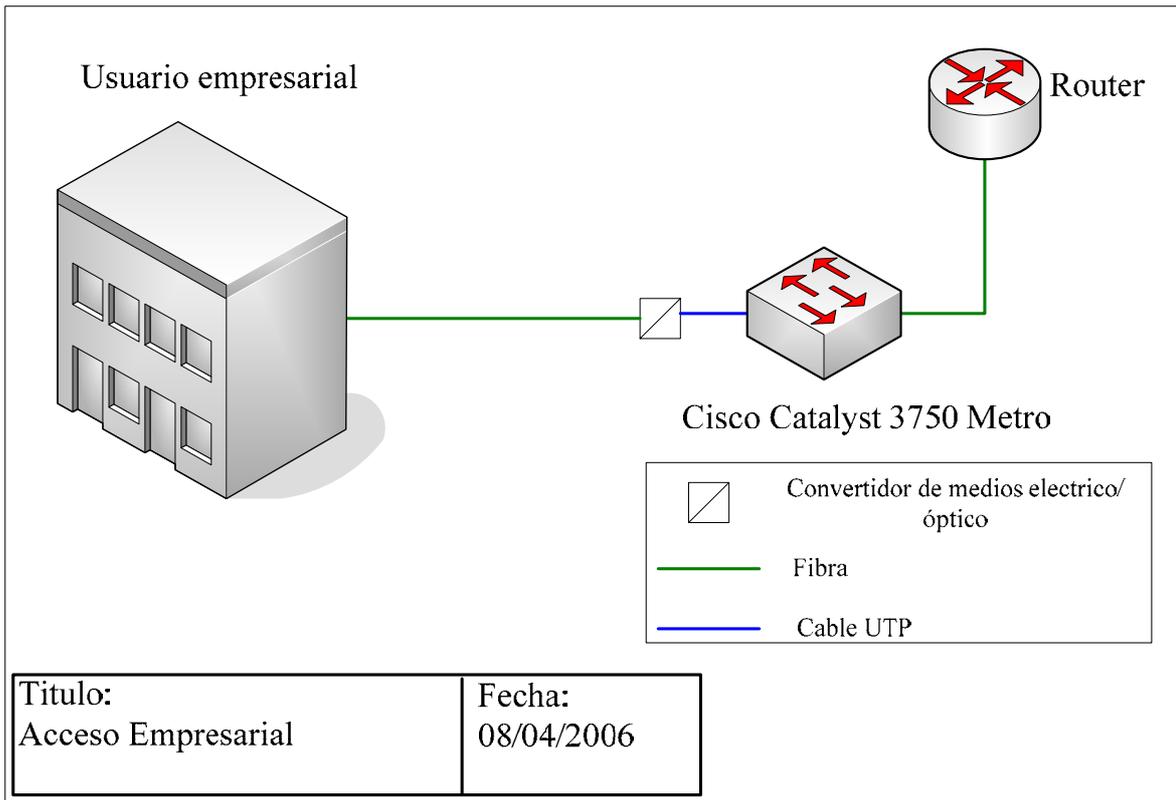


Figura. 4.12. Método de acceso para usuarios empresariales

El diseño total de la red se muestra en la figura 4.13

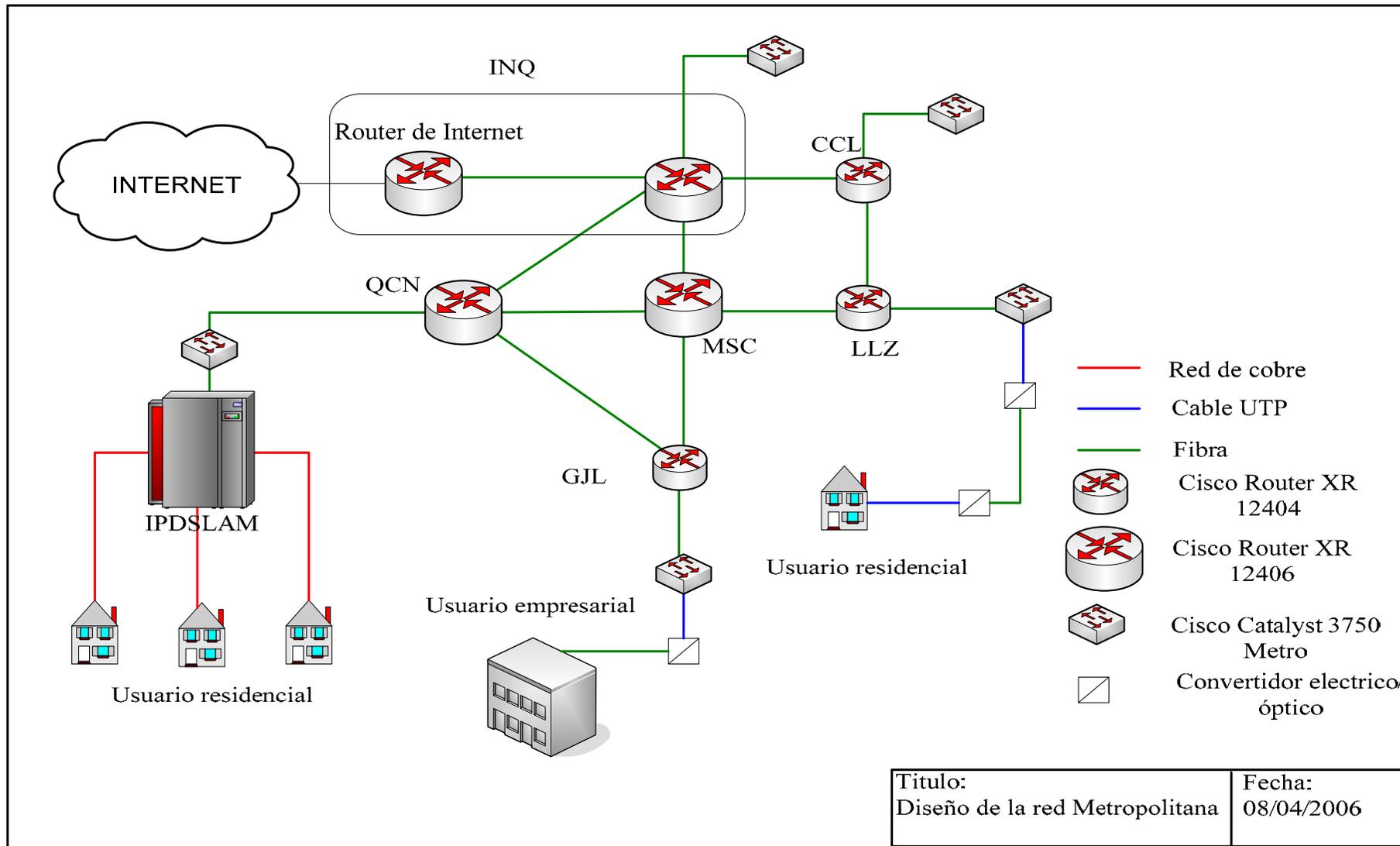


Figura. 4.13. Diseño de la red Metropolitana

4.9. PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO

Dentro de la red se utilizará el protocolo interior OSPF, ya que este pertenece a los protocolos denominados de estado del enlace, los cuales mantienen una base de datos compleja, con la información de la topología de la red, y además no envían actualizaciones periódicamente, sino exclusivamente cuando se detecta un cambio en la red. La ventaja principal de esto es que no generan más tráfico en la red con las actualizaciones.

Para la conexión con el router de internet se utilizará el protocolo exterior BGP, este es un protocolo por vector distancia, este protocolo envía copias periódicas de las tablas de enrutamiento de un router a otro. Estas actualizaciones periódicas entre routers informan de los cambios de topología.

Este protocolo se usa para enrutar el tráfico de Internet entre sistemas autónomos.

4.10. GIGABIT ETHERNET

Gigabit Ethernet elimina los cuellos de botella y mejora la eficacia global del sistema.

Los estándares para Ethernet de 1000-Mbps o Gigabit Ethernet representan la transmisión a través de medios ópticos y de cobre. El estándar para 1000BASE-X, IEEE 802.3z, especifica una conexión full duplex de 1 Gbps en fibra óptica. El estándar para 1000BASE-T, IEEE 802.3ab, especifica el uso de cable de cobre balanceado de Categoría 5, o mejor.

Las diferencias entre Ethernet estándar, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet se encuentran en la capa física.

Esta transmisión a alta velocidad requiere de frecuencias cercanas a las limitaciones de ancho de banda para los medios de cobre. Esto hace que los bits sean más susceptibles al ruido en los medios de cobre.

Con Gigabit Ethernet, el ancho de banda puede escalarse desde 10 Mbps a 1 Gbps, sin inhabilitar ninguno de los servicios de red inteligentes, tales como: MPLS, la conmutación a nivel 3, la garantía de calidad de servicio (QoS), la definición de clases de servicio (CoS), el balanceo de carga y las políticas de seguridad.

Como ventajas, se puede destacar la flexibilidad de reconfiguración, la escalabilidad de 10 Mbps a 1 Gbps, su simplicidad de instalación, gestión y mantenimiento y el bajo coste de implantación.

4.11. SISTEMA DE GESTIÓN CISCO 12000/10720 V 3.2 ROUTER MANAGER

El desarrollo de una red MPLS se hace más rápido, simple y barato con el Cisco 12000/10720 Router Manager. Por ejemplo el administrador de elementos posee una interfaz GUI que simplifica la configuración de los protocolos de ruteo como OSPF y BGP, la aplicación de políticas de clase de servicio, y también permiten la actualización del Cisco IOS software de todos los routers de una sola.

El cisco 12000/10720 Router Manager es una interfaz de usuario gráfica (GUI graphical user interfase), que se basa en un sistema de administración de elementos (EMS element management system) para la administración del Cisco Router de la serie 12000. El Cisco EMS provee una gama de características GUI diseñadas para incrementar la productividad de las operaciones de la red.

Este sistema de gestión proporciona elementos fáciles de manejar y servicios seguros para resolver los problemas de la red con mayor facilidad.

El software administra tanto los objetos físicos como los lógicos

- Físicos, representan componentes tangibles y dispositivos tales como chasis, tarjetas e interfaces.

- Lógicos, representan componentes intangibles, tales como conexiones, Calidad de servicio (QoS), VLAN, configuración de MPLS, etc.

La opción de administración de los objetos físicos permite:

Visualizar el nombre de cada interfaz como se muestra en la tabla 4.3

Interfase	Abreviación
POS	POS 2-0
Fast Ethernet	FastEthernet 1-0
Gigabit Ethernet	GigabitEthernet 3-0
Ethernet	Ethernet 0-0
ATM	ATM 6-0

Tabla. 4.3. Nombres de las interfaces

Configurar parámetros de las interfaces, tales como direcciones IP, máscara de subred, el estado de la interfase, etc. Como muestra la figura 4.14.

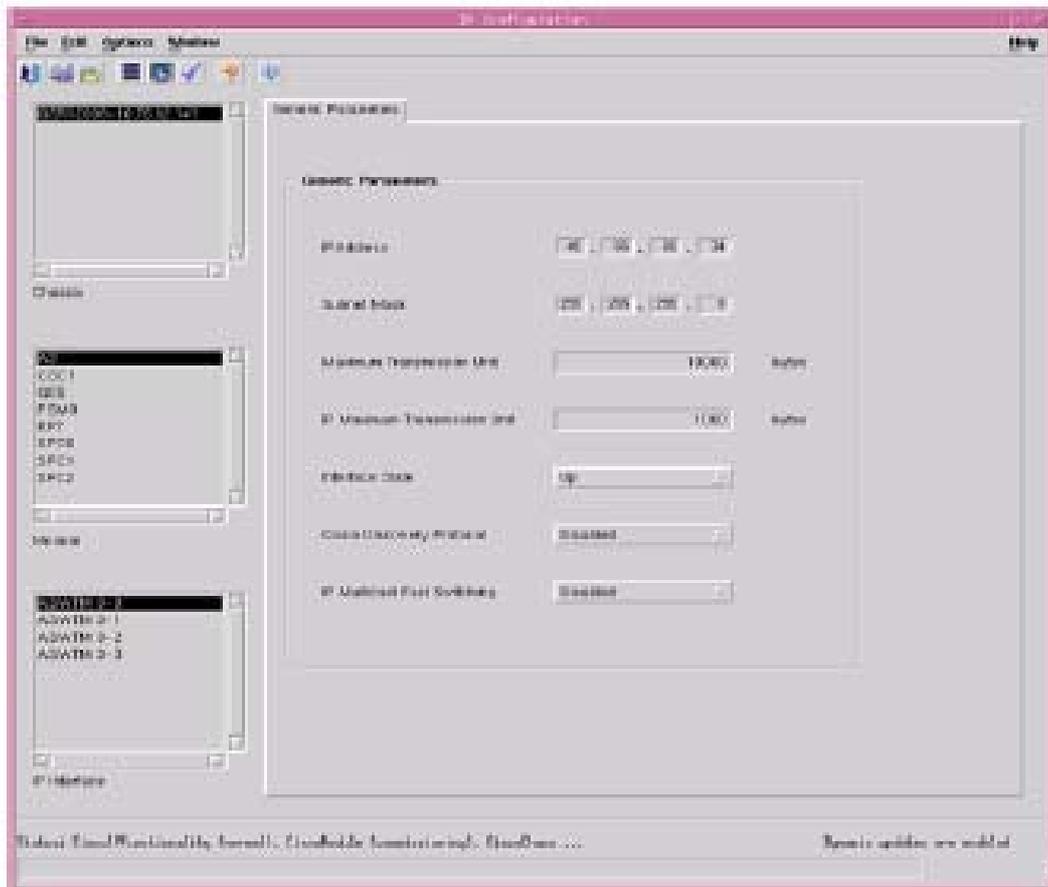


Figura. 4.14. Configuración de parámetros de la interfaz Ethernet

También el cisco 12000/10720 Router Manager, proporciona a los proveedores de servicios administración de elementos para el desarrollo de IP y MPLS en los routers Cisco de la serie 12000. La administración de elementos provee características de operación y mantenimiento (OAM), incluyendo herramientas de específicas para troubleshooting para ayudar a los operadores del NOC a descubrir y solucionar los problemas de transporte de la red, permitiendo la entrega de un servicio más confiable y de alto rendimiento

Se puede verificar el status de una interfaz MPLS, con esto se puede visualizar la configuración actual de una interfaz MPLS, y si esta configurado en una interfaz el protocolo MPLS. Como se muestra en la figura 4.15.

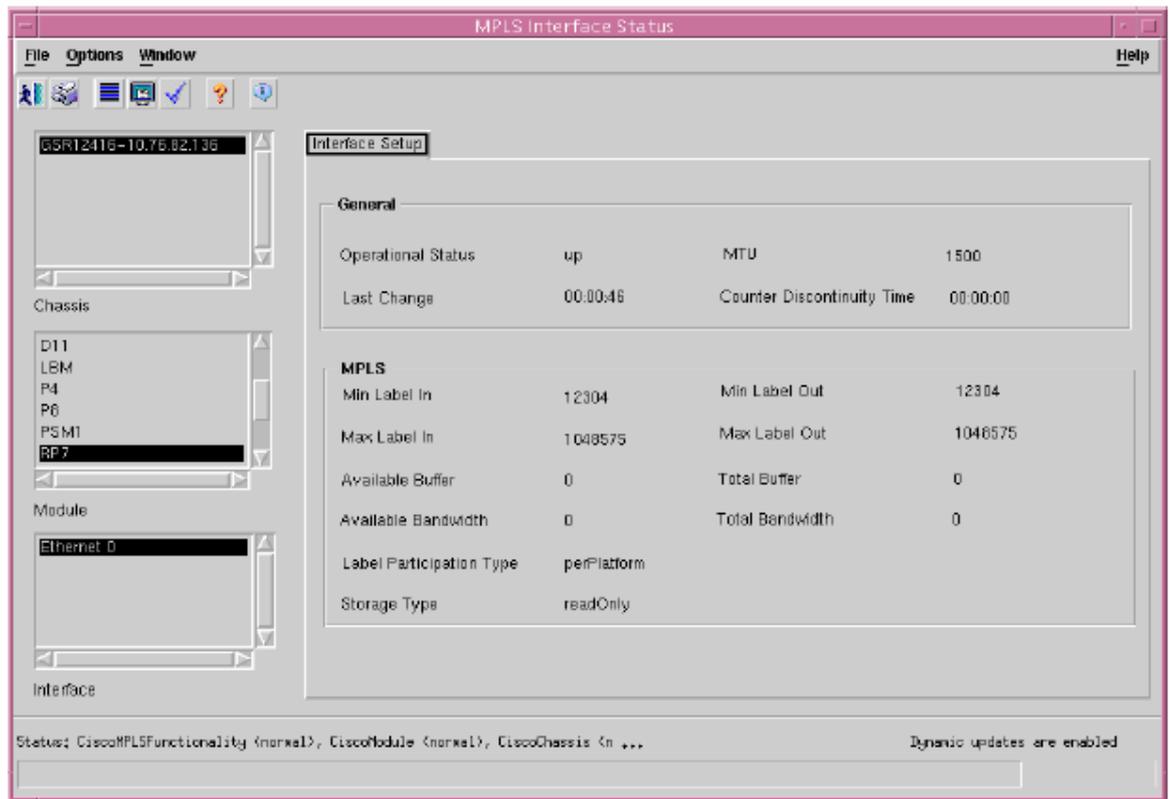


Figura. 4.15. Status de una interfaz MPLS

En esta ventana se puede observar las siguientes opciones:

General

El status operacional.- Despliega información acerca del status operacional actual de una interfase MPLS (up/down)

MTU.- Despliega el tamaño del paquete más grande que puede ser enviado/recibido en una interfase MPLS

MPLS

Min Label In.- El mínimo valor de una etiqueta MPLS que este LSR puede recibir en la interfase.

Max Label In.- El máximo valor de una etiqueta MPLS que este LSR puede recibir en la interfase.

Ancho de banda disponible.- Esto indica el valor total de ancho de banda disponible que se tiene para esta interfaz. Es calculado como la diferencia entre el ancho de banda que se esta usando y el que esta especificado para la interfaz.

Min Label Out.- El mínimo valor de una etiqueta MPLS que este LSR puede enviar en la interfase.

Max Label Out.- El máximo valor de una etiqueta MPLS que este LSR puede enviar en la interfase.

Total Bandwidth—Indica el valor total de ancho de banda utilizable en esta interfaz.

Además incluye herramientas de administración para protocolos relacionados con MPLS, como OSPF y BGP. Esta herramienta permite visualizar y corregir parámetros, tales como tablas de ruteo y rastrear e identificar problemas como el misrouting.

La configuración de BGP permite al usuario visualizar, habilitar y modificar todos los parámetros de BGP. Entre estos se puede destacar la facilidad de añadir o remover una entrada de red que va a ser anunciada. Como muestra la figura 4.16.

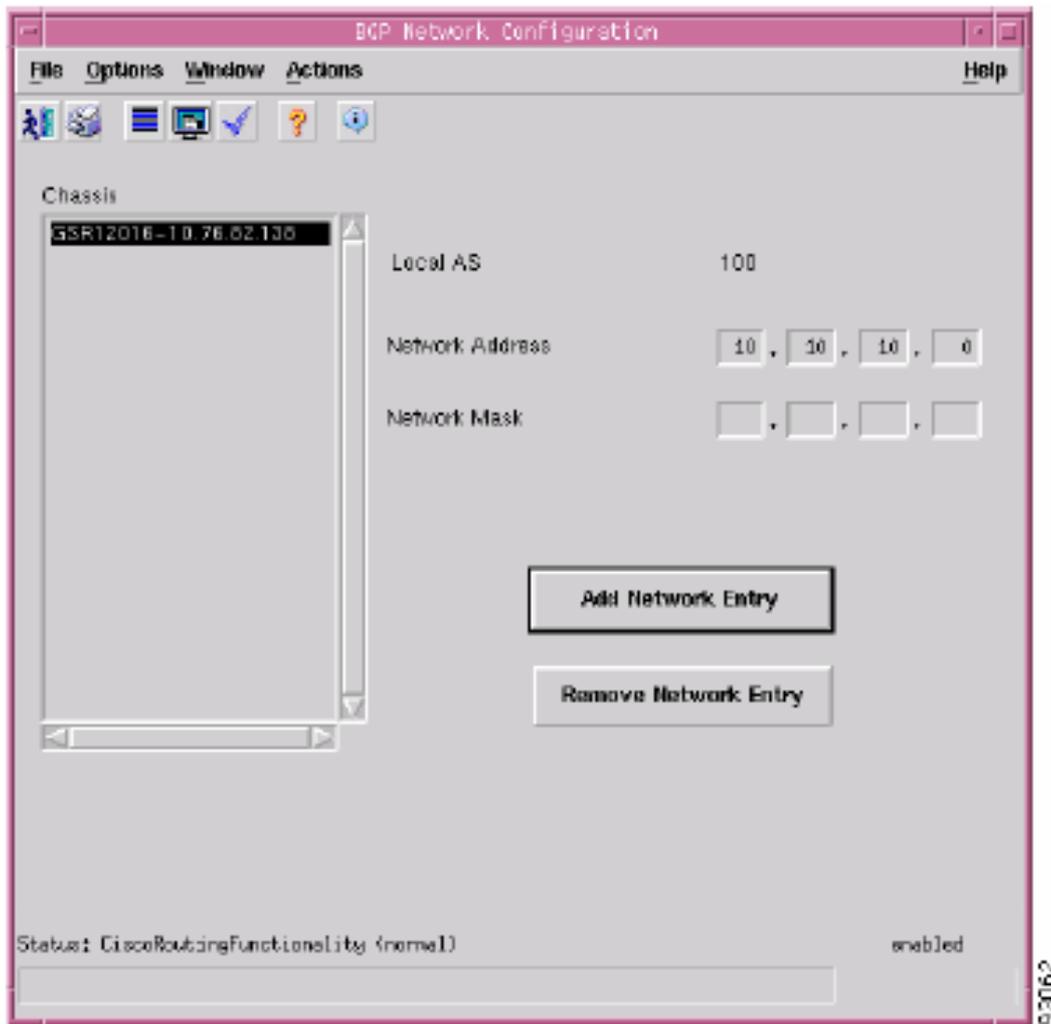


Figura. 4.16. Configuración de BGP

La configuración de OSPF al igual que la de BGP permite al usuario visualizar, habilitar y modificar todos los parámetros de OSPF en un router. Entre los cuales se puede destacar la configuración de una red, la permite asociar o desasociar una entrada de red (figura 4.17).

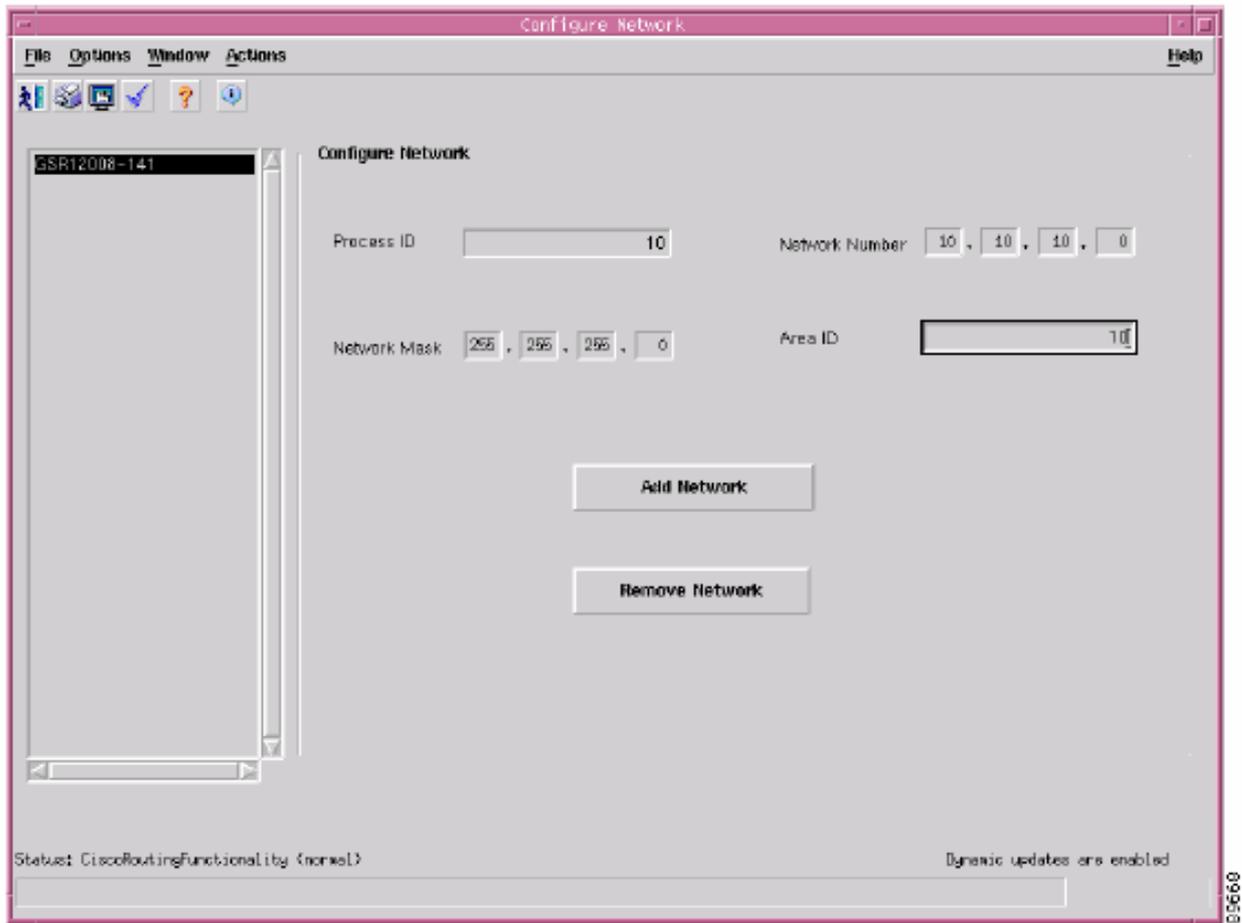


Figura. 4.17. Configuración de OSPF

4.11.1 Diagnóstico rápido de los problemas

La disponibilidad del servicio es esencial. El Cisco Router Manager permite identificar rápidamente los problemas de la red mediante su interfaz gráfica y solucionarlos lo más pronto posible para no afecten al correcto funcionamiento.

El software posee un sistema de alarmas que permite identificar la falla mediante colores como se muestra en la tabla. Las alarmas se observan en cada objeto mediante un icono que muestra el color de la alarma. Estas alarmas se pueden presentar en el chasis o en las interfases. (Tabla 4.4.)

Color	Alarma
Rojo	Critica
Naranja	Mayor
Amarillo	Menor
Azul	Precaución
Verde	Normal

Tabla. 4.4. Colores de las alarmas

Las herramientas de troubleshooting, desarrolladas específicamente para los routers Cisco aseguran que los problemas pueden ser detectados y solucionados rápidamente. Las herramientas avanzadas de troubleshooting permiten visualizar los problemas potenciales de tráfico, lo que facilita a los operadores del NOC reaccionar rápidamente a los problemas y reducen el impacto en los servicios que corren en la red.

Además permiten visualizar los problemas potenciales de tráfico. La figura 4.18 ilustra una situación en la cual el status operacional de un tunnel esta abajo, indicando un problema potencial que puede ser investigado y rectificado.

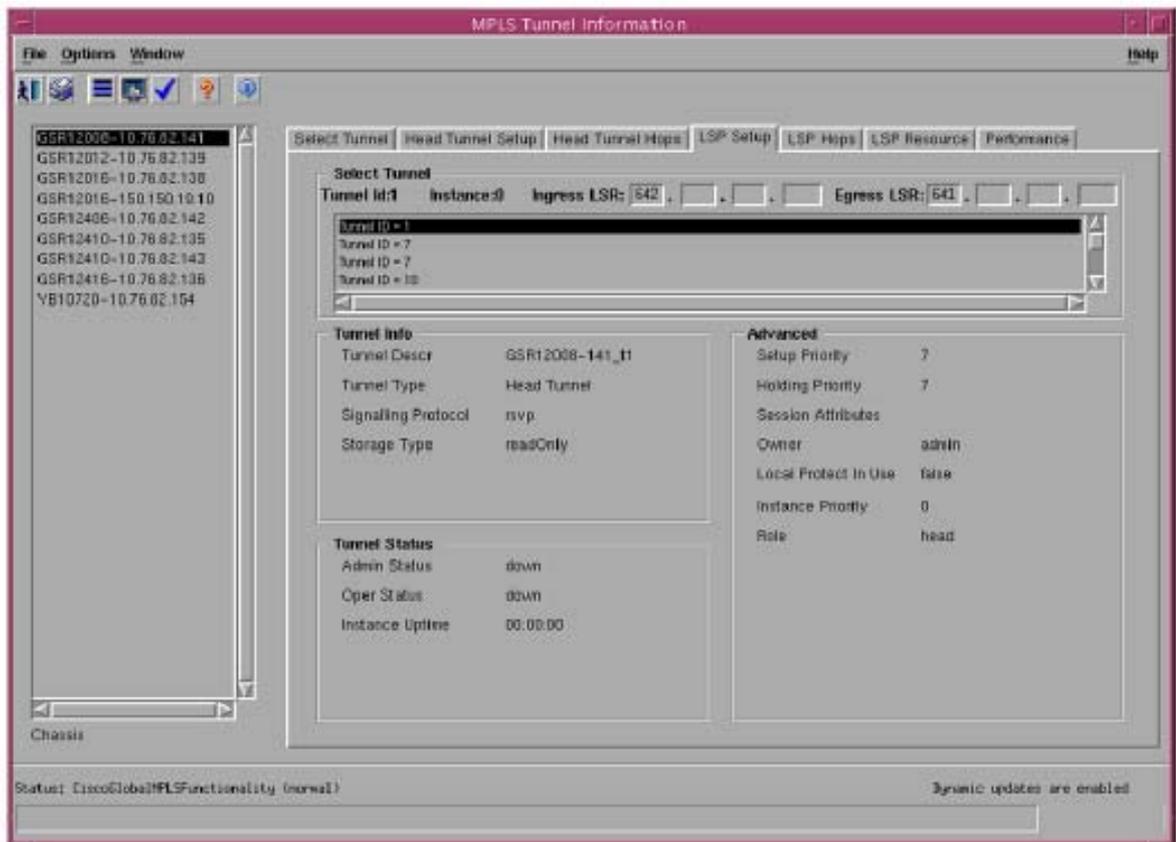


Figura. 4.18. Información de tunneling

El Cisco 12000/10720 Router Manager tiene la facilidad de operar conjuntamente con el Cisco Catalyst Switch Manager, que es el sistema de gestión del Cisco Catalyst 3750 Metro Switch

El Cisco Catalyst Switch Manager al igual que el sistema de gestión de los routers es una interfaz de usuario gráfica (GUI), que se basa en un sistema de administración de elementos (EMS).

Este sistema permite configurar todas las características que posee el switch, como políticas de Qos, modelamiento de tráfico, tunneling 802.1Q inteligente, VLANs translation, MPLS, Ethernet sobre MPLS (EoMPLS).

Ambos Sistemas corren sobre servidores Sun Microsystems UltraSPARC, con el ambiente operativo Solaris 8

CONCLUSIONES

El diseño que se plantea, es simple, flexible, fácil de administrar y de bajo costo, por eso se convierte en el paso siguiente en el continuo progreso de mejoramiento de las infraestructuras de datos.

La evolución de Ethernet a las redes metropolitanas es una solución muy válida para satisfacer la creciente demanda de ancho de banda, debido a la facilidad de uso y alta velocidad y bajo costo, además los servicios que actualmente se caracterizan por su alto precio, y por sus anchos de banda rígidos, se pueden reemplazar por servicios mucho más económicos, de mayor calidad y con anchos de banda que se ajusten a las necesidades de cada cliente.

Todos los proveedores se enfrentan a las conflictivas necesidades mejorar los servicios actuales y ofrecer nuevos servicios, para ello están considerando la oferta de triple play para proteger su base de clientes y aumentar sus ingresos, para esto no sólo tienen que hacer frente a una transformación de su negocio, en cuanto a los nuevos tipos de servicio que ofrezcan, sino también de su red. Las redes de acceso y agregación están pasando de ATM a Ethernet para soportar los crecientes requerimientos de ancho de banda de manera rentable.

Migrar de las redes de transporte tradicionales a una red basada en IP trae consigo muchos beneficios para todos, especialmente para los clientes quienes podrán gozar de una amplia gama de servicios que antes solo se podían imaginar.

MPLS abre a los proveedores la oportunidad de ofrecer nuevos servicios que no son posibles con las técnicas actuales. La alternativa de MPLS supone un mecanismo flexible y prometedor para soportar ingeniería de tráfico, calidad de

servicio extremo, creación de VPNs y enrutamiento basado en políticas sobre las redes. En el futuro, a medida que los proveedores necesiten desarrollar nuevos servicios, la infraestructura MPLS podrá mantenerse cambiando simplemente el modo de asignar paquetes a un LSP. Por todo ello, MPLS aparece ahora como la gran promesa y esperanza para que los proveedores se mantengan competitivos con las cambiantes necesidades de los clientes.

Al implementar una red MPLS, los proveedores podrán unir todas las tecnologías de acceso y transporte en una sola red, con esto no tendrán que desechar o dejar para usos secundarios las infraestructuras actuales.

La banda ancha se está convirtiendo en una necesidad más que en un lujo, especialmente para las pequeñas empresas y los estudiantes. Pero el usuario final no está interesado solamente en el ancho de banda disponible, sino también busca servicios más económicos y más completos que le puedan hacer la vida más fácil.

La VoIP va a desencadenar a medio plazo importantes transformaciones en el negocio de la voz. La prestación de servicios de VoIP sobre los accesos de banda ancha, presentará un importante crecimiento en los próximos años, y puede convertirse en la opción predilecta de los usuarios residenciales y empresariales para realizar llamadas especialmente al exterior.

La IPTV sobre banda ancha es el servicio más ambicioso de la oferta Triple Play, ya que demanda una inversión mucho más considerable por parte de los proveedores, pero este servicio maximiza el valor de la red. Esta oferta permitirá a los operadores diferenciarse de sus competidores y aumentar el ARPU de sus abonados de banda ancha. Pero debido a estos requerimientos es el servicio que más tardará en implementarse.

En general la implementación de esta red traerá muchos beneficios tanto a los usuarios, quienes podrán tener un gama de servicios muchos más amplios e interesantes, como a los proveedores los cuales agregarán valor a sus redes

y podrán marcar una diferencia con sus competidores y además pueden captar nuevos clientes lo que les generará mayores ganancias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Información proporcionada por Andinadatos
- www.andinadatos.com.ec
- <http://www.packeteer.com/resources/prod-sol/MPLS5.pdf>
- http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/mpls_tsw.pdf
- http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios120/120newft/120limit/120s/120s5/mpls_te.pdf
- http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/mpls_traffic.pdf
- <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/mpls.pdf>
- http://www.fi.upm.es/~jgarcia/Curso_MPLS/capitulo4.html
- <http://www.rediris.es/rediris/boletin/53/enfoque1.html>
- www.mplsforum.org/tech/MPLSQOSWPMay2003.pdf
- http://www.iaik.tugraz.at/teaching/03_advanced%20computer%20networks/ss2004/vo3/MPLS.pdf
- http://www.alcatel.com/doctypes/articlepaperlibrary/pdf/ATR2004Q4/T0411-MPLS_ATM-EN.pdf

- http://www.alcatel.com/doctypes/articlepaperlibrary/pdf/ATR2004Q4/T0411-MPLS_ATM-EN.pdf
- <http://www.alcatel.com/doctypes/articlepaperlibrary/pdf/ATR2005Q3/C0509-IP-Networks-ES.pdf>
- <http://www.spirentcom.com/documents/105.pdf>
- http://www.alcatel.com/doctypes/articlepaperlibrary/pdf/ATR2004Q4/T0411-Metro_QoS-EN.pdf
- http://www.cisco.com/en/US/tech/tk436/tk428/tsd_technology_support_protocol_home.html
- <http://www.alcatel.com/doctypes/articlepaperlibrary/pdf/ATR2005Q3/S0509-Triple-Play-ES.pdf>
- http://www.alcatel.com/com/en/appcontent/apl/3Play_ServDeliv_wp_tcm172-347941635.pdf
- http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps167/c1650/cdccont_0900aecd8027c8dd.pdf
- <http://www.fcc.gov/cgb/consumerfacts/voip.pdf>
- http://www.tcs.com/0_whitepapers/htdocs/voip.pdf
- <http://www.msforum.org/techinfo/reports/MSF-TR-ARCH-001-FINAL.pdf>
- http://www.voipsa.org/Activities/VOIPSA_Threat_Taxonomy_0.1.pdf
- <http://www.ntc.gov.ph/whatsnew/Draft%20Rules%20on%20VoIP.pdf>

- <http://www.analogzone.com/nett0913.pdf>
- <http://www.convergedigest.com/whitepapers/documents/Laurel-IPTV.pdf>
- http://www-03.ibm.com/industries/telecom/doc/content/bin/tc_iptv_brochure_1.pdf
- <http://www.ahciet.net/comun/pags/agenda/eventos/2005/129/ponencias/CONVERGENCIA%20RESEARCH.pdf>
- http://download.microsoft.com/download/8/2/e/82e0418b-6989-434c-8cbc-101c12620262/MSTV_IPTV_Datasheet%20010405.pdf
- http://www.ericsson.com/ericsson/press/facts_figures/doc/iptv.pdf
- http://www.analog.com/UploadedFiles/Technical_Articles/4463195253491DesigningIPTVset_topBoxesWithoutGettingBoxedIn.pdf
- Catalyst 3750 Metro Switch Hardware Installation Guide, Cisco System, Diciembre 2003.
- THE CHANGING LANDSCAPE OF DATA SERVICES, ALCATEL TELECOMMUNICATIONS REVIEW 2004.
- NEWS LINK REVISTA INTERNACIONAL DE ALCATEL, 3^{ER} TRIMESTRE 2004, ALCATEL ESPAÑA.
- http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps6342/c1031/cdccont_0900aecd8027c88f.pdf
- http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps5532/c1650/cdccont_0900aecd80394979.pdf

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Infraestructura TDM y ATM.....	12
Figura 1.2. Topología.....	12
Figura 1.3. Clear Channel sobre TDM.....	14
Figura 1.4. Clear Channel sobre ATM.....	14
Figura 1.5. Segmentación del par de cobre.....	15
Figura 1.6. xDSL sobre ATM.....	15
Figura 7: xDSL.....	15
Figura 1.8. Acceso xDSL.....	16
Figura1.9. Frame Relay sobre ATM.....	18
Figura 2.1. Separación funcional de enrutamiento y envío.....	31
Figura 2.2. Esquema funcional del MPLS.....	34
Figura 2.3. Detalle de la tabla de envío de un LSR.....	35
Figura 2.4. Ejemplo de envío de un paquete por un LSP.....	36
Figura 2.5. Cabecera.....	37
Figura 2.6. Estructura de la cabecera genérica MPLS.....	37
Figura 2.7. Red única.....	39
Figura 2.8. Funcionamiento de una red MPLS.....	40
Figura 2.9. Comparación entre camino más corto IGP con ingeniería de tráfico.....	42
Figura 2.10. Modelo "superpuesto" (túneles/PVCs) vs. modelo "acoplado" (MPLS).....	47
Figura 3.1. Aplicaciones de nueva generación sobre tecnología xDSL.....	58
Figura 3.2. Prestaciones xDSL.....	74
Figura 4.1. Calculo de las líneas de voz.....	82
Figura 4.2. Interconexión por fibra en la ciudad de Quito.....	84
Figura 4.3. Red de Backbone.....	86
Figura 4.4. Cisco Router XR 12406.....	86
Figura 4.5. Cisco Router XR 12404.....	87
Figura 4.6. Tarjeta 10 Gigabit.....	89
Figura 4.7. Conexión del Cisco Catalyst 3750 Metro.....	89

Figura4.8. Switch Cisco Catalyst 3750.....	90
Figura 4.9. Arquitectura de Red.....	92
Figura 4.10. Acceso mediante DSLAM.....	94
Figura 4.11. Método de acceso Fibra Hasta El Hogar.....	94
Figura 4.12. Método de acceso para usuarios empresariales.....	95
Figura 4.13. Diseño de la red Metropolitana.....	96
Figura 4.14. Configuración de parámetros de la interfaz Ethernet.....	100
Figura 4.15. Status de una interfaz MPLS.....	101
Figura 4.16. Configuración de BGP.....	103
Figura 4.17. Configuración de OSPF.....	104
Figura 4.18. Información de tunneling.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Proceso de transformación de la red para Triple Play.....	80
Tabla 4.2. Algoritmos de codificación.....	81
Tabla 4.3. Nombres de las interfaces.....	99
Tabla 4.4. Colores de las alarmas.....	105

GLOSARIO

ADSL Asimetric Digital Subscriber Line (línea de abonado digital asimétrica)

ARPANET Advanced Research Project Agency Network (Red de Proyectos de Investigaciódados), el precursor de la red Internet

ATM Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)

BACKBONE Línea o serie de conexiones de alta velocidad que forman una ruta dentro de una red.

CAPEX gastos de capital

CODEC Algoritmo software usado para comprimir/descomprimir señales de voz o audio.

CPE Customer Premises Equipment (Equipo en Instalaciones de Cliente)

DiffServ Differentiated Services Internet QoS model (modelo de Calidad de Servicio en Internet basado en Servicios Diferenciados)

DSLAM Multiplexor de acceso a línea de abonado digital

H.323 Estándar de la ITU-T para voz y videoconferencia interactiva en tiempo real en redes de área local, LAN, e Internet.

IETF Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet)

IGMP Internet Group Management Protocol (Protocolo de Gestión de Grupos en Internet)

IntServ Integrated Services Internet QoS model (modelo de Calidad de Servicio en Servicios Integrados de Internet)

IP Internet Protocol (Protocolo Internet)

IP Multicast Extensión del Protocolo Internet para dar soporte a comunicaciones multidifusión

IPBX Internet Protocol Private Branch Exchange (Centralita Privada basada en IP)

IPSec IP Security (Protocolo de Seguridad IP)

ISDN Integrated Services Data Network (Red Digital de Servicios Integrados, RDSI)

ISP Internet Service Provider (Proveedor de Servicios Internet, PSI)

ITU-T International Telecommunications Union -Telecommunications (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telecomunicaciones)

IPTV Internet Protocol Television (Televisión por Protocolo de Internet)

LDP Label Distribution Protocol (Protocolo de Distribución de Etiquetas)

LSR Label Switching Router (Encaminador de Conmutación de Etiquetas)

MPLS Multiprotocol Label Switching (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo)

PBX Private Branch Exchange (Centralita Telefónica Privada)

PHB Per Hop Behaviour (Comportamiento por Salto)

PoP Point of Presence (Punto de Presencia)

PPP Point to Point Protocol (Protocolo Punto a Punto)

PSTN Public Switched Telephone Network (Red de Telefonía Conmutada Pública)

QoS Quality of Service (Calidad de Servicio)

RSVP Reservation Protocol (Protocolo de Reserva)

RTCP Real Time Control Protocol (Protocolo de Control de Tiempo Real)

RTP Real Time Protocol (Protocolo de Tiempo Real)

SIP Session Initiation Protocol (Protocolo de Inicio de Sesión)

SLA Service Level Agreement (Acuerdo de Nivel de Servicio)

TCP Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión)

TDM Time Division Multiplexing (Multiplexado por División de Tiempo)

UDP User Datagram Protocol (Protocolo de Datagramas de Usuario)

VLAN Virtual Local Area Network (Red de Área Local Virtual)

VoIP Voice over Internet Protocol (Voz sobre Protocolo de Internet)

VPN Virtual Private Network (Red Privada Virtual)

xDSL Cualquiera de las tecnologías de Líneas de Suscripción Digital (por ejemplo, ADSL)

ÍNDICE DE DATA SHEETS

Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches Data Sheet.....	121
Cisco XR 12000 Series Router Data Sheet.....	134



CISCO CATALYST 3750 METRO SERIES SWITCHES DATA SHEET

Cisco Catalyst 3750 Metro Series Switches

Product Overview

The Cisco[®] Catalyst[®] 3750 Metro Series switches are a new line of premier, customer-located switches that bring greater intelligence for Metro Ethernet access, enabling the delivery of more differentiated Metro Ethernet services. The switches feature bidirectional hierarchical quality of service (QoS) and traffic shaping, intelligent 802.1Q tunneling, VLAN translation, Multiprotocol Label Switching (MPLS), Ethernet over MPLS (EoMPLS), and Hierarchical Virtual Private LAN Service (H-VPLS) support and redundant AC or DC power. They are ideal for service providers seeking to deliver profitable business services, such as Layer 2, Layer 3, and MPLS VPNs, in several bandwidths and with different service-level agreements (SLAs). With flexible software options, the Cisco Catalyst 3750 Metro Series offers providers a cost-effective path for meeting current and future service requirements from enterprises and commercial businesses.

As an addition to the Cisco Metro Ethernet access switching portfolio, which includes the industry-leading Cisco Catalyst 3550 and Cisco Catalyst 2950 series intelligent Ethernet switches, as well as the new Cisco ME 3400 Metro Ethernet Access Switches, the Cisco Catalyst 3750 Metro Series provides enhanced QoS, broader Layer 2 and Layer 3 VPN offerings, and power redundancy for carrier-class Metro Ethernet services with service-quality guarantees. By using Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches for metro access along with Cisco Catalyst 6500 and 4500 series switches and Cisco 7600 Series routers in the aggregation/core layers, service providers are able to build a flexible, integrated network with intelligence from end to end.

Flexible Configurations for Cost-Effective Service Deployment over Time

The Cisco Catalyst 3750 Metro Series includes the following configuration:

- Cisco Catalyst 3750 Metro Series Switch—24 10/100 ports plus two Small Form-Factor Pluggable (SFP)–based Gigabit Ethernet ports and two SFP-based Enhanced Services (ES) ports; AC or DC power required; integrated redundant power option; IP Base feature license; one rack unit (RU)

The built-in Gigabit Ethernet and ES ports accommodate a range of SFP gigabit interface converters, including 1000BASE-T, 1000BASE-SX, 1000BASE-LX/LH, and 1000BASE-ZX SFPs and coarse wavelength-division multiplexing (CWDM) SFPs. The industry-standard Cisco SFP Gigabit Interface Converter is a hot-swappable input/output device that plugs into a Gigabit Ethernet port or slot, linking the port with the network.

The ES ports support enhanced features such as bidirectional Hierarchical QoS and Traffic Shaping, intelligent

802.1Q tunneling, VLAN translation, MPLS, EoMPLS, and H-VPLS. These ports can serve as uplinks to metro aggregation points, including the Cisco Catalyst 4500 and Catalyst 6500 series and the Cisco 7600 Series, and they provide greater intelligence at the network edge.

Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches are shipped with the Metro IP Base Software license. The license includes Layer 2 switching and basic routing such as static routing, Routing Information Protocol (RIP), intelligent 802.1Q tunneling, VLAN translation, and bidirectional hierarchical QoS.

For greater service breadth and network flexibility, Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches offer additional software feature licenses that provide a cost-effective “pay-as-you-grow” service upgrade path. With the software feature license options on the Cisco Catalyst 3750 Metro Series, service providers are able to maximize the return on investment (ROI) for their Metro Ethernet networks by adding features as their profitability increases and service offerings expand.

The following optional software feature licenses are available on the Cisco Catalyst 3750 Metro Series (see Figure 1):

- Cisco Catalyst 3750 Metro Advanced IP Feature license (MPLS, EoMPLS, MPLS VPN; also includes the Cisco Catalyst 3750 Metro IP Services license and IP Base license)
- Cisco Catalyst 3750 Metro IP Services Feature license (Border Gateway Protocol [BGP], Enhanced Interior Gateway Routing Protocol [EIGRP], Open Shortest Path First [OSPF], Intermediate System-to-Intermediate System [IS-IS], policy-based routing [PBR], multi-VRF CE, HSRP, PIM, and DVMRP tunneling; also includes IP Base license)
- Upgrade license from Cisco Catalyst 3750 Metro IP Services to Advanced IP Services (requires IP Service Feature license)

Figure 1

Cisco Catalyst 3750 Metro Series Switches for Metro Ethernet Access



Applications

VPNs allow customers at different locations to exchange information through a service provider network, without requiring private connections. The Cisco Catalyst 3750 Metro Series is ideal for service provider Metro Ethernet access deployments, allowing providers to offer Layer 2 or Layer 3 VPN services to their enterprise or commercial customers. Typically, Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches are installed in a building basement serving many customers in the building or at the customer premises as the customer-located equipment (CLE).

Figure 2 shows a deployment example using the Cisco Catalyst 3750 Metro Series for Layer 2 VPN service.

Figure 2

Layer 2 VPN on the Cisco Catalyst 3750 Metro Series

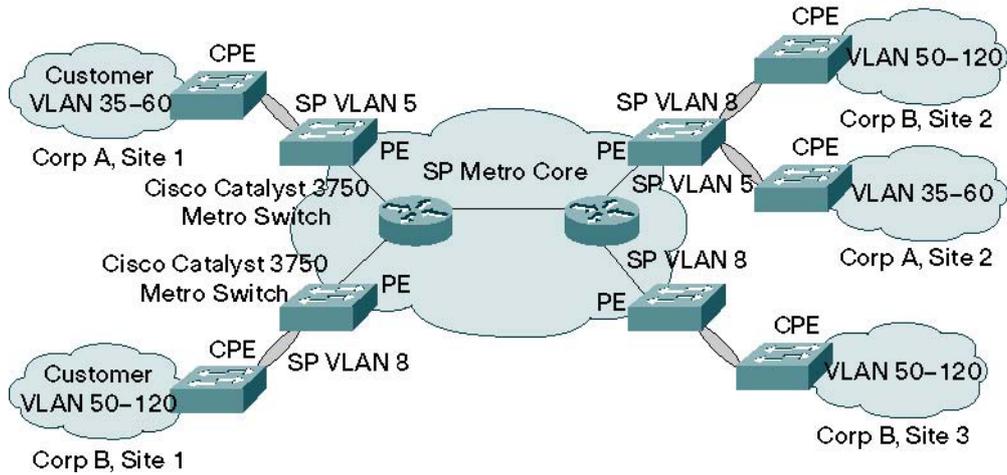
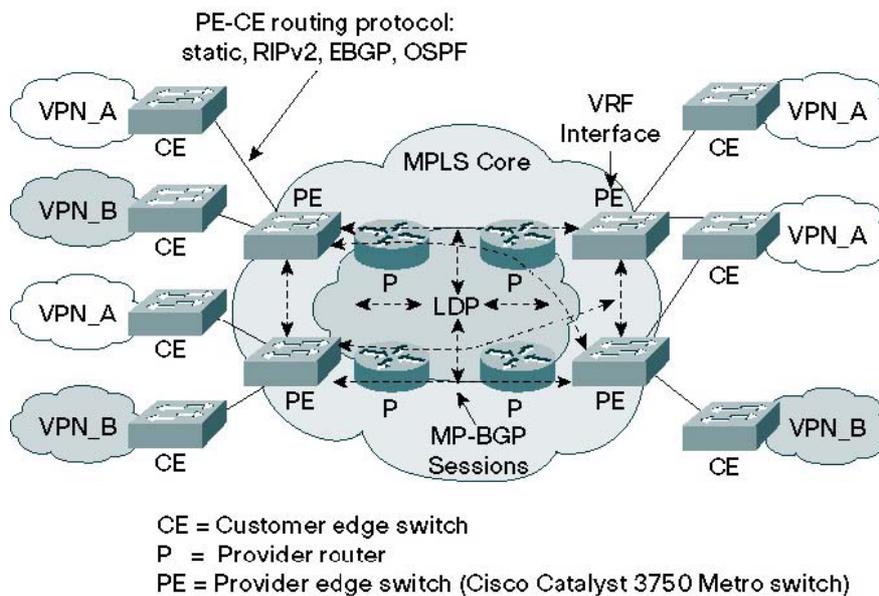


Figure 3 shows a network example of using the Cisco Catalyst 3750 Metro Series for Layer 3 MPLS VPN service.

Figure 3
Layer 3 MPLS VPN on the Cisco Catalyst 3750 Metro Series



Features and Benefits

More Differentiated Services with SLAs Through Greater Intelligence at the Metro Access Edge

Layer 2 and Layer 3 VPN Services (Through Enhanced Services Ports)

Layer 2 VPN Using Enhanced 802.1Q Tunneling

802.1Q tunneling enables service providers to create a Layer 2 VPN service, often called Layer 2 transparent LAN

services (TLS) or Ethernet LAN services, by using a VLAN-in-VLAN hierarchy and tagging the tagged packets. With 802.1Q tunneling, service providers can clearly separate their networks from their enterprise and commercial customer networks. Customer VLAN IDs are preserved, and traffic from different customers is segregated within the service provider infrastructure, even when they appear to be on the same VLAN. As a result, enterprise customers subscribing to the Layer 2 VPN can transparently send and receive traffic from other metropolitan sites through the service provider network as though the sites were within the same corporate LAN.

The Cisco Catalyst 3750 Metro Series supports an intelligent enhanced version of 802.1Q tunneling in which the enterprise customer's Layer 2 or Layer 3 QoS information can be mapped from the inner VLAN tag to the outer service provider VLAN tag. As a result, the enterprise customer's QoS priorities are used across the service provider's network.

Layer 2 VPN Using VLAN Translation

VLAN translation is also used for Layer 2 VPN service. Instead of double-tagging the packet, the VLAN translation feature simply translates a customer VLAN ID to a service provider VLAN ID as the packet enters the service provider network, and vice versa as the packet exits the service provider network. By simply mapping the VLAN ID and leaving the rest of the packet untouched, the enterprise customer's QoS information can be preserved and honored as it traverses the service provider network.

Layer 2 VPN Using EoMPLS

EoMPLS is a tunneling mechanism that allows service providers to tunnel customer Layer 2 traffic through a Layer 3 MPLS network. This gives the service provider the best of both worlds—a Layer 2 TLS offering and the scalability of an MPLS core without needing a spanning tree. The Cisco Catalyst 3750 Metro Series supports EoMPLS on a per-port or per-VLAN basis, enabling service providers to build an end-to-end MPLS network all the way to the CLE.

Layer 2 VPN with H-VPLS architecture

VPLS is a multipoint Layer 2 VPN technology that allows multiple sites to be connected over a simulated Ethernet broadcast domain that is supported across a provider-provisioned MPLS network. H-VPLS is one of IETF's VPLS standards that provides an MPLS-based distributed-PE architecture. H-VPLS has two design options:

- **Ethernet access network**—Access networks are 802.1Q networks, and the core network is MPLS.
- **MPLS access network**—Access networks and the core network are both MPLS.

The Cisco Catalyst 3750 Metro Series supports both architecture options as the PE-CLE switch in the H-VPLS access network.

Layer 3 VPN Using Multi-VRF CE

Multi-Virtual Routing and Forwarding Customer Edge (Multi-VRF CE), also called VRF-lite, on the Cisco Catalyst 3750 Metro Series enables the creation of a Layer 3 VPN service by keeping separate routing tables for each VPN customer without needing to run MPLS on the switch. Multi-VRF CE is a feature that allows a service provider to support two or more VPNs on a single Cisco Catalyst 3750 Metro Series switch, where IP addresses can be overlapped among the VPNs. Multi-VRF CE uses input interfaces to distinguish routes for different VPNs and forms virtual packet-forwarding tables by associating one or more Layer 3 interfaces with each VRF.

Layer 3 VPN Using MPLS VPN

The Cisco Catalyst 3570 Metro Series supports MPLS VPNs, allowing service providers to build true end-to-end MPLS networks and to offer MPLS VPN services to their enterprise and commercial customers. The MPLS VPN

model is a true peer VPN model that enforces traffic separations by assigning unique VRFs to each customer's VPN. Thus, users in a specific VPN cannot see traffic outside of that VPN. Traffic separation occurs without tunneling or encryption because it is built directly into the network.

Utmost SLA Support Using Traffic Shaping and Bidirectional Hierarchical Quality of Service (Through Enhanced Services Ports)

The ability to apply QoS criteria to network traffic is essential for service provider networks. As enterprises and service providers continue the shift to a single, converged network carrying mission-critical applications over a unified multiservice (data, voice, and video) architecture, the ability to manage traffic flows and delivery terms becomes increasingly critical. As enterprises outsource their network services to service providers, they will turn to providers who have the ability to supply QoS features to help ensure that ondemand, bandwidth-intensive applications and time-sensitive, information-delivery applications receive the bandwidth necessary to maintain performance. The ability to apply QoS to customer traffic will become vital to meeting SLAs and maintaining network performance. Support for advanced QoS features will also allow service providers to create premium products and service bundles. In addition, efficient application of QoS techniques reduces overall Metro Ethernet service costs through more efficient use of network links.

Cisco Catalyst 3750 Metro Series QoS technology facilitates the management of network performance with respect to bandwidth, delay, jitter, and packet loss, which are critical to optimizing application performance and meeting SLAs. The switch supports the Cisco Hierarchical Queuing Framework (HQF), which includes traffic classification, two-rate three-color policing, Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ), Low-Latency Queuing (LLQ), and traffic shaping on the output of the enhanced services ports. The hierarchical implementation of this framework enables service providers to manage their QoS at three different levels—at the physical interface level (enhanced services ports), the VLAN level (VLANs within each port), and marked class level (classes with each VLAN), providing the most granularity and flexibility to deliver their SLAs. In addition, congestion avoidance techniques such as Weighted Random Early Detection (WRED) and tail drop are supported to better regulate network traffic and prevent congestion.

Adding Differentiated Services over Time

Many service providers start their Metro Ethernet service portfolios by offering basic Layer 2 or Layer 3 services. As the services grow in popularity among enterprise and commercial customers and the competitive service offerings become more commonplace, it is essential that service providers broaden their service portfolios by adding more differentiated services. By providing several optional software licenses with enhanced features, Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches enable service providers to build an intelligent network without having to incur a high initial capital expenditure (CapEx). Service providers can begin selling their Metro Ethernet services with basic features and SLAs. As their services become more profitable, they can gradually increase the service offerings by purchasing the software licenses with additional features, without the need to do costly complete equipment upgrades.

With the flexibility and scalable architecture of the Cisco Catalyst 3750 Metro Series, service providers can build a more future-proof Metro Ethernet network, and, as their Metro Ethernet services evolve, the network can be upgraded without replacing the metro access equipment.

Increased Service Availability with Redundant Power Supplies

Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches can be equipped with an optional internal redundant power supply, available in both AC and DC versions. The internal power supply redundancy provides service providers with an immediate failover capability in the case of a power supply failure. The power redundancy decreases the chance of

service outage and allows the service provider to offer an SLA with a higher level of service availability.

The power supplies of Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches are also field replaceable and hot swappable, allowing service providers to replace a failed power supply without interrupting their customers’ services. The redundant power supplies, with the flexibility features built into the Cisco Catalyst 3750 Metro Series, enable service providers to build a resilient, highly available network.

Security Across the Service Portfolio with Granular Control for the Access Environment

The Cisco Catalyst 3750 Series supports a comprehensive set of security features for connectivity and access control, including access control lists (ACLs), authentication, port-level security, and identity-based network services with 802.1X and extensions. The ACLs allow service providers to restrict unwanted traffic into their networks by denying packets based on source and destination MAC addresses, IP addresses, or TCP/User Datagram Protocol (UDP) ports. All ACL lookups are done in hardware, so forwarding and routing performance is not compromised when implementing ACL-based security in the network.

Robust Service Management Options

The Cisco Catalyst 3750 Metro Series provides outstanding service management capabilities through Cisco CNS 2100 Series Intelligence Engine support and Simple Network Management Protocol (SNMP). Service providers will be able to smoothly integrate the Cisco Catalyst 3750 Metro Series into their operations support systems (OSSs) and enable improved flow-through provisioning. The Cisco CNS 2100 Series network device allows service providers to effectively manage a network of Cisco IOS® Software devices, including the Cisco Catalyst 3750 Metro Series. It is a completely self-contained unit that includes a task-oriented Web GUI, a programmable Extensible Markup Language (XML) interface, configuration template management, and an embedded repository. For comprehensive in-band management, service providers also can manage the Cisco Catalyst 3750 Metro Series using SNMP Version 2 and Version 3, and the Telnet interface. A CLI-based management console provides detailed out-of-band management.

Product Specification

Table 1 lists product specifications.

Table 1. Product Specifications

Description	Specification
Performance	
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> • 32 Gbps maximum forwarding bandwidth at Layer 2 and Layer 3 switching fabric • Forwarding rate: 8.55 mpps • 128 MB dynamic random-access memory (DRAM) and 32 MB Flash memory; 64 MB DRAM enhanced services port memory • Configurable up to 12,000 MAC addresses • Configurable up to 11,000 unicast routes • Configurable up to 1,000 Internet Group Management Protocol (IGMP) groups and multicast routes • Configurable maximum transmission unit (MTU) of up to 9018 bytes (Jumbo frames) for bridging on Gigabit Ethernet ports, and up to 1998 bytes for bridging and routing on Fast Ethernet ports
Features and Functions	

Layer 2 VPN	<ul style="list-style-type: none"> Enhanced 802.1Q tunneling (Q-in-Q) with CoS mutation SP VLAN mapping capability in 802.1Q tunneling allows service providers to selectively add different service provider VLAN tags for various services VLAN translation EoMPLS; requires Advanced IP Feature license H-VPLS with 802.1Q access H-VPLS with EoMPLS access 1024 VLANs 4094 VLAN IDs
Layer 3 VPN	<ul style="list-style-type: none"> Multi-VRF CE (VRF-lite); requires IP Services Feature license MPLS VPN; requires Advanced IP Feature license 26 VRFs 8192 MPLS labels
Voice/video	<ul style="list-style-type: none"> IGMP snooping IGMP filtering Multicast VLAN registration (MVR) Voice VLAN

Description	Specification
IP routing	<ul style="list-style-type: none"> Cisco Express Forwarding hardware routing architecture Basic IP unicast routing protocols (static, RIPv1, and RIPv2) IPv6 routing capability in hardware Advanced IP unicast routing protocols (OSPF, IGRP, IS-IS, EIGRP); requires IP Services Feature license BGPv4; requires IP Services Feature license Policy-based routing (PBR); requires IP Services Feature license Protocol-Independent Multicast (PIM) sparse mode (SM), dense mode (DM), and sparse dense mode; requires IP Services Feature license Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP) tunneling; requires IP Services Feature license

<p>QoS</p>	<p>ES ports • Bidirectional Hierarchical QoS (QoS at physical interface level, VLAN level, and marked class level) • Ingress and egress traffic shaping • CBWFQ • 2 rate 3 color (CIR/EIR) rate limiting at 64 kbps increments • LLQ/priority queue • 802.1Q CoS, differentiated services code point (DSCP), IP Precedence, and MPLS EXP bits • WRED • Tail Drop (TD) • 8192 class queues • 1000 egress policers per ES port Customer ports • Shaped Round Robin (SRR) scheduling • Egress traffic shaping • LLQ/priority queue • 4 egress queues • Strict priority queuing • Per ASIC per VLAN policing • 802.1Q class of service (CoS) and differentiated services code point (DSCP) • DSCP transparency • 512 ingress policers for all customer ports • Rate limiting at 8 kbps increments • Weighted Tail Drop (WTD)</p>
------------	--

Description	Specification
<p>Availability</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Redundant hot-swappable AC or DC internal power supplies • Flex links for fast failover on redundant links • 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol • 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP) • Per-VLAN Spanning Tree Plus (PVST+) • Per-VLAN Rapid Spanning Tree Plus (PVRST+) • Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP); requires IP Services Feature license • Unidirectional Link Detection (UDLD) and aggressive UDLD • VLAN Trunking Protocol (VTP) • Per-port broadcast, multicast, and unicast storm control • Customizable EtherType

<p>Security</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 802.1x • DHCP snooping with the option-82 information option • Dynamic ARP Inspection • IP Source Guard • Private VLAN • SSHv2 • VLAN ACLs • Standard and extending IP security router ACLs (RACLs) • Port-based ACLs • Private VLAN edge • Port security • VLAN1 minimization • TACACS+ support • RADIUS support • MAC address notification • Secure Shell (SSH) Protocol • Kerberos • SNMPv3 • Trusted boundary • Bridge Protocol Data Unit (BPDU) guard • Spanning Tree Root Guard (STRG) • IGMP filtering
-----------------	--



Description	Specification
<p>Management</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco CNS 2100 Series Intelligence Engine support • SNMP v1, v2, v3 • Telnet interface • VTP • Cisco Group Management Protocol • IGMP snooping • Remote Switch Port Analyzer (RSPAN) • Embedded Remote Monitoring (RMON) software agent • DHCP relay • DHCP server • Cisco Discovery Protocol versions 1 and 2 • Layer 2 Trace Route • Domain Name System (DNS) • Trivial File Transfer Protocol (TFTP) • Network Timing Protocol (NTP) • Dynamic VLAN assignment • Multifunction LEDs per port, and multifunction LEDs for power supplies
Protocols and Standards	
Ethernet	IEEE 802.3, 10BASE-T
Fast Ethernet	IEEE 802.3u, 100BASE-TX, IEEE 802.3, 100BASE-FX

Gigabit Ethernet	IEEE 802.3z, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ab
VLAN Trunking/Tagging	IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ad
Spanning Tree Protocol	IEEE 802.1D, IEEE 802.1w, IEEE 802.1s
Security	IEEE 802.1x
1000BASE-X (SFP)	1000BASE-SX, 1000BASE-LX/LH, 1000BASE-ZX, 1000BASE-TX, CWDM SFPs
Management	SNMPv1, SNMPv2c, SNMPv3
QoS	IEEE 802.1p
Routing	<ul style="list-style-type: none"> • Static, RIPv1, RIPv2; IP Base license • EIGRP, OSPF, IS-IS, PBR, multi-VRF CE; IP Services Feature license required • BGPv4; IP Services Feature license required
Multicast	<ul style="list-style-type: none"> • IGMP v1, v2, v3 • PIM Sparse Mode, PIM Dense Mode, PIM Sparse-Dense Mode; requires IP Services Feature license
Metro Ethernet Forum (MEF)	<ul style="list-style-type: none"> • MEF9 compliant



Description	Specification
Connectivity	
Connectors and cabling	<ul style="list-style-type: none"> • 10BASE-T ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 3, 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling • 100BASE-TX ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 5 UTP cabling • 1000BASE-T SFP-based ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 5 UTP cabling • 1000BASE-SX, -LX/LH, -ZX, -TX SFP-based ports: LC fiber connectors (single-mode or multimode fiber) • 100FX SFP on GE SFP ports (only non-ES SFP ports) • Management console port: RJ-45-to-DB9 cable for PC connections
MIBs	<ul style="list-style-type: none"> • Multiple MIBs are supported. See the Cisco Catalyst 3750 Metro Software Configuration Guide for a full listing
Physical Dimensions	
Dimensions (H x W x D)	1.73 x 17.5 x 14.68 in. (4.39 x 44.5 x 37.3 cm)
Weight	12.1 lb (5.49 kg) (Cisco Catalyst 3750 Metro 24-AC or DC)
Power	
Power consumption	110W (maximum), 374 BTUs per hour (Cisco Catalyst 3750 Metro 24-AC or DC Switch)
AC input voltage and frequency	100 to 127/200 to 240 VAC (autoranging), 50 to 60 Hz (Cisco Catalyst 3750 Metro 24-AC)
DC input voltage	-36 to -72 VDC @ 3A (Cisco Catalyst 3750 Metro 24-DC)
Approvals, Compliance, and Hardware Warranty	

Safety certifications	<ul style="list-style-type: none"> • UL 60950, Third Edition • UL to CAN/CSA 22.2 No.60950, Third Edition • TUV/GS to EN 60950 with Amendments A1-A4 and A11 • CB to IEC 60950 with all country deviations • NOM to NOM-019-SCFI • AS/NZS 3260, TS001 • CE Marking • CLEI Coding
Electromagnetic emissions certifications	<ul style="list-style-type: none"> • FCC Part 15 Class A • EN 55022B Class A (CISPR22 Class A) • GR-1089 CORE Class A • VCCI Class 1 • AS/NZS 3548 Class A or AS/NZS CISPR22 Class A • BSMI Class A • MIC • CE Marking
Network Equipment Building Standards (NEBS)	Level 3, Type 2; Cisco Catalyst 3750 Metro 24-DC and -AC
Noise specifications	Office product specification: 50dBA
Mean time between failure (MTBF)	<ul style="list-style-type: none"> • 168,231 hours (one power supply) • 256,311 hours (two power supplies)



Description	Specification
Operating environment	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature: 0 to 45°C –5 to +55°C (NEBS short-term operation) • Altitude: up to 10,000 ft • Relative humidity: 10 to 85 percent noncondensing 5 to 95 percent noncondensing (NEBS short-term operation)
Storage environment	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature: –25 to 70°C –40 to 70°C (NEBS [SHORT-TERM OPERATION]) • Altitude: 15,000 ft (4570m)
Warranty	1-year limited hardware warranty

Ordering Information

To place an order, visit the Cisco Ordering Home Page. Table 2 shows ordering information.

Table 2. Ordering Information

Product Name	Product Part Number
Cisco Catalyst 3750 Metro Switch (requires selecting at least one power supply)	ME-C3750-24TE-M

Cisco Catalyst 3750 Metro Switch Primary AC power supply	PWR-ME3750-AC
Cisco Catalyst 3750 Metro Switch Primary DC power supply	PWR-ME3750-DC
Cisco Catalyst 3750 Metro Switch Redundant AC power supply (optional)	PWR-ME3750-AC-R
Cisco Catalyst 3750 Metro Switch Redundant DC power supply (optional)	PWR-ME3750-DC-R
Cisco Catalyst 3750 Metro Advanced IP Feature license	ME3750-ADVIP-LIC=
Cisco Catalyst 3750 Metro IP Services Feature license	ME3750-IPSVCLIC=
Cisco Catalyst 3750 Metro IP Services to Advanced IP Upgrade license	ME3750-UPGRD-LIC=
Cisco Catalyst 3750 Metro Switch AC power supply (spare)	PWR-ME3750-AC=
Cisco Catalyst 3750 Metro Switch DC power supply (spare)	PWR-ME3750-DC=

Service and Support

Cisco offers numerous services programs to accelerate customer success. These innovative services programs are delivered through a unique combination of people, processes, tools, and partners, resulting in high levels of customer satisfaction. Cisco services help you to protect your network investment, optimize network operations, and prepare your network for new applications to extend network intelligence and the power of your business. For more information about Cisco services, see [Cisco Technical Support Services](#) or [Cisco Advanced Services](#).

For More Information

For more information about Cisco Catalyst 3750 Metro Series switches, contact your local account representative or visit <http://www.cisco.com/go/catalyst3750metro>.

**Corporate Headquarters**

Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA
www.cisco.com
Tel: 408 526-4000
800 553-NETS (6387)
Fax: 408 526-4100

European Headquarters

Cisco Systems International BV
Haarlerbergpark
Haarlerbergweg 13-19
1101 CH Amsterdam
The Netherlands
www-europe.cisco.com
Tel: 31 0 20 357 1000
Fax: 31 0 20 357 1100

Americas Headquarters

Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA
www.cisco.com
Tel: 408 526-7660
Fax: 408 527-0883

Asia Pacific Headquarters

Cisco Systems, Inc.
168 Robinson Road
#28-01 Capital Tower
Singapore 068912
www.cisco.com
Tel: +65 6317 7777
Fax: +65 6317 7799

Cisco Systems has more than 200 offices in the following countries and regions. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the

**CISCO XR 12000 SERIES ROUTER DATA SHEET****CISCO XR 12000 SERIES ROUTER****PRODUCT OVERVIEW**

The Cisco[®] XR 12000 Series routers accelerate the service provider evolution toward IP Next-Generation Networks, combining the unparalleled innovation of Cisco IOS[®] XR Software with investment protection of the market-leading Cisco 12000 Series (Figure 1).

Offering secure virtualization, continuous system operation, and multiservice scale, the Cisco XR 12000 Series provides intelligent routing solutions that scale from 2.5-to n x 10-Gbps capacity per slot, enabling next-generation IP/Multiprotocol Label Switching (MPLS) networks.

The Cisco XR 12000 Series is powered by Cisco IOS XR Software, which allows service providers to isolate public and private services through the virtualization of a single router into separate physical and logical partitions. Cisco IOS XR Software is a unique self-healing and self-defending operating system designed for always-on operation while scaling capacity and adding new services or features. With distributed processing intelligence and robust quality-of-service (QoS) and multicast mechanisms, the Cisco XR 12000 Series allows providers to scale services and customers with performance.

Built upon a foundation of investment protection, the Cisco XR 12000 Series provides fully upgradable, single-chassis platforms ranging from 2.5-to n x 10-Gbps capacity per slot and combines the latest hardware advances of the Cisco 12000 Series with the industry's first fully modular, fully distributed internetwork operating system, Cisco IOS XR Software.

Figure 1. Cisco XR 12000 Series Router Portfolio



All contents are Copyright © 1992–2005 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement. Page 1 of 7

ACCELERATING THE TRANSITION TO IP NEXT-GENERATION NETWORKS

As intense competition continues to erode their profitability, service providers are accelerating their transition to packet-based IP Next-Generation Networks. Service providers require innovative, converged infrastructures to improve delivery of current services that are also the foundation for tomorrow's new, bandwidth-intensive services. Solutions that provide greater network intelligence, integration, and flexibility will not only give carriers short-term relief but also enable them to combat competitive pressures and address new market opportunities.

From the perspective of Cisco Systems[®], IP Next-Generation Networks bring about a broad network transformation that encompasses not just the service provider's network but its entire business. The IP Next-Generation Network can enable service providers to meet all the needs of all customer segments efficiently and economically and can be the basis for delivering applications that enable sustainable profitability.

In Cisco's view, the phased development of the IP Next-Generation Network involves creating an intelligent infrastructure from which application-aware services are delivered by service-aware networks. This type of intelligent, IP-based Next-Generation Network will open new opportunities for service providers to offer advanced and personalized all-media services over any type of connection. Because it provides convergence in three interworking layers—application, service, and network—intelligent IP can be the technology foundation to bring about the Next-Generation Network transformation.

The adoption of a converged IP Next-Generation Network represents a move away from service-specific voice and data networks to a common packet-based core and multiservice edge that supports transport, application, and content-delivery services. The edge and core functions are gradually consolidated onto a single flexible and scalable IP Next-

Generation Network system while reducing capital and operational expense for the network operator.

The Cisco XR 12000 Series routers accelerate the service provider evolution toward IP Next-Generation Networks, combining the unparalleled innovation of Cisco IOS XR Software with the investment protection of the market-leading Cisco 12000 Series.

KEY ATTRIBUTES OF THE CISCO XR 12000 SERIES

Secure Virtualization

The Cisco Service Separation Architecture (SSA) on the Cisco XR 12000 allows service providers to consolidate multiple networks and services onto a single, “virtualized” platform while keeping each network and service instance separate and secure. This helps ensure that network anomalies experienced in one service (for example, the public Internet) do not affect another (for example, a private VPN). Services and customers are isolated from each other for maximum security. Additional benefits of consolidation through secure virtualization include feature transparency, optimal point-of-presence (POP) design, and operating expenses (OpEx) and capital expenditures (CapEx) efficiencies as a result of a reduced number of network elements. Primary features include:

- Cisco SSA for complete physical separation of network and system resources between each logical routing instance on the Cisco XR 12000
- Isolation of traffic flows and management-and control-plane functions per routing instance

Continuous System Operation

The Cisco XR 12000 Series is built on Cisco IOS XR Software, the industry’s only self-healing and self-defending operating system. This microkernel-based operating system provides granular process independence, fault containment, and isolation. With these unique capabilities, the Cisco XR 12000 Series can be maintained, upgraded, enhanced, and scaled without requiring service interruptions. Combined with the Cisco XR 12000 Series’ distributed architecture and redundant components, Cisco IOS XR Software helps enable a carrier-class infrastructure that supports “always-on” operations. Primary features include:

- Redundant power supplies, fans, controllers, and processing elements
- Distributed architecture with separation of data, control, and management planes
- Process management through redundancy, failure detection, isolation, tolerance, and recovery
- In-service software upgrade (ISSU), which supports nonstop forwarding (NSF) and graceful-restart extensions of routing and signaling protocols
- Hot-swappable hardware support with online-insertion-and-removal (OIR) functions
- Hardware memory fault detection and correction through parity or error-correction-code (ECC) memory

Multiservice Scale

With distributed processing intelligence and robust QoS and multicast mechanisms, the Cisco XR 12000 Series allows providers to scale both services and customers with predictable performance. In order to support demanding applications and the rapid growth of services and customers over time, the Cisco XR 12000 Series with Cisco IOS XR Software supports distributed processing, which allows for additional route processors to be added to the router and results in a more scalable and available control plane. This provides processing power for not only increased performance and resource management, but also check-pointing and process redundancy for resiliency. Also, the consolidation of multiple services onto one platform requires robust QoS that preserves service-level agreements (SLAs) associated with each service, and intelligent multicast mechanisms that allow carriers to move up the service

value chain from basic transport to content delivery. Primary features include:

- Cisco IOS XR Software distributes processing intelligence to each Cisco IP Services Engine (ISE) line card (that is, OS infrastructure and applications, Layer 3 forwarding, line card-specific control functions, and packet manipulation) and to additional route processors installed in the system (that is, Border Gateway Protocol [BGP], Intermediate System-to-Intermediate System [IS-IS], etc.). Distributed processing intelligence removes software limitations to system scalability and allows network operators to take full advantage of the aggregate capacity of installed hardware in the system.
- ISE line cards use the industry's most sophisticated 2.5- and 10-Gbps application-specific integrated circuits (ASICs), which are fully programmable to support the diverse and continually changing Layer 3 feature set required by multiservice IP Next-Generation Networks.
- Dedicated queuing ASICs on each ISE line card provide unparalleled per-customer QoS that protects against jitter and delay of video and timesensitive data and voice applications without impacting scale or performance.
- Multicast replication is handled by the switch fabric to avoid service-disrupting congestion associated with other routers that replicate frames at the line-card level.
- Cisco IOS XR SSA between data, control, and management planes helps enable deployment of new features without service disruption. Its modular software architecture accelerates service delivery with individual packaging of feature sets, and allows components to be installed, updated, or deleted individually.

PRODUCT ARCHITECTURE

Cisco XR 12000 Architecture Components

The Cisco XR 12000 architecture consists of four basic building blocks:

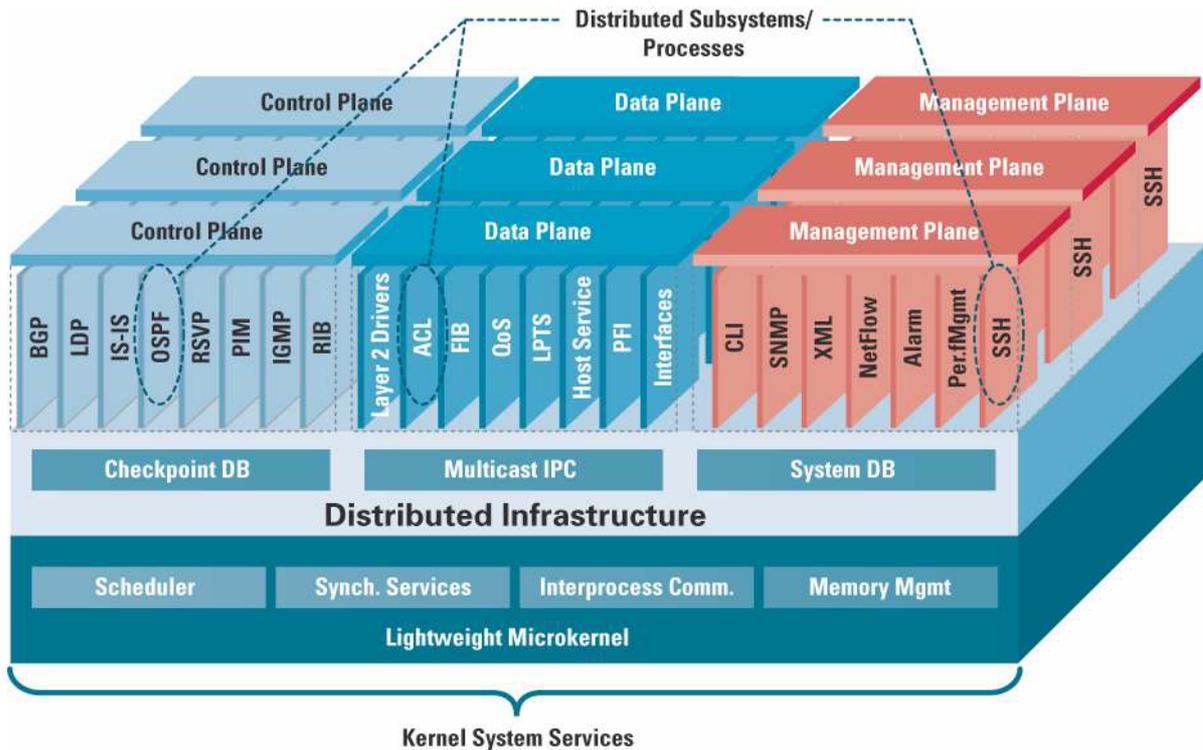
- Cisco IOS XR Software—At the heart of the Cisco XR 12000 is a unique self-healing and self-defending operating system designed for always-on operation while scaling service capacity and adding new services or features. Cisco IOS XR Software takes full advantage of the distributed intelligence and hardware capacities of the ISE line cards and Cisco XR 12000 and 12000 Series Performance Route Processor-2 (PRP-2) technology on the Cisco XR 12000 Router. It also powers the Cisco CRS-1 Carrier Routing System (CRS-1), the IP Next-Generation Network platform designed for service provider POPs requiring multi-terabit scale, providing consistent features, services, and management from 2.5 to 40 Gbps per slot, and multishelf configurations.
- Cisco XR 12000 multigigabit switch fabric—The switch fabric is the high-speed interconnect between all router components, including the route processor and the Cisco intelligent programmable interface processors (Cisco ISE line cards). Available in 2.5-, 10-, and 40-Gbps per slot variants for flexibility of deployment, the fabric is highly optimized for both unicast and multicast, and is supported on both the Cisco 12000 and Cisco XR 12000 series.
- Cisco XR 12000 intelligent programmable interface processors—The Cisco intelligent programmable interface processors (Cisco ISE line cards) terminate the physical interface and provide the forwarding decisions, payload processing, payload accounting, policy management, and security. Combining a programmable feature set with high performance, the ISE line cards are available in fixed-port (line cards) and modular-port (shared port adapters [SPAs] and SPA interface processors [SIPs]) versions. They are supported on the Cisco XR 12000 Series as well as the Cisco 12000 Series.
- Cisco XR 12000 Series Control Plane Route Processor—The Cisco XR 12000 Series Control Plane uses the Cisco PRP-2 from the Cisco 12000 Series to provide chassis management, route protocol processing, and external management.

Cisco IOS XR Software Architecture

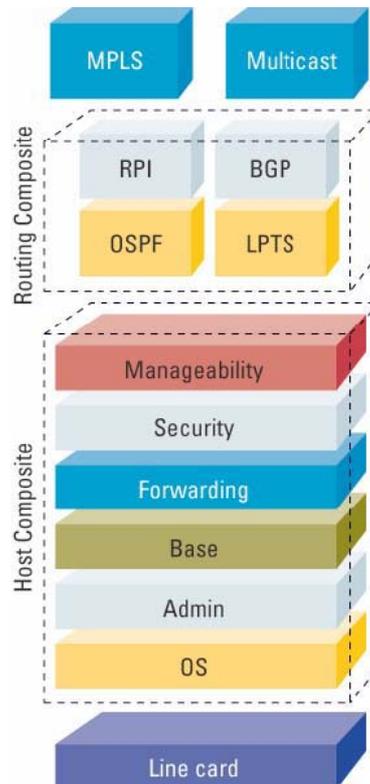
Cisco IOS XR Software, the operating system of the Cisco XR 12000 and Cisco CRS-1, is the first fully modular, fully distributed internetwork operating system featuring a memory-protected, microkernel-based architecture and distributed processing (refer to Figure 2). The microkernel includes only the most essential services of the operating system such as message passing, memory management, process scheduling, and thread distribution. All other elements that are part of the kernel in traditional operating systems such as device drivers, file systems, network drivers, and system management are implemented outside the kernel.

This modern operating system architecture design is the basis upon which Cisco IOS XR Software can offer continuous system operation and multiservice scale as well as complete separation of the data, control, and management planes. Every operating system function runs in its own protected memory space and is divided into processes that can be distributed to any available processing resource on any shelf in the system to eliminate processing bottlenecks and to ensure that no potential hardware failure adversely affects system operation. Cisco IOS XR Software processes can be stopped, started, or restarted dynamically, either automatically in response to a failure or by the system operator. This granular modularity helps ensure that only the required processes are restarted upon process failure or during software upgrades, enabling in-service software upgrades (ISSU).

Figure 2. Modular and Distributed Cisco IOS XR Software

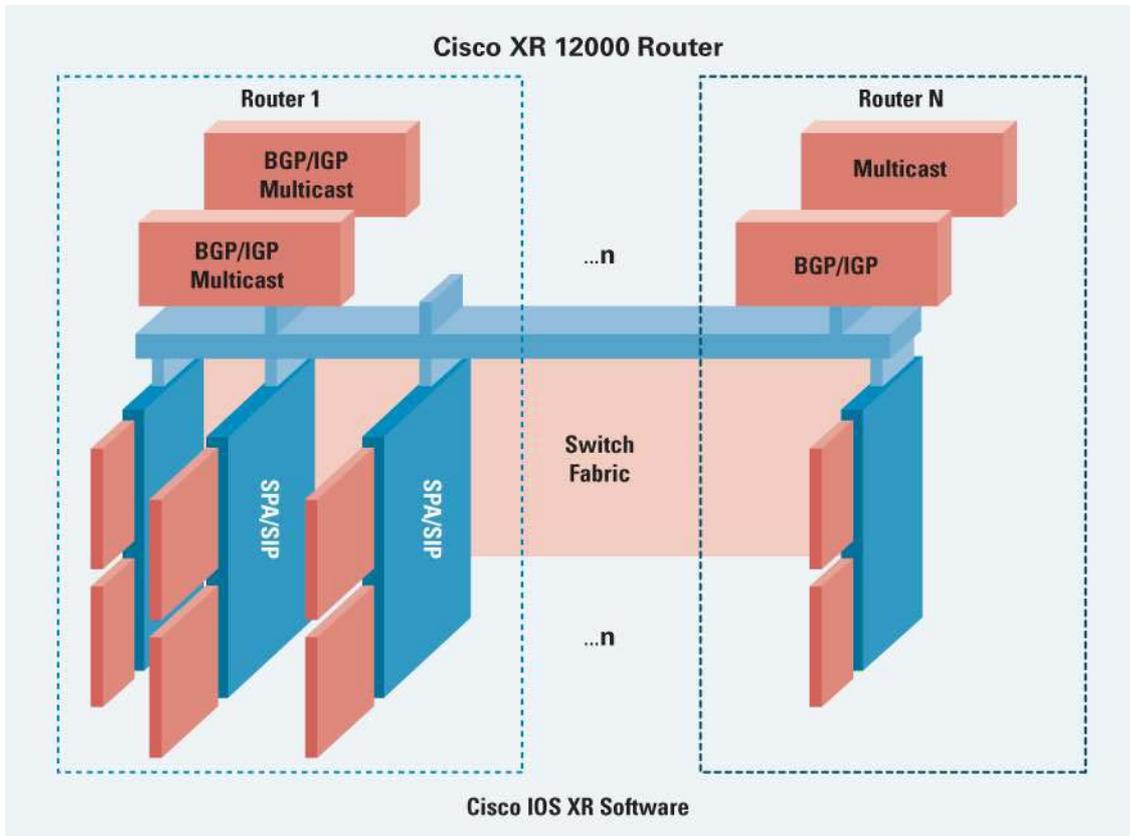


The in-service software upgrades are further simplified through the use of a modular software-distribution mechanism that bundles similar or dependent components together so they can be upgraded as a set. If necessary, individual processes can be upgraded or patched to apply critical fixes or new features (Figure 3). This capability allows service providers to add new features or fix software defects without having to requalify a completely new operating system version.

Figure 3. Cisco IOS XR Software Packaging Architecture**Cisco Service Separation Architecture---Providing Secure Virtualization**

The Cisco SSA takes advantage of hardware and Cisco IOS XR Software designs of the Cisco XR 12000 Series to provide total separation of traffic and network operations on a per-service or per-customer basis. This unique implementation allows carriers to isolate the control, data, and management planes along with associated line cards and route processors to create logically and physically separate routers that operate independently within a single Cisco XR 12000 router. The Cisco SSA provides secure virtualization and gives carriers the flexibility to test, deploy, and implement a comprehensive offering of converged services with the confidence that they can meet customer SLAs (Figure 4).

Figure 4. Cisco Service Separation Architecture (SSA)---Moving Beyond Virtual Routers to Complete Physical and Logical (Memory Protected) Separation



PRODUCT SPECIFICATIONS

For specific product specifications, refer to Cisco XR 12000 Series data sheets at: [http:// www.cisco.com /go/XR12000](http://www.cisco.com/go/XR12000).

SERVICE AND SUPPORT

Cisco Technical Support Services have been extended to the Cisco XR 12000 Series. These services are positioned to deliver solutions that meet customers' needs today and to support their transition to IP Next Generation Networks.

Contact your Cisco Services Account representative for more details,

Send questions or comments to: xr12000-svsmktg@cisco.com

FOR MORE INFORMATION

For more information about the Cisco XR 12000 Series, visit [http:// www.cisco.com /go/XR12000](http://www.cisco.com/go/XR12000) or contact your local Cisco account representative.



FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO

El presente proyecto de grado fue entregado a la Facultad de Ingeniería Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a _____ de Mayo del 2006

SR. TCRN. EM. XAVIER MARTINEZ
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DR. JORGE CARVAJAL
SECRETARIO ACADÉMICO

LUIS ALBERTO MIÑO MONTALVO
AUTOR