REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.

- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.

- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO PARA LA MIGRACIÓN DE UNA RED DE TECNOLOGÍA METRO ETHERNET A LA TECNOLOGÍA MPLS, PARA LA EMPRESA PORTADORA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES PUNTONET S.A. PARA LA CIUDAD DE QUITO

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

JARAMILLO RODRIGUEZ SANDRA ELIZABETH

sandy_eliz@hotmail.com

DIRECTOR: ING. MARÍA SOLEDAD JIMÉNEZ, M.Sc.

sjimenez@mailfie.epn.edu.ec

Quito, Diciembre 2010

DECLARACIÓN

Yo, Sandra Elizabeth Jaramillo Rodríguez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa Institucional vigente.

_____

Sandra Elizabeth Jaramillo Rodríguez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Sandra Elizabeth Jaramillo Rodríguez, bajo mi supervisión.

_____

Msc. María Soledad Jiménez

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme dado las fuerzas y la voluntad para poder culminar mis estudios y este Proyecto de Titulación.

A mis padres Mónica y Edgar, mi hermano Geovanny, mi hermano Alexis, mi sobrinita Melany y a toda mi familia por el apoyo y confianza que siempre me brindaron.

A Wilmer, que siempre confió en mí, por sus palabras de aliento y motivación, por darme fuerzas y valor para luchar contra todos los obstáculos e inconvenientes.

A la Ing. María Soledad Jiménez, Directora de este proyecto, por su valiosa ayuda y dedicación para hacer posible la culminación del mismo.

Al Ing. Roberto Falconi, jefe, compañero y amigo por el respaldo brindado a lo largo de la elaboración de este proyecto.

A mis compañeros y amigos Viviana Jarrín, Anita Lomas Mario Capito, Wilson Machasilla, César Granda, y Víctor Mier por brindarme su ayuda incondicional, amistad y confianza.

A mis amigos y compañeros de la facultad con quienes compartí alegrías y tristezas a lo largo de mis estudios.

DEDICATORIA

El presente Proyecto de Titulación está dedicado a:

Dios por ser el guía más importante en mi vida quién nunca me abandonó y por quién pude conseguir una de las metas más importantes en mi vida.

Mi madre Mónica Rodríguez, porque con su amor, pese a las dificultades que la vida le puso, ha sabido hacer de mí, una mujer de bien.

Mi padre Edgar Jaramillo, porque a pesar de los problemas ha sabido transmitirme su amor y su apoyo.

Mi novio Wilmer, quién con su amor incondicional y compresión ha sabido ser un soporte importante en mi vida.

Los quiero mucho.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL ..... **IV**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **IX**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **XII**

CAPÍTULO 1 ..... **1**

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE MPLS 1
1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 ETHERNET 2
1.2.1 INTRODUCCIÓN 2
1.2.2 ETHERNET PARA REDES DE AREA METROPOLITANA (MAN) 3
1.2.3 VENTAJAS 4
1.2.4 DESVENTAJAS 4
1.2.5 SERVICIOS ETHERNET 5
1.2.5.1 E-Line 6
1.2.5.2 E-LAN 8
1.2.6 FUNCIONAMIENTO DE REDES MEN, MULTIPLEXACIÓN 9
1.3 MULTIPROTOCOLO DE CONMUTACIÓN DE ETIQUETAS (MPLS) 11
1.3.1 INTRODUCCIÓN 11
1.3.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA RED MPLS 13
1.3.3 TOPOLOGÍA DE LA RED WAN PARA MPLS 14
1.3.4 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE MPLS 16
1.3.4.1 Enrutamiento de paquetes en MPLS 16
1.3.4.2 Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS 18
1.3.4.2.1 Pila de etiquetas 22
1.3.4.3 Control de la información en MPLS 25
1.3.4.3.1 Generación de las tablas de envío que establecen los LSPs 25
1.3.4.3.2 Distribución de la información sobre las etiquetas a los LSRs 25
1.3.4.4 Funcionamiento global MPLS 26
1.3.4.5 Asignación de etiquetas a los paquetes MPLS 30
1.3.4.6 Distribución y Anuncio de Etiquetas 35
1.3.4.7 Asignación de más etiquetas 39
1.3.4.8 Recepción del Anuncio de Etiquetas 40
1.3.4.9 Relleno de la tabla LFIB 41
1.3.4.10 Propagación de paquetes en una red MPLS 43
1.3.4.11 Penúltimo Hop Popping 44
1.3.5 ARQUITECTURA MPLS 48
1.3.5.1 Plano de Control: 48
1.3.5.2 Plano de datos: 49

1.3.5.2.1 Componentes del Plano de Control 50
1.3.5.2.2 Label Switch Routers (LSR) 51
1.3.5.3 Arquitectura de los componentes de LSR 53
1.3.5.5 Arquitectura de los componentes de LSR de Borde..... 55
1.3.6 MECANISMOS DE CONMUTACIÓN DEL ROUTER CISCO 57
1.3.6.1 Conmutación de Procesos y Conmutación Rápida 60
1.3.6.2 Arquitectura de Conmutación CEF 63
1.3.7 PRINCIPALES APLICACIONES DE MPLS 64
1.3.7.1 Ingeniería de tráfico 66
1.3.7.2 Clases de servicio (CoS) 67
1.3.7.3 Redes Privadas Virtuales (VPNs) 68
1.3.8 RAZONES PARA MIGRAR A MPLS 74
1.3.8.1 Flexibilidad 75
1.3.8.2 Escalabilidad 75
1.3.8.3 Accesibilidad 76
1.3.8.4 Eficiencia 76
1.3.8.5 Calidad de servicio (QoS) y Clases de servicio (CoS) 76
1.3.8.6 - Administración..... 77
1.3.8.7 - Monitoreo y SLAs 77
1.3.8.8 Fácil Migración 77
1.3.8.9 Seguridad 78
1.3.8.10 Bajo Costo 78

CAPÍTULO 2 79

ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES DE PUNTONET S.A. 79
2.1 LA EMPRESA PUNTONET S.A. 79
2.1.1INTRODUCCIÓN……79
2.1.2 SOPORTE TÉCNICO 81
2.1.3 MERCADEO 82
2.1.4 VENTAS 82
2.1.5 SERVICIOS 83
2.1.5.1 Servicios Corporativos 83
2.1.5.1.1 Cartera de Productos 83
a) Enlaces Dedicados 84
b) ADSL 84
c) Hosting 85
d) Transmisión de Datos 86
e) Voz sobre IP 87

f) VSAT 88
2.1.5.2 Servicios para Hogares 89
2.1.5.2.1 Cartera de Productos 89
a) Punto Home - Banda Ancha 90
b) Dial-up 91
2.1.7 CRECIMIENTO 93
2.1.8 PLATAFORMA 93
2.1.8.1 Cobertura 94
2.1.9 SERVICIO / OPERACIÓN 95
2.2 ESTRUCTURA DE LA RED DE LA EMPRESA PUNTONET 98
2.2.1 INTRODUCCIÓN 98
2.2.2 BACKBONE DE PUNTONET 99
2.2.3 BACKBONE DE PUNTONET EN LA REGIÓN SIERRA 108
2.2.4 ESTRUCTURA DE LA RED DE PUNTONET EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA 112
2.2.4.1 SALIDA AL INTERNET 116
2.2.4.1.1 Transnexa “El Carrier de Carriers Andino" 118
2.2.4.1.2 Funciones de Transnexa 119
2.2.4.1.3 Servicios que brinda Transnexa 120
2.2.4.2 NAP de las Américas 123
2.2.4.2.1 Tecnología 123
2.2.4.2.2 Ubicaciones y Colocación 123
2.2.4.2.3 Servicios 124
2.2.4.3 INFRAESTRUCTURA DE LAS REDES FÍSICAS 125
2.2.4.3.1 Cobre 125
2.2.4.3.2 Fibra Óptica 125
2.2.4.4 INFRAESTRUCTURA DE RADIO 128
2.2.4.4.1 Backbone Inalámbrico que Puntonet brinda a sus clientes 130
2.2.4.5 CUARTO DE EQUIPOS 132
2.2.4.5.1 Servidores 133
2.2.4.5.2 Ruteadores 134
2.2.4.5.3 Switches 135
2.3 ANÁLISIS DE LA RED DE PUNTONET S.A. 136
2.3.1 BENEFICIOS QUE SE OBTENDRÁN LUEGO DE LA MIGRACIÓN A MPLS 137
2.3.2 VENTAJAS QUE SE OBTIENEN CON LA MIGRACIÓN 138
2.3.3 DESVENTAJAS DE LA MIGRACIÓN 139
2.3.4 PROCESO A SEGUIR PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED 140
2.3.5 REQUERIMIENTOS PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED ACTUAL 141
2.3.6 NECESIDADES 141

CAPÍTULO 3 142

ESTUDIO DE TRÁFICO, DISEÑO DE LA RED MPLS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS 142

3.1 ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA RED ACTUAL DE PUNTONET 142

3.1.1 INTRODUCCIÓN 142

3.1.2 ESTUDIO DE TRÁFICO DE PUNTONET 143

3.1.3 DESCRIPCIÓN TOPOLÓGICA DE LOS NODOS 161

3.2 DISEÑO DE LA RED MPLS 163

3.2.1 INTRODUCCIÓN 163

3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED 165

3.2.3 DISEÑO DE LA MIGRACIÓN DE LA RED DE PUNTONET S.A. A MPLS ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.3.1 Diseño de la red MPLS en capas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.3.1.1 Capa Core ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.3.1.2 Capa de Distribución ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.3.1.3 Capa de Acceso 165

3.2.3.2 Diseño para la migración de los enlaces de la Capa Core 169

3.2.3.3 Diseño para la migración de los enlaces de la Capa de Distribución 172

3.2.3.4 Diseño para la migración de los enlaces de la Capa de Acceso 173

3.2.4 MIGRACIÓN DE LA RED 176

3.2.4.1 MIGRACIÓN DEL BACKBONE DE PUNTONET S.A. A LA TECNOLOGÍA MPLS 176

3.2.4.1.1 Comprobación de la infraestructura de pre-migración 177

3.2.4.1.2 Requisitos del Envío Expreso de Cisco (CEF) 178

3.2.4.1.3 Direccionamiento de la estructura interna de BGP 179

3.2.4.2 MIGRACIÓN DE LOS ENLACES INTERNOS DE PUNTONET S.A. A LA TECNOLOGÍA MPLS 180

3.2.5 DIMENSIONAMIENTO DEL BACKBONE DEL PROYECTO 181

3.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS REFERENCIALES 183

3.3.1 EQUIPOS PARA LA CAPA CORE 183

3.3.2 EQUIPOS DE BORDE MPLS 185

3.3.3 EQUIPOS PARA LA CAPA DE DISTRIBUCIÓN 188

3.3.4 EQUIPOS PARA LA CAPA DE ACCESO 191

3.3.5 EQUIPOS TERMINALES PARA EL LADO DEL CLEINTE (CPE) 194

3.3.6 COSTOS TOTALES REFERENCIALES 195

CAPÍTULO 4 198

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 198
4.1 CONCLUSIONES 198
4.2 RECOMENDACIONES 201

GLOSARIO 204

BIBLIOGRAFÍA 209

ANEXO A 212

TECNOLOGÍA GPON 212

ANEXO B 223

ESTADÍSTICAS DEL CRECIMIENTO EN EL NÚMERO DE CLIENTES DE LA EMPRESA PUNTONET S.A. 223

ANEXO C 230

DATASHEET DE LOS EQUIPOS A UTILIZAR EN LA MIGRACIÓN DEL PRESENTE PROYECTO 230

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1:

Figura 1.1 Esquema de una red Ethernet.…..3
Figura 1.2 E-Line.……..7
Figura 1.3 E-LAN.……8
Figura 1.4 VPN de nivel 2, para redes Extranet e Intranet ….……10
Figura 1.5Etiqueta MPLS.……12
Figura 1.6 Posibles Topologìas de la red WAN.……..15
Figura 1.7 Ilustración del enrutamiento de tramas en MPLS.……17
Figura 1.8. Proceso de etiquetamiento de paquetes al ingresar al LSR.……19
Figura 1.9 Campos de la etiqueta MPLS ……21
Figura 1.10 PID en un encabezado de capa 2.……22
Figura 1.11 Router de borde ……..24
Figura 1.12 Funcionamiento de MPLS.……..28
Figura 1.13 Tablas de enrutamiento formadas en cada LSR ……...31
Figura 1.14 Asignación de etiquetas ……..33
Figura 1.15 Almacenamiento de etiquetas ……..34
Figura 1.16 Distribución y anuncio de etiqueta.……..36
Figura 1.17 Recepción del anuncio de etiqueta ……37
Figura 1.18 Búsquedas mejoradas en las tablas FIB y LFIB.……..38
Figura 1.19 Asignación de más etiquetas ……40
Figura 1.20 Actualización de las tablas de los LSRs.……..41
Figura 1.21 Distribución de etiquetas y reenvío de paquetes.……..42
Figura 1.22 Pasos para la propagación de paquetes ……..43
Figura 1.23 Propagación de etiquetas sin PHP ……46
Figura 1.24 Pasos para la propagación de paquetes ……..47
Figura 1.25 Componentes del Plano de Control.……..50
Figura 1.26 Etiquetación y eliminación de etiquetas en los LSR.……52
Figura 1.27 Componentes del LSR.……..55
Figura 1.28 Componentes del LSR de Borde ……..56
Figura 1.29 Cisco Express Forwarding ……..58
Figura 1.30 Secuencia de eventos para la conmutación de procesos y la conmutación rápida.……..61
Figura 1.31 Secuencia de eventos para la conmutación de procesos y la conmutación rápida ……..63
Figura 1.32. Diferencia entre túneles IP convencionales ……73

CAPÍTULO 2:

Figura 2.1 Enlace dedicado.……..84
Figura 2.2 Enlace ADSL.……..85
Figura 2.3 Conexión Hosting ……..86
Figura 2.4 Voz sobre IP.……..87
Figura 2.5 Sistema de conexión Vsat.……..88
Figura 2.6 Conexión Dial up..……..91
Figura 2.7 Cobertura a nivel nacional de Puntonet S.A.…..……94
Figura 2.8 Tráfico Diario (Promedio de 5 minutos).……..96
Figura 2.9 Principales enlaces de Puntonet S.A.……..100
Figura 2.10 Backbone actual de Puntonet en la región Sierra.…..……...108
Figura 2.11 Estructura de la conexión de la red de Puntonet Matriz …..……..114
Figura 2.12 Salida de Puntonet al Internet.……..117
Figura 2.13 Red de Interconexión de Transnexa.……..118
Figura 2.14 Conexiones de Puntonet para la salida hacia el Internet por ciudades.…..……121
Figura 2.14 Conexiones de Puntonet para la salida hacia el Internet por ciudades (continuación).……..122
Figura 2.15 Estructura de la conexión de la red física de Puntonet a nivel nacional.……..127
Figura 2.16 Conexiones de Radio de Puntonet Matriz.……..128
Figura 2.17 Nodo de Puntonet.……..129
Figura 2.18 Antenas.……..129
Figura 2.19 Armario que contiene equipos de uno de los nodos de Puntonet S.A. ……..130
Figura 2.20 Segmento Inalámbrico.……..131

CAPÍTULO 3:

Figura 3.1 Tráfico entre el nodo Pichincha y sus subscriptores.……..154
Figura 3.2 Tráfico entre el nodo Monjas y sus subscriptores ……..154
Figura 3.3 Tráfico entre el nodo Cananvalle y sus subscriptores ……..155
Figura 3.4 Tráfico entre el nodo Puengasi y sus subscriptores.……..155
Figura 3.5 Tráfico entre el nodo Condorcocha y sus subscriptores.....156
Figura 3.6 Tráfico entre el nodo Cotopaxi y sus subscriptores.……..156
Figura 3.7 Tráfico entre el nodo Latacunga y sus subscriptores.……..157
Figura 3.8 Tráfico entre el nodo Cotacachi y sus subscriptores.……..157
Figura 3.9 Tráfico entre el nodo Puntonet Matriz y sus subscriptores.……..158
Figura 3.10 Esquema de la red completa luego de la migración.……..164
Figura 3.11 Backbone MPLS de Puntonet S.A.……..166
Figura 3.12. Equipo de backbone en la red actual de Puntonet S.A. ……..171
Figura 3.13 Nodos que conformarán la Capa Core. ……..172

Figura 3.14. Nodos y elementos de la Capa de Distribución.……173
Figura 3.15. Elementos que forman la Capa de Acceso, la Capa de Distribución y la Capa Core.……175

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1:

Tabla 1.1 Funciones de las componentes de LSR.……..54

CAPÍTULO 2:

Tabla 2.1 Valores de Planes Punto Home.……....90
Tabla 2.2 Valores de última milla que brinda Andinadatos.……..91
Tabla 2.3 Planes dial up.……..92
Tabla 2.4 Cobertura a nivel nacional.……...95
Tabla 2.5 Equipos que operan en los nodos.……..109

CAPÍTULO 3:

Tabla 3.1 Nodos por Provincia.……..143
Tabla 3.2 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Pichincha.……...144
Tabla 3.3 Número de enlaces totales por nodo en Pichincha.……..145
Tabla 3.4 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Cotopaxi.……..145
Tabla 3.5 Número de enlaces totales por nodo en Cotopaxi.……....145
Tabla 3.6 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Imbabura.……..146
Tabla 3.7 Número de enlaces totales por nodo en Imbabura.……..146
Tabla 3.8 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Guayas.……..147
Tabla 3.9 Número de enlaces totales por nodo en Guayas.……..147
Tabla 3.10 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Los Ríos.……....148
Tabla 3.11 Número de enlaces totales por nodo en Los Ríos.……....148
Tabla 3.12 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de El Oro.……...148
Tabla 3.13 Número de enlaces totales por nodo en El Oro.……..149
Tabla 3.14 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Loja.……..149
Tabla 3.15 Número de enlaces totales por nodo en Loja.……....149
Tabla 3.16 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Santo Domingo.……..150
Tabla 3.17 Número de enlaces totales por nodo en Santo Domingo.……..150
Tabla 3.18 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Esmeraldas.……..150

Tabla 3.19 Número de enlaces totales por nodo en Esmeraldas..……..…150
Tabla 3.20 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Manabí.…..…….…….....151
Tabla 3.21 Número de enlaces totales por nodo en Manabí.……..……....151
Tabla 3.22 Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Azuay.……..…..152
Tabla 3.23 Número de enlaces totales por nodo en Azuay.…..…….…..…..152
Tabla 3.24 Número de enlaces totales por provincia.……..…152
Tabla 3.25 Resultados obtenidos del estudio de tráfico.……..159
Tabla 3.26 Capacidades previstas para enlaces de equipos de borde y equipos instalados donde el cliente ……...161
Tabla 3.27 Proyección de tráfico en los nodos considerados en el backbone MPLS.……....182
Tabla 3.28 Routers ubicados actualmente en los nodos considerados para el Backbone MPLS… ……..…183
Tabla 3.29 Comparación de equipos considerados para la capa Core.……..…185
Tabla 3.30Comparación de equipos considerados para el contorno del Backbone MPLS.……..187
Tabla 3.31 Comparación de equipos considerados para la capa de Distribución.……....190
Tabla 3.32 Comparación de equipos considerados para la capa de Acceso.……..193
Tabla 3.33 Comparación de equipos considerados para la parte terminal del cliente CPE.……..195
Tabla 3.34 Costos de equipos.……...196
Tabla 3.35 Costo total del proyecto.……..197

RESUMEN

El presente Proyecto titulado “Diseño para la migración de una red de tecnología Metro Ethernet a la tecnología MPLS, para la empresa portadora de servicios de telecomunicaciones Puntonet S.A. para la ciudad de Quito”, tiene como objetivo diseñar una red utilizando la tecnología MPLS para mejorar el servicio que brinda a sus clientes la empresa Puntonet S.A.; y hacer a su red más eficiente, optimizando la gestión y el uso de recursos.

Este proyecto consta de cuatro capítulos:

El primer capítulo presenta conceptos fundamentales sobre la tecnología Metro Ethernet que es la usada actualmente por Puntonet S.A. y sobre la tecnología a la que se pretende migrar MPLS.

En el segundo capítulo se presenta la información general sobre la empresa Puntonet S.A., y se estudia detalladamente la infraestructura de red que maneja la misma en la ciudad de Quito.

En el capítulo tres se inicia realizando un estudio de tráfico, tomando en cuenta la demanda existente y potencial a mediano plazo de la red diseñada. Se diseña la red MPLS tomando en cuenta interfaces de la red existentes y cumpliendo en lo posible las características exigidas por la empresa Puntonet S.A. para permitir la gestión unificada. Se presentan también costos de inversión referenciales.

En el cuarto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto.

Finalmente se presentan anexos con documentación que complementan la comprensión del Proyecto.

PRESENTACIÓN

El continuo avance de la tecnología ha permitido a los Proveedores de Servicios de Telecomunicaciones ofrecer variados y mejores servicios en cuanto a Telecomunicaciones se refiere.

Puntonet S.A. no se queda atrás y constantemente busca innovarse y brindar así una mejor calidad y rapidez en su servicio de transmisión de datos e Internet, empleando el desarrollo actual de las Nuevas Tecnologías.

El presente Proyecto propone una alternativa para mejorar el rendimiento de la red actual, así como la eficiencia en el servicio que brinda Puntonet S.A. Se sugiere entonces la tecnología MPLS para la infraestructura de la red de backbone que Puntonet S.A. utiliza en la ciudad de Quito.

MPLS utilizando la posibilidad de crear y anidar LSPs hace muy sencilla la creación de túneles virtuales y aprovechando que es posible asignar a un cliente o a un tipo de tráfico una FEC, se puede asociar un LSP que fluya por enlaces con bajo nivel de carga, mejorando así la calidad de servicio QoS.

MPLS ayuda también a la planificación de rutas en la red de la empresa en base a previsiones y estimaciones a largo plazo con el fin de optimizar los recursos y reducir congestión o lo que es lo mismo tener una buena ingeniería de tráfico.

Además se aprovecha el alto rendimiento que brindan los routers MPLS, por basarse en la tabla LIB que son decisiones de encaminamiento mucho más sencillas y rápidas que las que toma un router IP ordinario.

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE MPLS

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se da una breve explicación sobre la tecnología Ethernet y Metro Ethernet, con la que hoy por hoy trabaja la empresa portadora de servicios de telecomunicaciones Puntonet S.A., para la cual se realiza el diseño de migración de su red de backbone hacia la tecnología MPLS (*Multiprotocol Label Switching-Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas*) en la ciudad de Quito. Para esto es necesario tener el conocimiento necesario de la tecnología actual, conceptos básicos, ventajas, desventajas y servicios; y así poder facilitar el estudio y diseño de la red con tecnología MPLS.

Se aborda la teoría de la tecnología MPLS, es decir, conceptos básicos, funcionamiento, ventajas y desventajas que tiene esta tecnología, así como también se analizan las razones para la migración de la red actual con tecnología Ethernet hacia la nueva tecnología MPLS.

Con este conocimiento se podrá realizar de una manera más eficiente y eficaz el estudio y diseño para la migración de tecnología de Puntonet S.A. que busca ser una de las mejores empresas en cuanto a brindar servicios de telecomunicaciones se refiere.

1.2 ETHERNET [3]

1.2.1 INTRODUCCIÓN [1]

La necesidad de interconectar un gran número de computadoras en empresas, universidades y otras organizaciones da origen a la red de área local Ethernet, a principios de la década de 1970.

Ethernet, es un conjunto de estándares para la capa física y la capa MAC, para la transmisión de datos. Se basa en los estándares 802.3 de IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers – Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).* Se la considera también una tecnología de redes de área local (LAN) y redes de área metropolitana (MAN) que emplea su propio protocolo y tiene capacidad para transmitir hasta 100 Mbps.

Ethernet trabaja en topología física tipo bus (red en forma lineal en la cual los nodos se unen a un cable principal denominado bus, mediante tramos cortos, como se muestra en la figura 1.1) o de estrella en la cual los nodos están conectados por cable coaxial, fibra óptica o cable de par trenzado.

Con el paso del tiempo, el IEEE estandarizó Ethernet bajo la recomendación 802.3. Ethernet ha llegado a dominar la LAN por su simplicidad, prestaciones y bajo costo.

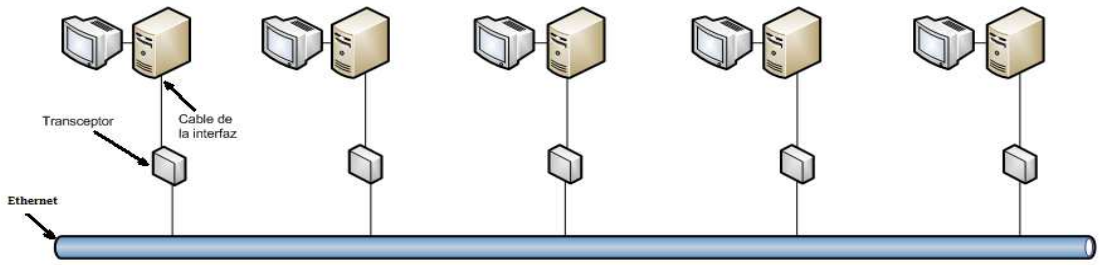


Figura 1.1. Esquema de una red Ethernet[1]

1.2.2 ETHERNET PARA REDES DE AREA METROPOLITANA (MAN) [2]

La red Metro Ethernet, es una arquitectura tecnológica derivada de Ethernet que está destinada a suministrar servicios de conectividad MAN/WAN de nivel 2, a través de UNIs (*Usuary Network Interface – Interfaz de Usuario en la Red*) Ethernet. Estas redes soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones, contando con mecanismos donde se incluye soporte de tráfico, como Telefonía IP y Video IP.

Las redes Metro Ethernet, están soportadas principalmente por medios de transmisión guiados, como son el cobre y la fibra óptica, existiendo también soluciones de radio licenciada, las velocidades proporcionadas son de 10Mbps, 20Mbps, 34Mbps, 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.

[1] Figura basada en la fuente: TANENBAUM, Andrew, "Redes de Computadoras" [1]

A continuación se exponen algunas ventajas y desventajas de Ethernet frente a Frame Relay o ATM, tecnologías usadas en redes MAN hasta ahora.

1.2.3 VENTAJAS

Bajo costo: Los costos para implantar la infraestructura (cable, conectores, tarjetas, equipos de interconexión, etc.) son mucho menores.

Además, los costos de configuración y mantenimiento de una red Ethernet también son menores que los de una red Frame Relay o ATM; Ethernet sólo requiere conectar los equipos, sin más que una simple configuración. [1], [6].

Configuración rápida bajo demanda: Una red sobre SDH no es fácilmente ampliable; sin embargo, Ethernet sí permite esta flexibilidad. [6].

Además, Ethernet ofrece una gran variedad de velocidades de transmisión, (desde 10 Mbps hasta 10 Gbps).

Fácil de interconectar con otras redes: Debido a que el 98% (ver referencia bibliográfica [5][2]) de las LAN están implementadas sobre Ethernet, no es necesaria una conversión de protocolos entre LAN y MAN. Esto facilita enormemente la integración de redes LAN en la red MAN.

1.2.4 DESVENTAJAS

[2] www.coit.es/publicaciones/bit/bit149/64-66.pdf [5]

La distancia: Es una gran limitación puesto que las redes Ethernet sobre cobre sólo podían cubrir una extensión de 100 m antes de que el retardo de propagación cause una degradación seria en la comunicación.

La fiabilidad y la redundancia: Las redes Ethernet no eran consideradas tan fiables como las redes TDM. De hecho, los mecanismos de redundancia y recuperación ante fallos de Ethernet, como *Spanning Tree*, eran sumamente lentos e ineficientes.

La capacidad de crecimiento: Hechos como el continuo *broadcast* requerido o la necesidad de aprendizaje de direcciones físicas (MAC) de todos los usuarios en todos los nodos de la red, ponen en entredicho la capacidad de crecimiento de la tecnología.

La seguridad: Ethernet se consideraba una tecnología de medio compartido en el que los usuarios fácilmente podían acceder al tráfico de otros.

1.2.5 SERVICIOS ETHERNET

Algunos servicios son:

- Conectividad a Internet, Ethernet permite la conexión a Internet.
- Servicios de LAN transparente, enlaces punto a punto o LAN a LAN. Estos servicios se dan a los clientes sin que éstos perciban las redes intermedias de la red LAN.

- L2VPN (punto a punto o multipunto a multipunto LAN a LAN), VPN de capa 2, son redes superpuestas sobre redes públicas pero con muchas propiedades de las redes privadas.
- Extranet, red privada virtual que utiliza protocolos de Internet, protocolos de comunicación e infraestructura de red.
- LAN a Frame Relay/ATM VPN, estas tecnologías se pueden tener sobre Ethernet.
- Redes de área de almacenamiento SANs (*Storage Area Networks*)
- VoIP, telefonía de Internet , tráfico de datos y de voz, sobre un protocolo de Internet.

De estos servicios el MEF ha definido dos grupos de servicios Ethernet:

E-Line: servicios punto a punto.

E-LAN: servicios multipunto a multipunto.

1.2.5.1 E-Line

El servicio E-Line proporciona un EVC (*Ethernet Virtual Connection*) punto a punto entre dos interfaces UNI (*User to Network Interfaces*). Se utiliza para proporcionar una conexión Ethernet punto a punto, como se ilustra en la figura 1.2.

Dentro del tipo de servicio E-Line se incluye el más sencillo servicio, que consistente en un ancho de banda simétrico para transmisión de datos en ambas direcciones y

no fiable; es decir, servicio "*best effort*" entre dos interfaces UNI a 10 Mbps. Un servicio más sofisticado considerado dentro del tipo de servicio E-Line sería, por ejemplo, una línea E-Line, que ofrezca una CIR (*Committed Information Rate - Tasa de Información Comprometida,* en un Frame Relay de la red es el promedio de ancho de banda para un circuito virtual garantizado por un proveedor de Internet para trabajar en condiciones normales. En un momento dado, el ancho de banda no debe caer debajo de la cifra comprometida) concreta junto con una CBS (*Committed Burst Size*), y una EIR (*Excess Information Rate*) junto con una EBS (*Excess Burst Size*), y un retardo, variación del retardo y BER (*Bit Error Rate*) máximos asegurados entre dos interfaces UNI.

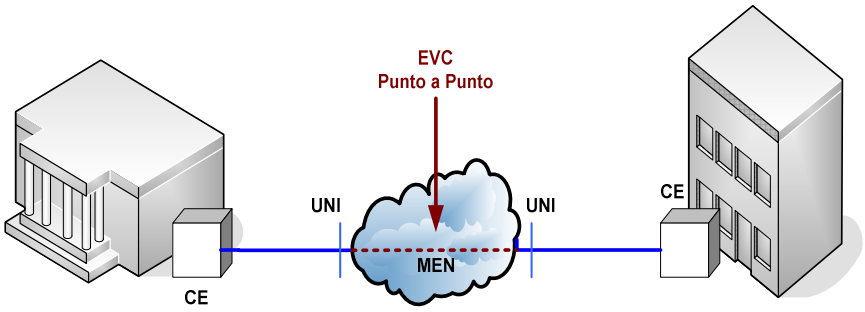


Figura 1.2.Servicio E-Line[*]

Al igual que con los PVCs de Frame Relay o ATM, se pueden multiplexar varios EVCs punto a punto en un mismo puerto físico (UNI).

E-Line se puede utilizar para crear los mismos servicios que puede ofrecer una red Frame Relay (a través de PVCs) o una línea alquilada punto a punto. Pero, como valor añadido, el rango de ancho de banda que puede proporcionar Ethernet es mucho mayor.

[*] Figura basada en la fuente: www.coit.es/publicaciones/bit/bit149/64-66.pdf [5].

1.2.5.2 E-LAN

El tipo de servicio E-LAN proporciona conectividad multipunto a multipunto.

Conecta dos o más interfaces UNI, como se ilustra en la figura 1.3. Los datos enviados desde una UNI llegan a 1 ó más UNI destino. Cada uno de ellos está conectado a un EVC multipunto. A medida que va creciendo la red y se van añadiendo más interfaces UNI, éstos se conectan al mismo EVC multipunto, simplificando enormemente la configuración de la misma.

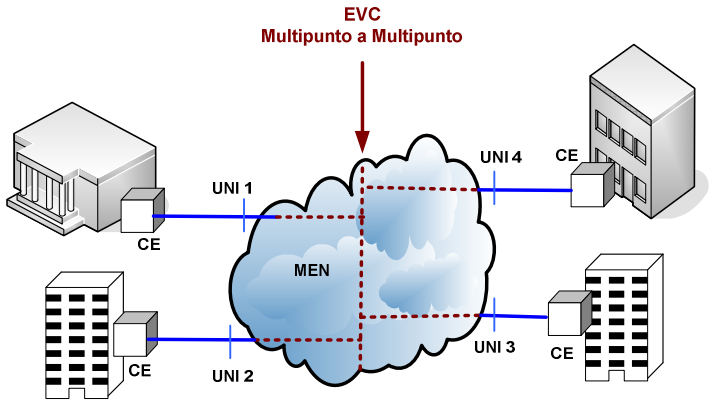


Figura 1.3.Servicio E- LAN[*]

Desde el punto de vista del usuario, la E-LAN se comporta como una LAN.

Al igual que E-Line, el tipo de servicio E-LAN abarca una enorme gama de servicios.

* Figura basada en la fuente: www.coit.es/publicaciones/bit/bit149/64-66.pdf [5].

1.2.6 FUNCIONAMIENTO DE REDES MEN, MULTIPLEXACIÓN

La **Red Metro Ethernet (MEN)**, es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad MAN/WAN de nivel 2, a través de UNIs Ethernet. Estas redes denominadas "multiservicio", soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones, contando con mecanismos donde se incluye soporte a tráfico "RTP" (tiempo real), como puede ser Telefonía IP y Video IP, este tipo de tráfico resulta especialmente sensible a retardo y al jitter.

Las redes Metro Ethernet, están soportadas principalmente por medios de transmisión guiados, como son el cobre y la fibra óptica, existiendo también soluciones de radio licenciada, las velocidades proporcionadas son de 10Mbps, 20Mbps, 34Mbps, 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.

El modelo básico de los servicios Metro Ethernet, está compuesto por una Red conmutada MEN (Metro Ethernet Network), ofrecida por el proveedor de servicios; los usuarios acceden a la red mediante CEs (Customer Equipment), CE puede ser un router; Bridge IEEE 802.1Q (switch) que se conectan a través de UNIs (User Network Interface) a velocidades de 10Mbps, 20Mbps, 34Mbps, 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.

Los organismos de estandarización (IEEE, IETF, ITU) y los acuerdos entre fabricantes, están jugando un papel determinante en su evolución. Incluso se ha creado el MEF (Metro Ethernet Forum), organismo dedicado únicamente a definir Ethernet como servicio metropolitano.

Ethernet es una buena solución para conectar una oficina con otras sedes de la misma empresa (Intranet), o con oficinas de clientes, por ejemplo (Extranet).

El caso de la figura 1.4 muestra la conexión de la sede central de una empresa (*enterprise HQ*) con otra sede de la misma empresa (*Enterprise branch site*), con la oficina de algún socio (*business partner site*), y con la de un proveedor (*supplier site*).

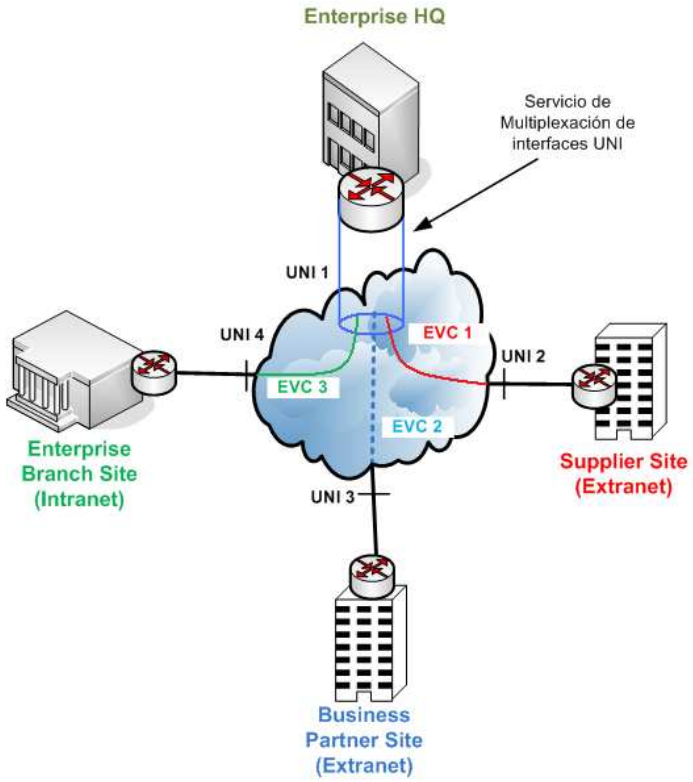


Figura 1. 4. VPN de nivel 2, para redes Extranet e Intranet.[*]

Como se ve en la figura 1.4, el router de la *empresa HQ* implementa tres EVCs diferentes, uno por conexión a cada sede, y los multiplexa en un único interfaz UNI (en un único puerto físico).

[*] Figura basada en la fuente: www.coit.es/publicaciones/bit/bit149/64-66.pdf [5].

1.3 MULTIPROTOCOLO DE CONMUTACIÓN DE ETIQUETAS (MPLS) [3], [4], [5] y [6]

1.3.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día a los proveedores de servicios de telecomunicaciones se les presenta muchos desafíos al tratar de satisfacer la demanda de los clientes. Uno de estos retos es la necesidad continua de servicios de valor agregado.

Los proveedores de servicios (SP), como en este caso es la empresa Puntonet S.A., deben preocuparse de la protección de su infraestructura existente y de encontrar maneras de generar nuevos servicios acordes con las tecnologías existentes.

El reenvío de paquetes es una de las necesidades actuales al igual que el manejo de tráfico y funcionamiento de los conmutadores tradicionales, es por esto que los SP creen que es necesario un nuevo método. *Multiprotocol xLabel Switching* (MPLS) fusiona la inteligencia de enrutamiento con el rendimiento de conmutación y ofrece beneficios significativos a las redes con una arquitectura IP pura, así como aquellos con IP y ATM o una combinación de otras tecnologías del Nivel 2.

---

[3] BARRERA, José, "MPLS: una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI", www.rediris.es, Octubre 2006 [3]

[4] CANALIS, María Sol. MPLS "Multiprotocol Label Switching": Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI. Dpto. Informática Universidad Nacional del Nord este. Corrientes. Argentina. [4]

[5] PEPELNJAK, Ivan. GUICHARD, Jim. "Arquitecturas MPLS y VPN", 1ra Edición, Pearson Educación, S.A., Cisco Press, Madrid, 2003. [7]

[6] CISCO SYSTEMS, Información proporcionada por la empresa Andean Trade por el Ing. TRUJILLO, Gerardo. [8]

MPLS es una red privada IP que combina la flexibilidad de las comunicaciones o Internet y la fiabilidad, calidad y seguridad de los servicios *Prívate Line*, *Frame Relay* o ATM, ya que puede trabajar con estos servicios en enlaces punto a punto o punto - multipunto.

MPLS es un conjunto de procedimientos para etiquetar los paquetes de nivel de red, haciendo uso de “pilas de etiquetas”, convirtiéndolos así en paquetes etiquetados. Define la codificación utilizada por un router de conmutación de etiquetas para transmitir tales paquetes sobre enlaces LAN y PP.

Este protocolo coloca etiquetas a los paquetes IPv4 e IPv6 en la capa de red, entre las cabeceras de la capa de enlace de datos y las cabeceras de la capa de red. El cual inserta una etiqueta de 4 u 8 bytes de longitud o lo que es lo mismo 32bits (más adelante, en la sección 1.3.4.2, se explica de una manera detallada los campos que conforman la etiqueta MPLS), como se muestra en la figura 1.5.

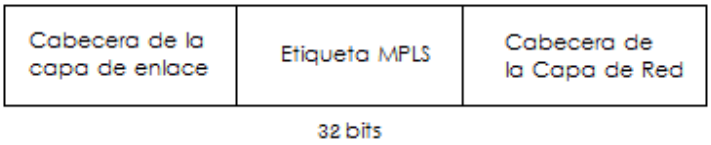


Figura 1. 5. Etiqueta MPLS.[*]

Ofrece niveles de rendimiento diferenciados y priorización del tráfico, así como aplicaciones de voz y multimedia; y, todo ello en una única red. Se cuenta con distintas soluciones, una completamente gestionada, donde se realiza la gestión de los equipos en sus instalaciones (*Customer Premise Equipment*, CPE); o a su vez, que sea gestionada manualmente.

[*] Figura basada en la fuente: www.coit.es/publicaciones/bit/bit149/64-66.pdf [5].

MPLS intenta conseguir las ventajas de ATM, pero sin sus inconvenientes. Asigna a los datagramas de cada flujo una etiqueta única que permite una conmutación rápida en los routers intermedios (sólo se lee la etiqueta, no la dirección de destino).

La tecnología MPLS es la clave para la escalabilidad de redes privadas virtuales (*Virtual Private Network,* VPN) y la calidad de servicio (*Quality of Service*, QoS) en las conexiones de extremo a extremo, permitiendo la utilización eficiente de las redes existentes para satisfacer el crecimiento futuro y la rápida corrección de fallos de enlace y la falta de nodos.

La tecnología también ayuda a proporcionar escalabilidad, en la conexión punto a punto de servicios IP con una configuración más sencilla, la gestión y aprovisionamiento para los proveedores de Internet y suscriptores.

1.3.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA RED MPLS

La utilización de MPLS en una Red de Área Amplia añade muchas características útiles:

- Reduce búsquedas de enrutamiento.
- Reenvía los paquetes basados en etiquetas.
- Normalmente las etiquetas corresponden a las redes IP de destino (igual que el reenvío de IP tradicional).

Las etiquetas también pueden corresponder a otros parámetros:

- VPN de Capa 3.
- Circuitos de Capa 2.
- Interfaz en el router de salida.
- QoS.
- Dirección de origen.

La tecnología MPLS es compatible con el reenvío de todos los protocolos de nivel 3.

En una red IP tradicional, cada router realiza búsquedas de enrutamiento. Cada router en la red toma una decisión independiente cuando reenvía los paquetes. La utilización de MPLS ayuda a reducir el número de búsquedas de enrutamiento que se necesitan y se pueden cambiar los criterios de expedición. Esta función elimina la necesidad de ejecutar un protocolo de enrutamiento en particular en todos los dispositivos.

1.3.3 TOPOLOGÍA DE LA RED WAN PARA MPLS [7]

Usualmente en la red WAN del backbone de los Proveedores de Servicios (SP), se manejan dos tipos de topologías, una topología *Full Mesh* (Malla Completa) y la topología *Partial Mesh* (Malla Parcial), estas topologías se muestran en la figura 1.6.

Lo importante, es que los nodos o puntos de la red del backbone, se puedan conectar entre sí, de requerirse un enrutamiento óptimo una buena opción es la topología de malla completa.

[7] CISCO SYSTEMS, Información proporcionada por la empresa Andean Trade por el Ing. TRUJILLO, Gerardo. [8]

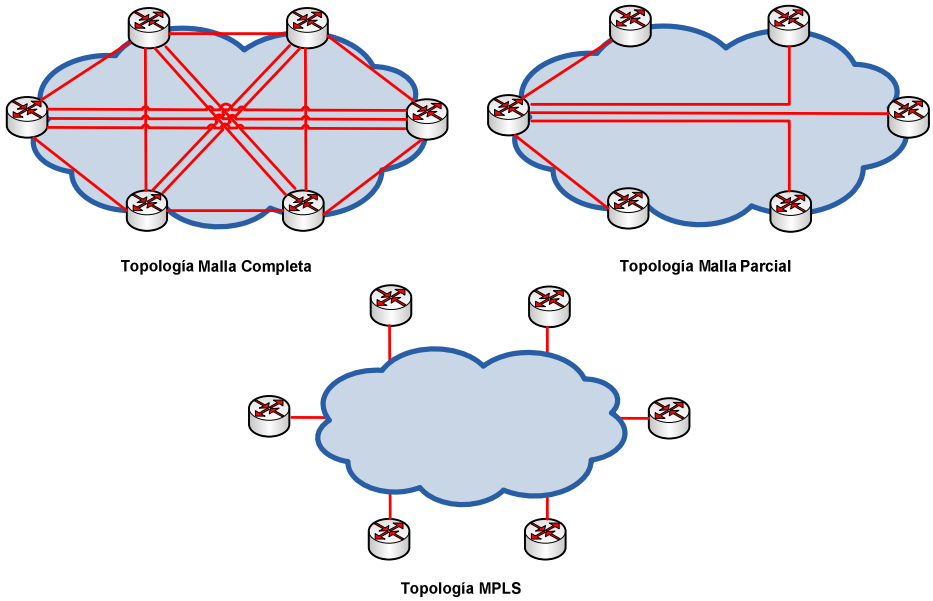


Figura 1.6. Posibles Topologìas de la red WAN[*]

La topología de malla completa proporciona un circuito virtual dedicado entre el router de borde y cualquiera de los routers de los clientes (CE) de la red para apoyar la mejor solución de enrutamiento, el inconveniente de esta topología de malla completa es que su implementación resulta muy costosa.

Una topología de malla parcial o también la topología *hub-and-spoke* (se trata de una topología centralizada con un nodo central, hub, del que salen todos los ramales) es una solución menos costosa. Estas topologías utilizan un punto central como se puede apreciar en la figura 1.6, para coordinar las actividades. Sin embargo, estas soluciones no ofrecen rutas óptimas.El uso de la topología de malla parcial reduce el número de circuitos virtuales al número mínimo de circuitos que son necesarios para prestar servicios de transporte óptimo entre sitios importantes.

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

La topología *hub-and-spoke* permite la reducción definitiva en los circuitos dentro de la topología de malla parcial. Para evitar los puntos únicos de fallo, a veces se extiende a un centro de topología redundante.

Las redes MPLS proporcionan un enrutamiento óptimo entre los puntos involucrados. Con MPLS, un sitio sólo requiere una conexión al Proveedor de Servicio (SP) MPLS.

MPLS proporciona una mezcla de de capa 2 y capa 3 del modelo OSI, es decir mezcla la conmutación de capa 2 y el enrutamiento de capa 3, esto ayuda a reenviar paquetes pequeños, los cuales son etiquetados con etiquetas de longitud fija.

1.3.4 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE MPLS [8]

A continuación se describe el funcionamiento de la red MPLS, es decir, el envío y enrutamiento de paquetes, el control de la información, la asignación de etiquetas, etc.

1.3.4.1 Enrutamiento de paquetes en MPLS

MPLS es un mecanismo de conmutación que asigna etiquetas o números, a los paquetes y luego utiliza estas etiquetas para reenviar los paquetes. Las etiquetas son asignadas en el borde de la red MPLS, y el envío dentro de la red MPLS se basa únicamente en las etiquetas.

[8] CANALIS, María Sol. MPLS "Multiprotocol Label Switching": Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI. Dpto. Informática Universidad Nacional del Nord este. Corrientes. Argentina. [4]

La figura 1.7 ilustra cómo MPLS proporciona un rápido enrutamiento para redes grandes. El router de *core* o núcleo se encarga de conmutar los paquetes, basado en una simple búsqueda y salto de etiquetas, mientras que los routers de borde se encargan de realizar la búsqueda de enrutamiento. Estas dos funciones hacen que la transmisión de paquetes a través de la red del proveedor de servicios sea más rápida.

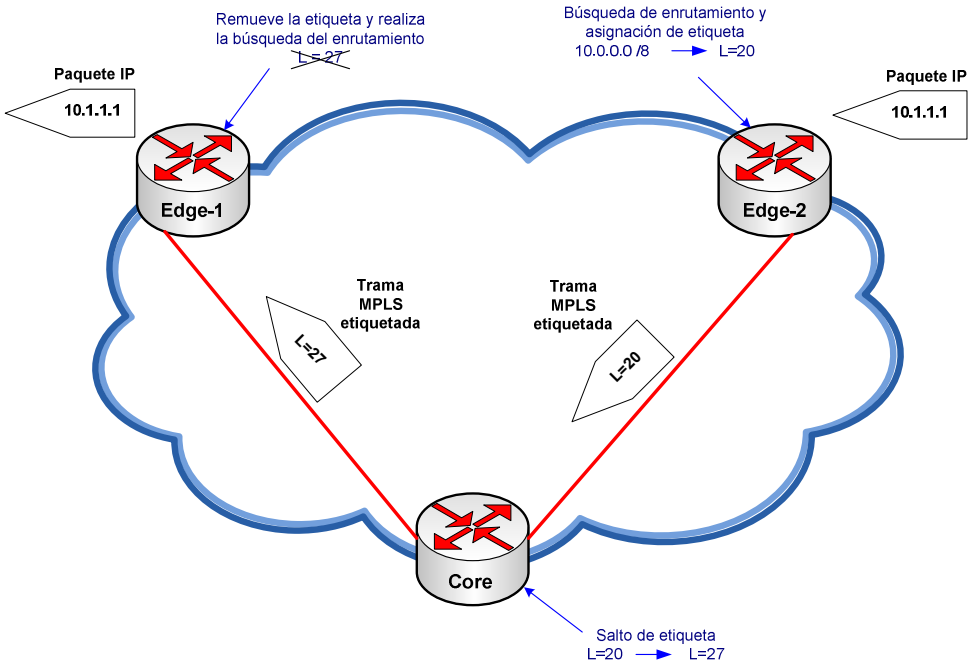


Figura 1.7. Ilustración del enrutamiento de paquetes en MPLS[*]

En la figura 1.7, se ilustra una situación en la que el router de core, no consume tiempo en la búsqueda de enrutamiento. En cambio, simplemente realiza salto de etiqueta de la etiqueta 20 a la etiqueta 27. El router central reenvía el paquete que viene del router *Edge*-2 (router de borde 2) al router *Edge*-1 (router de borde 1) realizando únicamente el cambio de etiqueta.

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

La tabla de enrutamiento le dice al router Edge-2 que para llegar a la red 10.1.1.1, el router Edge-2 debe asignar una etiqueta de 20 al paquete. El router de borde entonces envía el paquete al router principal. La etiqueta indica al router central que, cuando el router central reciba un paquete con la etiqueta 20, éste debe cambiar esa etiqueta a la etiqueta 27 y luego enviar el paquete al router Edge-1.

La operación de MPLS se basa en las componentes funcionales de envío y control, que actúan ligadas íntimamente entre sí.

1.3.4.2 Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS [1],[4] y [6].

La base de MPLS está en la asignación e intercambio de etiquetas, que permiten el establecimiento de los caminos LSP (*Label Switched Path)* 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" (LSR, *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.

MPLS, al igual que en las soluciones de conmutación multinivel, 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.

MPLS utiliza el protocolo RSVP o bien un nuevo estándar de señalización (el *Label Distribution Protocol*, LDP).

Un camino LSP es el circuito virtual que siguen por la red todos los paquetes asignados a una 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 LSR (el de entrada y el de salida) están en el exterior del dominio MPLS. El resto, entre ambos LSRs, son LSRs interiores del dominio MPLS. Un LSR es como un router que funciona a base de intercambiar etiquetas según una tabla de envío.

La figura 1.8 muestra la tabla que se construye a partir de la información de enrutamiento que proporciona la componente de control. Cada entrada contiene un par de etiquetas entrada/salida correspondientes a cada interfaz de entrada, que se utilizan para acompañar a cada paquete que llega por ese interfaz y con la misma etiqueta. 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 de envío MPLS.

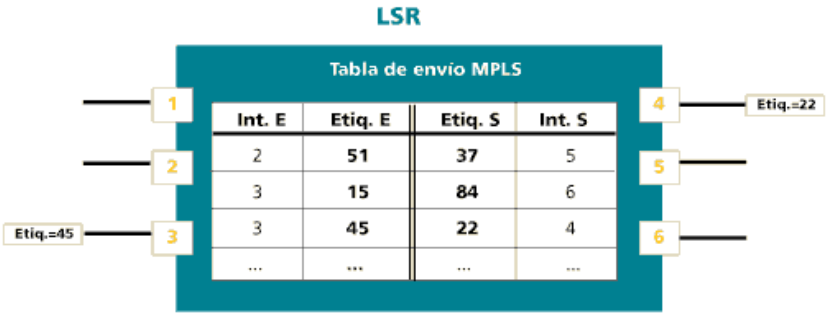


Figura 1.8. Proceso de etiquetamiento de paquetes al ingresar al LSR.[*]

[*] Figura tomada de la fuente: CANALIS, María Sol. MPLS "Multiprotocol Label Switching": Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI. Dpto. Informática Universidad Nacional del Nord este. Corrientes. Argentina. [4].

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.

El LSR de entrada recibe un paquete normal (sin etiquetar), éste consulta la tabla de enrutamiento y asigna el paquete a la clase FEC. Así mismo, este LSR le asigna una etiqueta 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 enrutamiento convencional.

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 *Internet Engineering Task Force* (IETF) – Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet , 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 nativos para las etiquetas. Sin embargo, si la tecnología de nivel 2 empleada, no soporta un campo para etiquetas, 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).

La tecnología MPLS está diseñada para ser utilizada en cualquier lugar, independientemente del protocolo de comunicación de la Capa 1 y Capa 2.

MPLS utiliza un campo de etiqueta de 32 bits que se inserta entre las cabeceras de capa 2 y capa 3 (MPLS en modo trama). MPLS sobre ATM utiliza el encabezado ATM como la etiqueta (MPLS en modo celda).

Las etiquetas MPLS tienen un formato y campos específicos que ayudan en la toma de decisiones de reenvío, como se ilustra en la figura 1.9.

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, Clase de Servicio), 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.

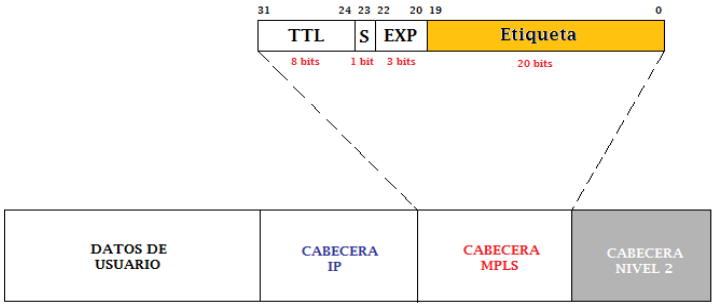


Figura 1.9. Campos de la etiqueta MPLS[*]*.*

[*] Figura tomada de la fuente [4].

1.3.4.2.1 Pila de etiquetas

La etiqueta que se muestra en la figura 1.8 no contiene ninguna información sobre el protocolo de capa 3 que lleva el paquete. Esta falta de información significa que la identidad del protocolo de capa de red debe inferirse a partir del valor de la etiqueta. Sin embargo, para los protocolos de Capa 2 que tienen los campos con nuevos valores PID (Identificador del Protocolo) indican que el protocolo de Capa 3 MPLS está habilitado.

La figura 1.10 muestra que, el PID en un encabezado de capa 2 especifica que la carga útil se inicia con una etiqueta (o etiquetas) y es seguido por una cabecera IP.

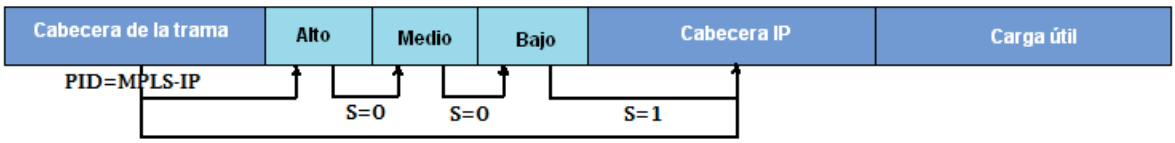


Figura 1.10. PID en un encabezado de capa 2[*]

La parte inferior de la pila de bits indica si el siguiente encabezado es otra etiqueta o una cabecera de capa 3. Para la recepción de la ruta se utiliza la etiqueta superior solamente. En la mayoría de los casos sólo se le asigna una etiqueta a un paquete.

Hay algunos casos donde se utiliza más de una etiqueta:

MPLS VPN: multiprotocolo BGP (MP-BGP, *Multiprotocol - Border Gateway Protocol*) se utiliza para propagar una segunda etiqueta que identifica a la VPN, además de la

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

etiqueta que se propaga por el *Label Distribution Protocol* (LDP) para identificar la ruta.

MPLS *Traffic Engineering* (MPLS TE): Protocolo de reserva de usos de los recursos (RSVP) para establecer *Label Switched Path* (LSP) de túneles. RSVP propaga etiquetas que se utilizan para identificar el túnel LSP. Esta etiqueta se añade a la etiqueta que se propaga por el LDP para identificar el LSP subyacente.

MPLS VPN junto con MPLS TE: Se utilizan tres o más etiquetas para identificar la VPN, túnel LSP y la LSP subyacente.

Hay tres valores que se utilizan para identificar protocolos de nivel 3 en la mayoría de las encapsulaciones de capa 2:

***Unicast* IP sin etiqueta:** PID = 0x0800, identifica que la carga útil de la trama es un clásico paquete IP unicast.

***Unicast* IP con etiqueta:** PID = 0x8847, identifica que la carga útil de la trama es un paquete IP unicast con al menos una etiqueta que precede a la cabecera IP. La parte inferior de la pila-bit indica cuándo la cabecera IP realmente empieza.

***Multicast* IP con etiqueta**: PID = 0x8848, identifica que la carga útil de la trama es un paquete IP multicast con al menos una etiqueta que precede a la cabecera IP.

La parte inferior de la pila de bits indica cuándo la cabecera IP realmente empieza.

Cuando el ruteador de entrada recibe un paquete IP, el router realiza las siguientes tareas:

- Hace una búsqueda de enrutamiento para determinar la interfaz de salida.

- Asigna una etiqueta y se inserta entre la cabecera de la estructura de capa 2 y de la cabecera de la capa 3 si el paquete de interfaz de salida está habilitada para MPLS y si existe el próximo salto hacia el destino. El router entonces cambia el valor de capa 2 para indicar que el paquete es un paquete etiquetado. Envía la etiqueta del paquete. El uso de etiquetas, permite tomar las decisiones sobre el envío de paquetes. Otros routers en el núcleo simplemente reenvían paquetes basados en la información de la etiqueta.

La figura 1.11 muestra un router de borde que recibe un paquete IP normal. La etiqueta MPLS es a menudo descrita como una nueva capa "corrección" que se interpone entre las capas de red y enlace de datos. Es por esto que se le conoce como “tecnología de capa 2.5”.

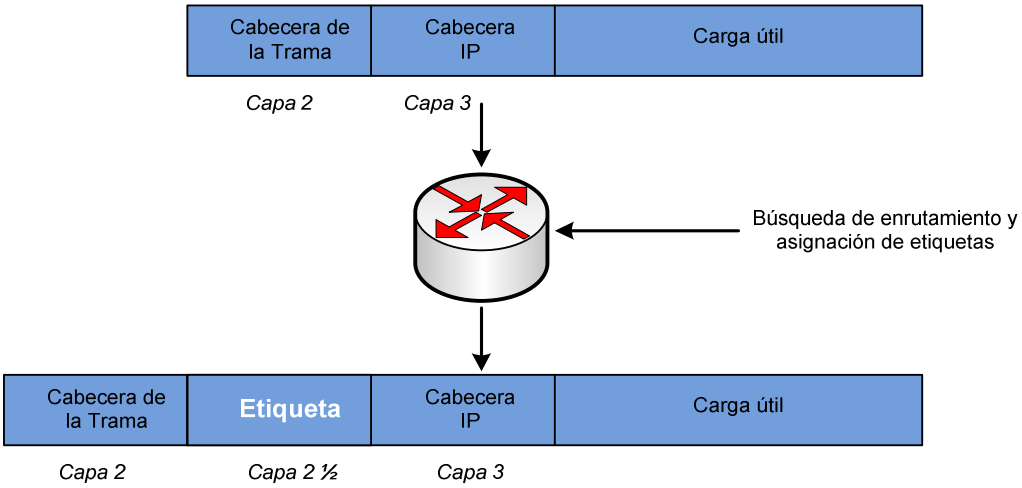


Figura 1.11. Router de borde[*]

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

El tipo o campo identificador de protocolo indica cómo el protocolo de capa 3 habilita MPLS.

1.3.4.3 Control de la información en MPLS

Se tienen dos aspectos fundamentales:

1.3.4.3.1 Generación de las tablas de envío que establecen los LSPs

Este punto 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 algoritmos de encaminamiento. MPLS necesita esta información de routing para establecer los caminos virtuales LSPs. Lo más lógico es utilizar la propia información de encaminamiento que manejan los protocolos internos IGP (OSPF, IS-IS, RIP...) para construir las tablas de encaminamiento (ya 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.

1.3.4.3.2 Distribución de la información sobre las etiquetas a los LSRs

Este aspecto se refiere a la información de "señalización". 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. Sin embargo, la arquitectura MPLS no asume un único protocolo de distribución de etiquetas; de hecho se están estandarizando algunos existentes con las correspondientes

extensiones; uno de ellos es el protocolo RSVP (*Resource ReSerVation Protocol* – Protocolo de reserva de recursos, es una técnica de señalización que se utiliza para garantizar la calidad de servicio (QoS) y reservar ancho de banda para flujos de datos compatibles con RSVP) del Modelo de Servicios Integrados del IETF. Pero, además, en el IETF se están definiendo otros nuevos, específicos para la distribución de etiquetas, como es el caso del *Label Distribution Protocol* (LDP).

1.3.4.4 Funcionamiento global MPLS

Una vez vistos todos los componentes funcionales, el esquema global de funcionamiento de MPLS es el que se muestra en la figura 1.11, 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 se tiene una red convencional de routers IP. El núcleo MPLS proporciona una arquitectura de transporte que hace aparecer a cada par de routers a una distancia de un sólo salto. Funcionalmente es como si estuvieran unidos todos en una topología mallada (directamente o por PVCs). 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, tal como se explica en la sección siguiente.

El funcionamiento de MPLS sigue los pasos, ilustrados en la figura 1.12:

a. Construcción de tablas de enrutamiento, mediante protocolos internos (OSPF, IS-IS, RIP,…), en los router R2 y R3.

b. Creación de rutas LSPs mediante tablas de intercambio de etiquetas entre LSRs adyacentes, por las cuales se realiza la distribución de paquetes etiquetados a los LSR por el LDP, entre los LSRs.

c. LSR cabecera R1 (de entrada o de borde): examina el paquete, lo procesa (funciones de servicio nivel 3), lo etiqueta y lo envía al backbone.

d. LSRs del backbone (R2 y R3) conmutan los paquetes mediante intercambio de etiquetas.

e. LSR cola R4 (salida o de borde): retira la etiqueta y entrega el paquete al destino.

La figura 1.12, muestra una red IP sencilla utilizando MPLS. En una red IP estándar, R1 y R4 son routers de frontera o de borde, R2 y R3 son routers de núcleo o *core*.

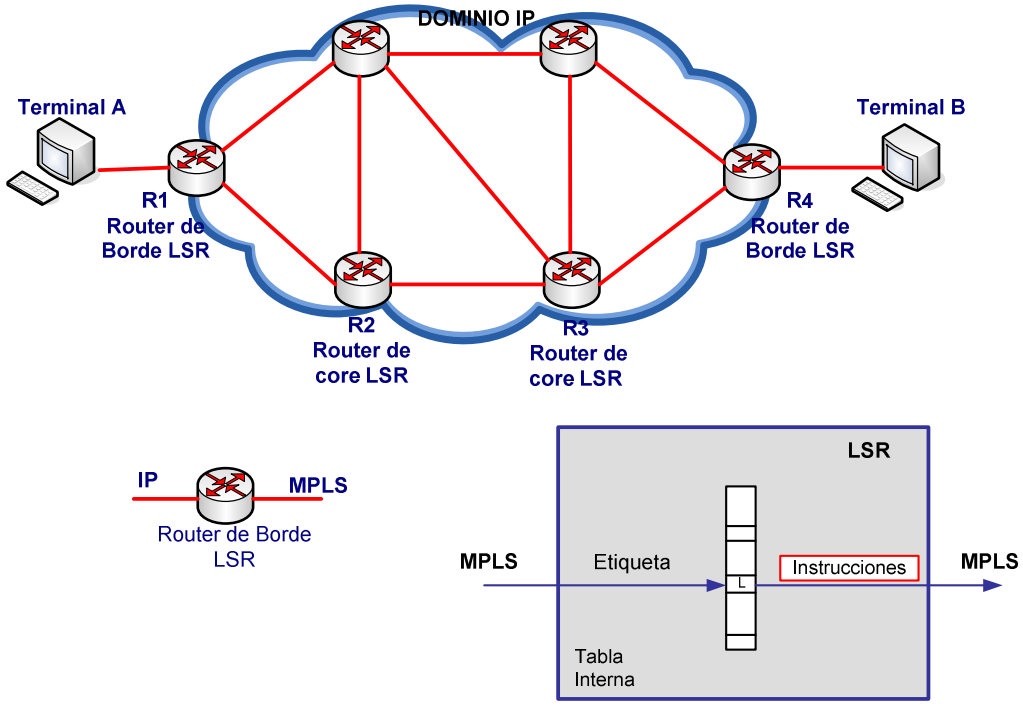


Figura 1.12. Funcionamiento de MPLS[*]

Los routers de núcleo se comunican con el mundo exterior a través de los routers de borde. Para utilizar MPLS en la red, tanto los routers centrales como los routers de borde deben ser Routers Conmutadores de Etiquetas, *Label Switching Routers* (LSRs). Cuando los paquetes IP entran en el dominio MPLS, el LSR de Borde convierte los paquetes IP en paquetes MPLS añadiendo una etiqueta.

Cuando los paquetes dejan el dominio MPLS, el LSR de Borde convierte los paquetes, de paquetes MPLS a paquetes IP mediante la eliminación de la etiqueta. Dentro del dominio, los LSRs conducen los paquetes MPLS siguiendo las instrucciones que contiene la etiqueta.

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Cuando el LSR recibe un paquete MPLS, el router examina el paquete para extraer la información necesaria, que se encuentra en la etiqueta, con interés en el próximo salto en la red MPLS.

En la red que se muestra en la figura 1.11, el paquete generado por el terminal A sigue el formato estándar de Ethernet con una cabecera normal de capa 2, seguido por una cabecera de capa 3.

Debido a que la dirección de destino se encuentra en un nivel diferente, en uno de los terminales, uno de los objetivos de la cabecera de la capa 2 es servir como puerta de enlace predeterminada del terminal.

En este caso, la puerta de enlace predeterminada también sirve como parte del LSR de Borde (entrada). Las referencias de ingreso de la tabla interna del router conmutador LSR (tabla Base de Información de Envío de Etiquetas [LFIB]) determinan las necesidades para que el LSR transmita la trama hacia el LSR siguiente.

A continuación el LSR de ingreso, debe insertar una etiqueta entre las cabeceras del Nivel 2 y Nivel 3 para indicar el camino que el paquete debe viajar al terminal B.

El Router 2 revisa el paquete en la entrada del puerto, y determina que hay una etiqueta insertada entre las capas 2 y 3.

Por lo tanto, el router trata al paquete de acuerdo con la configuración en el router LFIB, que dice que transmita el paquete desde el puerto de salida del LSR 2 y sustituya la etiqueta con un nuevo valor.

Cada uno de los routers posteriormente se encarga de la estructura de una manera similar hasta que el paquete llegue al LSR de salida.

El LSR de borde en la salida retira toda la información de etiquetas y pasa un paquete estándar para la estación B.

Cada uno de los enrutadores entre las estaciones A y B puede cambiar la estructura basada en el contenido de la LFIB y no es necesario realizar la operación de enrutamiento de costumbre, el paquete se maneja más rápido que en otros métodos de conmutación.

1.3.4.5 Asignación de etiquetas a los paquetes MPLS

La figura 1.13 muestra los cuatro pasos que un router utiliza para la asignación de etiquetas y la distribución en una red de enrutamiento IP de unidifusión, proceso que transfiere los datos en forma de paquetes IP de unidifusión por una red IP desde un nodo de origen (un equipo o cualquier otro dispositivo de red) a un nodo de destino; y funcionalidad MPLS.

La asignación de etiquetas y la distribución en una red MPLS tiene los siguientes pasos:

1. Los protocolos de enrutamiento IP construyen la tabla de enrutamiento IP.
2. Cada LSR independiente, asigna una etiqueta a cada destino en la tabla de enrutamiento IP.

3. Los LSRs anuncian sus etiquetas asignadas a todos los otros LSRs.

4. Cada LSR construye las tablas LIB, LFIB, FIB y estructuras de datos, como *Route Distinguisher* (le da unicidad global al prefijo IPv4, tiene un tamaño de 64 bits) y direcciones IPv4 (32 bits), basados en las etiquetas recibidas.

La asignación de etiquetas, el establecimiento de etiquetas, el intercambio de etiquetas y el aparecimiento de etiquetas generalmente se producen en la red de los proveedores de servicio, no del cliente de la red. Los routers del cliente nunca ven una etiqueta.

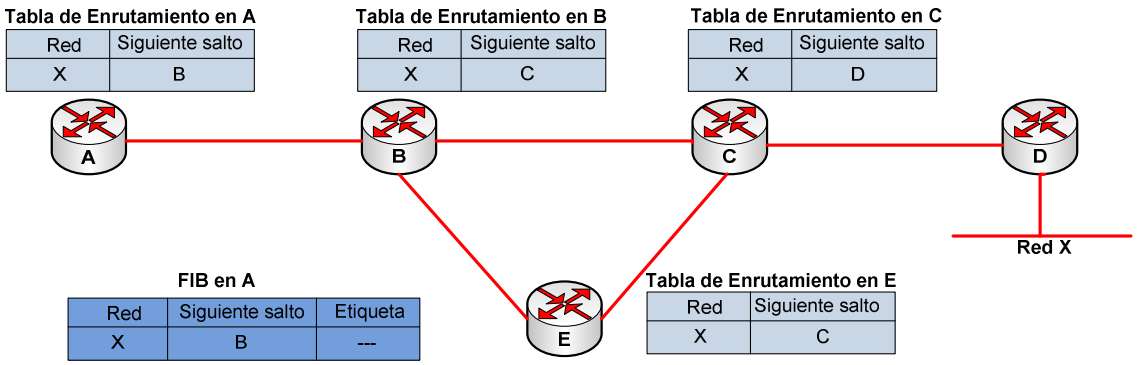


Figura 1.13. Tablas de enrutamiento formadas en cada LSR[*].

A continuación se explica cada uno de los pasos:

Paso 1. Se confirma el intercambio de información utilizando protocolos estándar o un protocolo específico del proveedor, *Interior Gateway Protocol* (IGP), tales como OSPF, IS-IS, y EIGRP.

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Paso 2. Se generan etiquetas locales. Una etiqueta única a nivel local se asigna a cada IP de destino que se encuentra en la tabla principal de enrutamiento y se almacena en la tabla Base de Información de la etiqueta (LIB).

Paso 3. Las etiquetas locales se propagan a los routers adyacentes, donde estas etiquetas podrían ser utilizadas como etiquetas de siguiente salto (almacenado en la Base de Información de Envío [FIB] y en tablas LFIB para que realicen conmutación de etiquetas).

Paso 4. Cada LSR construye su LIB, LFIB, FIB y estructuras de datos basadas en las etiquetas de recepción. Estas estructuras de datos contienen información de la etiqueta, a continuación se da un concepto de las tablas de datos:

La **LIB**, en el plano de control, es la base de datos que utiliza LDP. Esta base de datos es donde un prefijo IP se asigna una etiqueta de significación local que se asigna a una etiqueta de siguiente salto que se ha aprendido de un vecino.

La **LFIB,** en el plano de datos, es la base de datos utilizada para reenviar paquetes etiquetados. Las etiquetas locales, previamente son anunciadas a los routers vecinos, se asignan las etiquetas de salto siguiente, previamente recibidas de routers vecinos.

La **FIB**, en el plano de datos, es la base de datos utilizada para hacer llegar los paquetes IP sin etiqueta. Un paquete enviado es etiquetado si una etiqueta de salto

siguiente está disponible para un destino específico de la red IP. De lo contrario, un paquete enviado no está etiquetado.

La figura 1.13 muestra cómo todos los routers deben conocer las redes alcanzables de una red (Red X en este ejemplo) a través de un IGP, como OSPF, IS-IS o EIGRP.

En este ejemplo, el IGP ha convergido y la tabla de la FIB en el Router A contiene la entrada de la Red X que se asigna a la dirección IP del siguiente salto B. Sin embargo, en este momento, una etiqueta de siguiente salto no está disponible, lo que significa que todos los paquetes se envían de la manera tradicional sin etiquetar.

Los protocolos de enrutamiento IP son usados para construir tablas en todos los LSRs. Las FIBs son construidas basadas en tablas de enrutamiento IP, inicialmente sin información de etiquetamiento.

En la asignación de etiquetas los routers generan etiquetas con independencia de otros routers de la red (llamado asignación asincrónica de etiquetas), como se muestra en la figura 1.14.

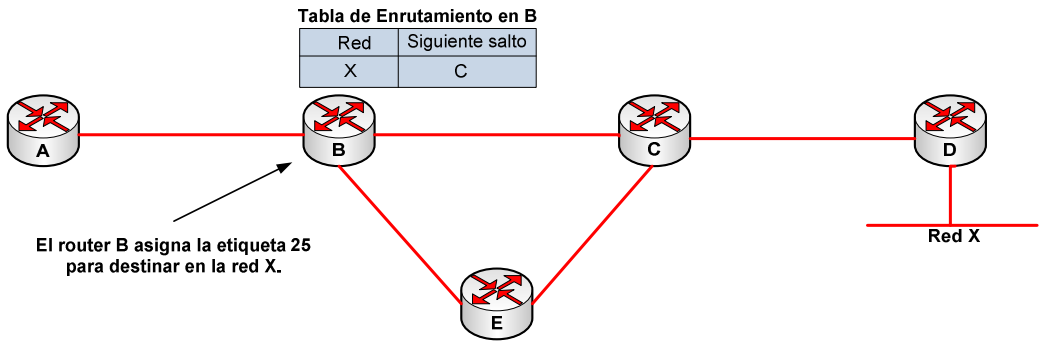


Figura 1.14. Asignación de etiquetas[*].

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Aunque ninguno de los routers en esta topología puede ser el primero en generar una etiqueta, para este ejemplo se supone que el router B es el primer enrutador para generar una etiqueta. El router B genera una etiqueta de significación local única (por ejemplo la etiqueta 25), y le asigna esta etiqueta al paquete a transmitir dentro de la red IP X.

Cada LSR asigna una etiqueta para cada destino en la tabla de enrutamiento IP. Las etiquetas tienen significado local. Estas etiquetas locales son asincrónicas.

Desde la etiqueta 0 hasta la etiqueta 15, están reservadas como etiquetas especiales, para funciones del IPV4, Alerta, IPV6, etc.; que se distribuyen pero no aparecen en la cabecera.

Cuando a la etiqueta se le asigna un prefijo IP, la etiqueta se almacena en dos tablas: LIB y LFIB, como se muestra en la Figura 1.15.

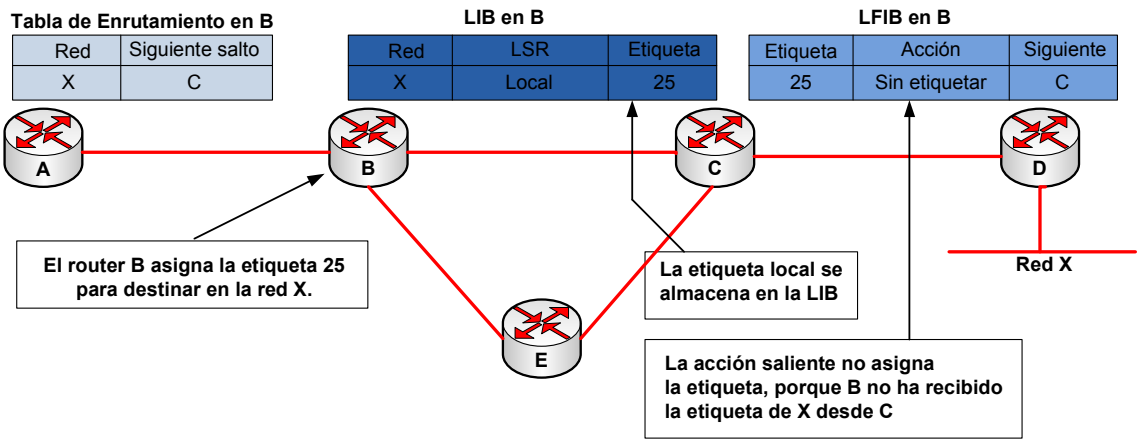


Figura 1.15. Almacenamiento de etiquetas.[*]

[*] Figura elaborada por la autora basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8].

Las estructuras LIB y LFIB tienen que ser inicializadas en el LSR que está asignando la etiqueta. La acción de no etiquetado elimina la etiqueta del paquete causando que el router pueda enviar un paquete IP puro, es decir un paquete sin etiqueta.

El router utiliza la tabla LIB para mantener la correspondencia entre el prefijo IP (red X), la etiqueta asignada (25), y el router que asigna (local). L a tabla LFIB se modifica para contener la etiqueta local asignada a la acción de reenvío.

En este ejemplo (figura 1.15), en la LFIB del router B la acción es “sin etiquetar” ya que el router B no ha recibido la etiqueta del vecino C de la Red X. La acción “sin etiquetar” se utiliza hasta que se reciba de los vecinos contiguos, la etiqueta de siguiente salto, que en este caso es el Router C.

1.3.4.6 Distribución y Anuncio de Etiquetas

MPLS añade una nueva pieza de información que los routers adyacentes deben intercambiar. Hay dos enfoques posibles para propagar esta información en la etiqueta adicional entre routers adyacentes:

- Ampliar la funcionalidad de los actuales protocolos de enrutamiento.
- Crear un nuevo protocolo dedicado a intercambiar las etiquetas.

La ampliación de la funcionalidad de los actuales protocolos de router requiere mucho más tiempo y esfuerzo que crear un nuevo protocolo, debido a la gran cantidad de diferentes protocolos de enrutamiento que existen. Este primer

acercamiento también causa problemas de interoperabilidad entre los routers que soportan la nueva funcionalidad y enrutadores que no lo hacen.

Por lo tanto, la *Internet Engineering Task Force* (IETF), selecciona el segundo enfoque como el estándar, que consiste en crear un nuevo protocolo que se dedica al intercambio de etiquetas.

El LDP (*Label Distribution Protocol)* en el plano de control realiza los intercambios de las etiquetas y los almacena en la LIB.

La figura 1.16 ilustra el siguiente paso después de que una etiqueta local se le ha asignado al paquete a transmitir. El router B propaga la etiqueta 25, a todos los vecinos adyacentes donde se encuentra la etiqueta que se utiliza como una etiqueta de siguiente salto.

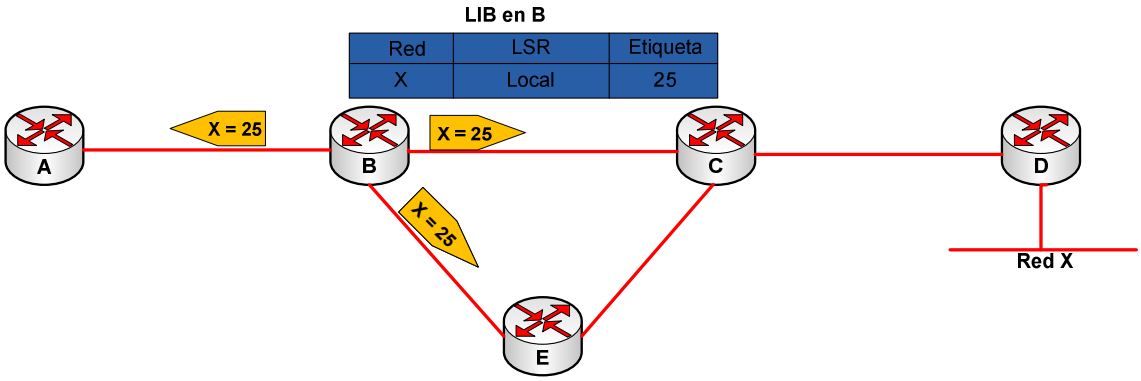


Figura 1.16. Distribución y anuncio de etiqueta[*]

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

La etiqueta asignada se anuncia a todos los LSRs vecinos, independientemente del lugar en el que se encuentren y del destino. El router B no puede pronosticar qué router vecino es el siguiente a utilizar como ruta para el paquete en proceso, entonces éste realiza un mapeo con LDP a todos los vecinos.

Luego, al recibir el Anuncio de Etiqueta, el router B envía un LDP a cada uno de sus vecinos. Al recibir un LDP del router B los routers A, C y E actualizan y llenan con esta información sus tablas LIB, LFIB y FIB, como se muestra en la figura 1.17

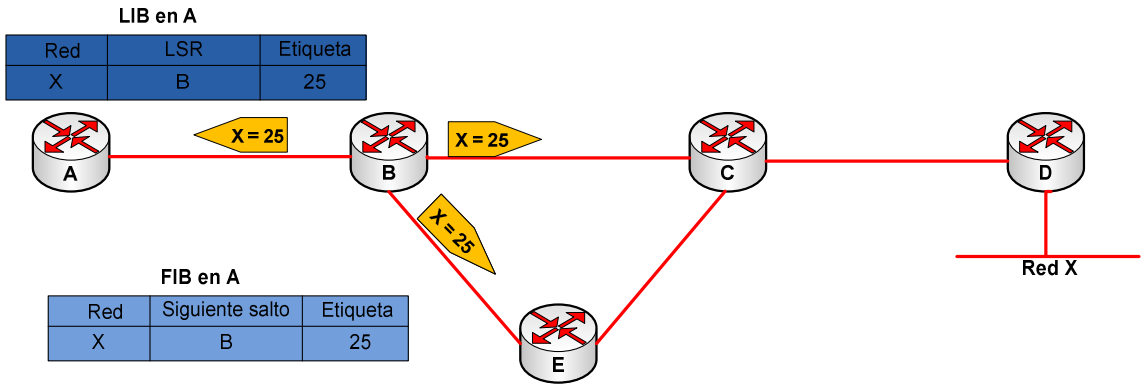


Figura 1.17. Recepción del anuncio de etiqueta[*]

Cada uno de los LSR llena en su respectiva LIB la información de la etiqueta recibida. Los LSRs de borde que reciben la etiqueta de su próximo salto, también almacenan la información de la etiqueta en la FIB. El LSR B recibió la etiqueta 25, la que se almacena en la tabla LIB de la red X. Esta etiqueta 25, se adjunta a la entrada de reenvío IP en la tabla FIB para habilitar la funcionalidad de MPLS en el borde.

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

En el LSR local de la tabla LFIB se asigna la etiqueta de salida 25 en lugar de la acción “sin etiquetar”. Los próximos paquetes pueden ser enviados como paquetes etiquetados.

La figura 1.18 muestra un ejemplo de lo que ocurre en el caso en que se mejoran las búsquedas de las tablas de información.

Los paquetes IP transmitidos son etiquetados únicamente en los segmentos de ruta en la que las etiquetas ya han sido asignadas.

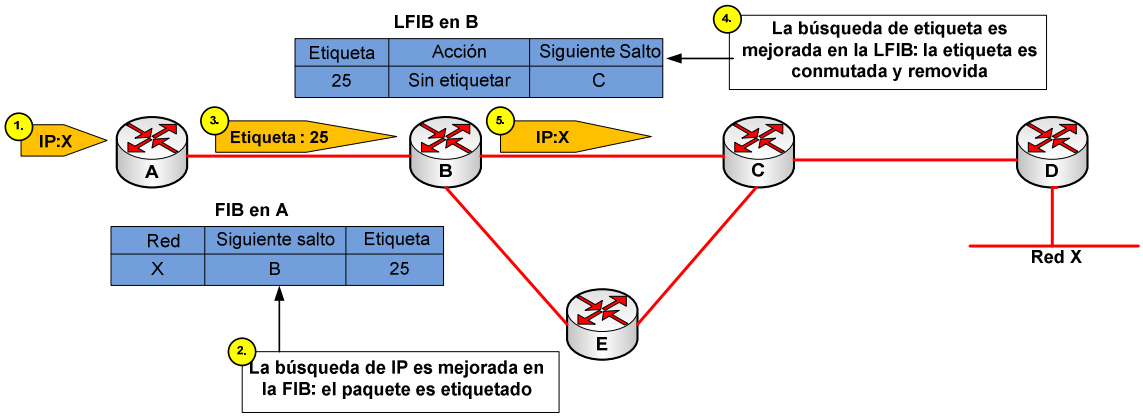


Figura 1.18. Búsquedas mejoradas en las tablas FIB y LFIB [*]

A continuación se dan los pasos para etiquetar los paquetes:

Paso 1. Un paquete IP sin etiqueta llega al Router A.

Paso 2. El paquete es enviado sobre la base de la información contenida en la tabla FIB en el Router A.

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Paso 3. La etiqueta 25, que se encuentra en la tabla FIB, se utiliza para etiquetar el paquete y éste se reenvía al router del siguiente salto, el router B.

Paso 4. El Router B debe quitar la etiqueta porque el LSR B no ha recibido aún ninguna etiqueta de salto siguiente (la acción en el LFIB es sin etiqueta).

Paso 5. El Router B entonces reenvía el paquete como un estándar de paquetes IP.

El router A realiza una consulta de IP (*Cisco Express Forwarding,* CEF), mientras que el Router B realiza una búsqueda de etiquetas (*Label Switching*), la etiqueta es conmutada y removida, luego reenvía el paquete como un estándar de paquetes IP.

Esta funcionalidad permite a MPLS continuar el reenvío de paquetes a pesar de que la distribución de la etiqueta no es completa.

1.3.4.7 Asignación de más etiquetas

Debido a que todos los ruteadores de un dominio MPLS realizan las mismas acciones que los routers A y B de forma asincrónica, una etiqueta de conmutación de ruta (LSP) se genera en el túnel, que se extiende desde el Router A al Router D.

La figura 1.19 ilustra cómo una actualización de la etiqueta del LDP del router C (47) para la Red X, se envía a todos los routers adyacentes, incluyendo el Router B.

Cada LSR eventualmente asigna una etiqueta para cada destino.

El Router D también anuncia una etiqueta de la Red X. La Red X se conecta directamente al router D, este router envía una etiqueta nula implícita para esta red. Debido a que esta etiqueta nula se envía, la acción local (quitar la etiqueta superior de la pila de etiquetas MPLS, intercambio de la etiqueta superior con la etiqueta de salto siguiente) para la Red X es utilizada en el Router C, utilizando una función *Penultimate Hop Popping* (PHP), la misma que se explicará en la sección 1.3.4.11. El paquete enviado al router D no será etiquetado.

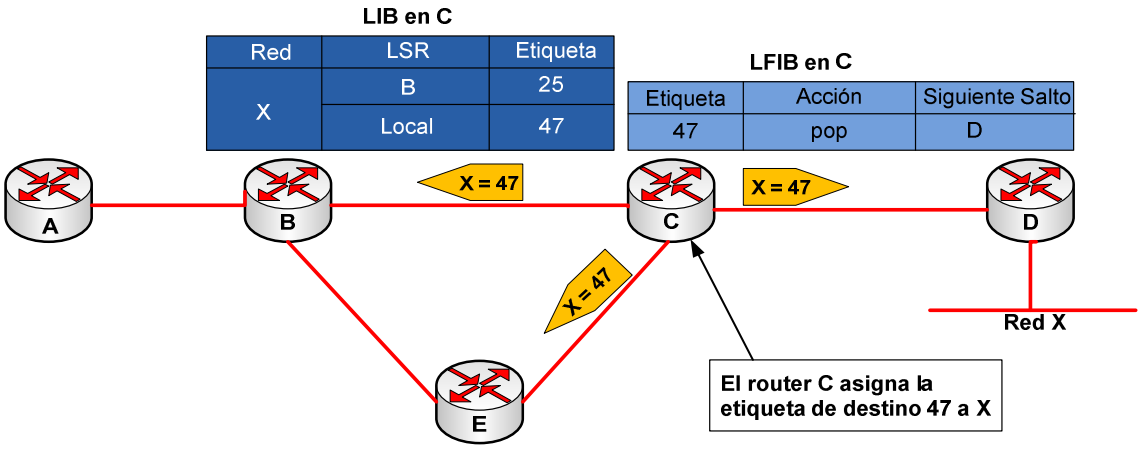


Figura 1.19. Asignación de más etiquetas[*]

1.3.4.8 Recepción del Anuncio de Etiquetas

En el Router B se asigna la entrada de la Red X en la FIB del router, asigna la etiqueta 25 al LSR local en la LFIB del router y asigna también la etiqueta 47 de siguiente salto al paquete que el router B recibe de los vecinos contiguos, como el router C.

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

La figura 1.20 ilustra cómo los LSRs actualizan sus tablas. Cada LSR recibirá información en su LIB. Los LSRs que reciben sus etiquetas de su LSR de siguiente salto, también llenan la tabla de transmisión IP.

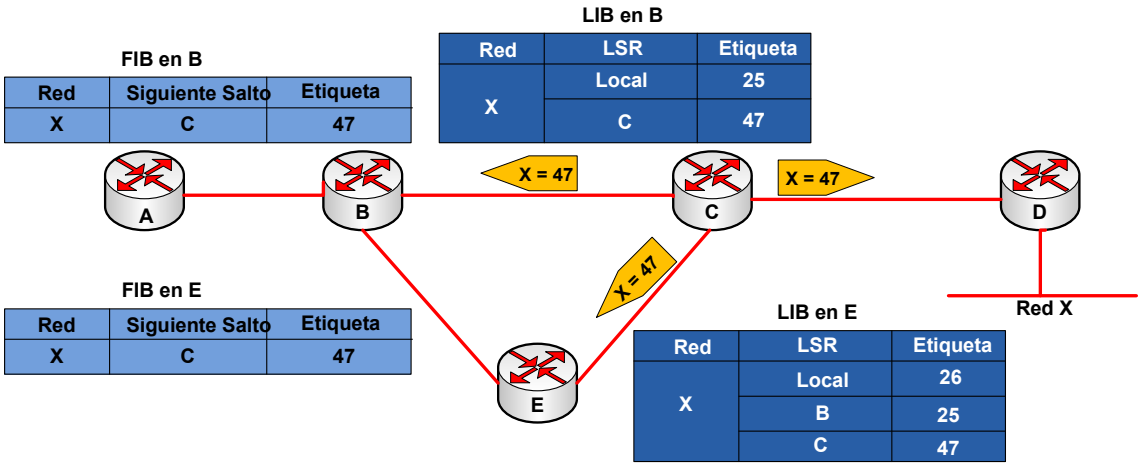


Figura 1.20. Actualización de las tablas de los LSRs[*]

El Router E ha asignado la etiqueta 26 de la Red X y ha recibido una etiqueta desde el Router B (etiqueta 25) y una etiqueta desde el Router C (etiqueta 47) para la Red X.

1.3.4.9 Relleno de la tabla LFIB

Un IGP rellena las tablas de enrutamiento en todos los enrutadores de un dominio MPLS. El LDP propaga etiquetas para estas redes. Cada router determina la ruta más corta, según su IGP. La tabla LFIB indica la acción que debe ocurrir cuando presenten el paquete basado en etiquetas. Esta acción podría consistir en cambiar

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

una etiqueta, quitar la etiqueta (sin etiqueta), añadir una etiqueta de salida, o un "pop" de la etiqueta.

El término pop significa eliminar la etiqueta superior de la pila de etiquetas MPLS, intercambiando la etiqueta superior con la etiqueta de salto siguiente. El último router a la salida elimina la etiqueta superior.

El LDP añade etiquetas en las tablas FIB y LFIB. Sólo esas etiquetas que vienen desde el router del siguiente salto se insertan en el campo de salida en la tabla LFIB.

En la figura 1.21, el router B primero asigna la etiqueta 25 a nivel local de la red X y luego recibe la etiqueta 47 desde el router siguiente. La tabla LFIB puede llevarse a cabo para la red X mediante la inserción de la etiqueta 47 como la etiqueta de salida. En la figura, la distribución de etiqueta se produce de derecha a izquierda, y el reenvío de paquetes se produce de izquierda a derecha.

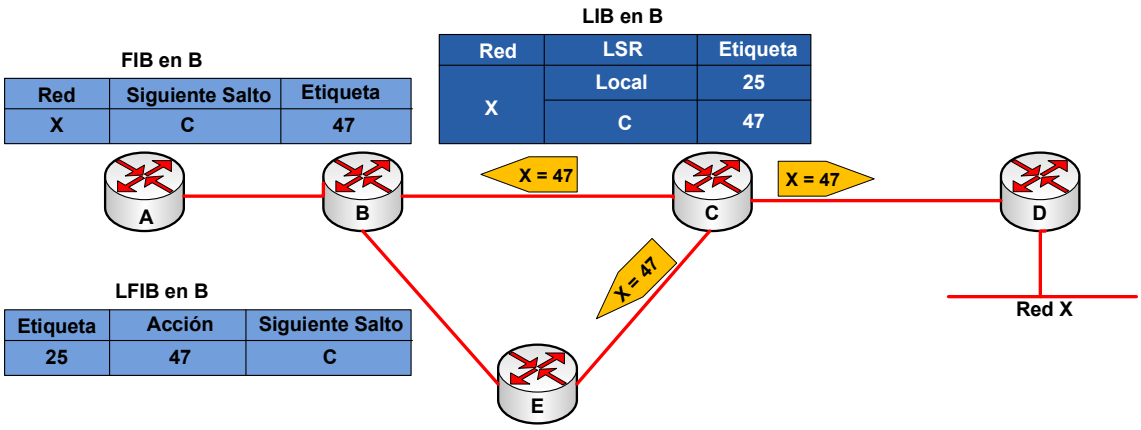


Figura 1.21. Distribución de etiquetas y reenvío de paquetes[*]

[*] Figura basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

El Router B ya ha asignado una etiqueta a la red X y ha creado una entrada en el LFIB. La etiqueta de salida se inserta en la LFIB después de que la etiqueta se recibe del LSR de siguiente salto.

1.3.4.10 Propagación de paquetes en una red MPLS

La figura 1.22 ilustra el número de paquetes IP que se propagan a través de un dominio MPLS. Los pasos son los siguientes:

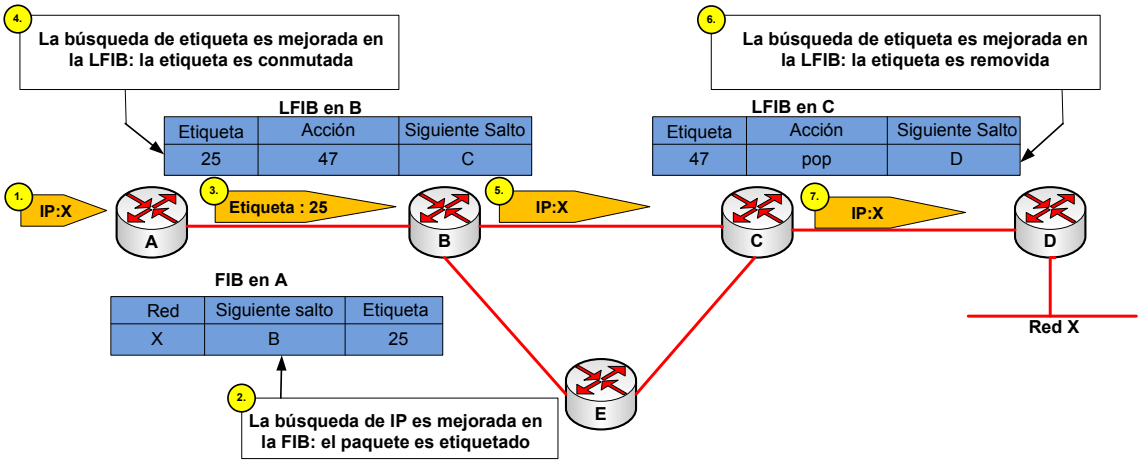


Figura 1.22. Pasos para la propagación de paquetes[*]

Paso 1. Un paquete IP destinado a la red X llega al Router A.

Paso 2. El router A etiqueta un paquete destinado a la red X mediante el uso de la etiqueta de salto siguiente 25 (CEF cambio mediante el uso de la tabla FIB).

Paso 3. El router A envía el paquete hacia la red X con la etiqueta MPLS 25.

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Paso 4. El Router B realiza el cambio (swap) de la 25 a la etiqueta 47 utilizando la LFIB.

Paso 5. El router B envía el paquete al router C (conmutación de etiquetas mediante el uso de la tabla LFIB).

Paso 6. El router C elimina la etiqueta, con la acción POP.

Paso 7. El Router C envía el paquete sin etiqueta al ruteador D (la etiqueta es removida utilizando la tabla de LFIB).

Cuando un router recibe un paquete IP, la búsqueda se realiza con una consulta de IP (en la tabla CEF si se utilizan equipos Cisco).

Cuando un router recibe un paquete etiquetado, la búsqueda se realiza en la tabla LFIB del router. El router sabe que recibe un paquete etiquetado o un paquete IP al leer el campo de protocolo en la cabecera de capa 2. Si un paquete es transmitido por el reenvío de Cisco Express (CEF) (consulta de IP) o por LFIB (búsqueda de etiqueta), el paquete puede dejar el router o bien ser etiquetado.

1.3.4.11 Penúltimo *Hop Popping*

Con el *Penultimate Hop Popping* (PHP) – Proceso del Penúltimo Salto, un LSR quita la etiqueta más externa de un paquete MPLS etiquetado antes de pasar el paquete a un LSR de borde adyacente.

El proceso reduce la carga en el LSR Edge o de borde. La aplicación PHP en las redes que ofrecen cierta calidad de servicio (QoS) toma una cuidadosa consideración, por lo que sólo determinados enrutadores en una red MPLS pueden

realizar esta tarea. Por ejemplo, los routers de salida en el borde de la red MPLS no usan PHP.

Sin PHP, el LSR Edge tendría que realizar al menos dos consultas de etiqueta:

La etiqueta exterior: Esta etiqueta indica que el paquete estaba destinado a tener la etiqueta despojada en este router.

La etiqueta interior: Esta etiqueta identifica el *Virtual Routing / Forwarding* (VRF), instancia a utilizar para el período posterior a la búsqueda de enrutamiento.

El PHP reduce la carga de CPU en el LSR de borde mediante la distribución de trabajo entre los routers vecinos del LSR de borde. El PHP optimiza el rendimiento de MPLS disminuyendo la carga de la CPU en los LSRs de borde.

El LSR de borde anuncia un pop o la etiqueta nula implícita a un vecino. El pop le advierte al vecino que debe usar PHP.

PHP mejora el rendimiento mediante la eliminación de búsqueda de enrutamiento MPLS en los LSRs de salida y optimiza el rendimiento de MPLS, reduciendo el número de búsquedas en las tablas del router de salida. Cuando el ruteador intermedio se da cuenta de que el router es el nodo final en la etiqueta de conmutación de ruta (LSP), el router puede distribuir el valor de la etiqueta al router contiguo siguiente en el momento de establecer la ruta de acceso.

El router contiguo siguiente, hace que la determinación del siguiente salto para el paquete esté basado en la etiqueta que el router recibe en la entrada. El router entonces envía el paquete sin etiqueta, lo que permite al nodo de salida realizar una búsqueda única.

Una etiqueta de pop está codificada con un valor de 3 para LDP. Esta etiqueta indica a los routers contiguos siguientes que deberá retirar la etiqueta

en lugar del intercambio de la etiqueta con la etiqueta 3. En la tabla LIB del router aparece entonces *imp-null* en lugar del valor 3.

La figura 1.23 muestra cómo se propagan las etiquetas y son empleadas en un modo típico de la red MPLS sin PHP habilitado.

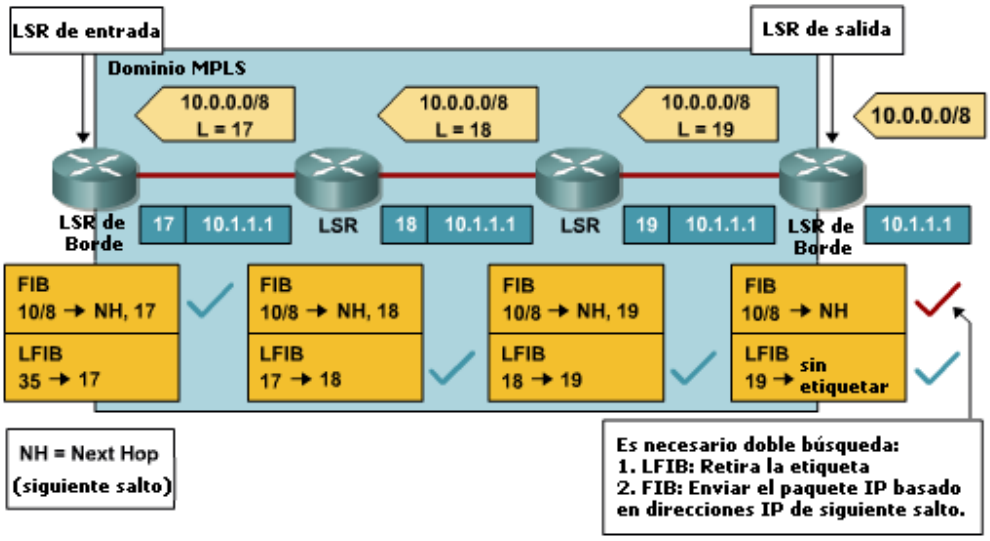


Figura 1.23. Propagación de etiquetas sin PHP[*]

Las marcas de verificación indican las tablas que se utilizan en los routers individuales. El router de salida en este ejemplo debe realizar una búsqueda en la tabla LFIB para determinar si la etiqueta debe ser eliminada y si se requiere una búsqueda más en la tabla FIB. PHP elimina la necesidad de una búsqueda doble para llevar a cabo en LSRs de salida.

En la figura 1.23 se muestra que, se requiere de una doble búsqueda.

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

La figura 1.24 muestra cómo una etiqueta predefinida pop, que corresponde a la acción local en el LFIB, se propaga en el primer salto o el último salto, dependiendo de la perspectiva. Una etiqueta es removida en el router que está localizado antes del último salto dentro de un dominio MPLS (el penúltimo router). La siguiente es una explicación paso a paso de la propagación de paquetes:

Paso 1. El paquete IP MPLS entra en la nube en el router A, el LSR de ingreso.

Paso 2. En la FIB se lleva a cabo una búsqueda y el paquete se etiqueta con el valor 17, para el siguiente salto.

Paso 3. El paquete viaja al router B, el cual realiza una búsqueda en la LFIB y la etiqueta anterior cambia a la etiqueta 18, para el siguiente salto al router C.

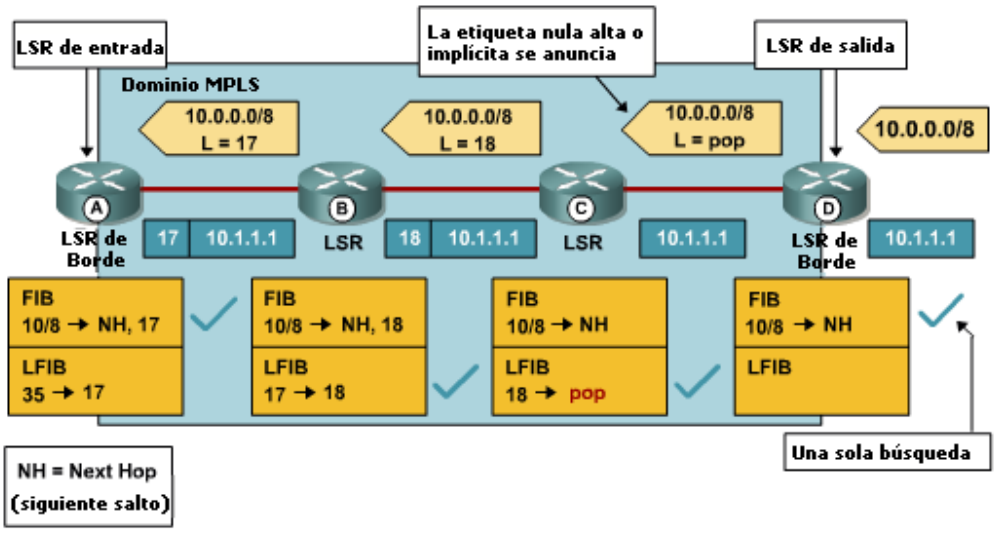


Figura 1.24. Pasos para la propagación de paquetes[*]

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Paso 4. El Router C hace una búsqueda y elimina LFIB (es decir, POP) de la etiqueta.

Paso 5. El Router C envía el paquete al router D, el LSR de salida.

El PHP ligeramente optimiza el rendimiento de MPLS mediante la eliminación de una búsqueda en el LSR LFIB borde de salida.

1.3.5 ARQUITECTURA MPLS

En apoyo de múltiples protocolos, en MPLS existe una separación entre el Plano de Control y el Plano de Datos:

1.3.5.1 Plano de Control:

En este plano se realizan los intercambios de información de enrutamiento y etiquetas. También contiene mecanismos complejos, tales como RIP, OSPF, EIGRP, IS-IS y BGP, para intercambiar información de enrutamiento. Intercambia etiquetas, utilizando herramientas tales como, LDP, BGP y RSVP.

Controla el intercambio de información de enrutamiento y el intercambio de etiquetas entre los dispositivos adyacentes. En el plano de control se manejan los siguientes protocolos de enrutamiento:

- Protocolo Abierto de Ruta más Corta (OSPF, *Open Shortest Path First*).
- Protocolo de Enrutamiento de Gateway Interior Mejorado (EIGRP, *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*).
- Sistema Intermedio - Sistema Intermedio (IS-IS, *Intermediate System - to - Intermediate System*).
- Protocolo de enrutamiento de la Información (RIP, *Routing Information Protocol*).
- BGP (*Border Gateway Protocol*).

El plano de control también requiere protocolos de cambio de etiquetas, incluyendo el PLD MPLS y BGP, que es utilizado por MPLS VPN.

La Ingeniería de Tráfico MPLS utiliza el protocolo RSVP en los recursos de reserva, o el ancho de banda en la red.

1.3.5.2 Plano de datos:

El plano de datos también es conocido como plano de reenvío, este plano controla el reenvío basado en las direcciones de destino o en etiquetas.

El componente de envío emplea una base de datos de envío de etiquetas mantenida por una conmutación de etiquetas, para ejecutar el envío de paquetes de datos basándose en las etiquetas transportadas por los paquetes.

La *Label Forwarding Information Base* (LFIB), es la tabla que almacena la información de la etiqueta que se utiliza para la transmisión de paquetes. En la tabla LFIB se encuentran protocolos de intercambio de etiquetas, los que pueden ser LDP, BGP o RSVP.

1.3.5.2.1 Componentes del Plano de Control

MPLS puede aplicar el reenvío de destino basado en el uso de etiquetas para tomar decisiones de reenvío.

En el ejemplo que se muestra en la figura 1.24, es necesario un protocolo de enrutamiento de nivel 3 para propagar la información de enrutamiento también de nivel 3. Un mecanismo de intercambio de etiqueta, es simplemente un complemento en el mecanismo que propaga las etiquetas que se utilizan para los destinos de capa 3.

La información del Plano de Control es enviada al Plano de Datos. La figura 1.25 muestra las dos componentes del plano de control (OSPF y LDP):

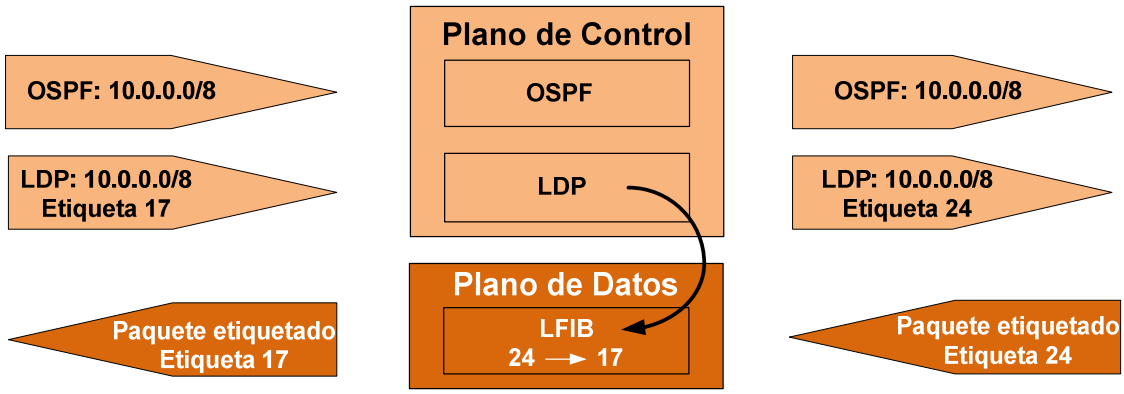


Figura 1.25. Componentes del Plano de Control[*]

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

OSPF: Recibe y envía una actualización de enrutamiento de red IP 10.0.0.0 / 8.

LDP: recibe la etiqueta 17 la que se va a utilizar para los paquetes con dirección de destino 10.x.x.x. Una etiqueta local 24 se genera y es enviada a los vecinos contiguos, siempre y cuando los paquetes estén destinados a 10.x.x.x.

LDP inserta una entrada en la tabla LFIB del plano de datos, donde se asigna una etiqueta de entrada 24 a una etiqueta de salida 17. El plano de datos, transmite todos los paquetes con etiqueta 24 a las interfaces adecuadas después de cambiar la etiqueta 24 por la etiqueta 17.

1.3.5.2.2 Label Switch Routers (LSR) [9]

Cuando MPLS está negociando, hay dos términos comúnmente utilizados, el LSR y el *Edge* LSR:

El **LSR**, es un dispositivo que reenvía los paquetes basados principalmente en las etiquetas.

El ***Edge LSR*** (LSR de Borde), es un dispositivo que coloca las etiquetas en los paquetes o quita las etiquetas.

El término LSR en Cisco se refiere a la clase general del router que funciona en MPLS. Lo que en RFC se refiere como LSR, en Cisco se llama como router

[99] PEPELNJAK, Ivan. GUICHARD, Jim. "Arquitecturas MPLS y VPN", 1ra Edición, Pearson Educación, S.A., Cisco Press, Madrid, 2003. [7]

perteneciente al núcleo del backbone de MPLS, es decir del backbone de proveedor (enrutador P), igualmente a lo que se refiere en RFC como *Edge* LSR, Cisco lo llama como router de borde del proveedor, intercambian información de VPNs entre sí, luego de interactuar con los routers Ces de los diferentes sitios (enrutador PE).

Los LSRs y Edge LSRs reenvían los paquetes según las decisiones de conmutación tomadas basadas en la etiqueta MPLS. Éstos son capaces de realizar la conmutación y el enrutamiento IP de las etiquetas. Sus nombres se basan en las posiciones que tienen los routers en el dominio MPLS.

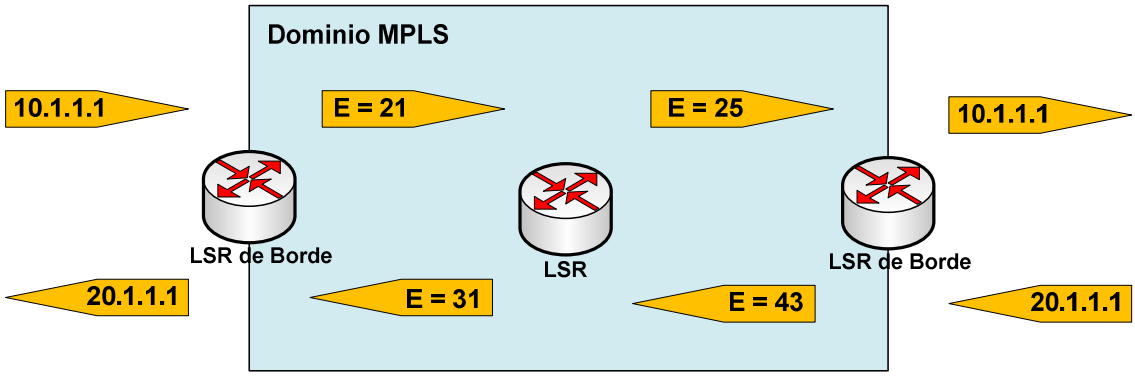


Figura 1.26. Etiquetación y eliminación de etiquetas en los LSR[*]

La figura 1.26 muestra la etiquetación y eliminación de éstas en los LSR, y LSR de borde. El LSR primario transmite paquetes etiquetados (intercambio de etiqueta)

En los LSR de Borde se etiquetan los paquetes IP (etiquetas impuestas), y los transmiten al dominio MPLS.

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Los LSR de borde eliminan las etiquetas (salto de etiqueta) y reenvían los paquetes IP fuera del dominio MPLS. Los enrutadores que tienen todas las interfaces habilitadas para MPLS son llamados LSRs porque fundamentalmente están orientados a la transmisión de paquetes etiquetados.

Los enrutadores que tienen algunas interfaces que no están permitidas para trabajar en MPLS son por lo general los de borde de un sistema autónomo de dominio MPLS (ASs, *Autonom System*).

Estos routers también reenvían los paquetes basados en las direcciones IP de destino y la etiqueta de dichos paquetes si la interfaz de salida está habilitada para MPLS.

Por ejemplo, un LSR Edge recibe un paquete para el destino 10.1.1.1, impone la etiqueta 21, y envía el paquete al LSR en la red troncal MPLS. El LSR cambia de la etiqueta 21 a la etiqueta 25 y reenvía el paquete. El LSR de borde quita la etiqueta 25 y reenvía el paquete basándose en la dirección IP de destino 10.1.1.1.

1.3.5.3 Arquitectura de los componentes de LSR

El plano de control y el plano de datos en un LSR posibilitan que se produzca el cambio de etiquetas y envío de paquetes etiquetados. Estas funciones se resumen en la tabla 1.1:

COMPONENTE	FUNCIÓN
Plano de Control	Intercambio de Información de enrutamiento Intercambio de etiquetas
Plano de Datos	Transmisión de paquetes (LSRs y LSRs de Borde)

Tabla1.1. Funciones de las componentes de LSR[*]

Todos los LSRs deben realizar una serie de funciones:

- Intercambio de información de enrutamiento (plano de control).
- Cambio de etiquetas (plano de control).
- Reenvío de paquetes (plano de datos).
- En MPLS, los LSRs reenvían los paquetes basados en etiquetas de 32-bits.

1.3.5.4 Componentes de Arquitectura de LSR

La función principal de un LSR es reenviar paquetes etiquetados. Para lograr esto, cada LSR necesita un protocolo de enrutamiento de nivel 3 y un protocolo para el intercambio de etiquetas. La figura 1.27 muestra la arquitectura de los componentes de un LSR.

[*] Tabla realizada por la autora, tomada de la fuente CISCO SYSTEM [8].

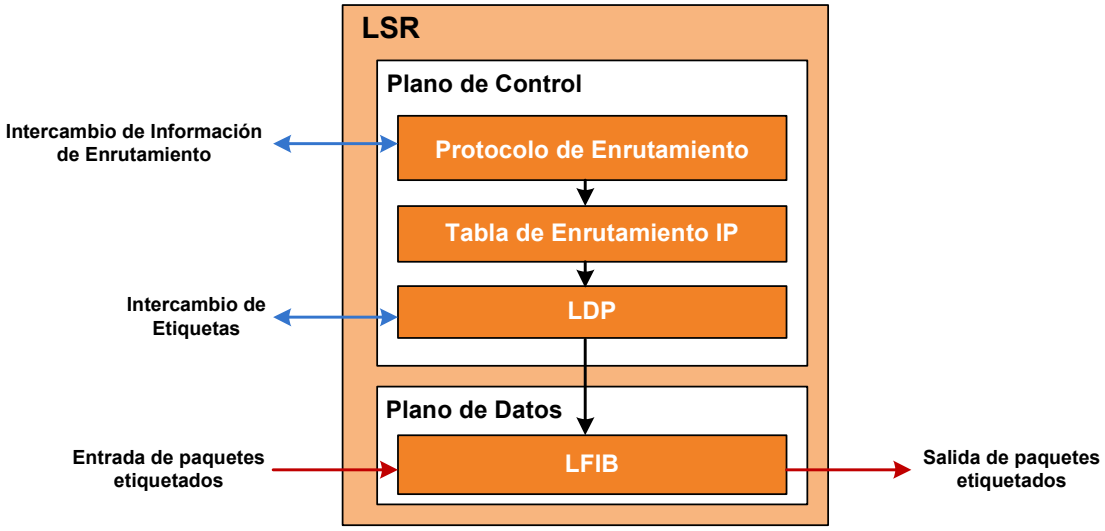


Figura 1.27. Componentes del LSR[*]

El LDP rellena la tabla LFIB en el plano de datos que se utiliza para reenviar paquetes etiquetados.

1.3.5.5 Arquitectura de los componentes de LSR de Borde

La figura 1.28 muestra la arquitectura de los componentes de un LSR de Borde. Los LSRs de Borde también transmiten paquetes IP basados en las direcciones IP de destino del paquete y, opcionalmente, etiquetan a los paquetes, si existen etiquetas.

Hay varias combinaciones posibles de transmisión y etiquetado de los paquetes, a saber:

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

- Transmitir el paquete IP recibido basado en la dirección IP de destino y enviar como un paquete IP.
- Transmitir el paquete IP recibido basado en la dirección IP de destino y enviar como un paquete etiquetado.
- Enviar y recibir el paquete etiquetado con base en la etiqueta, cambiar (swap) la etiqueta, y enviar el paquete etiquetado.
- Enviar y recibir el paquete etiquetado con base en la etiqueta, retirar la etiqueta, y enviar el paquete IP.

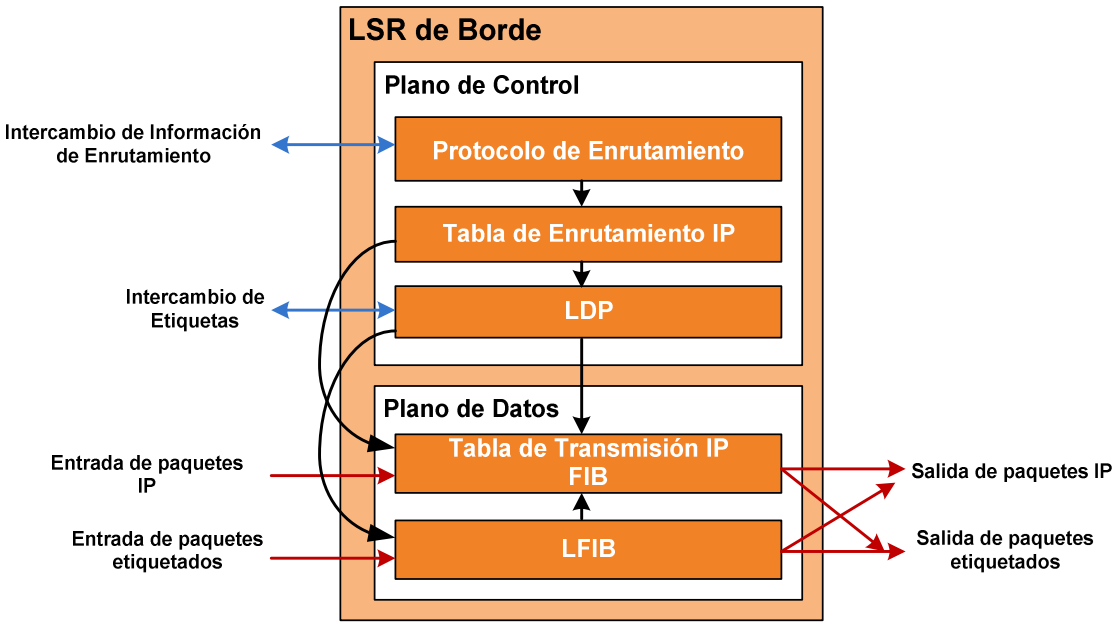


Figura 1.28. Componentes del LSR de Borde[*]

Estos escenarios son posibles si la red no está configurada correctamente:

[*] Figura elaborada por la autora, tomada de la fuente CISCO SYSTEM [8]

- Al recibir un paquete etiquetado, éste es descartado si la etiqueta no se encuentra en la tabla LFIB, incluso si la IP de destino existe en la tabla de reenvío IP, también llamada FIB.
- Al recibir un paquete IP, éste es descartado si el destino no se encuentra en la tabla de reenvío IP (tabla FIB), incluso si hay una ruta de acceso de conmutación de etiqueta de MPLS hacia el destino.

1.3.6 MECANISMOS DE CONMUTACIÓN DEL ROUTER CISCO [8], [9].

Como en el presente Proyecto de Titulación se utilizará explícitamente por pedido de la empresa Puntonet S.A., por su capacidad de trabajo y por su fácil configuración, equipos de marca Cisco, se hará referencia a los mecanismos de la plataforma de conmutación Cisco IOS.

La plataforma Cisco soporta tres mecanismos de conmutación IP que se enumeran a continuación:

1. Conmutación de Procesos, o conmutación manejada por la tabla de enrutamiento.

2. Búsqueda de etiqueta completa en cada paquete.

3. Conmutación rápida o conmutación manejada por la caché:
    - La mayoría de destinos más recientes ingresan en la caché.

- El primer paquete es siempre procesado y conmutado.

La conmutación y topología es manejada por la CEF, *Cisco Express Forwarding* (pre compilado en la tabla FIB, *Forwarding Information Base*), esto se ilustra en la figura 1.29.

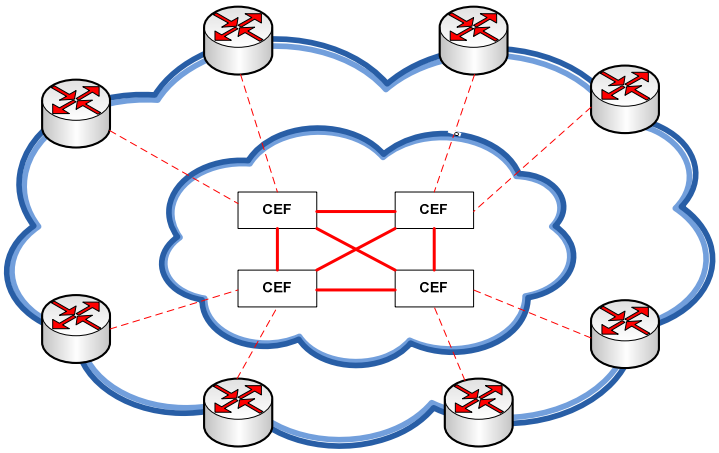


Figura 1.29. Cisco Express Forwarding[*]

El mecanismo de conmutación original disponible en los routers Cisco es la conmutación de procesos. Sin embargo, esta conmutación es muy lenta, ya que debe encontrar un destino en la tabla de enrutamiento. Este proceso, posiblemente, puede resultar en una búsqueda recursiva. La conmutación de procesos también debe construir una nueva cabecera de capa 2 para cada paquete. Esto da como resultado, que la conmutación de procesos ya no sea ampliamente utilizada en las redes modernas.

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Las plataformas de Cisco tienen la capacidad de superar el mal rendimiento de la conmutación de procesos. Las plataformas también sirven de apoyo a varios mecanismos de conexión que utiliza una caché para almacenar los destinos de los paquetes más utilizados recientemente.

La memoria caché utiliza un mecanismo de búsqueda más rápida que la conmutación de procesos, para mejorar el rendimiento de la encapsulación al guardar toda la cabecera del paquete de capa 2.

Los paquetes posteriormente son conmutados, de esta manera la caché mejora el rendimiento. El mecanismo de conmutación más reciente y preferida por la plataforma Cisco es CEF, que recoge lo mejor de los mecanismos de conmutación anteriores.

Uno de los beneficios de CEF es que este mecanismo soporta balanceo de carga por paquete, anteriormente era soportado sólo por conmutación de procesos.

CEF también soporta balanceo de carga por origen o por destino, búsqueda rápida del destino, y muchas otras características que no son soportadas por otros mecanismos de conmutación.

CEF utiliza una base de información de envío (FIB) para hacer conmutación de decisiones basada en prefijos de destino IP.

La FIB es conceptualmente similar a una tabla de enrutamiento o una base de la información. La tabla FIB, es construida con la información que recopila cada conmutador y la que recibe del resto de conmutadores con los que se relaciona,

aquellos dependientes de una misma autoridad administrativa, en lo que se ha dado en llamar dominio MPLS. Las rutas de conmutación de etiquetas que se registran en estas tablas reciben la denominación de LSP, *Label-Switched Paths* o rutas de etiquetas conmutadas.

La FIB mantiene una imagen espejo de la transmisión de información contenida en la tabla de enrutamiento IP.

Cuando se producen cambios de topología o enrutamiento en la red, la tabla de enrutamiento IP se actualiza, y esos cambios se reflejan en la FIB. La FIB mantiene la información del siguiente salto de dirección basada en la información de la tabla de enrutamiento IP.

Debido a que existe una correlación de uno a uno entre las entradas FIB y las entradas de la tabla de enrutamiento, la FIB contiene todas las rutas conocidas y elimina la necesidad de mantener la ruta en caché que está asociada con la conmutación de las rutas tales como la conmutación rápida y la conmutación óptima.

1.3.6.1 Conmutación de Procesos y Conmutación Rápida

La figura 1.30, ilustra una secuencia específica de eventos para la conmutación de procesos y la conmutación rápida de los destinos que fueron aprendidos a través del *Border Gateway Protocol* (BGP) – Protocolo de Puerta de Borde.

Se producen tres eventos tanto para la conmutación de procesos como para la conmutación rápida y son los siguientes:

Paso 1: Cuando una actualización de BGP es recibida y procesada en la tabla de BGP, si la actualización está seleccionada como la mejor ruta, se crea una entrada en la tabla de enrutamiento.

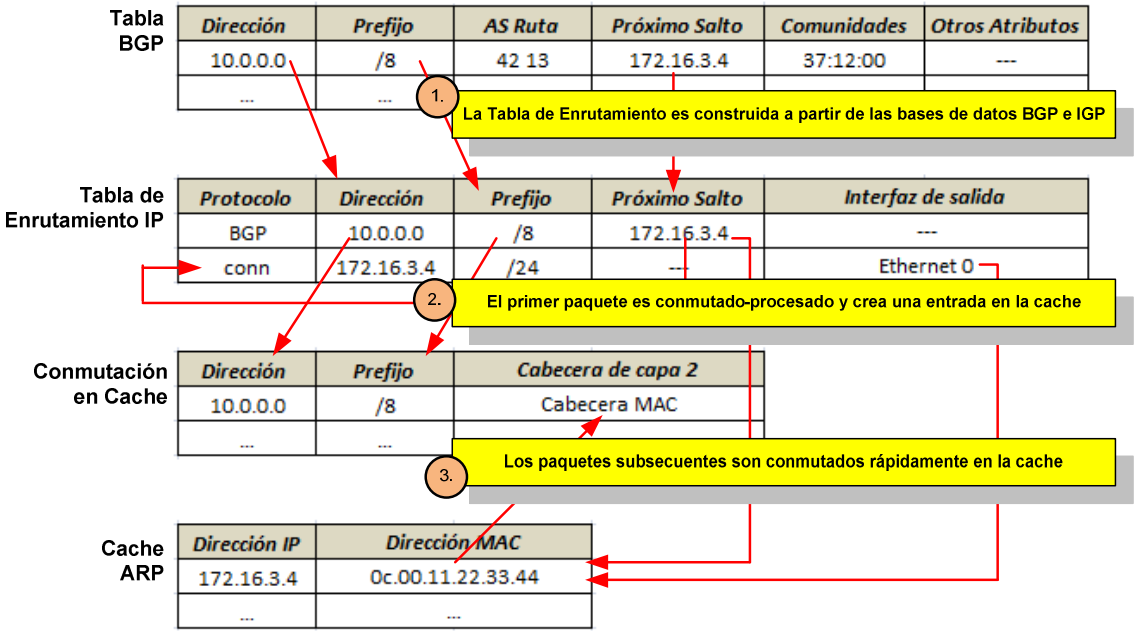


Figura 1.30. Secuencia de eventos para la conmutación de procesos y la conmutación rápida[*]

Paso 2: Cuando el primer paquete llega a su destino, el router intenta encontrar el destino en la memoria caché de conmutación rápida.

Cuando el destino no está en la caché de conmutación rápida, la conmutación de procesos tiene que cambiar el paquete y se realiza una búsqueda recursiva para encontrar el interfaz de salida.

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

Si la dirección de capa 2 no se encuentra en la caché, se dispara la solicitud del protocolo de resolución de direcciones (ARP).

En este ejemplo, si el destino está en la red 10.0.0.0 / 8, según el BGP, el siguiente salto para llegar a esa red es 172.16.3.4.

Para llegar a la red 172.16.3.0/24, la interfaz de salida es Ethernet 0. Una vez que se encuentra la vía, se crea una entrada en la caché de conmutación rápida.

Paso 3: Todos los paquetes subsiguientes con el mismo destino son de conmutación rápida de acuerdo con un procedimiento de tres pasos:

- El router procesa el paquete de inmediato, porque el cambio se produce en el código de interrupción.
- El router realiza operaciones de búsqueda de destino rápido, pero no de búsqueda recursiva.
- La encapsulación generada previamente utiliza un encabezado de la capa 2 que contiene el destino y la fuente de la capa 2 (MAC). (es necesario el número de solicitud ARP o búsqueda en la caché ARP).

Cuando un enrutador recibe un paquete que debe ser rápidamente conmutado, pero el destino no está en la memoria caché, el paquete es procesado y conmutado instantáneamente.

Para garantizar que los paquetes subsiguientes que tienen el mismo destino sean conmutados rápidamente, se realiza una completa búsqueda en la tabla de enrutamiento y se crea una entrada en la caché de conmutación rápida.

1.3.6.2 Arquitectura de Conmutación CEF

CEF utiliza una arquitectura que es diferente de la conmutación de procesos o cualquier otro mecanismo basado en la conmutación de caché. La figura 1.31 muestra la conmutación CEF.

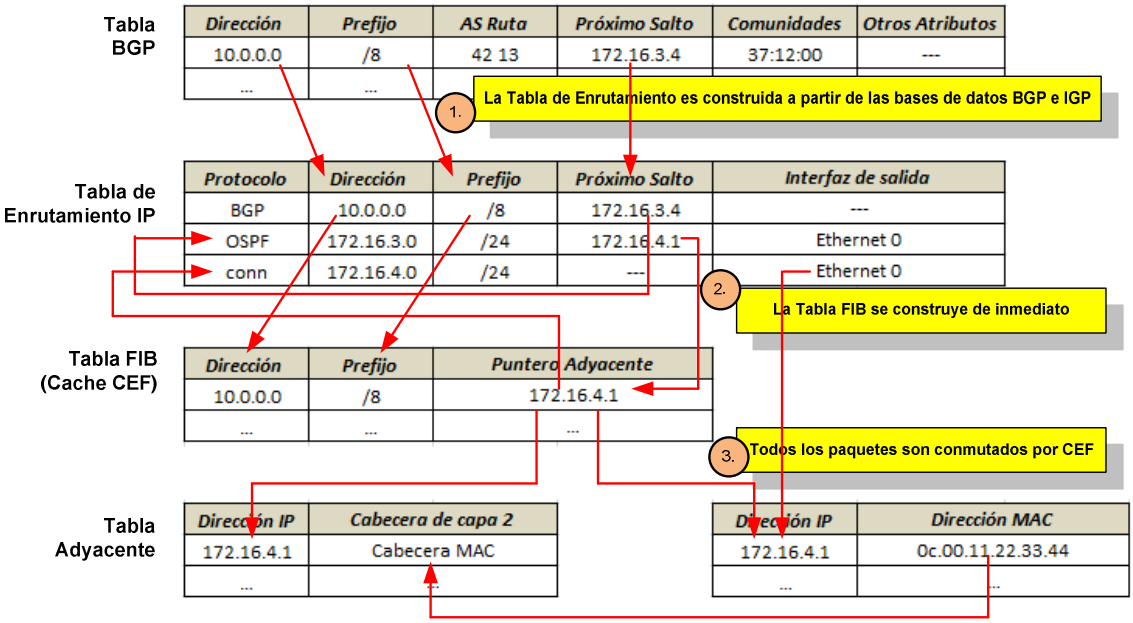


Figura 1.31. Secuencia de eventos para la conmutación CEF[*]

CEF utiliza una tabla completa de conmutación IP y la tabla FIB. La tabla de la FIB tiene la misma información que la tabla de enrutamiento IP. La tabala FIB genera múltiples protocolos de enrutamiento, manteniendo solamente la dirección IP del siguiente salto en alguna ruta en particular.

Cuando algo cambia en la tabla de enrutamiento IP, el cambio también se refleja en la tabla FIB. Debido a que la FIB contiene la tabla de conmutación IP completa, el

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: CISCO SYSTEM [8]

router puede tomar decisiones definitivas sobre la base de la información en la tabla FIB.

Cada vez que un enrutador recibe un paquete que debe ser CEF de conmutación, pero el destino no está en el FIB, el paquete se descarta. La tabla FIB también es diferente de otros de rápido cambio de cachés. Esta tabla no contiene información sobre la interfaz de salida y la correspondiente cabecera de capa 2.

Esa información se almacena en una tabla independiente denominada la Tabla de Adyacencia.

La tabla de Adyacencia de capa 2 se mantiene o cambia la información vinculada a una determinada entrada de la FIB, evitando la necesidad de una petición ARP para cada búsqueda en la tabla.

CEF es la plataforma más reciente y preferida por Cisco IOS como mecanismo de conmutación.
Al habilitar el CEF también afecta el uso de memoria en el módulo del Procesador de Interfaz Versátil (VIP), porque en la entrada de la tabla FIB se copiarán todos los módulos VIP o línea de tarjetas.

1.3.7 PRINCIPALES APLICACIONES DE MPLS

Las principales aplicaciones de MPLS son:

Funciones de Ingeniería de Tráfico (a los flujos de cada usuario se les asocia una etiqueta diferente): se conoce con este nombre la planificación de rutas en una red

en base a previsiones y estimaciones a largo plazo con el fin de optimizar los recursos y reducir congestión.

Servicios de VPN: la posibilidad de crear y anidar LSPs da gran versatilidad a MPLS y hace muy sencilla la creación de VPNs.

Servicios que requieren QoS: es posible asignar a un cliente o a un tipo de tráfico una FEC a la que se asocie un LSP que corra por enlaces con bajo nivel de carga.

MPLS se basa en el etiquetado de los paquetes en base a criterios de prioridad y/o calidad (QoS).

Redes de alto rendimiento: las decisiones de encaminamiento que han de tomar los routers MPLS en base a la LIB son mucho más sencillas y rápidas que las que toma un router IP ordinario (la LIB es mucho más pequeña que una tabla de rutas normal). La anidación de etiquetas permite agregar flujos con mucha facilidad, por lo que el mecanismo es escalable.

Soporte multiprotocolo: los LSPs son válidos para múltiples protocolos, ya que el encaminamiento de los paquetes se realiza en base a la etiqueta MPLS estándar, no a la cabecera de nivel de red.

La idea de MPLS es realizar la conmutación de los paquetes o datagramas en función de las etiquetas añadidas en capa 2 y etiquetar dichos paquetes según la clasificación establecida por la QoS en el SLA.

Por tanto MPLS es una tecnología que permite ofrecer QoS, independientemente de la red sobre la que se implemente.

El etiquetado en capa 2 permite ofrecer servicio multiprotocolo y ser portable sobre multitud de tecnologías de capa de enlace: ATM, Frame Relay, líneas dedicadas, LANs.

1.3.7.1 Ingeniería de tráfico [10]

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

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 redes que tengan backbone grandes, ya que:

- Permite al administrador de la red el establecimiento de rutas explícitas, especificando el camino físico exacto de un LSP.

[10] BARRERA, José, "MPLS: una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI", www.rediris.es, Octubre 2006 [3]

- 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, 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.

1.3.7.2 Clases de servicio (CoS) [11]

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

[11] BARRERA, José, "MPLS: una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI", www.rediris.es, Octubre 2006 [3]

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 es te 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 LSRs exteriores se pueden aprovisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda. Por ejemplo, un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, otro para una prioridad media y un tercero para tráfico *best-effort*, tres niveles de servicio, que, lógicamente, tendrán distintos precios.

1.3.7.3 Redes Privadas Virtuales (VPNs) [12] y [13]

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.

[12] BARRERA, José, "MPLS: una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI", www.rediris.es, Octubre 2006 [3]

[13] www.angelfire.com/biz/HUMBERTOLOTNAVARRO/glosario.html [6]

La seguridad supone aislamiento, y el termino "privada" indica que el usuario "cree" que posee los enlaces. Las IP VPNs son soluciones de comunicación VPN basada en el protocolo de red IP de la Internet. En esta sección 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 PCVs entre los diversos nodos que conforman la VPN. La seguridad y las garantías las proporcionan la separación de tráficos 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 ISPs, 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) es la de construir túneles IP.

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, es decir no conectada físicamente, 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. No es el objetivo de esta sección una exposición completa de IP VPNs sobre túneles; se pretende tan sólo resumir sus características para poder apreciar luego las ventajas que ofrece MPLS frente a esas soluciones. Se puede obtener más información sobre IP VPN con túneles en las referencias correspondientes a VPNs con MPLS.

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 NSP.

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 cortafuegos, como en los propios routers de acceso del NSP. Además, como es un estándar, IPSec permite crear VPNs a través de redes de distintos NSPs 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 NSP. 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 extremo 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 acoplado 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. [14], [15].

Aquí está la diferencia (figura 1.32): en los túneles se utiliza el encaminamiento 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.

[14] BARRERA, José, “MPLS: una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI”, www.rediris.es, Octubre 2006 [3]

[15] www.angelfire.com/biz/HUMBERTOLOTNAVARRO/glosario.html [6]

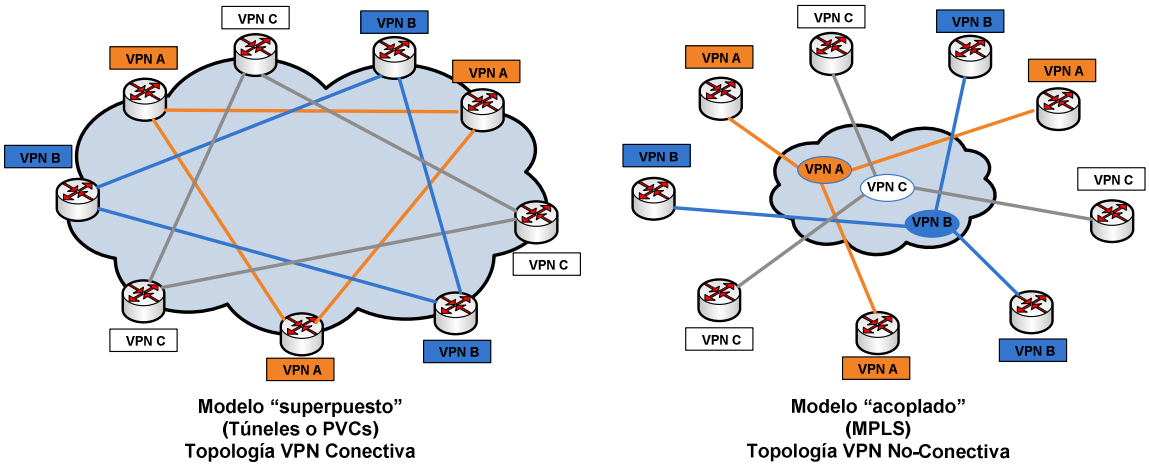


Figura 1.32. Diferencia entre túneles IP convencionales[*].

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.

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

- Proporcionan un modelo "acoplado" o "inteligente", ya que la red MPLS "sabe" de la existencia de VPNs (lo que no ocurre con túneles ni PVCs).
- 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.

[*] Figura tomada de la fuente: PEPELNJAK, Ivan. GUICHARD, Jim. “Arquitecturas MPLS y VPN”, 1ra Edición, Pearson Educación, S.A., Cisco Press, Madrid, 2003.

- 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 de banda, retardo...), lo que es necesario para un servicio completo VPN.

1.3.8 RAZONES PARA MIGRAR A MPLS [16], [17] y [18]

En los últimos tiempos, no sólo se viene hablando de la famosa convergencia de Voz, Video y Datos sobre una misma plataforma, sino también de la necesidad de la migración de servicios "Legacy" (heredados) como ATM o Frame Relay a una nueva generación de "IPbased VPNs" (Redes Privadas Virtuales basadas en protocolo IP) como los son las "MPLS VPNs" (Redes Privadas Virtuales basadas en *Multiprotocol Label Switching*).

Sin embargo, resistencia sigue siendo la primera palabra que se asocia cuando se habla de "cambios", mucho más aún, cuando se trata de migraciones de servicios de comunicaciones, críticos para una empresa.

A continuación, se mencionan 10 razones claves para hacer frente a la mencionada "resistencia" a los cambios cuando una empresa, corporación u organismo este pensando en migrar su infraestructura Legacy actual a una IP-Based MPLS VPN.

---

[16] ROSEN, E. CALLON R., VISWANATHAN A., RFC 3031 “Multiprotocol Label Switching Architecture ”. [22]

[17] CANALIS, María Sol. MPLS “Multiprotocol Label Switching”: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI. Dpto. Informática Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. Argentina. [4]

[18] www.coit.es/publicaciones/biit/bit149/64-66.pdf

1.3.8.1 Flexibilidad

Cada empresa, corporación u organismo tiene desarrollada su propia estructura interna, tanto en infraestructura como en recursos humanos, generadas en base a sus necesidades y recursos disponibles. En base a esta estructura, muchas veces única, se montan los servicios de comunicaciones para acomodar de la mejor manera posible y al menor costo, el transporte de la información interna, así como también externa, con sus clientes y proveedores.

La topología de una MPLS VPN puede acomodarse acorde a cada necesidad, dada su naturaleza que brinda conexiones *"Any-to-Any"* (cualquiera con cualquiera) entre los distintos puntos que comprenden la VPN, contando así con el mejor camino o ruta entre cada punto. A su vez se puede obtener mayor flexibilidad realizando configuraciones híbridas con *Hub-and-Spoke* (estrella), por ejemplo en las conexiones con clientes.

1.3.8.2 Escalabilidad

Con un nuevo concepto de aprovisionamiento, llamado *"Point-to-Cloud"* (punto a la nube), se implementan los nuevos puntos de la VPN. Este concepto proviene del hecho de que cada vez que sea necesario "subir" un nuevo punto a la VPN, sólo habrá que configurar el equipamiento del Service Provider que conecte este nuevo punto. De esta forma, evitamos tareas complejas y riesgosas, como las que se producen cuando se activa un nuevo punto en una red basada en circuitos virtuales de Frame Relay o ATM, en donde es necesario re-configurar **todos** los puntos involucrados.

1.3.8.3 Accesibilidad

La arquitectura de MPLS VPN permite utilizar prácticamente todas las tecnologías de acceso para interconectar las oficinas del cliente con su *"Service Provider"* (Proveedor de Servicios).

Por dicho motivo, la versatilidad que permite utilizar xDSL o un enlace Wireless Ethernet en las oficinas más pequeñas y hasta incluso en usuarios móviles, mientras que en las oficinas principales se utilizan líneas arrendadas (TDM) en altas capacidades como E3/T3, permite dimensionar cada punto de la VPN acorde a sus necesidades sin limitar o restringir la de otros puntos.

1.3.8.4 Eficiencia

En una infraestructura 100% IP, es decir, aquellas empresas en donde todo el equipamiento involucrado y las aplicaciones utilizadas son IP-based, el uso de servicios de transporte ATM o Frame Relay someten al cliente a incurrir en un costo adicional por el overhead que los protocolos de transporte introducen. Mediante las VPN MPLS - un servicio IP-Based VPN - este costo extra desaparece.

1.3.8.5 Calidad de servicio (QoS) y Clases de servicio (CoS)

Las necesidades de comunicación entre dos lugares remotos, hoy en día van mucho más allá de la simple transferencia de datos vía email, web u otras aplicaciones. Siendo incluso insuficiente muchas veces, la interesante combinación de voz y datos bajo una misma plataforma. Es por esto, que la ya mencionada convergencia de datos con aplicaciones real-time y/o interactivas, voz y también video de alta calidad, necesitan de una eficiente plataforma de transporte.

Mediante la utilización de técnicas y herramientas de Calidad de Servicio (QoS), se ofrecen distintas Clases de Servicio (CoS) dentro de una MPLS VPN para cumplimentar los requerimientos de cada servicio o aplicación.

1.3.8.6 - Administración

Las MPLS VPN son denominadas *Network-Based*, esta característica proviene del hecho que el servicio es implementado sobre la infraestructura del *Service Provider*; implicando, entre otras cosas, que la administración de enrutamiento es llevada a cabo por el *Service Provider*; quien por su naturaleza, es especialista en dicha tarea desligando así al cliente de llevarla a cabo.

1.3.8.7 - Monitoreo y SLAs

Las MPLS VPN son monitoreadas, controladas y con un constante seguimiento en forma permanente, las 24 horas los 7 días de la semana, por parte del *Service Provider*. Además, se extienden "*Service Level Agreements*" (acuerdos de nivel de servicio) para garantizar y asegurar la estabilidad y *performance* que el cliente necesite.

1.3.8.8 Fácil Migración

La simplicidad de la tecnología determina que las tareas de aprovisionamiento, administración y mantenimiento sean actividades sencillas para el *Service Provider*; lo cual se traslada directamente al cliente, obteniendo una migración del servicio actual sin complicaciones.

1.3.8.9 Seguridad

Análisis y estudios realizados por los distintos fabricantes y entidades especializadas en el área, determinaron que los niveles de seguridad entregados por una MPLS VPN son comparables con los entregados por los circuitos virtuales de Frame Relay y ATM.

Sin embargo, en escenarios donde estos niveles no son suficientes, como por ejemplo en las necesidades de entidades financieras, una MPLS VPN puede también ser combinada con la encriptación y autenticación que IPSec brinda, elevando aún más la seguridad de la VPN.

1.3.8.10 Bajo Costo

Son varios los motivos que permiten afirmar que un servicio MPLS VPN ofrece "más por menos", entre ellos se destacan:

- Independencia de equipos de cliente (CPE): al ser un servicio *Network-based*, la implementación de la VPN no requiere un hardware específico ni costoso para ser instalado en las oficinas del cliente.

- Convergencia: por ser una VPN CoS-Aware (Soporte de Clases de Servicio) se puede integrar distintos servicios y aplicaciones sobre una misma plataforma. De este modo, empresas que al día de hoy mantienen distintos y costosos servicios para soportar sus necesidades de voz, datos y video; pueden unificar estos requerimientos concluyendo en un ahorro significativo y manteniendo relación con un único proveedor de servicios.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES DE PUNTONET S.A.

2.1 LA EMPRESA PUNTONET S.A.

2.1.1 INTRODUCCIÓN

Es importante indicar que la empresa Puntonet S.A. ya que se va a realizar el diseño para la migración de su tecnología actual Metro Ethernet a la tecnología MPLS (*Multi-Protocol Level Switching*).

En este capítulo se describe a la empresa Puntonet en general, su misión a cumplir, su visión a futuro, además de servicios que ofrecen el soporte técnico que brindan a sus clientes y una visión global de su cobertura.

Puntonet es una organización que nació en el Ecuador en el año 2000 debido a la creciente necesidad del mercado por contar con un servicio de comunicación rápido

y confiable, así como también que asegure la confidencialidad de la información requerida por los usuarios. [19]

Puntonet es una empresa de Telecomunicaciones, que provee soluciones de acceso a Internet a clientes personales y corporativos, pudiendo acceder desde su casa, negocio o empresa a toda la variedad mundial de información disponible.

La implementación de nuevos servicios y el compromiso del personal han sido los mayores desafíos a lo largo de este tiempo. Es así como en la actualidad cuenta con cobertura, servicios, personal y herramientas de soporte necesarias para convertir a Puntonet no sólo en un proveedor de servicios sino en un aliado tecnológico.

Puntonet brinda soluciones que contribuyen con el crecimiento de sus clientes y satisfacen sus necesidades, acompañadas de excelentes servicios y precios competitivos. Su experiencia y buen servicio le ha permitido en poco tiempo ser uno de los principales proveedores de Servicios de Internet en el Ecuador.

Hasta hace poco, el impacto del Internet en las Telecomunicaciones era evaluado por la oferta de servicios *dial up* y banda ancha y la facilidad de comunicación que estas herramientas permitan a los usuarios. Sin embargo en la actualidad, es necesario visualizar al Internet dentro del marco de integración de las tecnologías de la información (voz, datos y video) en los procesos propios de las compañías, es decir lo que ahora se conoce como convergencia de servicios, un factor crítico del éxito.

[19] www.puntonet.ec [12]

MISIÓN: “Ofrecer y comercializar servicios de Telecomunicaciones, con la más alta tecnología, eficiencia y calidad, mejorando la competitividad de nuestros clientes en la era de la globalización, apoyados siempre en nuestro mas valioso recurso. … Nuestra Gente”.

VISIÓN: “PUNTONET será la organización líder a nivel nacional prestando Soluciones efectivas en Telecomunicaciones, generando crecimiento económico y desarrollo social para el país”. [20]

2.1.2 SOPORTE TÉCNICO

La empresa Puntonet cuenta con un departamento técnico conformado por un grupo de 100 personas a nivel nacional, todos ellos profesionales en el ámbito de las telecomunicaciones y/o IT, quienes están encargados de administrar y monitorear los circuitos de la red las 24 horas al día, los 365 días al año, con el fin de tomar acciones preventivas y correctivas en caso de ser necesario, cuentan adicionalmente con varios niveles de escalamiento para dar la solución a las inquietudes o problemas de sus clientes de forma oportuna.

Además, tienen herramientas de software especializado para administración y monitoreo de canales y equipos por medio del protocolo SNMP, los mismos que les permite manejar alarmas tanto en cortes de última milla como en problemas en el acceso al Internet, estas alarmas son enviadas a *beepers o pagers*, garantizando así la oportuna asistencia y corrección de errores que puedan presentarse.

[20] www.puntonet.ec [12]

2.1.3 MERCADEO [21]

El área de mercadeo de Puntonet enfoca sus recursos y esfuerzos para construir la imagen de una empresa, orientada hacia la satisfacción de las necesidades tecnológicas de sus clientes, proyectándose como la mejor empresa en telecomunicaciones.

Realiza estudios de mercado y factibilidad para conocer mejor a sus clientes, entender sus necesidades y ofrecerles calidad y eficiencia en su servicio con miras a la optimización de la atención brindada.

Mediante alianzas estratégicas con empresas reconocidas, conforman un solo equipo para asegurar la eficiencia en el servicio y cumplir con las expectativas de sus clientes en un 100%.

2.1.4 VENTAS [22]

Puntonet posee un equipo de Ejecutivos Comerciales tanto para servicios Corporativos como para Domicilios que se encuentran listos para satisfacer todos los requerimientos en Telecomunicaciones que tengan sus clientes.

[21] Información recopilada de la empresa Puntonet S.A.

[22] Información recopilada de la empresa Puntonet S.A.

2.1.5 SERVICIOS [23]

2.1.5.1 Servicios Corporativos

Su objetivo principal es apoyar en la integración de la red, de las agencias o sucursales y en general en proporcionar sistemas que constituyan herramientas útiles en el crecimiento de la Organización de sus clientes.

2.1.5.1.1 Cartera de Productos

Puntonet ha desarrollado una amplia gama de productos, todos ellos pensados en las necesidades de sus actuales y potenciales clientes. Están seguros que sus soluciones de conectividad por medio de accesos a Internet, Transmisión de Datos, Voz, Imagen, etc., les permitirá a las empresas formar parte del mundo tecnológico, logrando optimizar recursos y aprovechando de los beneficios que la gran red mundial brinda día a día. Los productos que ofrecen a sus clientes son:

- Enlaces dedicados.
- ADSL.
- Housing.
- Hosting.
- Transmisión de Datos.
- Voz sobre IP.
- VSAT.

[23] www.puntonet.ec [12]

a) Enlaces Dedicados

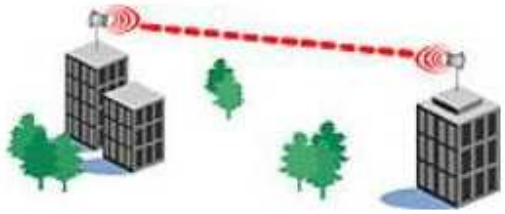


Figura 2.1. Enlace dedicado.[*]

Un enlace dedicado como se muestra en la figura 2.1, permite establecer un acceso permanente de la red (LAN) de la organización hacia el mundo de Internet a grandes velocidades, con un costo fijo e independiente del tiempo de conexión y del volumen de información transmitida. Cuentan con canales desde 64 Kbps, los que pueden ir creciendo en pasos de nx64 de acuerdo a las necesidades del cliente. La confiabilidad, garantía en la capacidad de transmisión y estabilidad, son las principales fortalezas que Puntonet ofrece en este tipo de servicios.

b) ADSL

Línea de abonado Digital Asimétrica, es una tecnología que usando la línea de telefonía convencional, provee servicios de banda ancha sin interferir la transmisión de voz. Se caracteriza porque el tráfico que circula por el canal es generalmente mayor en sentido "*downstream"* (entrada) que el *"upstream"* (salida). Este tipo de tecnología es la solución óptima para empresas y profesionales que necesiten un uso intensivo de Internet a bajo costo. Con la tecnología ADSL es posible alcanzar velocidades desde 128/64 Kbps hasta 10 Mbps o mayores velocidades con ADSL2

[*] Figura basada en la fuente: www.red2000.com.mx/inalambrico/1.jpg

Plus, dobla prácticamente las velocidades de ADSL, pudiendo alcanzar hasta 20Mbps de bajada y 1Mbps de subida.

Esta conexión se la hace a través de la red de área local y pasando por equipos como modems, ruteadores y medios de transmisión físicos guiados se llega al mundo, como lo muestra la figura 2.2.

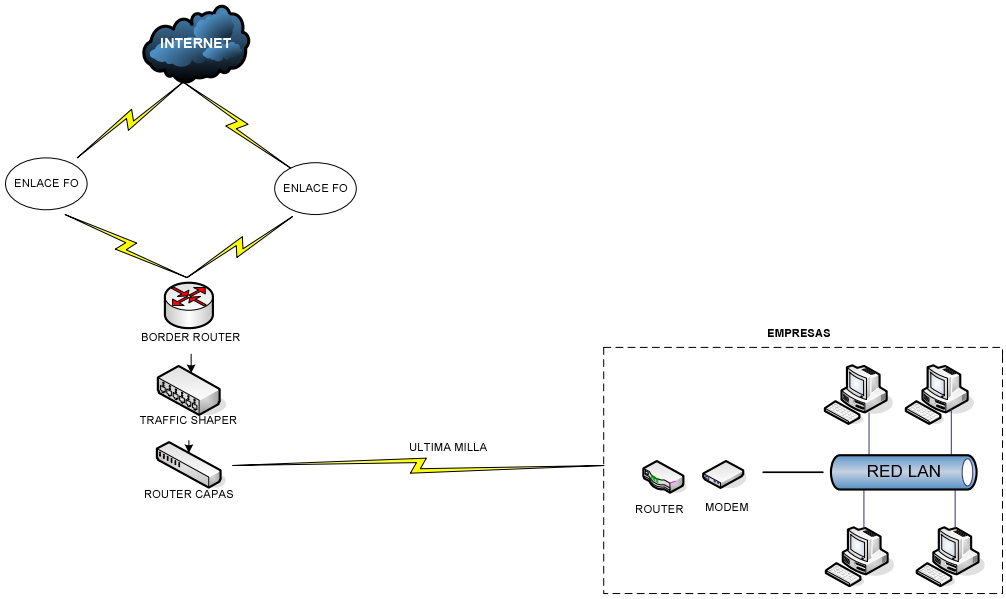


Figura 2.2. Enlace ADSL.[*]

c) Hosting

La figura 2.3 muestra la conexión Hosting que ofrece Puntonet, a sus clientes, cada empresa conecta PCs a una LAN en la que existe un enrutador y ésta a una subred de comunicación. Para aquellas empresas que buscan un espacio rápido y seguro

[*] Figura basada en la fuente: www.puntonet.ec

en donde publicar sus páginas Web, Puntonet ofrece el almacenamiento de la información en sus servidores.

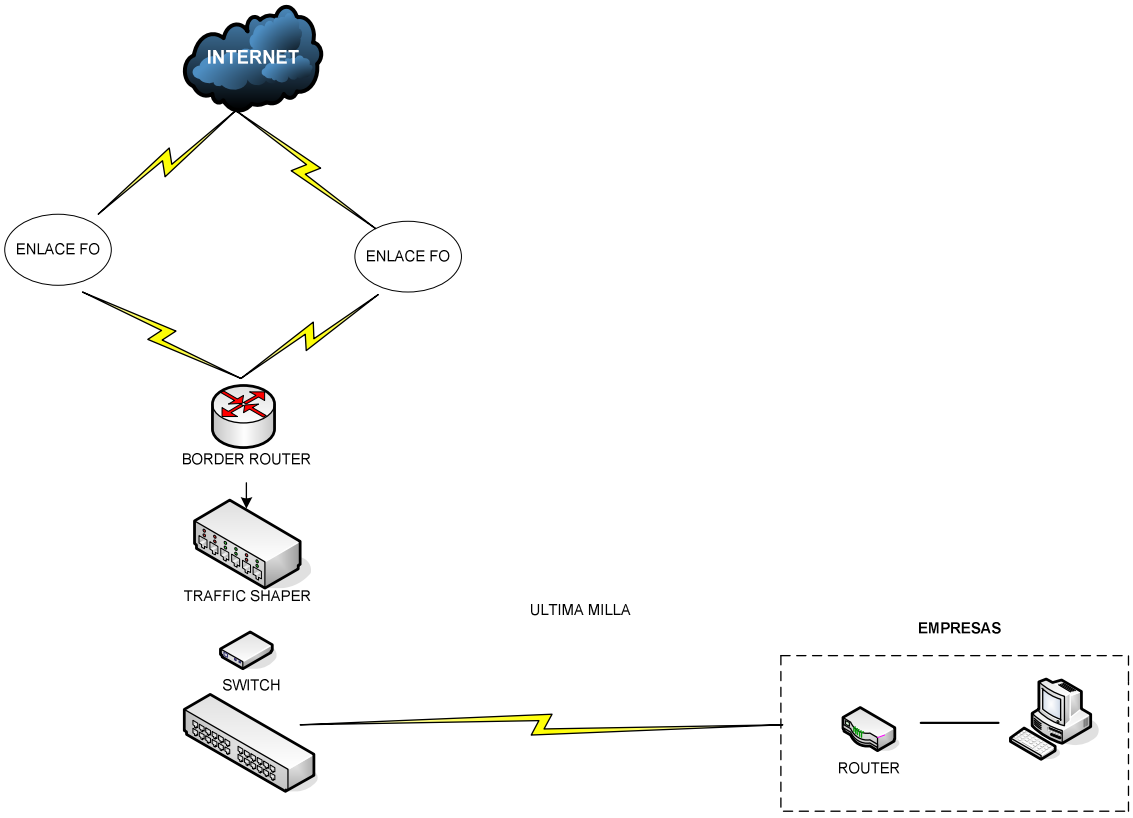


Figura 2.3. Conexión Hosting.[*]

El cliente podrá canalizar el contenido de la información el momento que lo requiera y de forma independiente al personal técnico de Puntonet.

d) Transmisión de Datos

Puntonet cuenta con un Backbone Inalámbrico, basado en una plataforma IP de alta velocidad, lo que le permite la implementación de redes de datos privados, logrando la transmisión de información de manera segura y confidencial (inventario, ventas,

[*] Figura basada en la fuente: www.puntonet.ec

facturación, etc.) entre la empresa y sus sucursales, socios, proveedores, distribuidores, etc.

e) Voz sobre IP

Es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP. La tecnología voz sobre IP permite la realización de llamadas telefónicas ordinarias nacionales o internacionales utilizando teléfonos estándares integrados a la central telefónica o de forma directa a la LAN, logrando una importante optimización de recursos. Es un producto ideal para aquellas organizaciones que manejan un alto tráfico telefónico y que cuenten con una red privada de datos e Internet. La figura 2.4 representa esta conexión.

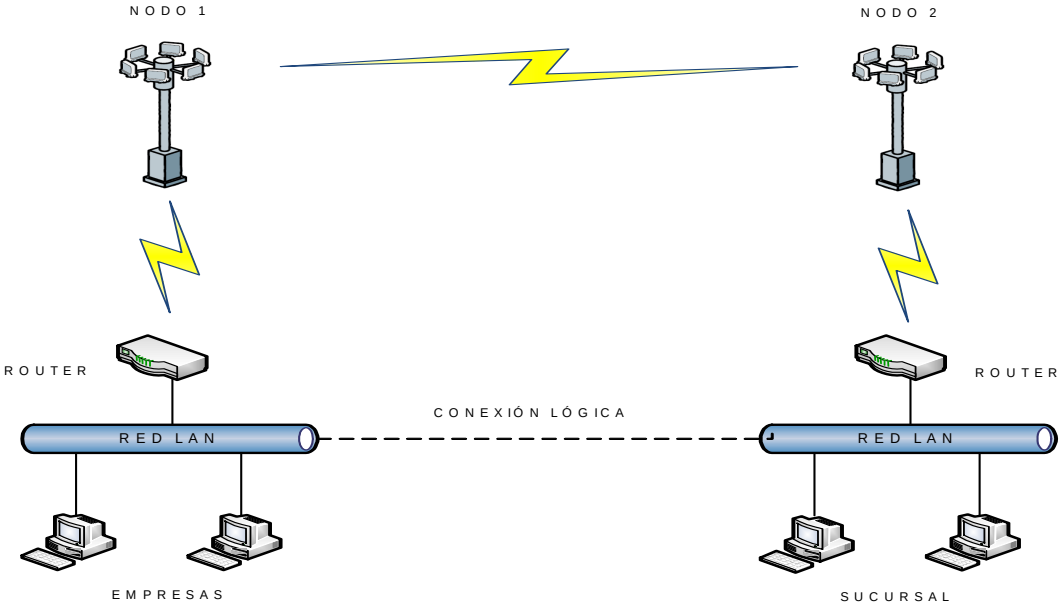


Figura 2.4. Voz sobre IP.[*]

[*] Figura basada en la fuente: www.puntonet.ec

f) VSAT

Esta conexión consiste en transferir información a través de un satélite, haciendo uso de estaciones terrenas, figura 2.5.

Este tipo de sistemas constituyen la solución ideal para aquellas empresas que tienen la necesidad de transferir información, pero que por su ubicación geográfica, especialmente en entornos rurales, no existe disponibilidad de otro medio de conexión. Puntonet ofrece sistemas satelitales en bandas C y Ku, logrando la interconexión de estos sistemas con redes privadas y hacia el Internet.

La capacidad de transmisión que ofrece Puntonet en VSAT es 128 kbps – 2 Mbps y una recepción hasta 48 Mbps.

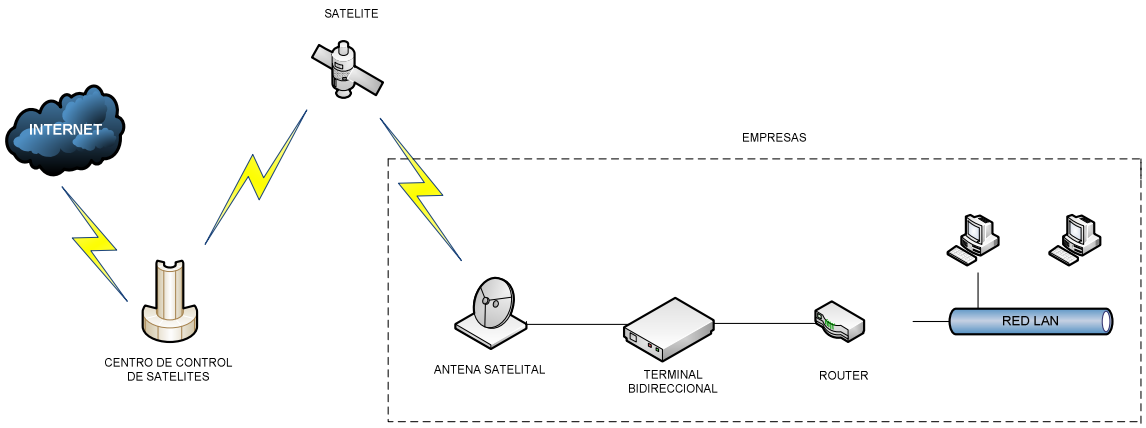


Figura 2.5. Sistema de conexión VSAT.[*]

[*] Figura basada en la fuente: www.puntonet.ec

2.1.5.2 Servicios para Hogares

Debido a la gran demanda que ha tenido el Internet en el Ecuador, se han desarrollado varias alternativas de conexión para el segmento hogares. La empresa Puntonet S.A. también cubre esas necesidades de conectividad que los usuarios puedan requerir.

2.1.5.2.1 Cartera de Productos

PUNTONET, brinda la oportunidad de acceder al mundo del Internet desde el hogar y poder disfrutar de todos los beneficios de estar conectado a la red.

Se ha diseñado varias alternativas de conexión, para que los usuarios accedan al servicio de Puntonet a la velocidad que requieran y al momento que lo necesiten a través de sus planes de Banda Ancha, Punto Home Inalámbrico o *Dial-up*.

Los productos Banda Ancha, Punto Home Inalámbrico que brindan son los siguientes:

- Punto home banda ancha.
- Planes punto home/banda ancha.
- *Dial up.*
- Planes *dial up.*

a) Punto Home - Banda Ancha

PuntoHome es la Banda Ancha para hogares. Puntonet provee este servicio a urbanizaciones, condominios y edificios donde la infraestructura de otros proveedores no llega, permitiéndoles lograr una mayor cobertura en lugares donde no existe disponibilidad de acceso a Internet.

La tabla 2.1 ilustra los costos de planes home que Puntonet ofrece a sus clientes, como última milla. El costo de instalación por única vez es de $50 (sin IVA).

PLAN	VALOR (USD)
128/64 kbps	$ 24,90’
256/128 kbps	$ 29,90’
512/256 kbps	$ 39,90’
1024/512 kbps	$ 89,90’

Tabla 2.1. Valores de Planes Punto Home[*]

Precio no incluye IVA

La tabla 2.2 muestra los costos que brinda Puntonet de última milla a través de Andinadatos. El costo de instalación por única vez es de $50 (sin IVA).

PUNTONET trabaja en hogares con un nivel de compartición de 6:1.

[*] Tabla basada en la fuente: www.puntonet.ec

Última milla **ANDINADATOS:**

VELOCIDADES (Kbps)	INSTALACIÓN (USD)	PENSIÓN BÁSICA (USD)
100/75	$ 50.00	$ 22.90’
220/100	$ 50.00	$ 26.90’
300/150	$ 50.00	$ 33.90’
550/150	$ 50.00	$ 42.90’
700/150	$ 50.00	$ 54.90’
1100/300	$ 50.00	$ 74.90’
1600/300	$ 50.00	$ 109.9’

Tabla 2.2. Valores de última milla que brinda Andinadatos[*]

Precio no incluye IVA

b) Dial-up

Figura 2.6.Conexión Dial up[*].

Este producto está diseñado para aquellas personas que no demandan conectividad permanente al Internet, por lo que Puntonet cuenta con diferentes tipos de planes

[*] Tabla basada en la fuente: www.puntonet.ec

[*] Figura basada en la fuente: www.ratesdirect.co.za/toolfaq/admin/attachments/dial-up-connection.jpg

diseñados que van desde los 10 dólares mensuales y varían de acuerdo al tiempo de navegación que el cliente requiera utilizar.

La figura 2.6 muestra una conexión dial up, la cual se la realiza a través de las líneas telefónicas.

Puntonet ofrece una variedad de planes para la elección del cliente, los cuales se presentan a continuación:

Plan	Tiempo	Valor
Control Premium 16	16 horas al mes	USD 10.00 mensuales*
Control Premium 25	25 horas al mes	USD 15.00 mensuales*
Control Premium 3	Tiempo ilimitado por 3 meses	USD 45.00 trimestrales*
Control Premium 6	Tiempo ilimitado por 6 meses	USD 87.00 semestrales*
Control Premium 12	Tiempo ilimitado por 12 meses	USD 168.00 anuales*
Ideal Premium	15 horas al mes	USD 8.00 mensuales*
Generación Premium 3	Horario ilimitado de 15h00 a 21h00 y fines de semanas gratis	USD 10.00 mensuales*
Estudiantil Premium	Horario ilimitado de 19h00 a 07h00 y fines de semanas gratis	USD 10.00 mensuales*
Ilimitado Premium	Tiempo ilimitado	USD 16.00 mensuales*

Tabla 2.3. Planes dial up.[*]

Las ventajas que ofrece este producto son:

- Productos que se ajustan a la necesidad del cliente.
- Instalación inmediata.

[*] Tabla basada en la fuente: www.puntonet.ec

- Soporte técnico a través de su Call Center.
- Cero costos de instalación.

Este servicio lo brindan utilizando la línea telefónica conmutada normal del cliente, con velocidades hasta 56 kbps. La tabla 2.3 muestra los costos que Puntonet ofrece en sus planes dial-up.

2.1.7 CRECIMIENTO

PUNTONET inició sus operaciones en el año 2000 con servicios Dial Up. En el año 2005 obtuvieron los permisos de Carrier e implementaron sus nodos Inalámbricos. Hoy cuenta con 3000 clientes Corporativos y 4000 cuentas Home. El 80% de sus clientes corporativos utilizan infraestructura Inalámbrica como medio de transmisión.

2.1.8 PLATAFORMA

Puntonet cuenta con una plataforma tecnológica propia que le permite garantizar la calidad en los servicios ofertados al igual que con el respaldo legal necesario para ofrecer a sus clientes seguridad jurídica en la prestación de servicios.

Su meta es llegar a ser Aliados Tecnológicos de sus clientes, es decir no conformarse con la entrega de un servicio sino compartir sus conocimientos con sus clientes. Integrando en su página web información y manuales acerca de sus equipos y configuraciones de los mismos, además de integrar noticias tecnológicas en la misma.

Es así que Puntonet se ha extendido a casi todas las provincias del Ecuador llegando hasta las islas Galápagos, haciendo uso de las diferentes tecnologías, como enlaces de radio, fibra (dentro de las islas en Galápagos), cobre, microonda e incluso tecnología satelital.

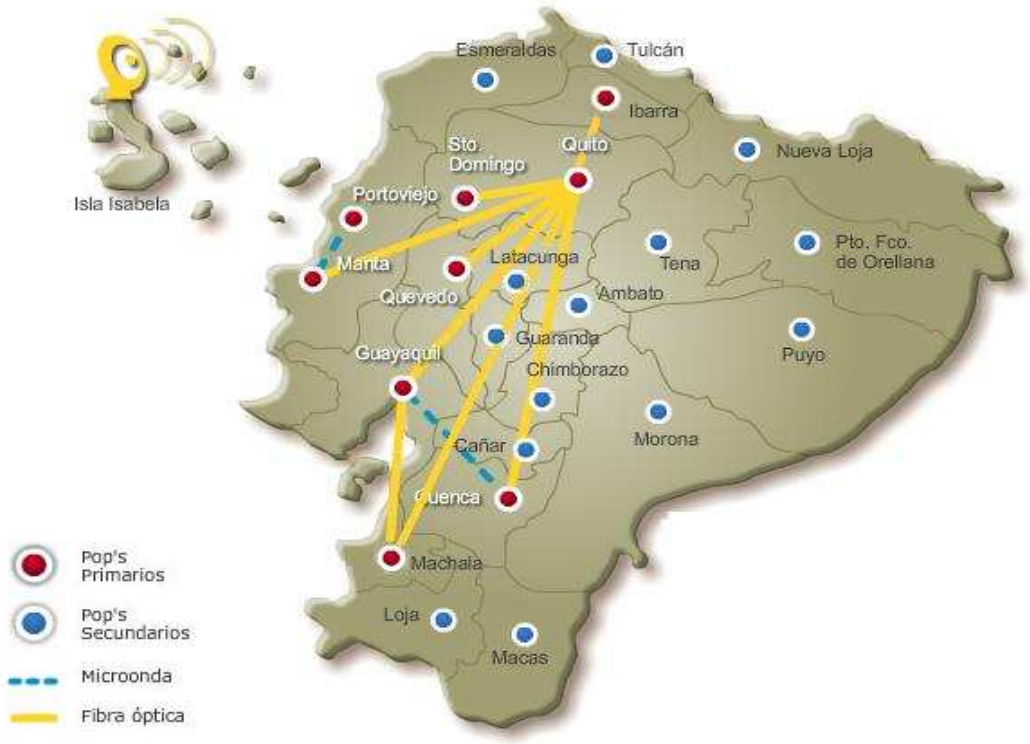


Figura 2.7. Cobertura a nivel nacional de Puntonet S.A..[*]

2.1.8.1 Cobertura

Puntonet a nivel nacional cubre la mayor parte de la región Costa y Sierra a través de enlaces de radio, microondas y redes físicas, mientras que en la región Amazonica e insular llega a través de enlaces satelitales, como se muestra en la figura 2.7.

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

La tabla 2.4, presenta la cobertura de Puntonet por provincias y cuidades.

PROVINCIA	COBERTURA
Azuay	Cuenca
El Oro	Machala
Esmeraldas	La Concordia
Guayas	Guayaquil, Durán, Daule, Milagro.
Imbabura	Ibarra, Atuntaqui, Otavalo, San Pablo del Lago, Cotacachi.
Loja	Loja
Los Ríos	Quevedo, Babahoyo
Manabí	Portoviejo, Manta
Pichincha	Distrito Metropolitano de Quito, Tumbaco, Cumbayá, Los Chillos, Tabacundo, Cayambe, Puembo, Yaruquí.
Santo Domingo de los Tsachilas	Santo Domingo de los Colorados.

Tabla 2.4. Cobertura a nivel nacional[*]

2.1.9 SERVICIO / OPERACIÓN

El monitoreo, administración y control de tráfico, Puntonet lo realiza utilizando el software MRTG (*Multi Route Traffic Grapher – Graficador de tráfico en múltiples enlaces*). Este software utiliza un acceso seguro (nombre de usuario y contraseña) se puede acceder al tráfico, uso y rendimiento del canal que el cliente posea.

[*] Tabla basada en la fuente: www.puntonet.ec

A continuación se presenta un ejemplo, de la forma cómo este software presenta el tráfico en un enlace:

Tipo de Enlace / AB: 2048/2048
Router: xxx.xxx.xxx.xx
Fecha: Día, Mes, Año - Hora

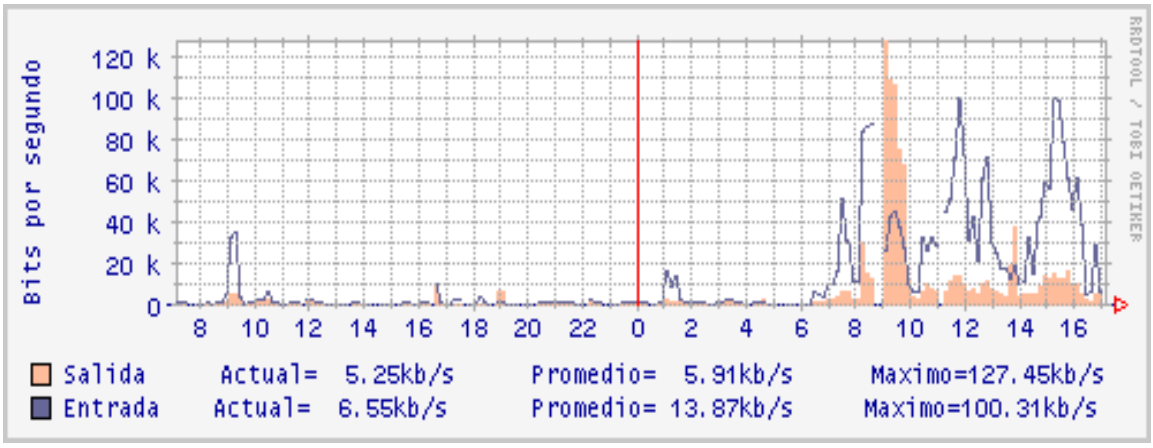


Figura 2.8.Tráfico Diario (Promedio de 5 minutos)[*]

En la figura 2.8, se muestra como el software MRTG grafica el tráfico de salida y de entrada versus el tiempo.

En el caso específico de la figura 2.8, se tiene que el tráfico entrante, se refiere al tráfico de subida cuando el cliente sube archivos, datos, etc., tienen los valores de tráfico máximo de 100.31 kbps, mientras que el tráfico promedio es de 13.87 kbps. De igual manera el tráfico de salida, es decir el tráfico de bajada que el cliente

[*] Figura obtenida de MRTG (*The Multi Route Traffic Grapher*)

genera al copiarse u obtener información ya sea de Internet o de sus bases de datos, etc., se tiene un valor de tráfico máximo (127.45kbps) y del promedio (5.91 kbps). En ambos casos se tiene el valor del tráfico actual o del se se está generando en el momento de la lectura del MRTG.

Con este software Puntonet ofrece:

- Un servicio las 24 horas al día, 7 días a la semana los 365 días del año.
- Entrega una forma de escalamiento de red a nivel nacional, es decir que si el cliente tiene sucursales en otras provincias del país, Puntonet le dará servicio también en esas sucursales.
- Asignar un ejecutivo técnico para la administración de la cuenta.
- Un Uptime (tiempo de actividad) anual del 99.85%, que es el tiempo o disponibilidad en que este software ha estado funcionando sin interrupciones.

La empresa Puntonet entregará al cliente un reporte de calidad de servicio prestado por cada sucursal con las que cuenten sus clientes, en el cual constará lo siguiente:

- Ancho de Banda del enlace.
- Disponibilidad mensual y acumulada por cada punto.

A continuación se tienen algunas de las firmas de clientes con las que Puntonet trabaja:

- Universidad Tecnológica América.
- Universidad del Azuay.
- Universidad Dos Hemisferios.
- Universidad OG Mandino.
- Global Crossing.
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones C.N.T.
- TVentas.
- Paco.
- Motransa.
- Empresa Eléctrica Norte.

2.2 ESTRUCTURA DE LA RED DE LA EMPRESA PUNTONET

2.2.1 INTRODUCCIÓN

En esta parte del capítulo se presenta y analiza la información general de la red actual de telecomunicaciones de Puntonet S.A. y sus nodos en la provincia de Pichincha.

Se determina los requerimientos necesarios para la migración de la red basada en la tecnología Metro Ethernet que utiliza la empresa Puntonet actualmente a la tecnología MPLS (*Multi-Protocol Level Switching*).

Se analiza los servicios que brinda la empresa Puntonet S.A. así como también el estado actual de la red para determinar de una mejor manera el diseño de la nueva infraestructura de la red MPLS, en la ciudad de Quito.

2.2.2 BACKBONE DE PUNTONET

El backbone de Puntonet S.A. cuenta con salidas a Internet basadas en redes de fibra óptica sobre tecnología SDH con una capacidad de transmisión de un STM4 (622 Mbps) cada uno.

Su plataforma de salida Internacional cuenta con un circuito de conexión por medio de fibra óptica monomodo de 48 hilos hacia su operador de cabecera del cable submarino de fibras ópticas Arcos 1 y una conexión de fibra óptica en Tolú (Colombia).

En la figura 2.9 se indica los principales enlaces que tiene Puntonet S.A. a nivel nacional.

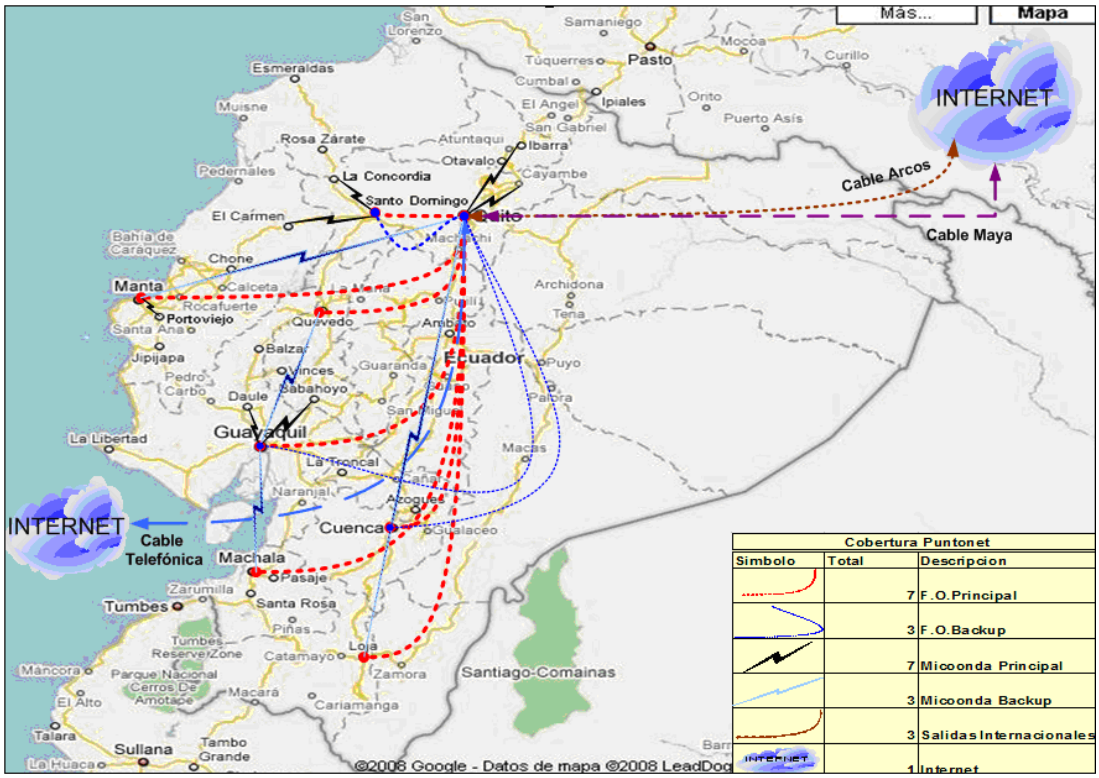


Figura 2.9. Principales enlaces de Puntonet S.A.[*]

Adicionalmente y de forma paralela Puntonet utiliza una segunda conexión de salida internacional, la cual hace uso de la red de TELECOM en Colombia y de ahí los servicios de Cabecera de los Cable Arcos y Maya, paralelamente cuentan con salida hacia el sur permitiendo así la conexión hacia su operador del cable submarino de fibra óptica SAC (Perú).

La figura 2.9 describe los principales enlaces y conexiones que Puntonet S.A. maneja a nivel nacional, con los distintos medios de transmisión con que ésta trabaja; y sus salidas internacionales.

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet y www.google.maps.ec

PUNTONET mantiene una red de última milla inalámbrica montada en cada uno de los POPs mencionados anteriormente, la red de Transporte cuenta con equipos en banda licenciada, mientras que la red de acceso opera en la banda de 5.2 a 5.8Ghz, configurados en equipos Airspan Micromax y Airspan WiplI (marcas de equipos utilizados mayormente en los enlaces de radio que Puntonet S.A. ofrece a sus clientes de la red de acceso).

Puntonet utiliza diferentes modelos de equipos de las siguientes marcas, para los distintos servicios que brinda, estos equipos se encuentran en su mayoría en el cuarto de equipos que funciona en su Matriz y en los principales nodos que tiene esta empresa:

- **Equipamiento Cisco (AS-5300, 7206 Acceso ATM, 3640).**

  Cisco AS-5300, pertenece a la familia de los servidores de acceso universal. El AS5300 sube el rendimiento de alto tráfico, proporcionando la capacidad de terminar con el RDSI, al Módem analógico, fax y llamadas de VoIP en la misma interfaz.

  El servidor de Cisco AS5300 está diseñado para operadores de telecomunicaciones y otros proveedores de servicios, así como las grandes empresas que requieren conectividad de alta densidad constante de los abonados a distancia para conectarse a Internet e intranets corporativas.

  Además, el AS5300 es un servidor de acceso telefónico, servidor de acceso remoto y voz sobre IP (VoIP). [24]

Cisco 7206 Acceso ATM, es un router convencional, ofrece configuraciones flexibles y modulares de arquitectura superior y distribuida. Ofrece un alto rendimiento, garantiza la prioridad de entrega de paquetes, proporciona las herramientas necesarias para los prestadores de servicios, para acelerar la velocidad de su servicio. Trabaja con los estándares IEEE 802.3 CSMA/CD o Ethernet IEEE 802.3u. Utiliza el protocolo ATM, y las interfaces 10 Base-T y 100 Base TX. [24]

Cisco 3640, es un servidor de la familia Cisco 3600 que es la primera plataforma para múltiples funciones con la versatilidad de apoyar las aplicaciones empresariales híbridas de acceso telefónico, LAN a LAN o enrutamiento, y múltiples aplicaciones en una sola plataforma.

El router Cisco 3640 cuenta con cuatro *slots* para módulos de red. Con más de 70 módulos de red e interfaces, la arquitectura modular del router Cisco permite administrar fácilmente el crecimiento de la red. El Cisco 3640 es escalable, seguro y administrado por acceso remoto; cumple con los requerimientos FIPS 140-1 de capa 2. [24]

- **Accesos de Fibra Óptica (Tp-Link, Loop TELECOM).**

Tp-Link, Puntonet S.A. utiliza el modelo MC111CS, que es un convertidor multimedia diseñado para convertir fibra 100BASE-FX a cable 100Base-TX o viceversa.

Con la tecnología WDM, el MC111CS solamente necesita un cable de fibra óptica para transmitir y recibir datos, lo que le ahorra la mitad del coste del cableado.

Diseñado conforme a las normas IEEE 802.3u 10/100Base-TX y 100Base-FX, el MC111CS se utiliza con fibra óptica monomodo aumentando la distancia de la fibra hasta 20 kilómetros y el conector es SC.

El MC111CS soporta láser de onda corta (SX) a una tasa de transferencia de velocidad completa de cable. Funciona a 1550nm transmitiendo datos y a 1310nm recibiendo datos. Por tanto, el aparato conectado al MC111CS debe funcionar a 1310nm transfiriendo datos y a 1550nm recibiendo datos.

Otras características de este módulo son: la posibilidad de uso como dispositivo independiente (sin necesidad de bastidor o con el bastidor del sistema de 19” de TP-LINK’s), auto-negociación de modo duplex en el puerto TX, y LEDs de estado en el panel frontal. [24]

Loop TELECOM, Puntonet maneja el modelo Loop-O9500 SDH / SONET IMAP (Plataforma de Acceso de Multi-Servicios Integrados) que es un multiplexor de acceso diseñado para proporcionar acceso integrado STM-1/4 en líneas ópticas, ya sea a través de un modo no-bloqueo VC11 / VC12 / VC3 / VC4 de conexión cruzada con los módulos HS (alta velocidad) o a través de un no-bloqueo DS0 de conexión cruzada con los módulos LS (baja velocidad).

El equipo cuenta con:

- 4 ranuras SA para módulos.
- 6 ranuras LS para módulos.

Con un máximo de interfaces para líneas ópticas de 10 STM-1 (OC-3) o 5 STM-4 (OC-12) o 10 interfaces para líneas eléctricas STM-1 (OC-3), el Loop-

O9500 SDH / SONET IMAP ofrece a los proveedores de servicios un régimen de protección versátil incluyendo SNCP (UPS, *Uninterruptible Power Supply*) y protección MSP (Protector de Motor de Sobretensión), (1 +1) tanto para la topología de red en anillo como para la topología lineal.

- **Sistemas Wi-Fi ASNET 900 (Terminales D-link, Tp-link). [24]**

Terminal D-Link, Puntonet S.A. para sus clientes utiliza el modelo D-Link DWL-2100AP que es un Access Point Inalámbrico potenciado, perteneciente a la línea AirPlus XtremeG de D-Link, que responde al estándar 802.11g, operando a una velocidad de 108Mbps.

El DWL-2100AP inter-opera en forma transparente con cualquier producto D-Link Air, D-Link AirPlus, D-Link AirPlus G+ y D-Link Airpremier AG o con cualquier producto de otros vendedores, bajo el estándar 802.11b y por supuesto con el estándar 802.11g.

El Access Point AirPlus XtremeG DWL-2100AP incorpora mecanismos adicionales de seguridad, tales como Wi-Fi Protected Access (WPA) y 802.1x, que en conjunto con un servidor Radius proporcionan un mayor nivel de Seguridad.

Terminal Tp-link, este terminal es un router inalámbrico, el cual trabaja a 54Mbps en la frecuencia 2.4GHz, está diseñado para uso en redes inalámbricas para trabajar en oficinas o casas.

[24] www.cisco.com/en/US/products/hw/univgate/ps501/products_datasheet09186a0080091ef2.html [24]

Cumple con las normas IEEE 802.11g e IEEE802.11b. También cuenta con cortafuegos que incluye filtrado de direcciones IP, filtrado de direcciones MAC y filtrado de Nombre de Dominio, permitiéndole que administre con facilidad el acceso a Internet de otros usuarios.

Puede configurarse de forma que deshabilite la opción de emisión de una identidad de la red inalámbrica (SSID, *Service Set IDentifier*) de forma que solamente las estaciones que tengan la SSID puedan conectarse. Este Router proporciona seguridad por encriptación de LAN inalámbrica WEP 64/128/152-bit y autenticación WPA/WPA2 y WPA-PSK/WPA2-PSK, así como seguridad por encriptación TKIP/AES. También soporta transferencia VPN para una transmisión segura de datos confidenciales.

- **Redes XDSL (Tecnologías Cisco 827/828, Aethra, Zhone, Tp-Link, D-Link). [25]**

Tecnologías Cisco 827/828, son routers Cisco IOS basados en los miembros de la familia de routers Cisco 800 con ATM / soporte ADSL. Dependiendo del conjunto de características, los routers envían datos, voz y vídeo a través de líneas ADSL de alta velocidad para conectarse a Internet o intranets corporativas.

Aethra, es un módem, existen cuatro posibilidades: interno, externo, portátil (modelo de bolsillo que se conecta al puerto serie de los portátiles) y PCMCIA (del tamaño de una tarjeta de crédito).

[25] www.cisco.com/en/US/products/hw/univgate/ps501/products_datasheet09186a0080091ef2.html [24]

Puntonet S.A. utiliza el Modem Aethra modelo NT-IP TPG 2033 ISDN *Network Termination,* es un modem externo ISDN marca AETHRA TPQ 2033. Con una fuente original 220v, 2 puertos RJ11, 2 puertos RJ45 y 1 puerto serie RS232.

RDSI (ISDN) es una solución compuesta por una línea digital que entrega dos líneas de 64 Kbps para transmisión de voz, datos y video, permitiendo comunicaciones simultáneas con sólo una línea física. NT-IP proporciona el servicio completo RDSI. La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) ofrece digitalización completa de la línea extremo a extremo. Esto permite la integración de múltiples servicios tanto de voz como de datos. Al tiempo que permite 2 comunicaciones simultáneas con tres números telefónicos, el cliente podrá conectar aparatos telefónicos, fax, computadores, módem, routers y equipos de videoconferencia, estableciendo dos comunicaciones simultáneas.

Mediante el servicio RDSI, el usuario dispone de 2 canales de 64Kbps (canales B) y de un canal (D) de 16 Kbps para señalización, para activar servicios suplementarios. El bus S0 incluye dos puertos analógicos y un puerto de datos RS-232. NT-IP también ofrece P&P para Windows® 95 y 98, 2000, Xp, NT4, Linux y Macintosh®. Adicionalmente ofrece On/Dynamic ISDN (AO-DI), junto con servicios dial-out. Cumple con todos los estándares actuales de ETSI y de ITU.

Zhone, en Puntonet utilizan el módem ADSL2 de un solo puerto 6211-I4-xxx.

El ADSL2 pertenece a la familia de terminales 6200 ofrecen el rendimiento necesario para las aplicaciones multimedia. Se utilizan con éxito en zonas residenciales, de negocios, vivienda temporal, instalaciones para el acceso a Internet de alta velocidad (ADSL a Internet) y vídeo.

Los terminales Zhone 6200 ADSL2 son fácilmente instalados por el usuario. La interfaz de usuario integrada basada en web se ha diseñado para

simplificar el despliegue de ADSL. Todos los productos ofrecen una conexión Ethernet de auto-detección, eliminando la preocupación sobre el tipo de conexión por cable.

El módem, cuando funciona en modo router, realiza soporte de DHCP / Relé / Cliente, NAPT, así como RIP, realiza enrutamiento dinámico, reenvío de puertos, y enrutamiento estático.

- **Plataforma Satelital en Bloques de Conexión Independiente, banda Ku, Terminales y Bucs Nera, Antenas de 1.2 - 2.4 y 3.7 metros. [26]**

  La empresa Puntonet S.A. utiliza para sus enlaces satelitales equipos Nera SatLink 1000.

  El **Nera SatLink** 1000 es una unidad compatible con DVB-RCS interior (IDU, *InDoor Unit*) diseñado para conectar un solo usuario o una red local del usuario final a una red por satélite DVB-RCS. El diseño es compacto, portátil, por lo que es muy adecuado para escritorio. El Nera SatLink 1000 contiene los módems DVB-S/DVB-RCS, un estándar de la industria IP e interfaz Ethernet. El SatLink Nera 1000 puede ser configurado con una gama de antenas diferentes y al aire libre (Odus).

  Principales características del Nera SatLink 1000:
  Hasta 4 Mbps de rendimiento IP.
  Velocidades de conexión de 128 Kbps a 2 Mbps.
  Compatible con DVB-RCS, soporta ATM y las opciones de MPEG en el enlace de retorno, soporta Turbo codificación FEC en el enlace de retorno.
  Soporte *multicast*, habilitación de *multicast* en la transmisión para la LAN con IGMP. Soporte para el enrutamiento *multicast* LAN en el enlace de retorno

[26] Telcom2006.fing.edu.uy/trabajos/mvdtelcom-009.pdf [23]

Puede ser administrado desde el Hub o a través de red local LAN. Interfaz web Telnet SNMP (opcional).

Fácil de actualizar, el usuario puede administrarlo a través de FTTP, Desde el Hub a través de FTTP o Multicast.

2.2.3 BACKBONE DE PUNTONET EN LA REGIÓN SIERRA

Puntonet cuenta con infraestructuras de red en las diferentes regiones de nuestro país, pero para el desarrollo del presente proyecto se analiza exclusivamente su backbone en la región Sierra.

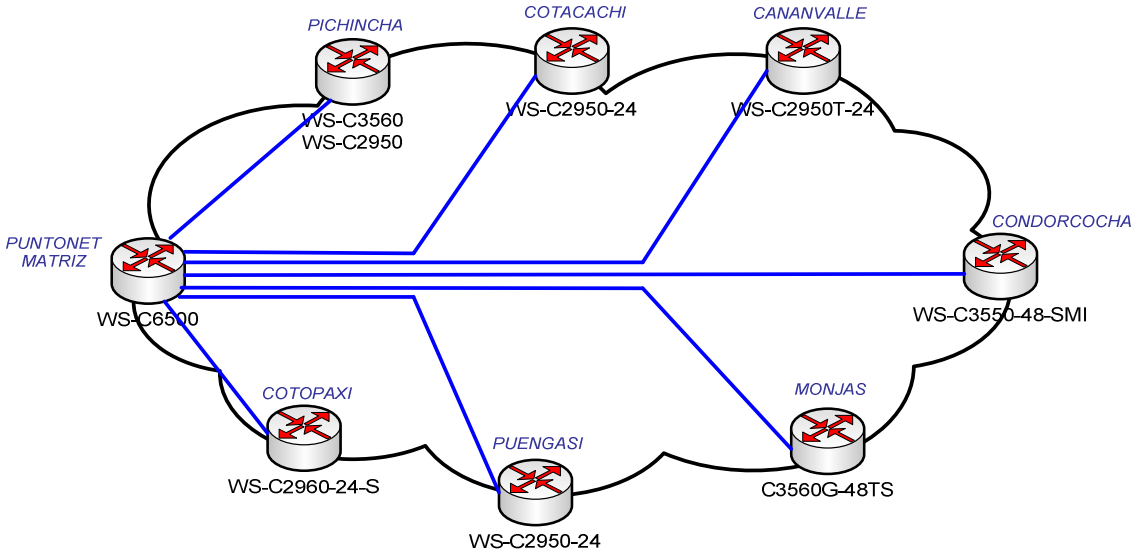


Figura 2.10. Backbone actual de Puntonet en la región Sierra.[*]

En la figura 2.10 se muestra un esquema de conexión a nivel de backbone en la región Sierra, comprendiendo los nodos ubicados en Pichincha, Cotacachi,

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

Cananvalle, Condorcocha, Cotopaxi, Puengasi, Monjas y el nodo principal en la matriz ubicado en la ciudad de Quito.

En la tabla 2.5, se enlistan los ruteadores y switches que se encuentran en cada uno de los nodos de Puntonet. A continuación se detallan las características de cada uno de los equipos:

NODO	EQUIPOS
Puntonet Matriz	WS-C3550-48-SMI
Pichincha	WS- C3560
Monjas	WS-C3560G-48TS
Puengasi	WS-C2950-24
Condorcocha	WS-C3550-48-SMI
Cotopaxi	WS-C2960-24-S
Cananvalle	WS-C2950-T-24
Cotacachi	WS-C2950-24

Tabla 2.5. Equipos que operan en los nodos[*]

Switches de la Serie Cisco Catalyst 3550, son equipos de la línea empresarial, pueden ser apilables en racks, son de múltiples capas que proporcionan una alta disponibilidad, seguridad y calidad de servicio (QoS) para mejorar el funcionamiento de la red. Con un alcance para configuraciones Fast Ethernet y Gigabit Ethernet. El Cisco Catalyst de la serie 3550 puede servir tanto como un switch de capa de acceso de gran alcance para el cableado de mediana empresa, como un switch de red

[*] Datos proporcionados por la empresa Puntonet S.A.

troncal para redes de tamaño medio. Los clientes pueden desplegar toda la red de servicios inteligentes, como QoS avanzada, velocidad, seguridad de Cisco, listas de control de acceso (ACL), gestión de multidifusión, y de alto rendimiento IP, mientras que mantiene la simplicidad de la conmutación LAN tradicional. Cisco Network Assistant ofrece administración centralizada y la configuración del Catalyst 3550 simplifica el despliegue y el mantenimiento permanente mediante el uso de la tecnología Cisco Smartports. Cisco Network Assistant es una aplicación de gestión de red basada en PC optimizada para redes de pequeñas y medianas empresas (PYMES) con hasta 250 usuarios. A través de una GUI fácil de usar, los usuarios pueden solicitar los servicios comunes como la configuración de gestión, informes de inventario, sincronización de contraseñas; proporciona también QoS.

Switches de la Serie Cisco Catalyst 3560, son equipos de la línea de configuración fija, switches de clase empresarial que cumplen el estándar IEEE 802.3af y la norma Cisco de Energía sobre Ethernet (PoE) en las configuraciones Fast Ethernet y Gigabit Ethernet. El Cisco Catalyst 3560 es un switch ideal para la capa de acceso LAN de las empresas pequeñas o de entornos sucursales, que incluye tanto 10/100/1000 PoE. Facilita el despliegue de nuevas aplicaciones como la telefonía IP de acceso inalámbrica, de vídeo vigilancia, sistemas de gestión de edificios, y de vídeo remoto. Los clientes pueden instalar toda la red inteligente de servicios avanzados tales como calidad de servicio (QoS), limitación de velocidad, el ingreso a listas de control de acceso (ACL), la gestión de multidifusión, y el enrutamiento de alto rendimiento, mientras que mantiene la simplicidad de la conmutación LAN tradicional.

Switches de la Serie Cisco Catalyst 2950, estos equipos son independientes, de configuración fija, gestionan puertos 10/100, proporcionan conectividad a los usuarios para redes pequeñas o medianas. Estos switches ofrecen la funcionalidad

de la base de datos básicos de Cisco IOS ® para video y voz en el borde de la red. Se tienen los siguientes equipos de esta serie con servicios básicos:

- Switch Catalyst 2950-24 de 24 puertos 10/100.
- Switch Catalyst 2950-12 de12 puertos 10/100.

Tienen una disponibilidad de la red dependiendo del rendimiento de la velocidad del cable de conexión en estaciones finales de la LAN. Tienen una conmutación de 8,8 Gigabits por segundo (Gbps) y una velocidad de máximo de 4,8 Gbps de reenvío, estos switches Catalyst 2950 ofrecen un desempeño en la velocidad de cable en todos los puertos, para conectar estaciones finales y usuarios corporativos a la LAN.

Los switches Cisco Catalyst de la serie 2950 ofrecen una mayor seguridad de los datos a través de una amplia gama de características de seguridad.

Estas características permiten a los clientes proteger el tráfico de gestión de red mediante el cifrado de contraseñas y la configuración de información; opciones que garantizan la seguridad de red de usuarios basados en puertos y / o direcciones MAC, y restringen el acceso a las zonas sensibles de la red.

Switches de la Serie Cisco Catalyst 2960, son switches independientes de configuración fija que ofrecen conectividad Fast Ethernet y Gigabit con servicios LAN para medianas y grandes redes de sucursales. La serie de Cisco Catalyst 2960 Ethernet inteligente ofrece dos categorías:

- Serie Cisco Catalyst 2960 con software LAN Base.
- Serie Cisco Catalyst 2960 con LAN Lite.

Los Switches de la Serie Cisco Catalyst 2960 LAN Base entregan servicios inteligentes de software para uso comercial y armarios de cableado de empresas medianas y sucursales.

El software IOS (Sistema Operativo) soporta la función integrada de seguridad LAN Base, incluyendo Network Admission Control (NAC), calidad de servicio avanzada (QoS), disponibilidad y administración escalable para permitir nuevas aplicaciones convergentes.

Los beneficios son:

Conectividad: Conectividad Fast Ethernet y Gigabit Ethernet en configuraciones de 8, 24, y 48 puertos.

Power over Ethernet (PoE): configuraciones de 48 puertos PoE, 24 puertos PoE completos y 24 puertos (PoE compatible con 8 puertos).

Servicios avanzados: conmutación de Capa 2 con funciones inteligentes, servicios de las capas 2 a 4 para la red de borde, tales como voz, video y LAN inalámbrica.

2.2.4 ESTRUCTURA DE LA RED DE PUNTONET EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA

La figura 2.11 muestra la estructura interna y externa de la red de Puntonet en la provincia de Pichincha y cómo se enlaza a las demás provincias del Ecuador. A continuación se explica esta estructura:

Puntonet tiene salida al mundo del Internet a través del proveedor local Transnexa en las respectivas ciudades del Ecuador haciendo uso de diversos medios de transmisión entre ellos utiliza fibra óptica, microondas y enlaces de radio.

Su backbone y redes internas están enlazados por medios guiados y no guiados. Entre los medios guiados que utiliza se encuentran el cable de cobre y la fibra óptica.

Algunos de sus clientes todavía prefieren el cobre, en su mayoría para transmisión de datos. Por esta razón Puntonet utiliza todavía enlaces de cable de cobre, llegando directamente con enlaces punto a punto hacia estos clientes, es decir tiene una red de acceso exclusiva para estos clientes.

En cuanto a la fibra óptica, Puntonet cuenta con enlaces de red de transporte como backbone y red de acceso para llegar a sus clientes. Para estos enlaces utiliza fibra óptica monomodo y como dispositivos emisores diodos láser y diodos detectores APD.

Hoy en día están instalando la tecnología de fibra **GPON (***Gigabit-capable Passive Optical Network)***.** Este estándar surge para satisfacer nuevas exigencias a la red (se explica más adelante, en la sección 2.2.4.2.2).

Puntonet también cuenta con infraestructura en enlaces de radio y microondas, con los que llega hacia lugares inaccesibles para las redes físicas o simplemente por la distancia que cubren o la facilidad que brindan éstos en la instalación para así poder utilizarlos en la transmisión y recepción ya sea de Internet o de datos.

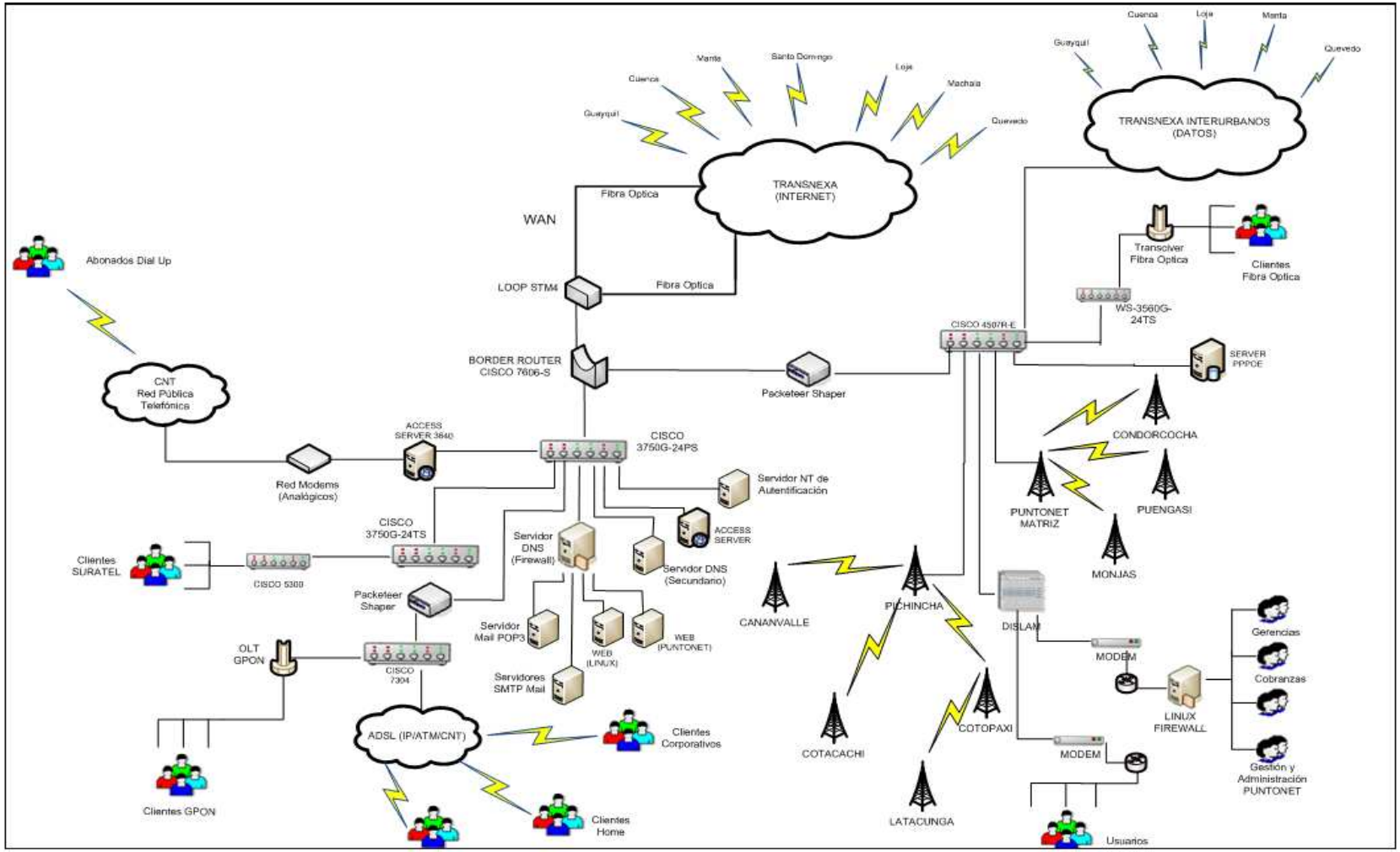


Figura 2.11 Estructura de la conexión de la red de Puntonet Matriz[*]

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

Estos enlaces de radio no sólo se los utiliza en el backbone de la red sino también llegan a sus clientes, utilizando equipos de la marca Airspan como Wimax y Wipll (marcas de equipos utilizados mayormente en los enlaces de radio que Puntonet S.A. ofrece a sus clientes de la red de acceso).

Puntonet brinda el servicio de Web Hosting y correo que están tras el Firewall (Linux / IP tables) y tienen su salida por el Cisco 7200.

El servicio de dial up se realiza vía telefónica, el usuario hace las marcaciones mediante el MODEM de su PC utilizando los protocolos PPP y TCI/IP.

Puntonet cuenta con dos canales analógicos y uno digital, con 240 líneas telefónicas habilitadas en total, una vez que el usuario hace la petición a la PBX se le asigna una IP pública mediante DHCP, pasa por un proceso de verificación de usuario y clave a través del equipo Cisco AS3540, que le permite la salida al Internet, dicho equipo trabaja con un servidor Windows NT de validación.

Los enlaces de Radio que utiliza Puntonet, consiste de varios nodos en lugares estratégicos con una línea de vista despejada al igual que su primera zona de Fresnel, para cubrir las partes más alejadas de la región. Estos nodos cuentan con torres auto soportadas en los que se ubican equipos moduladores de frecuencias y antenas para la transmisión y recepción de datos e Internet.

La administración de ancho de banda se realiza mediante un *Packeter Shaper*, este equipo gestiona el ancho de banda según la velocidad a través una IP pública en los

enlaces dedicados, la gestión de ancho de banda en el segmento inalámbrico la hace la radio base.

En el diagrama de la figura 2.11 se explica la conectividad general de la red de

Puntonet, la ventaja de esta infraestructura es que todos los equipos servidores cuentan con fuentes redundantes de energía en caso de algún inconveniente, el proceso a seguir es el adecuado puesto que toda la red está estructurada de tal manera que no genere *broadcast* ni se inhiban los equipos, cada uno de ellos gestiona su proceso y lo libera en el caso de no ser requerido.

2.2.4.1 SALIDA AL INTERNET

La empresa Puntonet actualmente tiene salida al Internet a través del proveedor local Transnexa en las respectivas ciudades del Ecuador, para lo cual cuenta con un Contrato de Permisos de Prestación de Servicios de Valor Agregado, firmado el 13 de Mayo del 2005, entre las dos entidades.

Puntonet se enlaza a Transnexa en las diferentes ciudades haciendo uso de diversos medios de transmisión entre ellos utiliza fibra óptica, microondas y enlaces de radio.

En las ciudades de Quito y Guayaquil se utiliza fibra óptica, microondas en Cuenca y enlaces de radio en Machala, Milagro, Loja, Santo Domingo de los Tsachilas, Quevedo y Manabí, como lo muestra la figura 2.12.

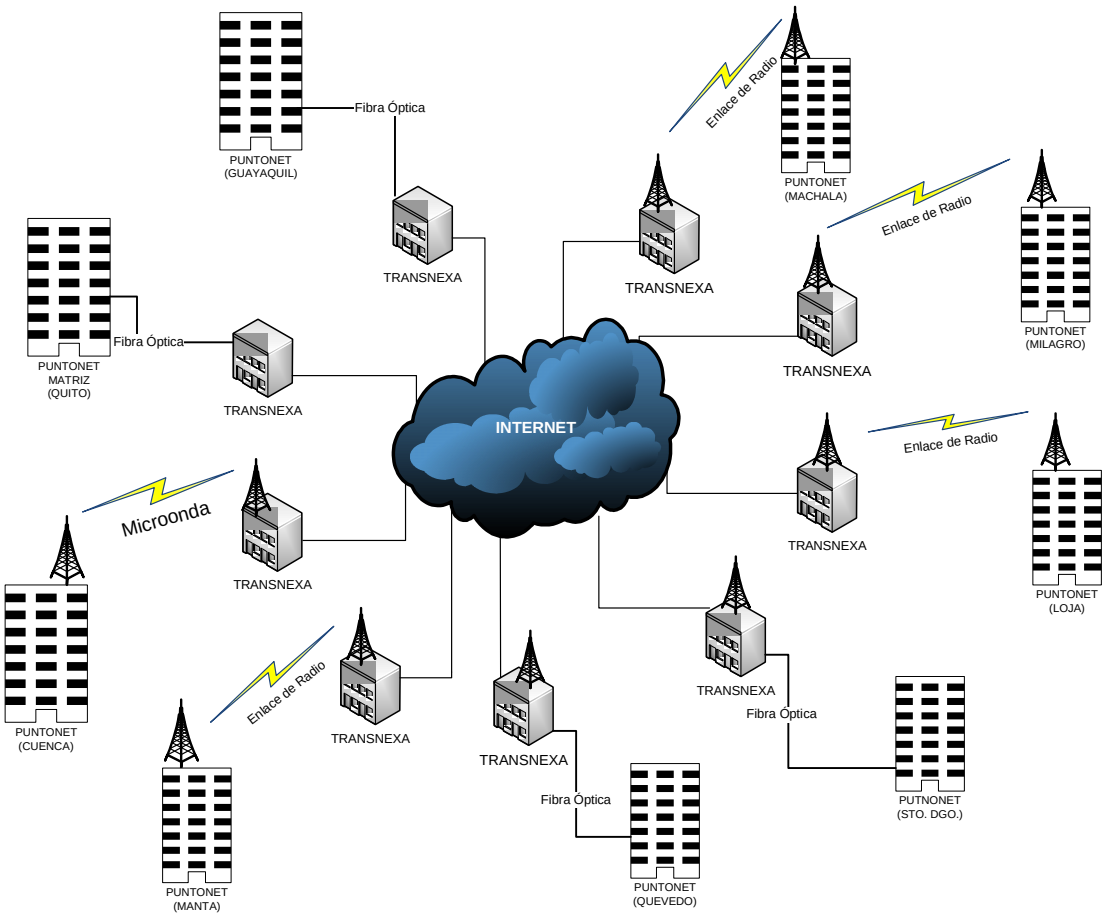


Figura 2.12. Salida de Puntonet al Internet.[*]

PUNTONET es miembro de AEPROVI (Asociación Ecuatoriana de Proveedores de Internet) y mantienen un intercambio de tráfico local en las ciudades de Quito y Guayaquil entre los ISPs que también forman parte de esta asociación, logrando una optimización en el tiempo de respuesta en todo tipo de tráfico local. Esta conexión es realizada vía BGP V4 (ruteo automático) desde el router de borde 7606-R de Puntonet.

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

2.2.4.1.1 Transnexa "El Carrier de Carriers Andino" [27]

TRANSNEXA es la empresa "carrier de carriers", con sede en Quito, creada a partir de la unión entre TRANSELECTRIC e INTERNEXA. Opera en forma exclusiva la red de fibra óptica tendida entre Ecuador y Colombia.

Figura 2.13. Red de Interconexión de Transnexa.[*]

Transnexa es una empresa enfocada al suministro de ancho de banda a operadores de telecomunicaciones. Presta servicios de transporte y conexión internacional para el tráfico de datos y voz.

TRANSNEXA se enfoca en dar conexión internacional al tráfico generado hacia y desde el Ecuador por empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones con capacidades de E1, DS3 y STM-1; y servicios de transporte internacional para el tráfico de datos IP, datos nIP (datos o número de identificación de las personas, utilizable para transacciones por Internet) y voz.

[27] www. Transnexa.com

[*] Fuente: www.transnexa.com

TRANSNEXA ha establecido los convenios necesarios, con los principales operadores de telecomunicaciones en Colombia y con los más importantes operadores de cables internacionales, para garantizar a sus clientes una conexión de alta confiabilidad con todo el mundo. Ver figura 2.13.

2.2.4.1.2 Funciones de Transnexa

- Configurar nuevos servicios o reconfigurar servicios en la red.
- Analizar y recopilar información diaria y en tiempo real de la operación y funcionamiento de la red.
- Calcular los índices de disponibilidad real de los servicios para informes a clientes y para el proceso de facturación.
- Enviar órdenes de reparación a los ingenieros de servicio, generando los tiquetes de falla y llevar el control de la gestión de dichos tiquetes.
- Analizar y avalar los reportes de entrega de red, entrega de servicio y reparación e intervención.
- Conocer el estado de la red y los servicios detectando si algún sistema está en falla o en proceso de degradación.
- En caso de presentarse una falla, identificarla, determinar si es falla de servicio o de red, evaluar la afectación del servicio.
- Reportar al cliente el estado de los servicios.
- Generar los procesos de intervención de red y atención de reclamos de clientes.

2.2.4.1.3 Servicios que brinda Transnexa

TRANSNEXA 4NET: TRANSPORTE Y CONEXIÓN IP. Es el servicio de transporte de información generada por los Proveedores de Servicios de Internet (ISP), en capacidades equivalentes de nxE1, nxDS3 y nxSTM-1. Es implementado a través de enlaces dedicados entre las instalaciones del cliente y el punto de presencia de la compañía en el Ecuador, continuando hasta el enrutador del operador IP de Transnexa en Colombia, el cual está conectado a los nodos de los principales proveedores de acceso a Internet en los Estados Unidos.

TRANSNEXA 2WORLD: SERVICIOS DE TRANSPORTE CLEAR-CHANNEL. Es el servicio portador para el transporte de información originada en el Ecuador y con destino al exterior, bajo la modalidad clear channel en capacidades de nxE1, nxE3, nxDS3 y nxSTM-1.

Si bien las conexiones de Puntonet hacia el mundo del Internet se las hace a través de Transnexa, éste a su vez se conecta con el NAP de las Américas de Estados Unidos (ver sección 2.2.4.2).

Puntonet en Quito se conecta a Transnexa utilizando fibra óptica con una velocidad de 125 E1s, al igual que en Guayaquil donde se conecta a una velocidad de 44 E1s. En Cuenca para la conexión a Transnexa se utiliza un enlace de Microondas a 23GHz con una velocidad de 33 E1s.

Para Santo Domingo de los Tsachilas, Quevedo, Manta, Machala, Milagro y Loja utiliza enlaces de Radio Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha con velocidades de 15 E1s, 8 E1s, 18 E1s, 9 E1s, 6 E1s y 7 E1s, respectivamente. Estas conexiones las muestran las figuras 2.14.a y 2.14.b.

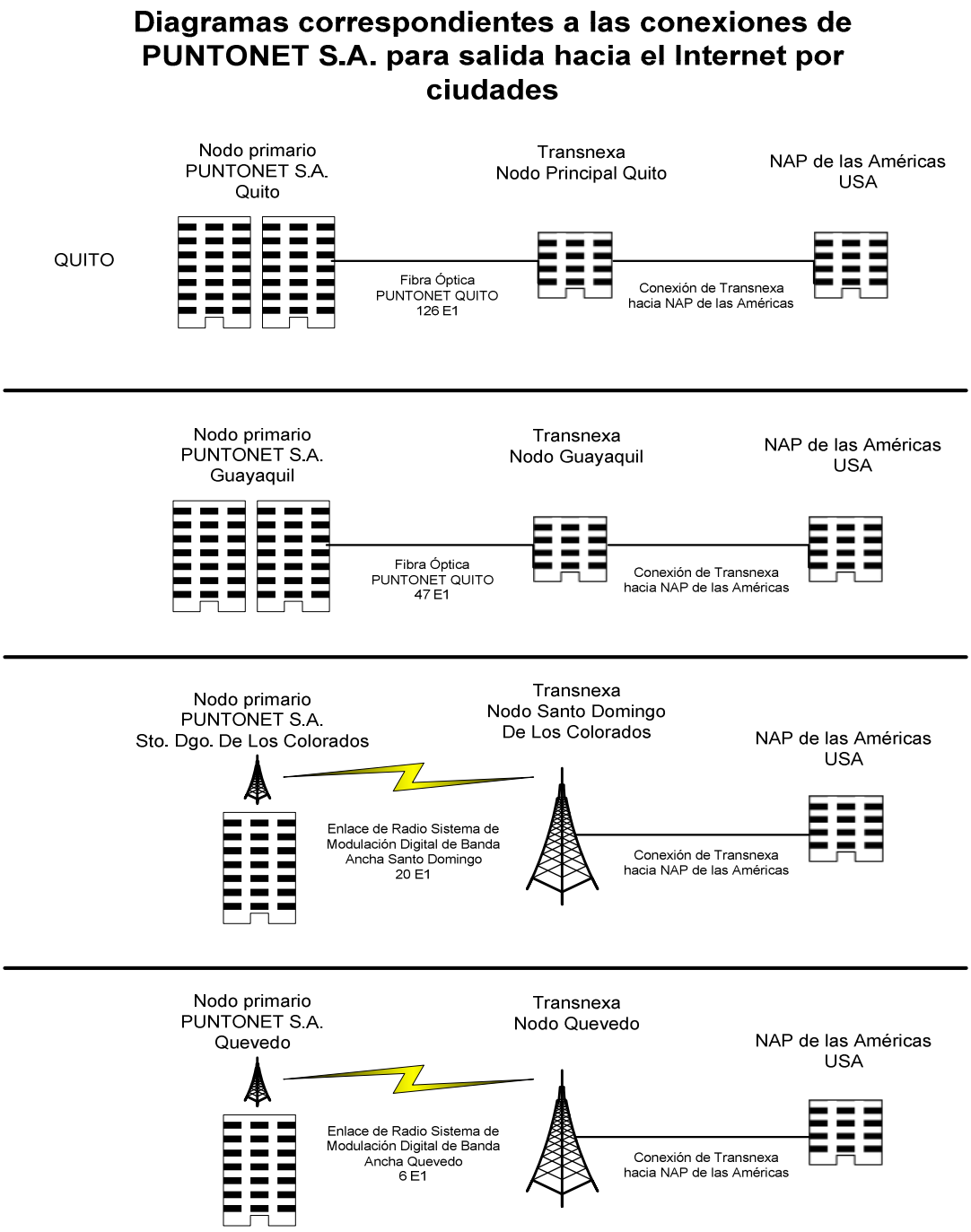


Figura 2.14. Conexiones de Puntonet para la salida hacia el Internet por ciudades.[*]

[*] Figura elaborada por la autora, basada en la fuente: Empresa Puntonet

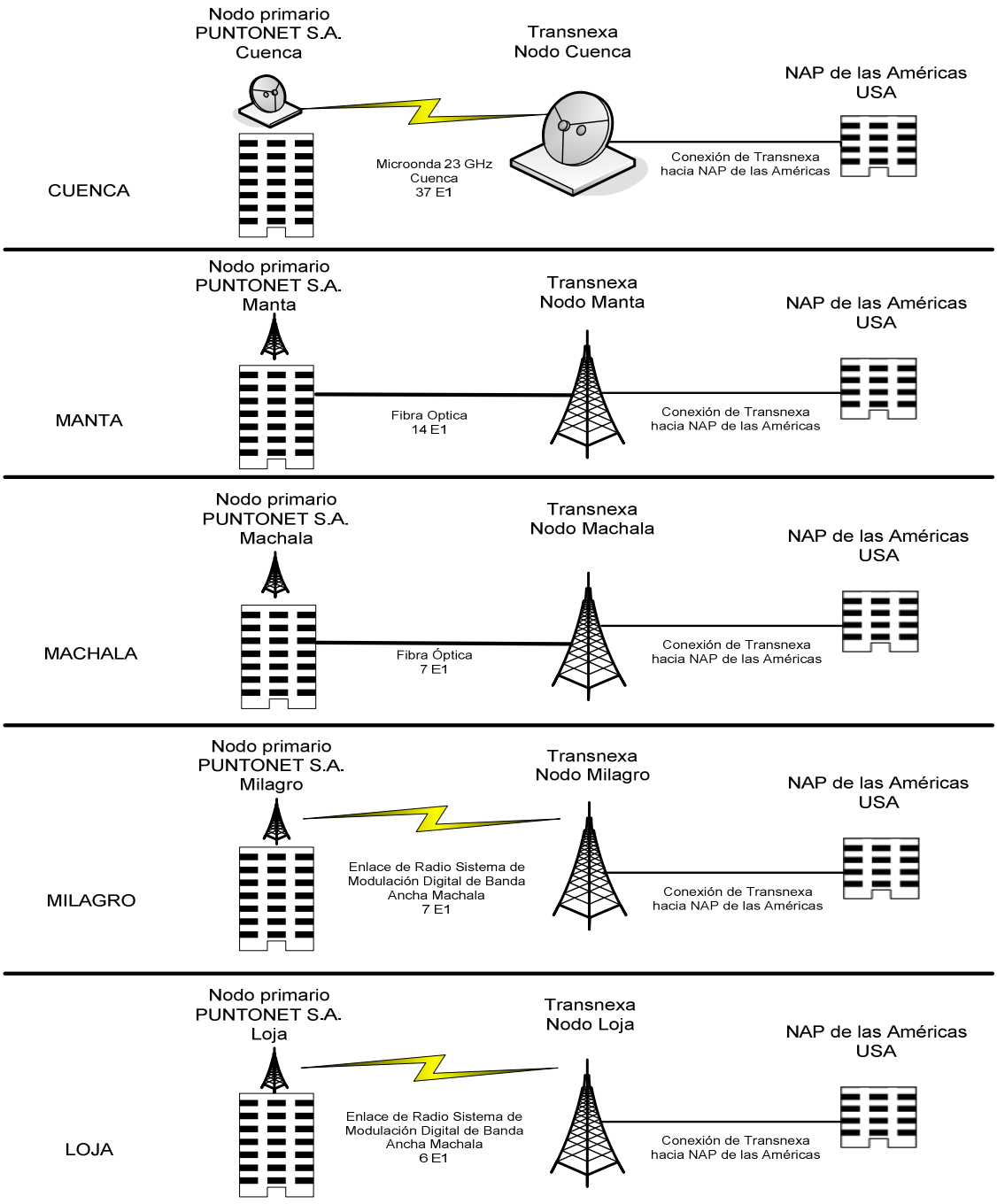


Figura 2.14. Conexiones de Puntonet para la salida hacia el Internet por ciudades.(continuación)[*]

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

2.2.4.2 NAP de las Américas [5]

NAP de las Américas, es un operador global de Internet integrado con los intercambios entre proveedor y el líder de gestión de servicios de infraestructura de IT. Proporcionan servicios gestionados a más de 700 clientes de todo el mundo, entregando su cartera de servicios en los Estados Unidos, Europa y América Latina. También ofrecen una gama completa de soluciones de co-ubicación, es decir un control totalmente gestionado en el espacio, con múltiples conexiones a la red en sus equipos servidores de aplicaciones y de seguridad gestionada en la red de datos.

2.2.4.2.1 Tecnología

Lo útil de la plataforma *Infinistructure* es que ha redefinido las normas para que sea escalable, flexible, y de alto rendimiento en la gestión de infraestructuras. Su innovadora plataforma de prestación de servicios digitalOps proporciona una interfaz unificada siendo un motor de alto rendimiento que impulsa el trabajo de IT para las empresas operadoras; digitalOps es el nexo de esta empresa con las operadoras, realizando recolección de datos de numerosos sistemas y de entrega de la información y optimizando interfaces.

***2.2.4.2.2** Ubicaciones y Colocación*

Su servicio completo de Internet, instalaciones, están estratégicamente ubicadas en todo el mundo; en los EE.UU. (Miami, Florida, Santa Clara, California, Herndon, Virginia, Dallas, Texas), Europa (Madrid, España; Bruselas, Bélgica, Amsterdam, Países Bajos) y América Latina (Sao Paulo, Brasil y en Ecuador) en la que redes de interconexión y el intercambio de tráfico de Internet en las Telecomunicaciones. NAP

de las Américas también opera en centros de distribución en Europa (Londres, Inglaterra; Frankfurt, Alemania) y Asia (Singapur, Hong Kong) en donde une y distribuye el tráfico de la red global.

Se diferencia de sus competidores a través de la seguridad y la ubicación estratégica de sus instalaciones y del modelo neutral de servicios, que proporciona acceso a una masa crítica de Internet y conectividad de telecomunicaciones. Ofrecen instalaciones seguras para sus proveedores, para los grandes clientes de empresas y el gobierno, siendo la dotación de personal para cumplir con estas normas, los requisitos de seguridad.

2.2.4.2.3 Servicios

El NAP de las Américas ofrece los siguientes servicios:

- Conectividad de Servicios: NAP ofrece servicios de conectividad, y la plataforma tecnológica que se entrega con el fin de proporcionar y permitir el intercambio de datos y el acceso a casi todos los *carries* y proveedores de servicios en el mundo.
- Co-Servicios: El NAP de las Américas *Colocation Services* ofrece a los clientes un control total gestionado con múltiples conexiones a la red en sus equipos servidores de aplicaciones. Al hacer uso del NAP de las Américas *Colocation Services*, los clientes eliminan el gasto de capital y operativo, disponiendo de las instalaciones para mantener la disposición e interconectividad mundial.
- Servicios Gestionados: La cartera de servicios incluye una gama de productos amplios y flexibles, soluciones y servicios diseñados para la máxima

disponibilidad y seguridad en la red de datos. Los ingenieros de diseño, prueban y entregan un complejo sistema de alojamiento y seguridad, creación de redes y copias de seguridad y soluciones de almacenamiento para los clientes grandes y medianos.

2.2.4.3 INFRAESTRUCTURA DE LAS REDES FÍSICAS

2.2.4.3.1 Cobre

El cable de cobre utilizado es del tipo entorchado para acometida telefónica con anchos de banda de 512KHz con una atenuación de 5.56 dB/Km y que soporta velocidades desde 64kbps hasta 3Mbps a una distancia aproximada de 3Km, tanto para la red de transporte como para la red de acceso.

Los equipos que utiliza Puntonet S.A. como dispositivos o componentes de transmisión en su red de cobre son de la marca Zyxel, modelo IES-5005 4U IP DSLAM y como dispositivos de recepción los equipos de la marca TP-LINK, modelo TD-8841 / TD-8841B.

2.2.4.3.2 Fibra Óptica

En cuanto a fibra óptica se utiliza fibra de vidrio monomodo con coeficiente de atenuación de (0.35 – 0.40)dB/Km @1310nm, (0.21 - 0,30)dB/Km @1550nm, opera a longitudes de onda de (1281 – 1330)@1310nm, (1525 – 1575)@1550nm; con capacidades de transmisión desde 44.736Mbps hasta 100Mbps para la red de

transporte y desde 6.144Mbps hasta 44.736Mbps para la red de acceso; como dispositivo emisor utiliza el diodo láser. Esta red se muestra en la figura 2.15.

GPON (*Gigabit-capable Passive Optical Network)***.** Es una red óptica Pasiva con Capacidad de Gbps.

- Este estándar nace para establecer las nuevas exigencias de la red.
- Se tiene un alcance máximo de 20 km.
- Soporta velocidades simétricas de 622 Mbps, 1.25 Gbps, y asimétricas de 2.5 Gbps en *downstream* y 1.25 Gbps en *upstream*.
- Se tiene seguridad de nivel de protocolo para downstream debido a la naturaleza multicast de las redes PON (*Passive Optical Network)*.
- El número máximo de usuarios que pueden derivarse de una misma fibra usando la tarjeta OLT (*Optical Line Terminal*) es 64.
- El alcance de un equipo viene dado por la atenuación máxima que es capaz de soportar sin perder el servicio.
- La atenuación máxima soportada por un sistema viene dada por la potencia máxima garantizada por los fabricantes, éstos utilizan láser por lo que la atenuación máxima que se puede asegurar para que funcione el servicio es 28 dB.
- La atenuación de un nivel de splitting más la de los conectores es de unos 20 dB. Quedarían 8 dB para la atenuación de la fibra. Cada km la atenuación de la fibra es de 0.4 dB, por lo que el alcance máximo sería de unos 20 km.

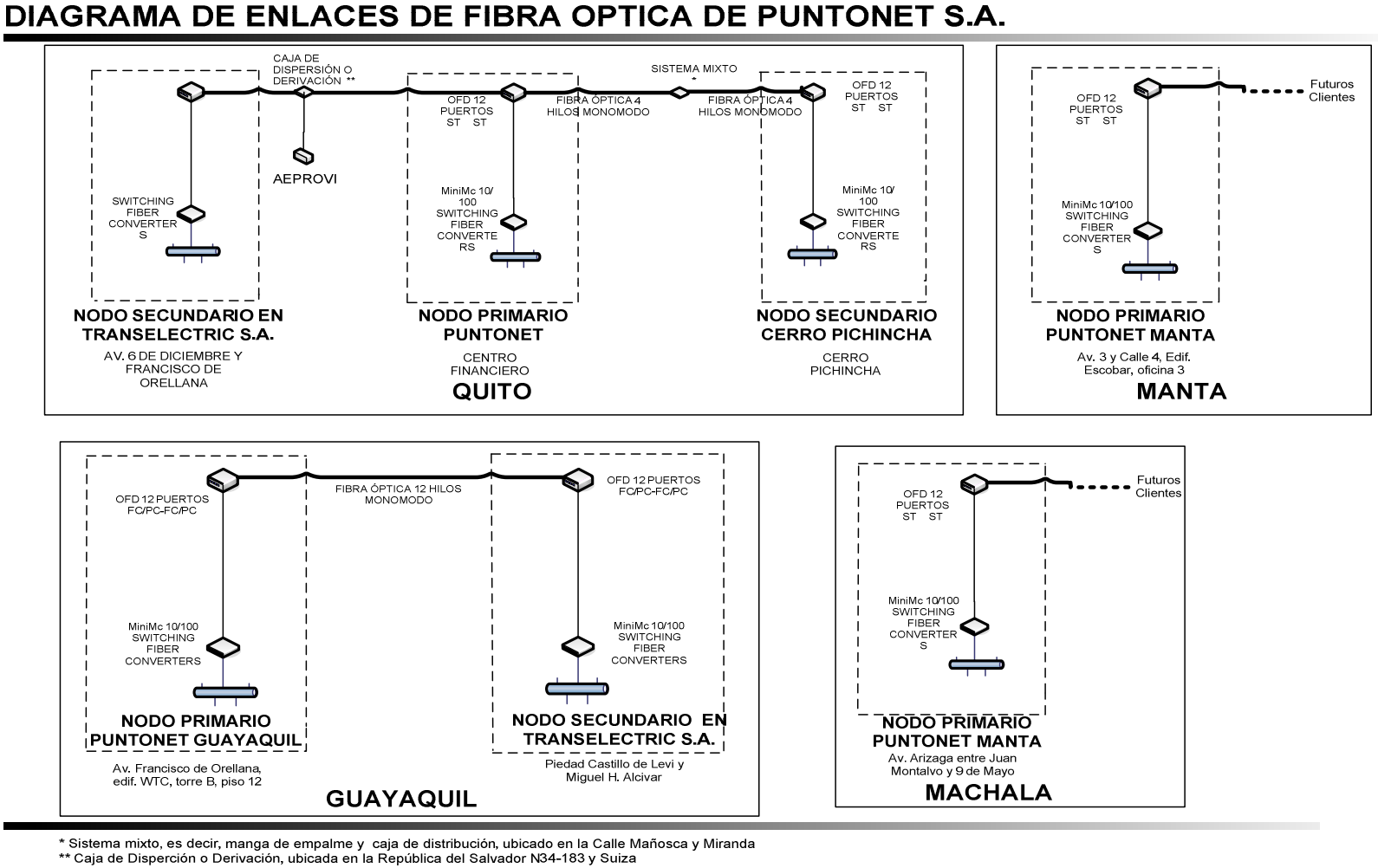


Figura 2.15 Estructura de la conexión de la red física de Puntonet a nivel nacional[*]

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

2.2.4.4 INFRAESTRUCTURA DE RADIO

Puntonet cuenta también con infraestructura de radio para cubrir geográficamente algunas provincias. En la figura 2.16, se muestra el diagrama de las conexiones de radio en la Provincia de Pichincha; y la transmisión desde Puntonet Matriz hacia los diferentes nodos ubicados estratégicamente en lugares altos y distantes.

La figura 2.17, presenta al nodo principal de Puntonet que contiene equipos, armario, antenas para la transmisión y recepción tanto de datos como de Internet y pararrayos. Desde este nodo se transmite y recepta datos e Internet, hacia y desde los diferentes nodos al igual que desde y hacia los clientes.

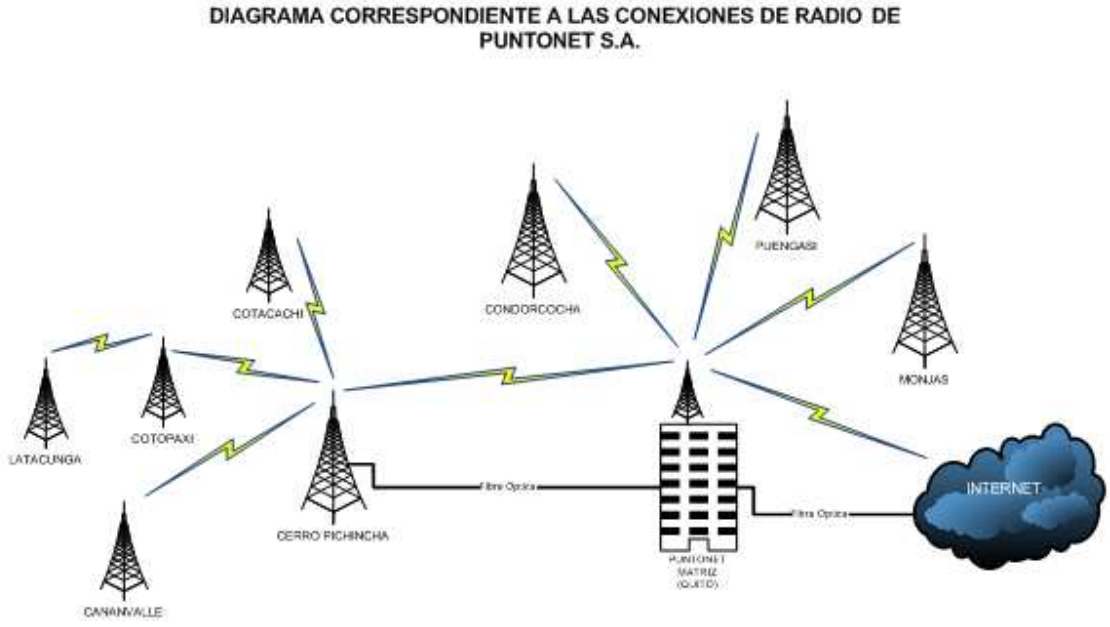


Figura 2.16. Conexiones de Radio de Puntonet Matriz[*]

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

Figura 2.17. Nodo de Puntonet[**]

En la figura 2.18, se muestran las antenas parabólicas que Puntonet utiliza en sus enlaces, dichas antenas son de tipo panel.

Figura 2.18. Antenas[*]

[**] Nodo principal de Puntonet S.A., ubicado en la terraza, onceavo piso, en el edificio de la matriz de esta empresa.

[*] Nodo y armario principal, de Puntonet S.A., ubicado en la terraza, onceavo piso, en el edificio de la matriz de esta empresa.

Figura 2.19. Armario que contiene equipos de uno de los nodos de Puntonet S.A[*]

La figura 2.19, muestra la caja donde se encuentran de manera organizada los equipos de distribución y transformadores de energía eléctrica pertenecientes a cada uno de los equipos y de las antenas del nodo.

2.2.4.4.1 Backbone Inalámbrico que Puntonet brinda a sus clientes

La figura 2.20 muestra la conectividad del Backbone Inalámbrico Punto – Multipunto, servicio que brinda Puntonet S.A.

El segmento inalámbrico se lo realiza mediante equipos Air Spam, como se detalla en la figura 2.20, se cuenta con 4 tipos de equipos que trabajan conjuntamente en el backbone inalámbrico.

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

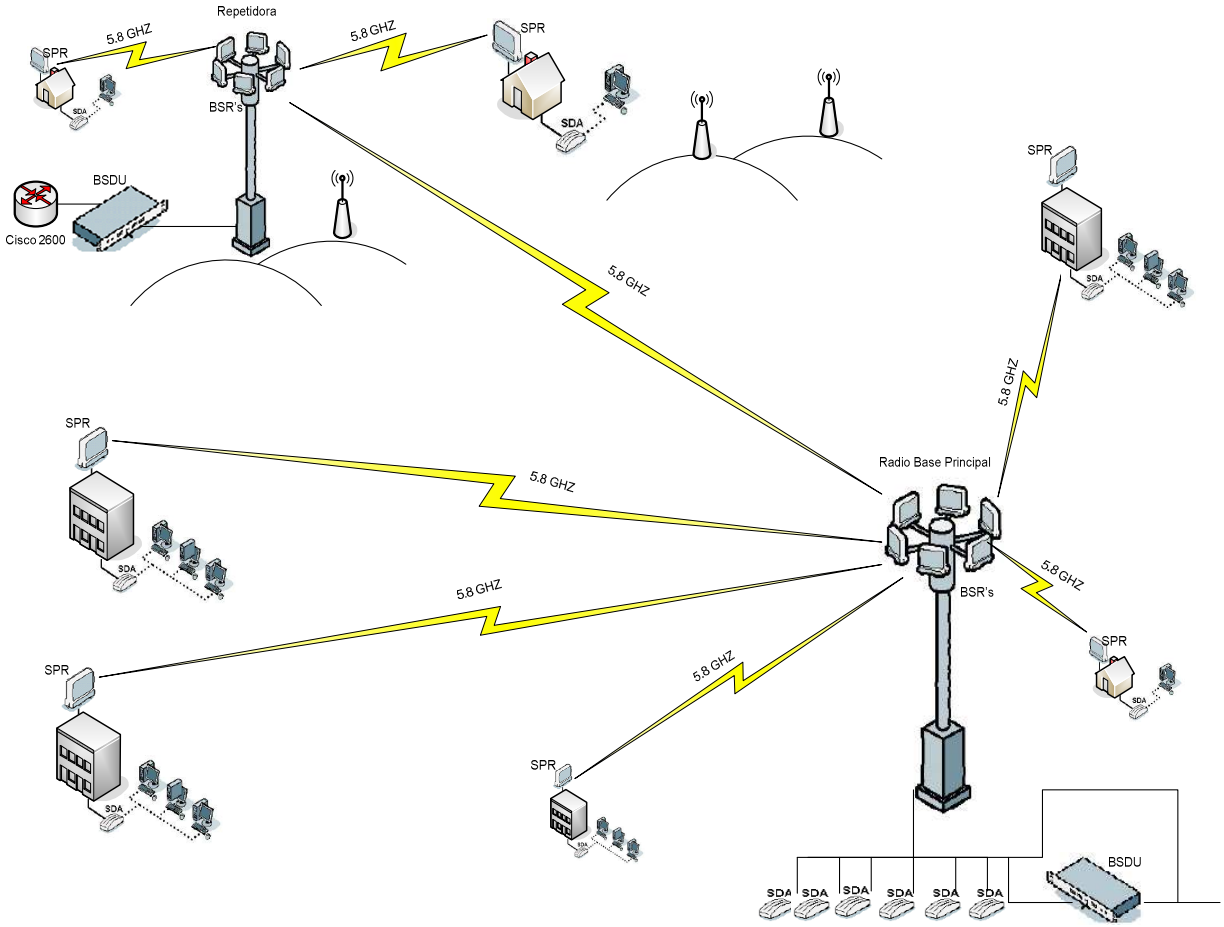


Figura 2.20. Segmento inalámbrico[*]

Para cubrir un área de 360 grados en cada torre se utiliza 6 BSR (Radio de Estación Base), cada uno con una cobertura de 60 grados en horizontal y 23 grados en vertical; los clientes SPR (*Suscriber Premises Radio*), tienen la misma cobertura, el único requerimiento es tener línea de vista al nodo. Puede recibir 127 clientes SPR con una capacidad de 36 Mbps cada una, en ambos casos trabajan en frecuencias 5.4 GHz, 5.8 GHz y 2.4 GHz. Cada BSR va conectado a un BSDU (*Base Station Distribution Unit*) que es el equipo encargado de gestionar el tráfico de las BSR, éste

[*] Figura basada en la fuente: Empresa Puntonet

está conectado a un Ruteador Cisco que establece las rutas pertinentes de cada cliente.

En este proceso se tiene una gran ventaja al utilizar la plataforma Air Span puesto que la seguridad es gestionada a través de índices y *mac address* imposible de ser violadas, la ventaja de usar *frequency hopping* en forma automática, es que las antenas automáticamente cambian de frecuencia en el rango 2.4 GHz o 5.8 GHz en caso de ruido en los niveles de señal, otra ventaja es contar con un administrador de ancho de banda en las Radio Bases.

2.2.4.5 CUARTO DE EQUIPOS

El espacio centralizado para los equipos de telecomunicaciones está ubicado en la matriz de Puntonet S.A., en el cuarto piso del edificio Administrativo en la Av. Amazonas 4545 y Pereira, en este espacio se encuentran ubicados los equipos directamente relacionados con el sistema de telecomunicaciones y su correspondiente soporte, siguiendo la norma del estándar EIA/TIA 569.

Este cuarto de equipos cuenta con ventilación, aire acondicionado, distribuidores de energía, UPS y detector de humo. Igualmente está protegido de contaminación y polución para que no afecten la operación y el material del equipo instalado.

En cuanto a equipos de telecomunicaciones, el cuarto de equipos de Puntonet S.A. está conformado por nueve Racks en donde se encuentran ubicados equipos como:

- Servidores.
- Ruteadores.

- Switches.
- Módems.
- Convertidores de medios.
- Fuentes.
- Patch panels, etc.

A continuación se enlistan los equipos más importantes:

2.2.4.5.1 Servidores

Puntonet S.A. cuenta con varios servidores para los diferentes servicios, entre ellos están:

- Servidor para enlaces WIFI, gestiona y administra los enlaces de radio con tecnología WIFI que Puntonet S.A. brinda a algunos de sus clientes.
- Servidor Backup, de apoyo al servidor principal; si por alguna causa éste falla, entra en función el servidor de backup.
- Servidor Linux para la red interna, este servidor administra la red interna de la empresa, basándose en el sistema operativo Linux.
- Servidor para los software que utiliza Puntonet S.A. (Siscorp y Netplus), los sistemas propios que utiliza Puntonet S.A. para administrar las bases de sus clientes son Netplus y Siscorp.

- Servidor Nagios, administra y gestiona el sistema de monitoreo de clientes de la Puntonet S.A., llamado Nagios.
- Servidor Webmail Net, este servidor maneja lo relacionado con el correo de los clientes.
- Servidor Web, maneja lo que tiene que ver con las páginas web del Internet.
- Servidor Facturación de Puntonet S.A., servidor de la red interna de la empresa, específicamente de la parte de facturación a los clientes.
- Servidor de Monitoreo GPON, gestiona y monitorea a los clientes de fibra óptica con tecnología GPON.
- Servidor PPPOE, este servidor gestiona las redes que presentan aplicaciones Linux.
- Servidor Relay de Correo, servidor de backup del correo de clientes.
- Servidor WiMax, administra y gestiona los enlaces de radio con tecnología WiMax.
- Servidor Web.Net, servidor para administrar las páginas web.

2.2.4.5.2 Ruteadores

En lo que tiene que ver con equipos ruteadores se cuenta en su mayoría con equipos de marca Cisco, se tienen también equipos Mikrotik y Zyxel.

- Router Cisco 7304, enruta el tráfico hacia o desde los clientes de fibra con tecnología PON.

- Router Cisco AS5300, administra el tráfico de los clientes de SURATEL (ISP cliente de Puntonet S.A.) y de los clientes con enlaces ADSLs.
- Router Cisco Catalyst 4507R-E, es uno de los routers principales de Puntonet S.A., ya que éste distribuye y administra el tráfico desde y hacia los nodos de radio, el tráfico de los clientes de fibra punto a punto y el tráfico de datos de las provincias.
- Router Cisco 1720, estos routers en su mayor parte, Puntonet utiliza para enrutar el tráfico de los clientes que tienen sucursales.
- Router Cisco 3600, se utiliza a estos routers como soluciones de acceso multiservicio; igualmente para empresas medianas que tengan sucursales.
- Router Cisco 800, estos routers inalámbricos, de igual manera Puntonet los utiliza en los clientes que deseen conexión inalámbrica.
- Router Board Mikrotik, por su gran potencia permite realizar las conexiones de radio a gran distancia hacia y desde los clientes de Puntonet S.A.
- Router Zyxel IES-5005M, se igual forma éste es un router inalámbrico que Puntonet S.A. proporciona a sus clientes si desean una conexión inalámbrica en sus oficinas.

2.2.4.5.3 Switches

Se cuenta con switches de diferente número de puertos, dependiendo de su servicio:

- Switch 24 puertos Trednet TE100-S24, este switch de 24 puertos Puntonet lo utiliza para administrar clientes de los enlaces WIFI y aliviar la congestión de tráfico en estas redes críticas por su gran número.

- Switch 16 puertos Trednet TE100-S16, igualmente este switch Puntonet lo utiliza para ayudar a descongestionar la red WIFI.
- Switch 24 puertos Cisco Catalyst 3750 POE-24, administra el tráfico desde y hacia los clientes de SURATEL.
- Switch 24 puertos Cisco Catalyst 2950, Puntonet lo utiliza en la administración de VLANs de sus clientes.
- Switch 8 puertos D-Link, es utilizado en la administración de clientes con enlaces dedicados.
- Switch 48 puertos Cisco Catalyst 3550, este switch gestiona la red Ethernet del Backbone de Puntonet.
- Switch ODF, distribuye a cada uno de los clientes que tienen servicio con fibra óptica.
- Switch ODF E1, distribuye a los clientes que tienen servicio con fibra óptica.
- Switch ODF E3, distribuye a cada uno de los clientes que tienen servicio con fibra óptica.

2.3 ANÁLISIS DE LA RED DE PUNTONET S.A.

Se trata de estudiar la infraestructura de la red de Puntonet S.A. para así poder analizar los equipos que conforman esta red y verififcar si éstos soportan la nueva tecnología MPLS a la que se requiere migrar o si en su defecto es necesario cambiarlos por equipos que soporten dicha tecnología. Ya que en el presente proyecto de titulación se trata de diseñar una red de telecomunicaciones basada en la tecnología MPLS, combinando flexibilidad en las comunicaciones de transmisión de datos e Internet con la fiabilidad, calidad y seguridad, características que ofrece

esta tecnología, para la empresa Puntonet S.A., primero para la interconexión entre los nodos distribuidos en la ciudad de Quito, y luego para aplicarla a nivel nacional.

Puntonet S.A. busca brindar una mejor calidad y rapidez en su servicio de transmisión de datos e Internet empleando para esto, el desarrollo actual de las nuevas tecnologías; y por qué no tratando también de optimizar recursos y mejorar el flujo de información en la interconexión de las dependencias o subscriptores de la empresa, también se puede contribuir a mejorar la eficiencia y colocar a esta empresa entre las empresas con tecnología de punta.

Se tienen algunos problemas en la red de Puntonet S.A. como son:

- La red de Puntonet S.A. actual, está llegando a su límite en cuanto a capacidad, por el número de clientes que maneja cada vez más grande. Es por esto que se necesita que la nueva red sea escalable y a su vez transparente a los clientes.
- La tecnología que presenta actualmente esta empresa no tiene la capacidad suficiente para brindar servicios con aplicaciones como video.

2.3.1 BENEFICIOS QUE SE OBTENDRÁN LUEGO DE LA MIGRACIÓN A MPLS

Al migrar a MPLS, Puntonet S.A. obtendrá ciertos beneficios que se mencionan a continuación:

Redes de alto rendimiento: la LIB *(Label Information Based)* es mucho más pequeña que una tabla de rutas normal. La anidación de etiquetas permite agregar flujos con mucha facilidad, por lo que el mecanismo es escalable.

Ingeniería de Tráfico: planificación de rutas en una red en base a previsiones y estimaciones a largo plazo con el fin de optimizar los recursos y reducir la congestión.

QoS: es posible asignar a un cliente o a un tipo de tráfico una FEC *(Forward Equivalence Class)* a la que se asocie un LSP *(Level Switched Path)* que se distribuya por enlaces con bajo nivel de carga.

VPN: la posibilidad de crear y anidar LSPs da gran versatilidad a MPLS y hace muy sencilla la creación de VPNs.

Soporte multiprotocolo: los LSPs son válidos para múltiples protocolos, ya que el encaminamiento de los paquetes se realiza en base a la etiqueta MPLS estándar, no a la cabecera de nivel de red.

2.3.2 VENTAJAS QUE SE OBTIENEN CON LA MIGRACIÓN

Al migrar a la tecnología MPLS se obtendrán las siguientes ventajas:

- Mejora desempeño de re-envío de paquetes en la red, ya que asigna una etiqueta única a los paquetes, permitiendo con esto una conmutación rápida

en los routers intermedios, ya que éstos sólo miran la etiqueta, más no la dirección de destino.

- Soporta QoS y CoS (clases de servicio) para diferenciar servicios, MPLS se basa en el etiquetado de los paquetes en base a criterios de QoS y CoS. Ya que la conmutación la realiza según la clasificación establecida por la QoS en el SLA.

- Soporta escalabilidad de la red, es decir, que cada vez que sea necesario poner un nuevo punto en la nube, sólo habrá que configurar el equipamiento *Service Provider* que conecte este nuevo punto.

- Integra IP y Ethernet en la red, en este caso la etiqueta está ubicada después de la cebecera de capa 2 y antes de la cabecera IP.

- Construye redes inter-operables, es decir redes que permitan trabajar con distintos sistemas de manera que los clientes puedan compartir servicios de voz, video y datos

2.3.3 DESVENTAJAS DE LA MIGRACIÓN

Al igual que se obtendrán ventajas también se tendrán desventajas luego de la migración de la red de Puntonet S.A.:

Se agrega una capa adicional (entre la capa 2 y la capa 3), lo cual implica que los ruteadores tendrán un costo más alto ya que deben combinar el envío de paquetes basado en la conmutación de Capa 2 y el enrutamiento de Capa 3.

Los routers deben entender MPLS, para esto estos equipos deberán ser de capa 3, se tendrá que cambiar los routers que no sean compatibles con esta tecnología de la red actual y adquirir equipos nuevos, lo que implican costos.

2.3.4 PROCESO A SEGUIR PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED

Los pasos a seguir para la migración serán entre otros los siguientes:

- Análisis de la infraestructura de la red actual de la empresa, para determinar los requerimientos para la migración de tecnología.
- Realización del estudio de tráfico para uno de los nodos de Puntonet S.A. en la ciudad de Quito, para determinar los flujos necesarios requeridos por el mismo.
- Diseño de la red de telecomunicaciones basada en la tecnología MPLS, para la interconexión entre los diferentes nodos con los que cuenta Puntonet S.A., en la ciudad de Quito. Este diseño se realiza con el fin de producir una red óptima y confiable para la transmisión de datos y de Internet de Puntonet S.A.
- Establecer un modelo referencial para los enlaces de backbone regionales de Guayaquil y Cuenca, de la red de Puntonet S.A.

La propuesta de red permitirá optimizar los recursos, mejorar el flujo de información para la interconexión de las dependencias o subscriptores de Puntonet S.A. ubicadas en la ciudad de Quito.

2.3.5 REQUERIMIENTOS PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED ACTUAL

Dentro de los requerimientos para la migración de la red actual de Puntonet S.A., de Metro Ethernet a MPLS se pueden citar algunos a continuación:

Se requiere resolver los problemas en la sección 2.3 para tener lo siguiente:

- Tener una red óptima, confiable y segura.
- Tener una red escalable y gestionable.
- Disponer de una red que sea capaz de transportar varias aplicaciones como: datos, voz, video entre otras.
- La red del backbone deberá ser totalmente transparente a los subscriptores.

2.3.6 NECESIDADES

Una vez realizado el diseño, para realizar la migración de la red actual a la nueva red MPLS se necesitará lo siguiente:

- Comprar los equipos necesarios para la migración de la red hacia MPLS.
- Recursos humanos para la instalación de los nuevos equipos.
- Capacitar al personal técnico de la empresa para la administración y soporte de la red MPLS.

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE TRÁFICO, DISEÑO DE LA RED MPLS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS

3.1 ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA RED ACTUAL DE PUNTONET

3.1.1 INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento del Internet y de los distintos servicios ofrecidos estimula la necesidad de Puntonet de poseer sofisticadas herramientas de gestión de redes, de manera de lograr un uso óptimo de los recursos de la red, al mismo tiempo que se debe determinar con cuidado por dónde dirigir el tráfico de cada demanda.

La ingeniería de tráfico sirve para organizar de una mejor manera los flujos de tráfico y así evitar la congestión de la red ocasionada por el reparto desigual de la carga en la misma.

Se tiene muy claro que la congestión es un fenómeno nada deseable y es causada por ejemplo por la insuficiencia de recursos en la red o la utilización ineficiente de los recursos debido al mapeo del tráfico. El objetivo de la Ingeniería de Tráfico es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red.

En el presente Proyecto de Titulación se analiza y diseña la red de Puntonet de forma que sea óptima, con menos o nada de congestión en los flujos de tráfico generados en sus servicios.

3.1.2 ESTUDIO DE TRÁFICO DE PUNTONET

Para el estudio de tráfico se analizará el número de enlaces que Puntonet posee en las provincias a nivel nacional donde brinda servicio de Internet y la transmisión de datos a través de los enlaces de radio. En la tabla 3.1 se detalla los nodos por provincia en donde Puntonet tiene su infraestructura:

PROVINCIA	NODO
Pichincha	Puntonet Matriz
	Pichincha
	Monjas
	Puengasi
	Condorcocha
	Cananvalle
Cotopaxi	Cotopaxi
	Latacunga
Imbabura	Cotacachi
Guayas	World Trade Center
	Cerro Azul
	Cerro El Carmen
	Mapasingue
	Milagro
	Floresta
	Outlet
Los Rios	Babahoyo
	Quevedo
El Oro	Puntonet Machala
	Profiandina
	Camporo Santa Rosa
Loja	Puntonet Loja
	Catamayo
Santo Domingo de los Tsachilas	Puntonet Santo Domingo
	El Carmen
Esmeraldas	La Concordia
Portoviejo	Puntonet Manta
	Cerro de Hojas
Azuay	Puntonet Cuenca
	Cerro Hitocurz
	Cerro Rayoloma

Tabla 3.1. Nodos por Provincia[*]

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

En la tabla 3.2 se muestra el número de enlaces en cada nodo de la provincia de Pichincha, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE ENLACES	TIPO DE ENLACE
Puntonet Matriz	Wipll	13	Punto-multipunto
	Wimax	9	Punto-multipunto
	Teletronics	2	Punto-punto
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Pichincha	Wipll	187	Punto-multipunto
	Wimax	407	Punto-multipunto
	Teletronics	60	Punto-punto
	Mikrotik	84	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Monjas	Wipll	30	Punto-multipunto
	Wimax	185	Punto-multipunto
	Teletronics	33	Punto-punto
	Mikrotik	40	Punto-punto
	Tsunami	1	Punto-punto
	Orthogon	1	Punto-punto
	Microondas	No posee	No posee
Puengasi	Wipll	12	Punto-multipunto
	Wimax	47	Punto-multipunto
	Teletronics	11	Punto-punto
	Mikrotik	9	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Condorcocha	Wipll	15	Punto-multipunto
	Wimax	110	Punto-multipunto
	Teletronics	7	Punto-punto
	Mikrotik	22	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Cananvalle	Wipll	18	Punto-multipunto
	Wimax	7	Punto-multipunto
	Teletronics	1	Punto-punto
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

Tabla 3.2. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces utilizados en Pichincha[*]

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

La tabla 3.3 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total de ellos en la provincia de Pichincha:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Puntonet Matriz	25
Pichincha	738
Monjas	290
Puengasi	79
Condorcocha	154
Cananvalle	27
TOTAL	1313

Tabla 3.3. Número de enlaces totales por nodo en Pichincha[*]

En la tabla 3.4 se muestra el número de enlaces de radio en cada nodo de la provincia de Cotopaxi, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE ENLACES	TIPO DE ENLACE
Cotopaxi	Wipll	No posee	Punto-multipunto
	Wimax	4	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	Punto-punto
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Latacunga	Wipll	No posee	Punto-multipunto
	Wimax	13	Punto-multipunto
	Teletronics	-	Punto-punto
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

*Tabla 3.4. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Cotopaxi**

La tabla 3.5 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia de Cotopaxi:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Cotopaxi	5
Latacunga	14
TOTAL	19

*Tabla 3.5. Número de enlaces totales por nodo en Cotopaxi**

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

En la tabla 3.6 se muestra el número de enlaces de radio en cada nodo de la provincia de Imbabura, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE	TIPO DE ENLACE
Cotacachi	WipII	5	Punto-multipunto
	Wimax	56	Punto-multipunto
	Teletronics	6	Punto-punto
	Mikrotik	3	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

Tabla 3.6. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Imbabura[*]

La tabla 3.7 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia de Imbabura:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Cotacachi	70
TOTAL	70

*Tabla 3.7. Número de enlaces totales por nodo en Imbabura**

En la tabla 3.8 se muestra el número de enlaces de radio en cada nodo de la provincia del Guayas, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE	TIPO DE ENLACE
World Trade Center	WipII	59	Punto-multipunto
	Wimax	35	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	47	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Cerro Azul	WipII	52	Punto-multipunto
	Wimax	51	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	54	Punto-punto
	Tsunami	1	Punto-punto
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	1	Punto-punto
Cerro El Carmen	WipII	94	Punto-multipunto
	Wimax	44	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	72	Punto-punto
	Tsunami	2	Punto-punto
	Orthogon Motorola	No posee	No posee

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

	Microondas	1	Punto-punto
Mapasingue	Wipll	9	Punto-multipunto
	Wimax	24	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	30	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Milagro	Wipll	7	Punto-multipunto
	Wimax	7	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	2	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Floresta	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	7	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	2	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Outlet	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	8	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	8	Punto-punto
	Tsunami	1	Punto-punto
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

Tabla 3.8. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Guayas[*]

La tabla 3.9 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia del Guayas:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
World Trade Center	141
Cerro Azul	159
Cerro El Carmen	213
Mapasingue	63
Milagro	16
Floresta	9
Outlet	17
TOTAL	618

*Tabla 3.9. Número de enlaces totales por nodo en Guayas**

En la tabla 3.10 se muestra el número de enlaces de radio en cada nodo de la provincia de Los Ríos, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE ENLACES	TIPO DE ENLACE
Babahoyo	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	9	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	9	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Quevedo	Wipll	15	Punto-multipunto
	Wimax	30	Punto-multipunto
	Teletronics	6	Punto-punto
	Mikrotik	18	Punto-punto
	Tsunami	4	Punto-punto
	Orthogon Motorola	2	Punto-punto
	Microondas	No posee	No posee

Tabla 3.10. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Los Ríos[*]

La tabla 3.11 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia de Los Ríos:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Babahoyo	18
Quevedo	75
TOTAL	93

*Tabla 3.11. Número de enlaces totales por nodo en Los Ríos**

En la tabla 3.12 se muestra el número de enlaces de radio en cada nodo de la provincia de El Oro, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE ENLACES	TIPO DE ENLACE
Puntonet Machala	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	19	Punto-multipunto
	Teletronics	7	Punto-punto
	Mikrotik	12	Punto-punto
	Tsunami	3	Punto-punto
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Profiandina	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	2	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Campero Santa Rosa	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	No posee	No posee
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

*Tabla 3.12. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de El Oro**

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

La tabla 3.13 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia de El Oro:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Puntonet Machala	41
Profiandina	3
Campero Santa Rosa	1
TOTAL	45

Tabla 3.13. Número de enlaces totales por nodo en El Oro[*]

En la tabla 3.14 se muestra el número de enlaces de radio en cada de la provincia de Loja, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE	TIPO DE ENLACE
Puntonet Loja	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	32	Punto-multipunto
	Teletronics	6	Punto-punto
	Mikrotik	5	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Catamayo	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	1	Punto-multipunto
	Teletronics	4	Punto-punto
	Mikrotik	No posee	No posee
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

*Tabla 3.14. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Loja**

La tabla 3.15 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia de Loja:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Puntonet Loja	43
Catamayo	5
TOTAL	48

*Tabla 3.15. Número de enlaces totales por nodo en Loja**

En la tabla 3.16 se muestra el número de enlaces de radio en cada de la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE ENLACES	TIPO DE ENLACE
Puntonet Santo Domingo	Wipll	4	Punto-multipunto
	Wimax	11	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	3	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
El Carmen	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	4	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

Tabla 3.16. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Santo Domingo[*]

La tabla 3.17 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Puntonet Santo Domingo	18
El Carmen	5
TOTAL	23

*Tabla 3.17. Número de enlaces totales por nodo en Santo Domingo**

En la tabla 3.18 se muestra el número de enlaces de radio en cada de la provincia de Esmeraldas, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE ENLACES	TIPO DE ENLACE
La Concordia	Wipll	No posee	No posee
	Wimax	15	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	3	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

*Tabla 3.18. Número de enlaces por equipo y tipo de enlace de Esmeraldas**

La tabla 3.19 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia de Esmeraldas:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
La Concordia	18
TOTAL	18

Tabla 3.19. Número de enlaces totales por nodo en Esmeraldas[**]

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

[**] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

En la tabla 3.20 se muestra el número de enlaces de radio en cada de la provincia de Manabí, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

	EQUIPO	NÚMERO DE ENLACES	TIPO DE ENLACE
Puntonet Manta	Wipll	25	Punto-multipunto
	Wimax	48	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	9	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Cerro de Hojas	Wipll	21	Punto-multipunto
	Wimax	34	Punto-multipunto
	Teletronics	No posee	No posee
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

*Tabla 3.20. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Manabí**

La tabla 3.21 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia de Manabí:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Puntonet Manta	82
Cerro de Hojas	56
TOTAL	136

*Tabla 3.21. Número de enlaces totales por nodo en Manabí**

En la tabla 3.22 se muestra el número de enlaces de radio en cada de la provincia del Azuay, detallando la tecnología y tipo de enlaces.

NODO	EQUIPO	NÚMERO DE	TIPO DE ENLACE
Puntonet Cuenca	Wipll	4	Punto-multipunto
	Wimax	7	Punto-multipunto
	Teletronics	1	Punto-punto
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Cerro Hitocruz	Wipll	55	Punto-multipunto
	Wimax	75	Punto-multipunto
	Teletronics	6	Punto-punto
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee
Cerro Rayoloma	Wipll	28	Punto-multipunto
	Wimax	110	Punto-multipunto
	Teletronics	5	Punto-punto
	Mikrotik	9	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	1	Punto-punto
	Microondas	No posee	No posee

Barabon	Wipll	7	Punto-multipunto
	Wimax	61	Punto-multipunto
	Teletronics	3	Punto-punto
	Mikrotik	1	Punto-punto
	Tsunami	No posee	No posee
	Orthogon Motorola	No posee	No posee
	Microondas	No posee	No posee

Tabla 3.22. Número de enlaces por equipo y tipo de enlaces de Azuay[*]

La tabla 3.23 muestra el número de enlaces de radio en cada nodo y el total en la provincia del Azuay:

NODOS	NÚMERO DE ENLACES
Puntonet Cuenca	13
Cerro Hitocruz	137
Cerro Rayoloma	153
Barabon	72
TOTAL	375

*Tabla 3.23. Número de enlaces totales por nodo en Azuay**

La tabla 3.24 muestra en resumen, el número de enlaces de radio por provincia con los que cuenta Puntonet, para brindar sus servicios tanto de Internet como de transmisión de datos:

PROVINCIA	NÚMERO DE ENLACES
Pichincha	**1313**
Cotopaxi	**19**
Imbabura	**70**
Guayas	**618**
Los Rios	**93**
El Oro	**45**
Loja	**48**
Santo Domingo de los Tsachilas	**21**
Esmeraldas	**18**
Portoviejo	**138**
Azuay	**375**

Tabla 3.24. Número de enlaces totales por provincia[*]

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

[*] Datos proporcionados por el Departamento de Regulación y Legalización de la empresa Puntonet S.A.

Dados los resultados, se observa que el menor número de enlaces de radio se tiene en Esmeraldas y el mayor número en Pichincha; es por esto que se escogió la provincia de Pichincha para la realización del presente Proyecto de Titulación.

Tomando como referencia el número de enlaces de los nodos de la provincia de Pichincha indicados en la tabla 3.24, se realiza el estudio del tráfico de la red actual. Para ello, se utiliza el programa computacional *SNMP Traffic Grapher*[28], que grafica el comportamiento del tráfico tanto entrante como saliente de un enlace, que se da en cada uno de los nodos, en intervalos de tiempo de 5 minutos, en función del ancho de banda de cada uno de los enlaces. Para esto se realiza el estudio de tráfico que maneja la empresa con el personal a cargo de esta área por aproximadamente cuatro semanas y se comprobó que el día más crítico es el día lunes en el horario de 10 a 12 horas de la mañana y en la tarde de 15 a 16 horas.

Se toman algunas muestras de tráfico que circula por cada uno de los nueve nodos de la provincia de Pichincha (mostrados en la tabla 3.2) en el mes de Septiembre del 2010 de la red actual, mediante el programa *SNMP Traffic Grapher.*

A continuación se muestran resultados obtenidos:

Cada una de las figuras anteriores (Figura 3.1 – Figura 3.9), indican los siguientes parámetros:

- Current (verde): es el pico más bajo de tráfico entrante.
- Current (azul): es el pico más bajo de tráfico saliente.
- Maximun (verde): es el pico más alto de tráfico entrante.
- Maximun (azul): es el pico más alto de tráfico saliente.

En la figura 3.1 se indica el tráfico generado desde el nodo Pichincha hacía los clientes que este nodo maneja.

[28] *SNMP Traffic Grapher*, es una herramienta completa basada en la solución gráfica, del tráfico

Figura 3.1 Tráfico entre el nodo Pichincha y sus subscriptores

En la figura 3.2 se indica el tráfico generado desde el nodo Monjas hacía los clientes que este nodo maneja.

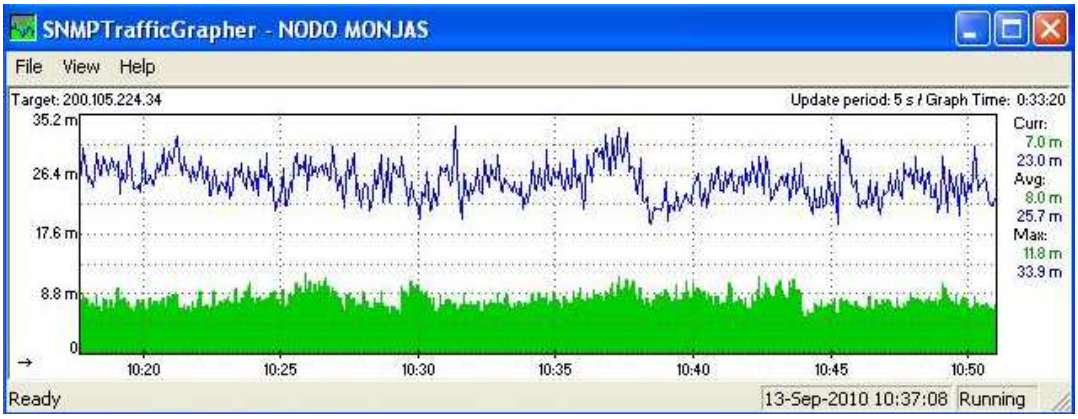


Figura 3.2 Tráfico entre el nodo Monjas y sus subscriptores

En la figura 3.3 se indica el tráfico generado desde el nodo Cananvalle hacía los clientes que este nodo maneja.

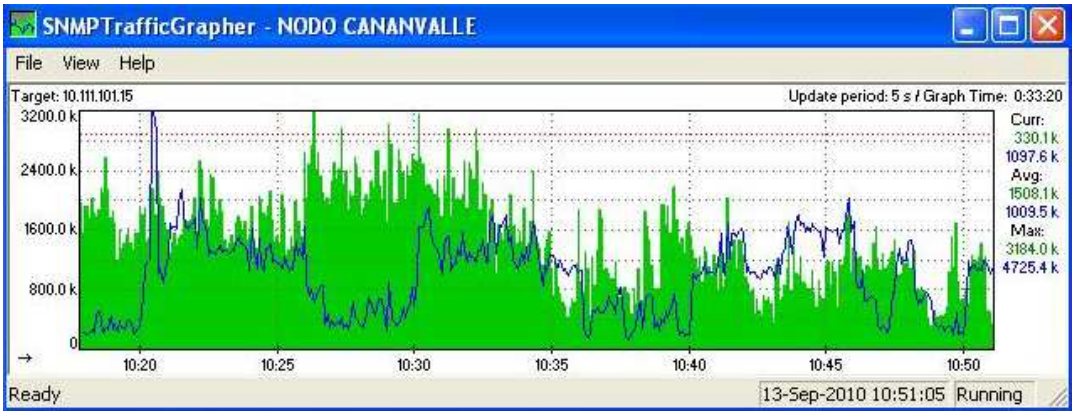


Figura 3.3 Tráfico entre el nodo Cananvalle y sus subscriptores

En la figura 3.4 se indica el tráfico generado desde el nodo Puengasi hacía los clientes que este nodo maneja.

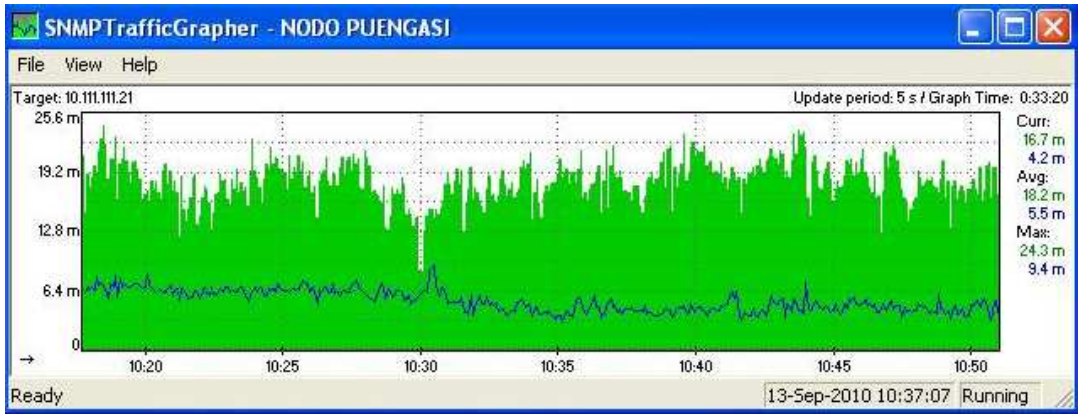


Figura 3.4 Tráfico entre el nodo Puengasi y sus subscriptores

En la figura 3.5 se indica el tráfico generado desde el nodo Condorcocha hacía los clientes que este nodo maneja.

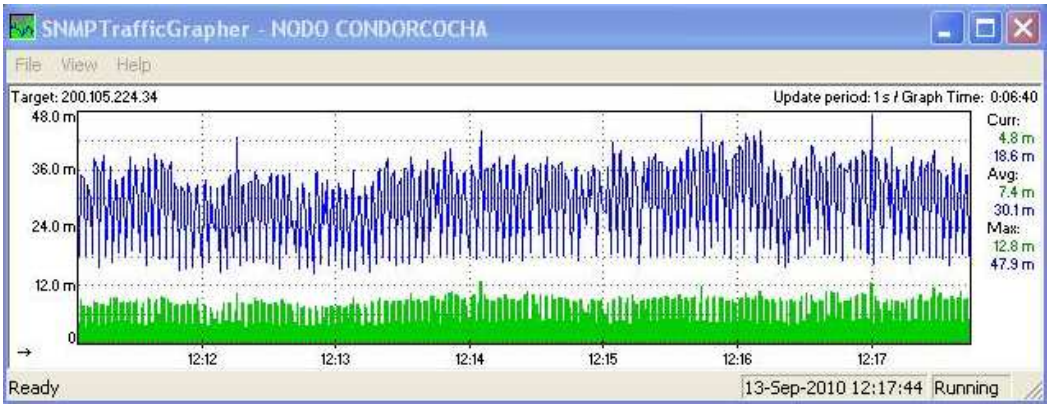


Figura 3.5 Tráfico entre el nodo Condorcocha y sus subscriptores

En la figura 3.6 se indica el tráfico generado desde el nodo Cotopaxi hacia los clientes que este nodo maneja.

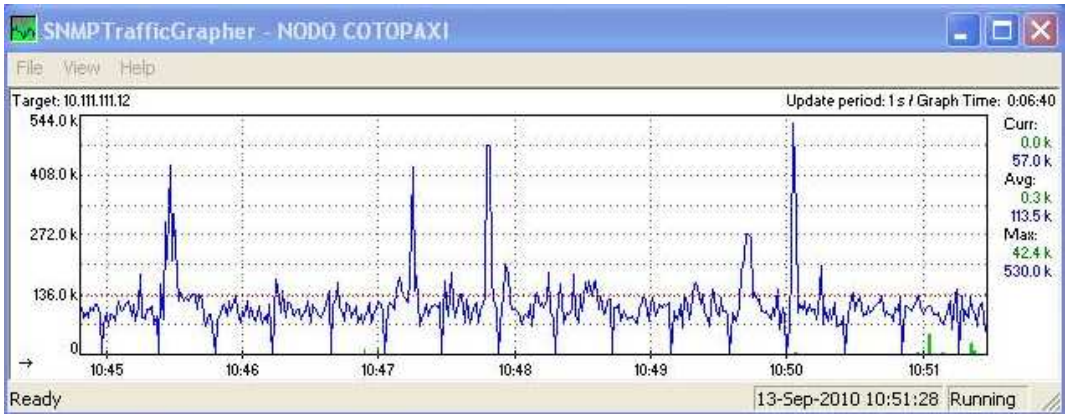


Figura 3.6 Tráfico entre el nodo Cotopaxi y sus subscriptores

En la figura 3.7 se indica el tráfico generado desde el nodo Latacunga hacia los clientes que este nodo maneja.

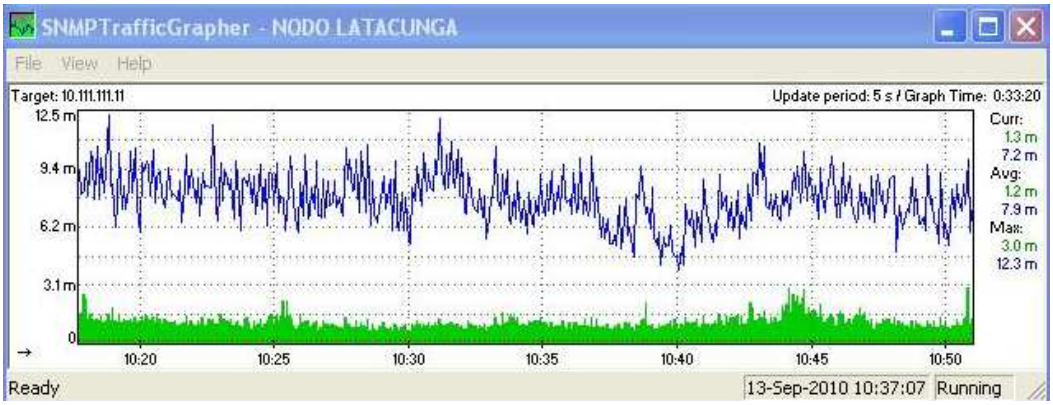


Figura 3.7 Tráfico entre el nodo Latacunga y sus subscriptores

En la figura 3.8 se indica el tráfico generado desde el nodo Cotacachi hacia los clientes que este nodo maneja.

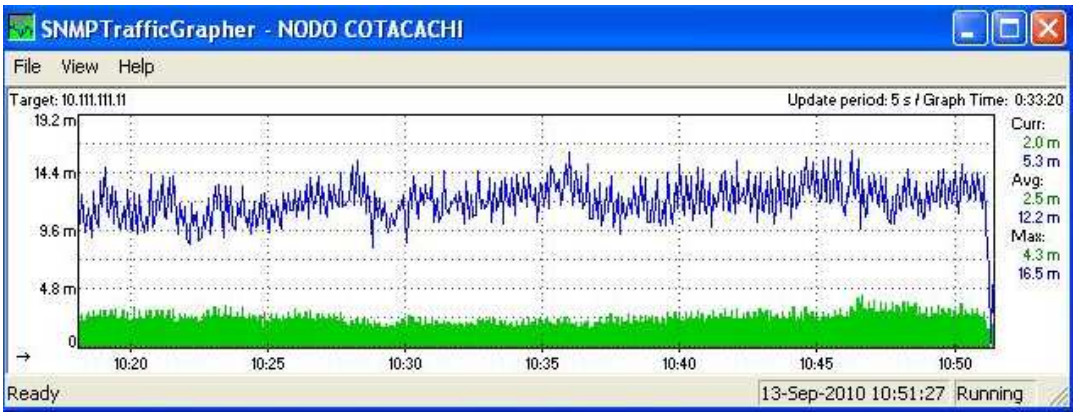


Figura 3.8 Tráfico entre el nodo Cotacachi y sus subscriptores

En la figura 3.9 se indica el tráfico generado desde el nodo Puntonet Matriz hacia los clientes que este nodo maneja.

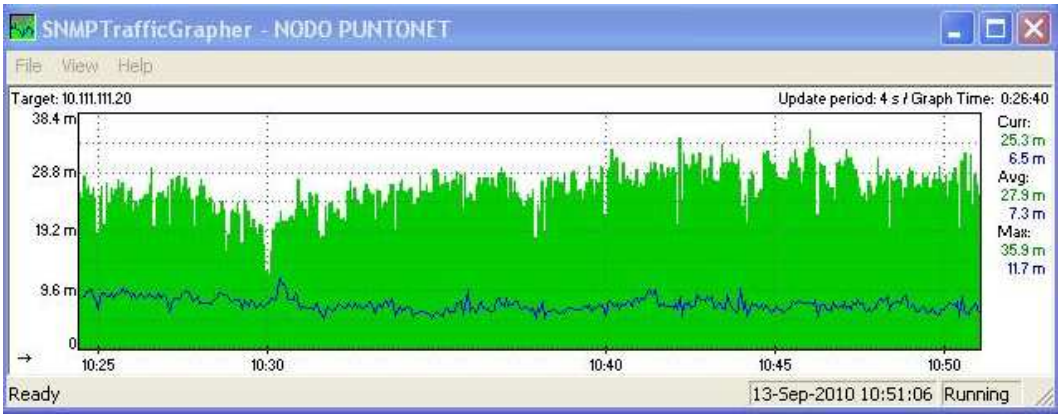


Figura 3.9 Tráfico entre el nodo Puntonet Matriz y sus subscriptores

En el caso específico de la figura 3.9, se tiene el tráfico que se genera entre el nodo de Puntonet Matriz y sus suscriptores, el cual muestra el tráfico entrante, que se refiere al tráfico de subida, cuando el cliente sube archivos, datos, etc., y tiene los valores de tráfico máximo (verde) de 35.9 Mbps, mientras que el tráfico promedio es de 27.9 Mbps.

De igual manera el tráfico de salida, es decir el tráfico de bajada que el cliente genera al copiarse u obtener información ya sea de Internet o de sus bases de datos, etc., se tiene un valor de tráfico máximo (11.7 Mbps) (azul) y del promedio (7.3 Mbps).

En ambos casos se tiene el valor del tráfico actual o del se está generando en el momento de la lectura del MRTG.

Los datos obtenidos de las muestras de tráfico indicadas desde la Figura 3.1 hasta la Figura 3.9 se resumen en la tabla 3.25.

NODO	PICOS DE TRÁFICO POR NODO			
	Mínimo entrada (Mbps)	Mínimo salida (Mbps)	Máximo entrada (Mbps)	Máximo salida (Mbps)
Pichincha	27.90	105.90	36.90	127.60
Monjas	7.00	23.00	11.80	33.90
Cananvalle	0.33	1.09	3.18	4.72
Puengasi	16.70	4.20	24.30	9.40
Condorcocha	4.80	18.60	12.80	47.90
Cotopaxi	0.00	0.06	0.04	0.53
Latacunga	1.30	7.20	3.00	12.30
Cotacachi	2.00	5.30	4.30	16.50
Puntonet Matriz	25.30	7.30	35.90	11.70

Tabla 3.25. Resultados obtenidos del estudio de tráfico[*]

Datos actualizados a Septiembre del 2010

Luego de observar y analizar los gráficos de tráfico de las figuras 3.1 hasta la figura 3.9, y los resultados obtenidos según la tabla 3.25, se puede concluir que existen nodos en Pichincha por los que circulan mayor cantidad de tráfico que en otros, estos nodos son: Pichincha, Monjas y Puntonet Matriz.

El nodo Pichincha registra mucho mayor tráfico que los otros nodos ya que actúa como repetidora de los nodos Cananvalle, Cotacachi, Cotopaxi y Latacunga.

En el presente capítulo, luego de realizar el análisis del tráfico de cada uno de los nodos, se ha determinado la capacidad de tráfico requerido actualmente para la propuesta de red y una proyección de dicha capacidad de cinco años a futuro con lo que se realizará el diseño de la misma.

[*] Tabla de datos calculados con el 33%, según el crecimiento anual de Puntonet, Anexo B.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado referente al modelo jerárquico de un backbone, los routers de borde van a estar ubicados en las partes de concentración de tráfico hacia los usuarios, es decir, los encargados de concentrar el tráfico para su distribución a través del núcleo de la red. Así mismo, los routers LSR van a ser los encargados de la conmutación del tráfico en el núcleo de la red, y serán equipos de alto rendimiento para soportar el tráfico proveniente de los router de borde.

Dependiendo del tipo de equipo que esté instalado del lado del cliente, se proporciona un determinado ancho de banda para el tráfico de datos.

El tráfico más grande en una empresa correspondiente a los datos, son los generados por el correo electrónico, acceso a servidores e Internet. Cuando el servicio de correo es corporativo y el usuario tiene que validarse en un servidor que no está dentro de su LAN, el tráfico hacia fuera tiene que ser soportado por el proveedor del servicio; no siendo así cuando el servidor de correo está presente dentro de su misma red local. El acceso a los servidores puede ser local como remoto, en ese caso el servicio de envío y recepción de paquetes debe ser proporcionado por el proveedor del servicio.

En todos los casos la capacidad asignada para las diversas actividades será el suficiente para evitar la saturación de los equipos y el sobredimensionamiento.

Mediante enlaces DSL simétricos y asimétricos se prevee suplir las necesidades del tráfico de datos a través de la red. Dado que la transmisión de información es full duplex se puede tener enlaces ADSL de 128/64 Kbps, 512/256 Kbps,
1024/512 Kbps donde la primera cantidad representa el tráfico de subida y la segunda el tráfico de bajada, todo dentro de un mismo enlace E1 o T1.

En la siguiente tabla 3.26, se resumen las capacidades estándar que se pueden asignar a los usuarios dependiendo de sus requerimientos:

	METRO ETHERNET	ADSL
CAPACIDAD	64 Kbps	128/64
	128 Kbps	256/128
	256 Kbps	512/128
	512 Kbps	1024/512
	1024 Kbps	2048/1024
	2048 Kbps	

Tabla 3.26. Capacidades previstas para enlaces entre routers de borde y equipos instalados donde el cliente.[**]

3.1.3 DESCRIPCIÓN TOPOLÓGICA DE LOS NODOS

En base al estudio realizado y resumido en la tabla 3.25, de la sección 3.1.2, se elegirá los nodos Pichincha, Monjas y Puntonet que son los nodos por los que circula mayor tráfico para que formen parte de la capa Core. A continuación se describe las características de cada uno de los nodos:

Nodo Principal de Puntonet : (Pichincha, Quito, Av. Amazonas 4545 y Pereira)

Es el nodo matriz de Puntonet, se encuentra ubicado en la zona centro norte del Distrito Metropolitano de Quito, aquí se encuentra el centro de gestión, administración y monitoreo, que controla toda la red Metro Ethernet.

Nodo Pichincha: (Pichincha, Quito, Cerro Pichincha)

Ubicado en una zona centro - occidental de la ciudad de Quito, el ruteador que conforma este nodo abarca un gran número de enlaces. También sirve de repetidora para los nodos Cananvalle, Cotacachi, Cotopaxi y Latacunga.

[*] Tabla de datos proporcionada por la empresa Puntonet. S.A.

[*] Tabla de datos calculados con el 33%, según el crecimiento anual de Puntonet, Anexo B.

Nodo Monjas: (Pichincha, Quito, Cerro de Monjas o Ilumbisi)

Ubicado al sur - oriente de la ciudad de Quito, el ruteador que se encuentra en este nodo abarca a subscriptores ubicados en el Valle de Sangolqui y parte del sur de Quito.

Nodo Cananvalle: (Pichincha, Cayambe, Loma de Cananvalle)

Ubicado al nor - oriente de la ciudad de Quito, este nodo maneja los enlaces de los subscriptores que la empresa Puntonet S.A. tiene en Cayambe y partes aledañas.

Nodo Puengasi: (Pichincha, Quito, Loma de Puengasi)

Ubicado al sur - oriente de la ciudad de Quito, este nodo maneja el tráfico generado por los clientes del sur de Quito.

Nodo Condorcocha: (Pichincha, Quito, Cerro Condorcocha)

Ubicado al nor - occidente de la ciudad de Quito, el equipo que se encuentra en este nodo maneja a los clientes que se encuentran en la parte norte de Quito.

Nodo Cotopaxi: (Pichincha, Mejía, Parroquia el Chaupi, La Dolorosa s/n)

Ubicado en el Cantón Mejía al sur de Pichincha, tiene el nombre de Cotopaxi ya que es el más cercano a este volcán, y sirve de salto para llegar al nodo Latacunga.

Nodo Latacunga: (Cotopaxi, Latacunga, Av. Oriente 313 e Isla Fernandina)

Este nodo está ubicado en la ciudad de Latacunga, el mismo que cubre el tráfico solicitado por los subscriptores de esta ciudad.

Nodo Cotacachi: (Imbabura, Cotacachi, Cerro Cotacachi)

Ubicado en la ciudad de Cotacachi, sirve a todos lo clientes que Puntonet S.A. tiene en esta parte del país.

3.2 DISEÑO DE LA RED MPLS

3.2.1 INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el estudio previo de la infraestructura de red del proveedor de servicios de telecomunicaciones Puntonet S.A., seguido del estudio de tráfico que esta empresa maneja en cada uno de sus nodos a nivel nacional y específicamente en la provincia de Pichincha; se procede al diseño de la red (MPLS), para el Distrito Metropolitano de Quito.

Puntonet S.A., tiene como objetivo principal convertirse en la mayor empresa Portadora de Datos y Proveedora de Internet a nivel nacional, ya que ofrece servicios como la transmisión de datos a altas velocidades, para esto es necesario optimizar los recursos de la red implementando tecnologías que están a la vanguardia en las telecomunicaciones como es MPLS.

En la figura 3.10, se muestra un esquema de la forma como debe quedar la red luego de la migración.

Puntonet S.A. gestiona los servicios bajo su propio backbone y ofrece a sus clientes enlaces en medios guiados y no guiados basados en Metro Ethernet. Para ello tiene distribuido estratégicamente varios nodos de los cuales dependen los clientes.

Al migrar de la tecnología Metro Ethernet a MPLS, se obtienen beneficios importantes como por ejemplo ofrecer Calidad de Servicio, que hoy en día es uno de los requerimientos más demandados por el mercado de las telecomunicaciones.

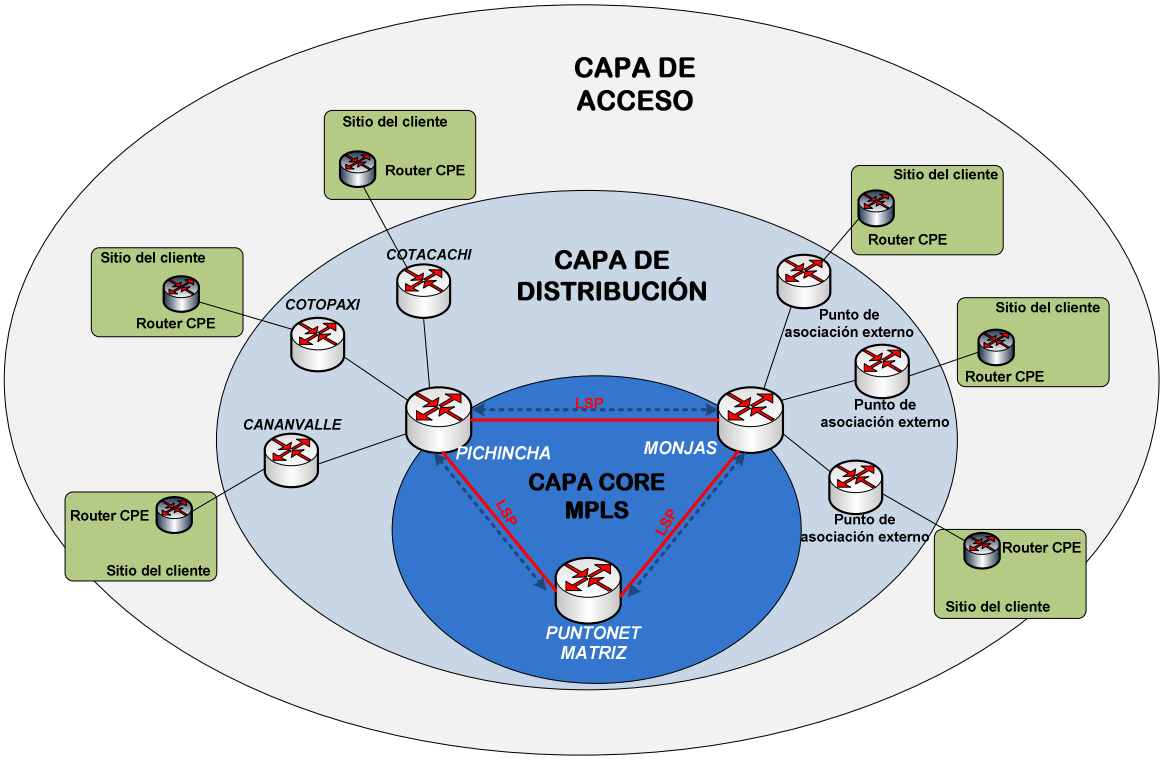


Figura 3.10. Esquema de la red completa luego de la migración[*].

[*] Figura basada en la fuente: PEPELNJAK, Ivan. GUICHARD, Jim. "Arquitecturas MPLS y VPN", 1ra Edición, Pearson Educación, S.A., Cisco Press, Madrid, 2003. [7]

3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED

El presente Proyecto tiene como objetivo diseñar la red de telecomunicaciones MPLS, para la interconexión entre los nodos de Puntonet S.A. distribuidos en la ciudad de Quito, con el fin de producir una red óptima y confiable para la transmisión de datos e Internet de la empresa portadora de servicios de telecomunicaciones, en mención.

El Router Edge o de borde es el que más trabajo realiza dentro de la red MPLS, ya que debe entender tanto MPLS como IP, en el caso de la empresa Puntonet S.A. los nodos Pichincha y Monjas serán utilizados como nodos de borde de la nube MPLS ya que serán los puntos de conexión con los clientes y hacia los demás nodos secundarios pertenecientes a la red de Puntonet S.A.

Se diseñará la red de interconexión que contribuirá a mejorar la eficiencia y el desempeño de la misma, y buscando dar facilidades de administración, operación y mantenimiento de los equipos a utilizarse en esta migración.

3.2.3 DISEÑO DE LA MIGRACIÓN DE LA RED DE PUNTONET S.A. A MPLS

Se empezará migrando la parte principal de la red de la empresa Puntonet S.A., para esto se hará uso de los resultados obtenidos del estudio de tráfico en la sección anterior Tabla 3.25, donde se determinó que los nodos con mayor afluencia de tráfico son: Puntonet Matriz, Nodo Pichincha y Nodo Monjas.

Estos tres nodos serán utilizados como el backbone principal del diseño a realizar, ilustrado en la figura 3.10, basándose en el modelo conceptual de la red MPLS según lo explicado en el capítulo 1, sección 1.2.

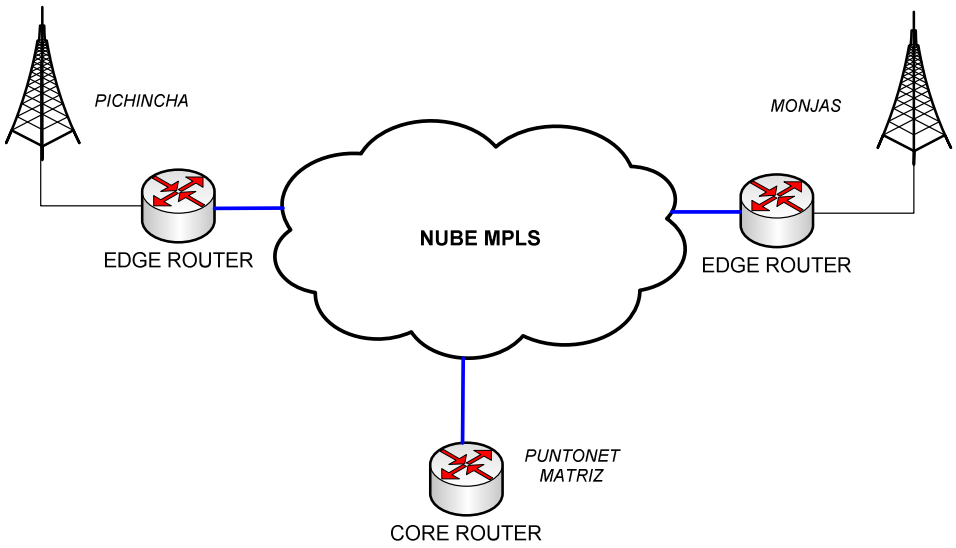


Figura 3.10. Backbone MPLS de Puntonet S.A.[*]

El diseño de la red de la empresa Puntonet S.A., por contar actualmente con una red Metro Ethernet, se lo realizará utilizando el funcionamiento de MPLS en modo trama ya que éste aborda un tema en particular: el enrutamiento IP unidifusión basado en el destino en un entorno estrictamente de routers (llamado MPLS en modo trama debido a que los paquetes etiquetados se intercambian como tramas en la Capa 2).

3.2.3.1 Diseño de la red MPLS en capas

Para el mejor funcionamiento de una red MPLS, ésta debe diseñarse en forma jerárquica, ya que debe cumplir con ciertas funciones bien definidas en cada capa. Bajo este modelo jerárquico se distinguen tres capas: la Capa Core o Núcleo, Capa de Distribución y la Capa de Acceso.

[*] Figura elaborada por la autora, basada en lo requerido por la empresa Puntonet S.A.

3.2.3.1.1 Capa Core [21], [8]

La capa Core, núcleo o de backbone es la encargada de desviar el flujo de tráfico lo más rápido posible hacia los diferentes tipos de servicios. El tráfico transportado normalmente es enviado o proviene de servicios comunes a todos los usuarios.

Siendo estos servicios globales o corporativos, como e-mail, acceso a Internet o videoconferencia; cuando un usuario necesita entrar a uno de los servicios, esta petición se procesa al nivel de la capa de distribución. La capa de distribución envía la petición del usuario al núcleo. Éste se limita a proporcionar un transporte rápido hasta el servicio solicitado. La capa de distribución se encarga de proporcionar un acceso controlado a la capa core.

Esta capa utiliza un equipo ruteador, el Router de Core, que es el router principal y realiza *swapping label* (cambio o salto de etiquetas), y por lo tanto debe ser de gran capacidad, en este proyecto este equipo será ubicado en el nodo Puntonet Matriz, descrito en la sección 3.1.3.

3.2.3.1.2 Capa de Distribución [21], [8]

Esta capa es el punto medio entre la capa de acceso y los servicios principales de la red. Sus funciones principales son realizar enrutamiento, filtrado y acceso a la WAN.

Aunque dependiendo de la red se puede cumplir con una diversidad de funciones como:

- Servir como punto de concentración para acceder a la capa de acceso.
- Enrutar el tráfico para proporcionar acceso.
- Segmentar la red en múltiples dominios de difusión /multidifusión.
- Traducir los diálogos entre diferentes tipos de medios, como Token Ring y Ethernet.
- Proporcionar servicios de seguridad y filtrado.

La capa de distribución puede resumirse como la capa que proporciona conectividad basada en una determinada política, dado que determina cuándo y cómo los paquetes pueden acceder a los servicios principales de la red.

La capa de distribución determina la forma más rápida para que la petición hecha por un usuario pueda ser remitida al servidor. Una vez que la capa de distribución ha elegido la ruta, envía la petición a la capa core. La capa core podrá entonces transportar la petición al servicio apropiado.

El Router Edge o de borde es el que más trabajo realiza dentro de la red MPLS, ya que debe entender tanto MPLS como IP, en el caso de la empresa Puntonet S.A. los nodos Pichincha y Monjas serán utilizados como nodos de borde de la nube MPLS ya que serán los puntos de conexión con los clientes y hacia los demás nodos secundarios pertenecientes a la red de Puntonet S.A.

3.2.3.1.3 Capa de Acceso [22], [21], [8]

La capa de acceso provee la conectividad a los equipos directamente involucrados en la prestación del servicio de la red. En las redes de conmutación de paquetes, los nodos de acceso proveen también funcionalidades de agregación de tráfico, sumarización de tablas de enrutamiento y de aplicación de políticas de calidad de

servicio. En una red MPLS además los nodos de acceso se encargarán entre otras funciones de la clasificación del tráfico en FECs (*Forwarding Equivalence Classes*).

La capa de acceso de la red es el punto en el que cada usuario se conecta a la red. Los usuarios así como los recursos a los que éstos necesitan acceder con más frecuencia, están disponibles a nivel local. El tráfico hacia y desde recursos locales está confinado entre los recursos, switches y usuarios finales. En la capa de acceso se puede encontrar múltiples grupos de usuarios con sus correspondientes recursos.

En muchas redes no es posible proporcionar a los usuarios un acceso local a todos los servicios, como archivos de bases de datos, almacenamiento centralizado o acceso telefónico al Web. En estos casos, el tráfico de usuarios que demandan estos servicios se desvía a la siguiente capa del modelo: la capa de distribución.

Luego de analizar y realizar el estudio de tráfico de la red Metro Ethernet de Puntonet S.A. y de acuerdo a la tabla 3.25 de los resultados obtenidos de este estudio, se llegó a la conclusión de que el diseño se basará en un backbone no muy complejo por ser sólo tres de los nueve nodos de Puntonet S.A. en la provincia de Pichincha, los que manejan mayor concentración de tráfico, estos nodos son: el nodo Principal de Puntonet, el nodo Monjas y el nodo Pichincha; es así que la nube MPLS estará conformada por tres routers, un router de Core en el nodo Principal de Puntonet y dos routers Edges o de borde en los nodos Monjas y Pichincha.

3.2.3.2 Diseño para la migración de los enlaces de la Capa Core

El Router de Core, será ubicado en el Nodo Principal de Puntonet (ver sección 3.1.3), ya que por ser la matriz se colocará un router de mayor capacidad, que sea capaz de realizar *swapping* de etiquetas en los paquetes de información enviados por los

routers de borde dentro de la nube MPLS y manejar grandes velocidades de conmutación.

A esta capa se sumarán los nodos de Pichincha y Monjas, aunque también serán parte de la capa de distribución, esto se explicará en la siguiente sección.

Se han tomado el Nodo Principal de Puntonet, el Nodo Pichincha y el Nodo Monjas para la capa core ya que están ubicados estratégicamente en la ciudad de Quito para cubrir la mayor parte de esta ciudad y también porque estos tres nodos son los que tienen la mayor concentración de tráfico.

Además de las características mencionadas estos nodos también cuentan con redundancia de enlaces, siendo esta la característica fundamental al momento de escoger a estos nodos para que conformen la capa Core. Otra razón para escoger estos sólo los tres nodos, es la inversión económica ya que si se implementara la tecnología MPLS en todos los nodos ésta sería demasiado alta, y lo que se busca en este proyecto de titulación es optimizar costos.

En la figura 3.12, se muestra un esquema teórico de la forma como se encuentran enlazados o conectados los equipos que forman el backbone de la red actual de la empresa Puntonet S.A.

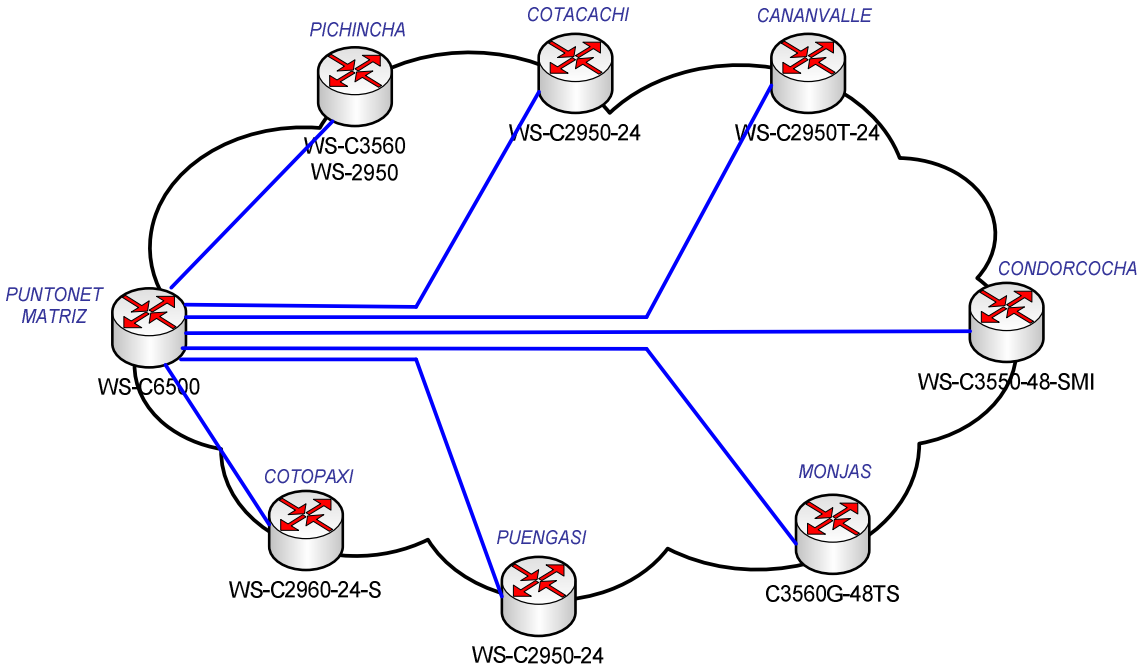
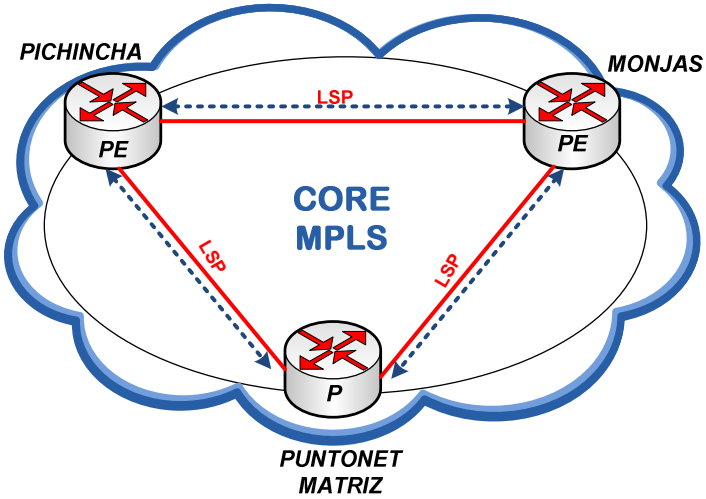


Figura 3.12. Equipos de backbone de la red actual de Puntonet S.A.[*]

En la figura 3.13 se muestran los nodos que conformarán la capa Core de la red MPLS para la empresa Puntonet S.A.



[*] Figura basada en lo requerido por la empresa Puntonet S.A.

Figura 3.13.Nodos que conformarán la Capa Core.

Para tener redundancia en la red de core, los tres nodos serán enlazados entre sí formando un anillo, para el enlace principal se utilizará fibra óptica monomodo y para el backup se usará enlace de radio con equipo de radio de potencia y ganancia aptas para la transmisión y recepción de esta tecnología.

El dispositivo límite del proveedor de servicios se llama PE. El proveedor de servicios tiene un equipo adicional en el núcleo de la red del proveedor de servicios (llamada red P). Estos dispositivos se llaman dispositivos P, como lo muestra la figura 3.12.

En la red de Backbone o red de core se debe implementar equipos capaces de permitir el funcionamiento de MPLS, y que trabajen como LSRs y como LSRs de borde.

3.2.3.3 Diseño para la migración de los enlaces de la Capa de Distribución

El tamaño de la capa de distribución MPLS, puede ir desde sólo un enlace, es decir puede haber un solo equipo en esta capa, hasta la red completa, y desde un subconjunto de prefijos limitado hasta todos los prefijos internos de la red.

Como Router Edges o de borde, se colocarán dos routers en los nodos Monjas y Pichincha (ver sección 3.1.3) como nodos edges de la nube MPLS a diseñar, ya que estos nodos serán los puntos de conexión hacia los demás nodos secundarios, en el caso del Nodo Pichincha, pertenecientes a la red de Puntonet S.A., además de que son los nodos que mayor concentración de tráfico después del nodo Principal. Estos

nodos también serán parte de la capa de core, mencionado en la sección anterior. Los equipos a utilizarse en esta capa de distribución deberán manejar tanto MPLS como Ethernet. En la figura 3.14 se muestra la capa de distribución conjuntamente con la capa core.

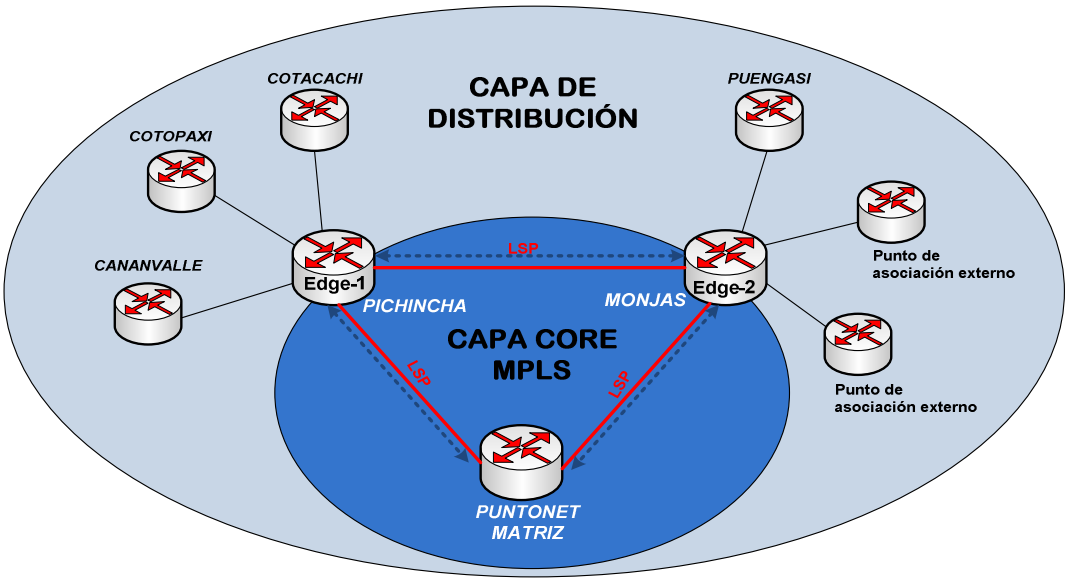


Figura 3.14. Nodos y elementos de la Capa de Distribución[*].

3.2.3.4 Diseño para la migración de los enlaces de la Capa de Acceso

En el caso de la capa de acceso se tendrá la última milla proporcionada a los clientes de la empresa Puntonet S.A., en la que es necesaria para el diseño de esta red, de un dispositivo de equipo terminal CPE (CPE, *Customer Premises Equipment*), en cada cliente. Este dispositivo CPE es un ensamblador/desensamblador de paquetes que proporciona conectividad del terminal, o de un router.

[*] Figura basada en la fuente: PEPELNJAK, Ivan. GUICHARD, Jim. "Arquitecturas MPLS y VPN", 1ra Edición, Pearson Educación, S.A., Cisco Press, Madrid, 2003. [7]

El CPE es conectado a través de medios de transmisión al equipo del proveedor de servicios, el que puede ser Frame Relay, un switch ATM o un router IP.

El sitio de conexión del cliente se puede enlazar a la red del proveedor mediante una o varias líneas de transmisión, utilizando uno o varios equipos CPE y PE, según la redundancia que se necesite.

Se debe mencionar que estos equipos de abonados CPE no necesitan manejar ni entender MPLS, ya que los routers de borde se encargan de transformar la información o paquetes transportados de un lugar a otro, de MPLS al protocolo IP o al que entiendan estos equipos CPE.

En la figura 3.15 se muestra el esquema de toda la red MPLS propuesto para la empresa Puntonet S.A.

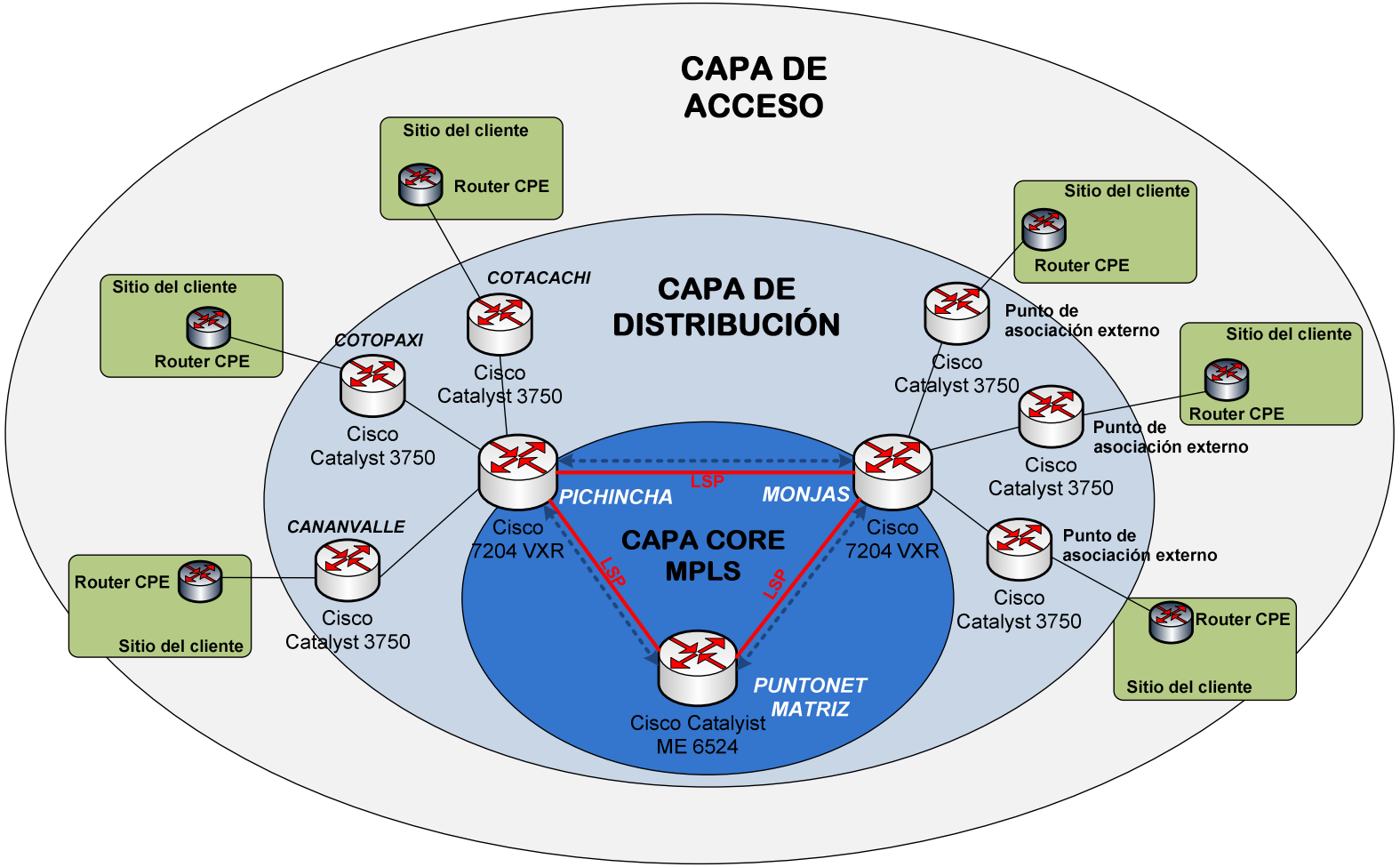


Figura 3.15. Elementos que forman la Capa de Acceso, la Capa de Distribución y la Capa Core[*].

[*] Figura basada en la fuente [7].

3.2.4 MIGRACIÓN DE LA RED

3.2.4.1 MIGRACIÓN DEL BACKBONE DE PUNTONET S.A. A LA TECNOLOGÍA MPLS [7], [8]

Puntonet S.A. por ser un proveedor de servicios de telecomunicaciones, proporciona tránsito de Internet a varios clientes grandes y pequeños.

Para esta parte de la migración se utilizará un backbone compuesto sólo de routers. Esta topología de sólo routers se puede observar en la figura 3.11, en la que se muestran los resultados obtenidos al realizar el estudio de tráfico de la red Metro Ethernet actual de Puntonet S.A. mostrados en la tabla 3.25, los nodos Principal de Puntonet, el nodo Monjas y el nodo Pichincha, conformarán la capa Core o de backbone de la red MPLS para la empresa Puntonet S.A.

Cada nodo dentro del backbone tiene la obligación de transportar la información conocida a través de los puntos de asociación externos localizados en la capa de distribución.

Toda la información de enrutamiento del cliente y externa debe ser conocida y publicada por toda la red, para que todos los routers de tránsito puedan enrutar correctamente el tráfico.

Para la migración de la red a MPLS será necesario implementar el protocolo BGP, es decir una estructura BGP compleja que incluya la reflexión de la ruta, que no es

otra cosa que rutas BGP intercambiadas entre dos routers que no están directamente conectadas, en los routers dentro de los nodos y también dentro de la red principal.

También se debe considerar que la topología de la red sea de forma jerárquica, para que tenga una reflexión de ruta jerárquica. Esta topología incluye reflexión dentro del nodo desde los routers de capa de acceso a los routers de la capa de distribución.

Cada uno de los routers ubicados en la capa de distribución es un reflector de ruta para los clientes que están enlazados a los nodos secundarios Cotacachi, Cotopaxi, Cananvalle y los puntos de acceso (los routers ubicados en la capa de acceso) y es por sí mismo un cliente de los reflectores de ruta principales.

Cada reflector de ruta principal está en topología de malla completa con cada uno de los demás reflectores de ruta principales, su papel es reflejar rutas desde un router de la capa de acceso hacia todos los demás routers principales y a los demás routers de la capa de acceso.

Puntonet S.A. quiere proporcionar servicios avanzados como redes privadas virtuales, a sus clientes, así como proporcionar la capacidad de distribuir este tráfico a través de su backbone utilizando ingeniería de tráfico.

3.2.4.1.1 Comprobación de la infraestructura de pre-migración

Antes de poder migrar una red a la solución MPLS, a partir de una red de routers pura, se debe tener en cuenta ciertos pasos previos a la misma.

Una de las ventajas de ejecutar MPLS dentro del núcleo de una red de un proveedor de servicios es la capacidad de eliminar la información BGP de los routers de tránsito. Es decir, que todas las rutas cliente se deben transportar dentro de BGP, por varias razones:

- BGP es el único protocolo que puede escalarse a un gran número de rutas; éste es uno de los objetivos de diseño de la red.
- Ya que en el enrutamiento externo se transporta dentro de BGP, la estructura de enrutamiento interno de la red se protege de la influencia exterior.
- Las normas de calidad del servicio se pueden distribuir utilizando BGP, (como QPPB, es decir, propagación de la norma de calidad del servicio para BGP) de modo que ese servicio diferenciado se puede proporcionar a clientes individuales utilizando el atributo de comunidad de BGP.
- La inyección de un gran número de rutas en IGP reduce el rendimiento del protocolo y desemboca en problemas de estabilidad y escalabilidad.

La configuración de las sesiones BGP internas debería incluir el uso del comando *next-hop-self* dentro de la configuración BGP, para que el siguiente salto BGP de las rutas cliente sea una de las direcciones de interfaz l*oopback* del router de borde anunciante. Esto es necesario para que las direcciones de interfaz cliente no se tengan que redistribuir en el IGP de Puntonet S.A. Esto también proporciona un entorno más estable para las sesiones BGP entre routers de borde.

3.2.4.1.2 Requisitos del Envío Expreso de Cisco (CEF)

El siguiente paso es configurar el CEF en todos los routers de la red, como requisito previo a la ejecución de MPLS en un router Cisco, CEF debe estar en ejecución. Al habilitar CEF se debe tomar en cuenta:

- Habilitar la conmutación CEF para crear la tabla FIB.
- Habilitar la conmutación CEF en todas las interfaces del núcleo.

La conmutación de CEF es comúnmente habilitado a nivel del núcleo de un router. Sin embargo, también se puede habilitar en interfaces individuales.

Habilitando las operaciones de CEF o CEF distribuido (dCEF) a nivel global en un router también permite a CEF que en todas las interfaces CEF tenga sus valores por defecto. Si se desea desactivar CEF en una interfaz en particular, se puede hacer sin dificultad.

En situaciones en las que se requiera tener control sobre las etiquetas que asigna el LDP, se puede establecer el rango para el grupo de etiquetas.

CEF es un requisito fundamental de Cisco para la implementación de la arquitectura MPLS y se debe activar globalmente en todos los routers; más no en todas las interfaces del backbone, sólo en aquellas que hacen imposición de etiquetas, tales como las interfaces entrantes de los LSR de borde.

3.2.4.1.3 Direccionamiento de la estructura interna de BGP

La figura 3.13 muestra la topología deseada, en la que BGP sólo está habilitado en los routers de borde. Estos routers ejecutan sesiones iBGP con reflectores de ruta principales, de modo que todas las rutas externas se pueden distribuir satisfactoriamente entre los routers de borde. Todos los routers de tránsito están ahora libres de BGP y únicamente conmutan paquetes en el backbone.

Para poder conseguir esta topología y para proporcionar una migración suave a la solución MPLS, es necesario como paso de la migración ejecutar varias sesiones BGP desde los routers de borde.

Este tipo de enfoque de migración tiene varias consecuencias, la más notable, el incremento en los requisitos de memoria de los routers BGP porque éstos necesitarán alojar múltiples sesiones BGP y aprender varias copias de las mismas rutas. Sin embargo, si se necesita una transición suave y la memoria no es un problema para una fase de migración a corto plazo, entonces este tipo de planeamiento de migración proporciona una transición más suave de una topología BGP a otra.

La adición de sesiones de asociación BGP en los routers de borde no presenta problemas para el protocolo BGP, debido a que los atributos de las rutas son exactamente iguales; la única diferencia es que se han reflejado al router de borde desde un reflector de ruta distinto. Esto significa que cuando los routers del backbone son capaces de conmutar paquetes por etiquetas, las actuales sesiones BGP se pueden eliminar sin peligro de perder tráfico.

3.2.4.2 MIGRACIÓN DE LOS ENLACES INTERNOS DE PUNTONET S.A. A LA TECNOLOGÍA MPLS

Independientemente de la elección de distribución elegida, al tener Puntonet S.A. en su red actual enlaces Ethernet, es necesario utilizar el comando adicional *tag-switching* MTU en la configuración de la interfaz, esto es necesario para permitir que MPLS funcione entre los LSR adyacentes. Este comando permite que el LSR

construya una relación TDP/LDP con cualquier LSR adyacente y que distribuya los enlaces de etiquetas por las sesiones TCP resultantes.

La primera etapa de la migración incluye la habilitación de MPLS en todos los enlaces del backbone, incluyendo todos los routers principales y los enlaces de cada router de borde de la capa core. La consecuencia de esto es que cada uno de los routers de borde aún deberá mantener las rutas BGP, aunque los routers principales ya no necesitan información de enrutamiento BGP porque ellos conmutarán mediante etiquetas todo el tráfico.

La figura 3.13 muestra todas las sesiones BGP necesarias para cada uno de los routers principales, esto se utiliza para reflejar rutas entre los nodos secundarios o puntos de acceso, de modo que la estructura de asociación BGP es esencialmente la misma, incluso aunque los routers principales no necesiten realmente la información BGP para una conectividad satisfactoria entre los nodos secundarios o puntos de acceso.

La segunda etapa de la migración implica habilitar MPLS dentro de cada nodo secundario o punto de acceso de la red. Esto se puede conseguir dentro de un número determinado de nodos secundarios o puntos de acceso. Cuando esta etapa de la migración se haya completado, todo el tráfico que entra en un nodo secundario o punto de acceso será conmutado por etiquetas desde el backbone de Puntonet S.A. hacia el router de borde de salida que originó la ruta dentro del BGP.

3.2.5 DIMENSIONAMIENTO DEL BACKBONE DEL PROYECTO

Luego de realizado el diseño de la estructura de la nueva red MPLS, la que se muestra en la figura 3.14, se procede a realizar el dimensionamiento de la capacidad de transportar la información en el backbone de la red, para los próximos cinco años.

Para realizar este dimensionamiento se considerará el tráfico máximo que actualmente Puntonet maneja en los tres nodos escogidos para el backbone (Nodo Principal, Nodo Monjas y Nodo Pichincha) de la red, mostrado en la tabla 3.25, datos tomados al mes de Septiembre del 2010, también se tomará de base la información de la proyección estadística que maneja el área de proyectos de Puntonet S.A., esta información se muestra en el Anexo B.

Se llega entonces a la conclusión de que existe un crecimiento exponencial anual del 33% aproximadamente, con estos resultados se realiza el dimensionamiento para los próximos cinco años, mostrados en la tabla 3.27.

NODOS	TRÁFICO MÁXIMO ACTUAL (Mbps)	TRÁFICO MÁXIMO 2011 (Mbps)	TRÁFICO MÁXIMO 2012 (Mbps)	TRÁFICO MÁXIMO 2013 (Mbps)	TRÁFICO MÁXIMO 2014 (Mbps)	TRÁFICO MÁXIMO 2015 (Mbps)
Nodo Principal de Puntonet	46.90	62.377	82.961	110.338	146.750	195.178
Monjas	32.10	42.693	56.782	75.519	100.441	133.587
Pichincha	140.50	186.865	248.530	330.545	439.625	584.702

Tabla 3.27 Proyección de tráfico en los nodos considerados en el Backbone MPLS

Para esto será necesario de que Puntonet S.A. adquiera equipos que puedan manejar mayor capacidad de tráfico, ya que para el año 2015 el crecimiento en el mismo será de aproximadamente el 165%, y los equipos que posee actualmente no abastecen esa cantidad de clientes.

3.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS REFERENCIALES

El factor económico es un aspecto importante a considerar sobre el equipamiento a utilizar, por lo que se realizará una descripción referencial de los costos de los equipos que mejor se ajusten a los requerimientos del diseño.
Se realizará un cálculo de costos referencial para los equipos a implementarse en la migración de MPLS. Los costos están tomados al mes de Septiembre del 2010. Se debe mencionar que los costos pueden variar en el mercado dependiendo de las casas comerciales que distribuyen equipos para redes.

Puntonet S.A. al momento cuenta con una infraestructura formada por los siguientes equipos, como lo muestra la tabla 3.28:

NODO	CAPA DISTRIBUCIÓN	EQUIPOS CORE	MARCA	SOPORTA MPLS
Monjas	WS-3560G-48TS	NO	CISCO	SI
Pichincha	WS-C3560G-48TS-S/E	NO	CISCO	SI
Matriz	NO	WS-C3550-48-SMI	CISCO	NO

Tabla 3.28 Routers ubicados actualmente en los nodos considerados para el Backbone MPLS[*]

3.3.1 EQUIPOS PARA LA CAPA CORE

Los equipos para la capa Core deben cumplir ciertos requerimientos, entre otros los siguientes:

[*] Tabla tomada de los datos de los equipos de Puntonet S.A.

- Soporte tecnología MPLS.
- Funcionalidad de MPLS, con manejo de VPNs
- Velocidad mayor a 1Gbps.
- Puertos Gigabit Ethernet autosensing 10/100/1000 Mbps.
- Soporte de protocolos en capa 2 como: VLAN Trunk Protocol (VTP)
- Manejo del estándar 802.1q.
- Soporte de protocolos en capa 3 como: OSPF y BGPv4.
- Soporte de protocolos de señalización como: RSVP y LDP.

En la tabla 3.29, se muestran equipos de tres diferentes marcas comerciales que soportan la tecnología MPLS entre sus principales características, además de la comparación de sus demás características y costos

	Cisco Catalyst ME 6524	Alcatel 7670 RSP Routing Switch	Marconi ASX 4000
Soporta MPLS	SI	SI	SI
Especificaciones de Señalización MPLS	RSVP, LDP TDP	RSVP-TE	RSVP-TE, LDP
Máximo número de LSP simultáneos activos	LSPs por tarjet 60k	LSP por IP de servicio 10k	LSP por nodo 10K
Maneja MPLS VPN	SI	Solo maneja MPLS, no soporta VPN	SI
Balanceo de carga sobre LSP	SI	SI	SI
Máximo número de LSPs	4k	64k	10k

entre dos LERs			
Realiza QoS en el Core MPLS	SI	NO	Si, por IntServ
Soporta staking de etiquetas	Si, de acuerdo al RFC 3031	NO	NO
Configuración automática de LSP entre nodos	SI	Si, por RSVP-TE, OSPF	Manejo de LSP estática y dinámica.
Velocidad de Backplane	720 Gbps por slot	50 Gbps por slot	40Gbps en módulos de10 Gbps.
COSTO (sin IVA)	$ 117.000,00	$ 120.000,00	$ 119.000,00

Tabla 3.29 Comparación de equipos considerados para la capa Core.[*]

Como ya se mencionó anteriormente Puntonet S.A., prefiere por su infraestructura actual y su compatibilidad, por poseer casi un 80% en equipos Cisco, al igual que por su costo y características, equipos marca Cisco. Es decir que para la estructura de la capa Core se escogerá el equipo Cisco Catalyst ME 6524, por todo lo mencionado anteriormente.

3.3.2 EQUIPOS DE BORDE MPLS

En la tabla 3.30 se muestra equipos de diferentes marcas comerciales con características para ser utilizados como equipos de borde del backbone, tanto para el tráfico entrante como saliente.

Se presentan tres alternativas, cuyas características generales son:

- Ofrecer Qos y servicios de MPLS.

[*] Características y valores tomados de las fuentes [26], [28] y [29].

- Manejo de VRFs.
- Interfaces Gigabit Ethernet.
- Protocolos de enrutamiento.

Equipos	Lucent PacketStar PSAX4500	Cisco 7204 VXR	Marconi AS 4000M
Descripción general	Es un portador de la plataforma de acceso diseñado para manejar servicios de Banda Ancha, con capacidad de conmutación rápida. Tiene un gran número de interfaces y módulos para diferentes aplicaciones. Entre los protocolos que soporta se tiene DS3, E3 y STS-1e a través de los módulos de expansión	Es un ruteador ofrece un excepcional rendimiento, es el ideal de Servicios de agregación WAN/MAN que se los puede usar como equipos de borde en una red, es ideal para el uso en redes MPLS, soportado también otros protocolos como: Ethernet, ATM, entre otros, se caracteriza porque brinda Calidad de Servicio.	Está diseñado específicamente para satisfacer las exigentes necesidades y las aplicaciones que se usan en banda ancha, usado en redes WAN por grandes empresas, como equipo de borde.
Puertos	• 12 puertos modulares DS1/E1 • 24 puertos modulares DS1 multiservicios • 21puertos de alta densidad para el manejo de E1s multisevicios •1 puerto óptico APS/MSP. •4 puerto óptico STM-1. • 12 puertos ópticos DS1 IMA • 21 puertos E1 IMA • 1 puerto óptico DS3	•48 puertos Ethernet 10BaseT. •30 Puertos Ethernet 10Base FL. •4 puertos para adaptación de Slots de expansión con capacidad óptica. •4 puertos para manejo ATM. •16 puertos para manejo de Token Ring (FDX,HDX). •32 puertos multicanal T3	•Interfaces OC-48c/STM-4. •Interfaces OC-3c/STM-1. •Puertos que soportan T1/E1. •12 Puertos Gigabit •8 puertos Fast Ethernet.

	IMA		
Protocolos de de red	• Ethernet con capacidad de Spanning Tree • Multiprotocol sobre AAL5 • RIPv1/2 • IP multicast • PPP, MLPPP • OSPFv2 • TDM, ATM, Ethernet • Diffserv QoS • DHCP relay	• ARP, IPCP, IP forwarding MPLS • IPv6 EIGRP, IGRP, IS-IS, OSPF • BGP, PIM, y RIP • IP, IP sobre ATM • TCP • PPP • SNMP	Protocolos de señalización LDP y RSDP-TE.• MPLS • ATM • Ethernet • OSPFv2
Características MPLS	• IP/MPLS	•MPLS VPN. •MPLS QoS. •MPLS Ingeniería de Tráfico. •Cualquier transporte sobre MPLS.	• MPLS Qos • MPLS Ingeniería de tráfico
VRF	No soporta VRF	Maneja hasta 2000 VRFs	No soporta VRF
VLANs	No soporta VLAN	Maneja hasta 1024 VLANs por puerto	No soporta VLAN
COSTO (sin IVA)	$ 999,00	$ 19.000,00	$ 23.746,00

Tabla 3.30 Comparación de equipos considerados para el contorno del Backbone MPLS[*]

Por sus características y sobre todo compatibilidad con los demás equipos de la estructura de red se escoge el equipo Cisco 7204 VXR.

[*] Características y valores tomados de las fuentes [18], [24] y [28].

Lo que se debe también tomar en cuenta es que el equipo Cisco 7204 VXR puede manejar fibra óptica ya que Puntonet S.A. tiene una buena parte de su red de acceso y transporte con tecnología de fibra óptica.

3.3.3 EQUIPOS PARA LA CAPA DE DISTRIBUCIÓN

La tabla 3.31, muestra al igual que en los casos anteriores la comparación de tres equipos de diferentes fabricantes. Se ha encontrado una lista de productos con sus costos y características para la capa de distribución. Incluyendo el equipo que Puntonet S.A. tiene en la actualidad.

Para ser un equipo de distribución debe cumplir con ciertas características, como:

- Capacidad de manejo de enlaces de gran capacidad.
- Manejo del protocolo Spannig Tree.
- Manejo de puertos alta velocidad.
- Manejo de puertos con mayor alcance.

A continuación se muestra una comparación de equipos considerados para la Capa de Distribución:

Equipo	Cisco Catalyst 3750 WS-C3750G-12S-SD	Dell PowerConnectTM 6224F	WS-3560G-48TS (PUNTO NET)
Descripción general	Este switch está diseñado para manejo en capa 2 y 3 con un alto performance, maneja niveles bajos de potencias y posee 128 MB de memoria DRAM, y 16 MB de memoria Flash. Tiene posibilidad de brindar Calidad de Servicio y está diseñado para manejar grandes concentraciones de tráfico.	Cuenta con capacidades de conmutación central avanzadas y toda la conectividad de fibra para la red troncal y para la conectividad de largo alcance. Este conmutador de nivel 3 de 24 puertos Gigabit Ethernet es apilable, ofrece enlaces ascendentes 10 Gigabit Ethernet opcionales y admite la última versión del Protocolo de Internet, IPv6, las características de seguridad avanzada y Calidad de Servicio (QoS).	Con una gama de configuraciones de Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, el Catalyst 3550 Series puede servir tanto como un interruptor poderosa capa de acceso para las medianas empresas armarios de cableado, como un interruptor de red troncal para redes de tamaño medio, y también por el borde de las redes de acceso de metro
Interfaces	12 puertos Gigabit de largo alcance. 16,24, 48 puertos 10 Base T, dependiendo de los slots de adaptación. 12 puertos 1000 Base SX 10 Gbase ER 10 Gbase LR	4 puertos combo para cobre o soporte de medios SFP. Módulos de enlace ascendente 10 Gigabit Ethernet. Módulo de apilamiento de 48 Gbps.	Cantidad de puertos: 48 Puerto Fast Ethernet: Sí Interfaces / Puertos: 48 x RJ-45 10/100Base-TX LAN Interfaces / Puertos: 1 x RJ-45 Management Console
Protocolos	Protocolos de capa 2 y 3 IPv6, OSPF, IGRP, BGPv4. Cuando se maneja en capa 3 maneja mayor cantidad de VLANs que	Rutas estáticas RIP, RIPv2, OSPF. ICMP, IRDP. VRRP, ARP, IGMP, DVMRP. DHCP.	RIP v2.0, NTP, PIM, DNS,STP , TFTP ,HSRP, CGMP , ARP ,DVMRP, IGMP ,DHCP

	en capa 2		
Spannig Tree	Spanning Tree y Rapid Spannig Tree	Spanning Tree y Rapid Spannig Tree	Spannig Tree
Manejo de Mac Address	Máximo de 12000 Mac Address	Máximo 16000 Mac Address.	8K MAC Addresses
Medios de comunicación y de rendimiento	Velocidad de conmutación 32Gbps Rendimiento: Velocidad de envío de 38.7Mpps pila de paquetes de 64 bytes Rendimiento: Velocidad de envío de 17.8Mpps	120 Gbps.	13.6Gbps estructura de conmutación Rendimiento: Ancho de banda 6.8Gbps Transmisión en la Capa 2 y Capa 3 Rentabilidad: Tasa de Transmisión 10.1Mpps de 64-byte Packplane
Hardward	128 MB de memoria DRAM. 16 MB de memoria Flash.	256 MB de CPU SDRAM. 32 MB de memoria flash.	Standard Memory: 64MB Flash Memory: 16MB
COSTO (sin IVA)	$ 4.536,42	$5.000	$4,555.00

Tabla 3.31 Comparación de equipos considerados para la capa de Distribución[*]*.*

En la tabla 3.31, se puede observar que todos los equipos son similares en sus características, se escoge el equipo Cisco Catalyst 3750 ya que es el que mejor se adapta a los requerimientos establecidos anteriormente y que incluso es más económico en comparación con el equipo del que ya dispone la empresa, pero que por sus características deberá ser reemplazado.

[*] Características y valores tomados de las fuentes [26], [28] y [29].

3.3.4 EQUIPOS PARA LA CAPA DE ACCESO

Los equipos para ser de capa de acceso deben cumplir con ciertos requerimientos como:

- Manejo del protocolo Spanning Tree.
- Control de ancho de banda por puerto.
- Puertos Ethernet y puertos Gigabit.
- Operación en capa 2 y capa 3.
- Bajo consumo de potencia.
- Manejo de varias direcciones MAC.
- Manejo de VLANS.
- Manejo de puertos Half Dúplex y Full Dúplex.

En la tabla 3.32 se muestra al igual que en los casos anteriores, la comparación de las características y costo de tres equipos de diferentes marcas comerciales.

Luego de realizada la comparación entre las características de estos tres equipos se escoge los dos equipos Cisco WS-C3560G, no solo porque cumplen con los requerimientos necesarios para la capa de acceso, sino también porque Puntonet S.A. cuenta actualmente con estos equipos en la infraestructura de su red y por lo tanto se evitaría este gasto.

EQUIPO	Linksys Switch SRW2048	CISCO WS-C3560G-48TS-S (PUNTONET)	CISCO WS-C3560G-48TS-E (PUNTONET)
Descripción general	Soporta aplicaciones en tiempo real como voz y video manejando QoS, fiabilidad de conexiones en cascadas para manejo de alta densidad de tráfico. Maneja interfaz de usuario WEB incorporada, Monitorización remota. Basa su funcionamiento en direcciones MAC permitiendo un máximo de 4096. Permite un máximo de 4 enlaces de gran capacidad a través de los 4 puertos Gbic.	Es un switch de acceso capa ideal para el acceso LAN, listas de control de acceso (ACL), la gestión de multidifusión, y el período de alto rendimiento de enrutamiento, mientras que mantiene la simplicidad de la conmutación LAN tradicionales.	Pueden desplegar servicios inteligentes de red amplia, como avanzada de la calidad de servicio (QoS), limitación de tasa, listas de control de acceso (ACL), la gestión de multidifusión, y el período de alto rendimiento de enrutamiento, mientras que mantiene la simplicidad de la conmutación LAN tradicionales
Hardware MEMORIAS	64 MB de DRAM y 8 de memoria Flash	• Memoria Estándar: 128MB • Tecnología de memoria: DRAM • Memoria Flash: 32 MB	• Memoria Estándar: 128MB • Tecnología de memoria: DRAM • Memoria Flash: 32 MB
Interfaces	• Maneja 48 puertos 10/100/1000 con auto negociación. • Posee 4 puertos Gigabit	• Configurable hasta 11.000 rutas unicast. • Configurable hasta 1000 grupos IGMP y rutas de multidifusiónRuido acústico: 48 dBADC	• Avanzada de enrutamiento IPConfigurable hasta 11.000 rutas unicast. • Configurable hasta 1000 grupos IGMP y rutas de multidifusión

	Ethernet. • Puertos configurables para enlaces con variaciones de velocidad	tensiones de entrada (Input RPS): 10.5a • Potencia nominal: 0,16 kVA	
Control de ancho de banda	Control de ancho de banda por puerto	Control de ancho de banda por puerto	Control de ancho de banda por puerto
Manejo de VLAN	Hasta 256 VLANs	Cuatro mil identificadores de VLAN se admiten, Hasta 1024 VLANs por conmutador o pila y hasta 128 instancias de spanning-tree por switch son compatibles	Cuatro mil identificadores de VLAN se admiten, Hasta 1024 VLANs por conmutador o pila y hasta 128 instancias de spanning-tree por switch son compatibles
Protocolos	Manejo de protocolos Spanning SPT, RSPT, MSTP. IGMP	Protocols: ARP TCP/IP, MSTP, STP, ACACS+ , NTP, SSH, SNMP, WCCP, PAgP , DTP, DHCP, LACP, PIM-SM, RIP v2.0, PIM-DM	Protocols: SNMP, Telnet, TACACS+ , TCP/IP, SSH, NTP, TFTP, RADIUS, ARP, MSTP, STP, DVMRP, EIGRP, GP v4, PIM-M, PIM-SM, RIP, WCCP, LACP, DHCP, DTP, PAgP, RSTP, UDLD, HSRP, IGRP, OSPF, RIP v1.0, RIPv2.0
COSTO (sin IVA)	$ 3.094,00	$ 4.000,00	$ 6.133,75

Tabla 3.32 Comparación de equipos considerados para la capa de Acceso[*]*.*

[*] Características y valores tomados de las fuentes [18], [28] y [29].

3.3.5 EQUIPOS TERMINALES PARA EL LADO DEL CLEINTE (CPE)

Estos equipos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Manejo de enrutamiento IP.
- Manejo de VLAN.
- Interfaces Ethernet.

En la tabla 3.33 se muestra, la comparación de las características y costo de tres equipos utilizados en la red MPLS como equipos terminales CPE, de diferentes marcas comerciales.

EQUIPO	Router 3COM 3012	CISCO 811 (PUNTONET)	CISCO SB 101
Descripción general	Proporciona routing de acceso a la WAN, ofrece un alto procesamiento para enlaces de banda ancha, soporta el manejo de voz, datos y video.	El router entrega de manera inteligente servicios concurrentes altamente seguros, ofreciendo a los clientes de oficinas pequeñas un sistema único y resistente, ideal para trabajar en banda ancha.	Ruteador diseñado para aplicaciones en empresas medianas y pequeñas, permite la transmisión de voz, datos y video, operando con un amplio desempeño, seguridad y flexibilidad.
Manejo de enrutamiento IP	SI	SI	SI
VLAN	SI	SI	SI
Alimentación	110-120V	110-120V	110-120V

Interfaces	2 interfaces Ethernet 10/100	8 interfaces Ethernet 10/100	4 interfaces Ethernet 10/100
Hardware	64 MB de memoria RAM, 8 MB de memoria Flash	128 MB de memoria RAM, 32 MB de memoria Flash	64 MB de memoria DRAM, 12 MB de memoria Flash
COSTO (sin IVA)	$ 450,00	$ 144,00	$310,00

Tabla 3.33 Comparación de equipos considerados para la parte terminal del cliente CPE[*]

Éstos son los equipos que permiten la conexión de la red LAN del cliente con la red de Puntonet S.A. Este equipo depende de los requerimientos del cliente al igual que del tipo de acceso contratado.

Como se muestra en la tabla 3.32 los equipos terminales Cisco tienen mejores características frente al equipo 3COM.

3.3.6 COSTOS TOTALES REFERENCIALES

En esta parte del capítulo se realizará el cálculo de costos referenciales estimado para todos los equipos a utilizarse en la migración de la red MPLS según el diseño propuesto en este proyecto.

[*] Características y valores tomados de las fuentes [27], [28] y [29].

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Cisco Catalyst ME 6524	1	117.000,00	117.000,00
Cisco 7204 VXR	2	19.000,00	38.000,00
Cisco Catalyst 3750	6	4.536,42	27.218,52
Total (sin IVA):			182.218,52

Tabla 3.34 Costos de equipos

En la tabla 3.34 se exponen los costos parciales y el costo total de los equipos a adquirir, cabe mencionar que este cálculo se lo hace con fecha referencial.

Los costos expuestos pueden diferir según los fabricantes y las casas comerciales.

Puntonet S.A. en su infraestructura actual tiene equipos Cisco 3560-48TS que pueden ser utilizados para este proyecto tanto para la capa de acceso como para la distribución.

Puesto que Puntonet S.A. ya cuenta con equipo terminal Cisco 811 en cada uno de los clientes, no se tendrá que realizar gastos adicionales contribuyendo a que el costo total sea mucho menor.

Se debe tomar en cuenta costos como instalación de equipos, instalaciones eléctricas, migración, etc., esto se detalla a continuación en la tabla 3.34, así como el costo total referencial del proyecto presentado.

Los costos expuestos en la tabla 3.35 son costos promedio referenciales, de valores encontrados en el mercado.

DETALLE	COSTO TOTAL (USD)
Equipos	182.218,52
Instalación de equipos y adecuaciones eléctricas	6.300,00
Diseño de la red	2.000,00
Soporte Técnico de Ingeniería	1.200,00
Configuración	5.400,00
Mantenimiento	1.800,00
Software	5000,00
TOTAL	203.918,52

Tabla 3.35 Costo total del proyecto

El costo de la instalación de equipos y adecuaciones eléctricas es de USD 700,00 por punto, al tener nueve puntos a instalar (capa de core y la capa de distribución) tenemos un total de USD 6300,00.

El mantenimiento se le da igualmente a cada uno de los puntos, el valor por equipo es de USD 200,00, dando un total de USD 1800,00.

El costo en configuración por punto es de USD 600, ya que se configurará entre otras utilidades túneles para MPLS, se tendrá entonces un total de USD 5400.

Se tiene costo del software de equipos Cisco ya que se deberá actualizar el software existente en los equipos que posee actualmente Puntonet S.A.

El costo total para la implementación de la infraestructura de este proyecto es USD 203.918,52. Este valor variará dependiendo del tiempo en que se lo implemente, el mismo que está sujeto a una evaluación previa dependiendo de la relación entre el costo total y los beneficios a obtener.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Una vez realizado el diseño para la migración de la red actual de la empresa Puntonet S.A. a la tecnología MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), se tienen algunas conclusiones detalladas a continuación:

- Este proyecto de titulación está dedicado al diseño para la migración de la red de Puntonet S.A. en la ciudad de Quito, con el fin de proporcionar una mejor calidad en el servicio a sus clientes.

- La tecnología MPLS ofrece mayores y mejores ventajas que las tradicionales redes de transporte a nivel de flexibilidad, escalabilidad, soporte y coste.

- La creatividad de los ingenieros y diseñadores de redes ha enseñado que el paradigma de la conmutación aporta mayor escalabilidad de redes, mayor control en la QoS y, lo que más importa a las empresas, mayor control sobre la Ingeniería del Tráfico (administración y gestión de recursos). Siendo MPLS, una tecnología que engloba todas estas características.
- El mercado de las telecomunicaciones en cuanto a transporte de datos está buscando mejores alternativas, llegando a combinar la inteligencia de las redes LAN capa 3 con la velocidad de las redes WAN capa 2 mediante la tecnología MPLS.

- Desde el punto de vista de Puntonet, se debe considerar la necesidad de brindar los beneficios ofrecidos a sus clientes, sin que ellos se enteren si quiera de la tecnología que está siendo utilizada en el backbone, es decir ésta es transparente para ellos.

- La empresa Puntonet brinda sus servicios de telecomunicaciones a los clientes en su mayoría mediante enlaces de radio Punto a Punto y Punto a Multipunto, es por esto que su red necesita de una tecnología que soporte esta topología, mediante MPLS se puede tener una topología virtual que sea capaz de soportar el gran número de enlaces necesarios para satisfacer los requerimientos de todos los clientes.

- En este proyecto de titulación, se ha descrito los procesos a seguir al momento de diseñar la red de la empresa Puntonet S.A., tanto de backbone como de distribución y acceso; también se ha propuesto algunos lineamientos acerca de cómo comenzar a migrar la red actual de esta empresa.

- Se empezará a migrar la red actual primero en Quito y en los tres nodos más importantes, por su mayor flujo de tráfico frente a los demás nodos, nodo Pichincha, nodo de Monjas y el nodo principal de Puntonet, para que no haya muchos inconvenientes al momento de desactivar la tecnología anterior y activar la nueva tecnología; luego se migrará los demás nodos que forman parte del backbone de la red de la empresa en Quito y los cantones aledaños; finalmente se migrará las provincias para luego formar una gran red MPLS a nivel nacional.

- Una de las principales ventajas que provee la tecnología MPLS es la asignación de etiquetas que inserta en la cabecera de los paquetes a transportar, ya que estas etiquetas solo tienen significado local en los routers conmutadores siendo la base en la conmutación de paquetes y ya que se limita a examinar las etiquetas en el paquete a transportar hace la conmutación mucho más rápida.

- MPLS necesita de un protocolo para poder distribuir las etiquetas y establecer trayectorias de conmutación de etiquetas llamados LSPs. Esta trayectoria simula un circuito el que es unidireccional desde el emisor hacia el receptor.

- La tecnología MPLS es bastante segura ya que al establecer LSPs entre los routers, no se permite que los datos transportados se desvíen hacia lugares no establecidos por el administrador de red, además cuando estos datos son conmutados en un dispositivo no son vistos por las capas superiores excepto por el módulo de envío MPLS, que cambiará la etiqueta según la tabla de enrutamiento del LSR, lo que evitará cualquier tipo de amenaza de intrusión.

- La ventaja de MPLS ante las tecnologías tradicionales es la manera en la que se asignan las etiquetas y la capacidad de añadir un stack de las mismas a cada paquete, además de la capacidad de combinar los beneficios de la conmutación de capa 2 con los beneficios del enrutamiento de capa 3 para la conmutación de etiquetas. Por todas estas ventajas se puede concluir que es la tecnología apropiada para la red de este proyecto.

- La conmutación basada en etiquetas de la tecnología MPLS, permite que los routers puedan tomar decisiones de conmutación en base a la información contenida en la etiqueta, en vez de realizar una compleja decisión de enrutamiento.

- En la migración de la red de la empresa Puntonet S.A. a la tecnología MPLS, para los clientes será totalmente transparente, ya que éstos tendrán solamente conocimiento de la red de última milla más no de la red total.

- Puntonet S.A. al contar en su infraestructura actual con equipos que pueden ser reutilizados en la red MPLS, en las capas de Distribución, Acceso y como equipos terminales, el costo total del proyecto baja considerablemente, ahorrándole a la empresa, lo que es importante dentro de los objetivos finales.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que este diseño sea utilizado como modelo para las redes de Puntonet S.A. en las demás provincias en donde tiene cobertura, ya que estas redes tienen una infraestructura similar a la de Quito.

- Se recomienda la implementación de este proyecto para poder brindar a los usuarios un servicio de Internet y transmisión de datos de calidad en el Distrito Metropolitano de Quito, pues se diseña en base a una infraestructura ya montada operando con tecnología de punta.

- Sería recomendable y conveniente la utilización de GPON y GEPON como medio de acceso y no sólo en el backbone, para brindar una mejor calidad de servicio.

- La coordinación en el momento de la migración de los clientes es fundamental para evitar perjudicar al usuario con prolongados cortes en el servicio, por lo que se recomienda una planificación minuciosa que incluya una etapa de prueba exhaustiva a fin de evitar inconvenientes a la hora de poner en marcha el funcionamiento de esta nueva tecnología.

- Cuando se tiene una red de proveedor de servicios, como lo es la empresa Puntonet S.A. funcionando, es recomendable realizar una medición de tráfico por cada sitio de la VPN, para realizar las correcciones necesarias tales como: la capacidad del canal contratado, la actualización del hardware o software del equipo que se usa en la VPN. Se puede recomendar que los enlaces sean sobredimensionados en el momento del diseño, para garantizar el cumplimiento de los SLAs, con la desventaja de que se incurre en gastos adicionales ya que al sobredimensionar cada enlace se corre el riesgo de que esto no se tome en cuenta al momento de dar el servicio y éste sea utilizado hasta sus límites costándole más a la empresa.

- Para tener una mejor administración, manejo y facilitar la identificación del ruteador de core o principal ubicado en el nodo matriz de Puntonet S.A. debe ser etiquetado, ya que al estar en el cuarto de equipos podría demorar su búsqueda si se presentan inconvenientes y retrasar la oportuna intervención.

- Se recomienda que si se desea implementar este proyecto se debe tomar en cuenta que en el mismo sólo se realizó una estimación de costos de los requerimientos de la red, más no un análisis completo todos de los gastos que implican migrar de la red actual a la nueva red.

GLOSARIO

ARCOS: *Americas Region Caribbean Optical-ring System*, es un cable submarino de más de 8.600 kilómetros de longitud, que conecta a todos los países de Centroamérica, las Antillas y el Caribe con Estados Unidos, con la única excepción de Cuba.

ARP: *Address Resolution Protocol*, es un protocolo de nivel de red responsable de encontrar la dirección del hardware (Ethernet MAC) que corresponde a una determinada dirección IP.

Asignación dinámica de IP. Los proveedores de acceso cuentan con un número limitado de direcciones IP y cuentan con más clientes que direcciones.

ATM: *Asyncronous Transmision Mode*. Modo de Transmisión Asíncrona. Sistema de Transmisión de datos orientado a conexión, usado en banda ancha para aprovechar al máximo la capacidad de una línea. [6], [1].

Autenticación. Generalmente mediante una clave de acceso.

Beepers o *Pagers*: Es un dispositivo RF o de radio frecuencia que permite al usuario del localizador recibir mensajes de información en una frecuencia específica sobre una red especial de estaciones base de radio [11].

CIR: *Commited Information Rate*. Tasa de Información Comprometida. Es el Caudal Mínimo de información que garantiza el operador telefónico al cliente (normalmente el proveedor de acceso) el resto del ancho de banda está pues sujeto al estado de la red y las necesidades del operador telefónico. [6]

DHCP: *(Dynamic Host Configuration Protocol)* Protocolo y Configuración Dinámica de Servidor, es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. Se trata de un protocolo de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van estando libres, sabiendo en todo momento

quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado después.

DSL: *Digital Subscriber Line*. Línea de Abonado Digital. Tecnología que permite una conexión a una red con más velocidad a través de las líneas telefónicas. [5]

ETHERNET: Fue desarrollado originalmente por Metcalfe, especialista en comunicaciones de *Xerox Corporation* entre 1972 y 1973.

EVC: *Ethernet Virtual Connection*, es una conexión usada en Ethernet. Un EVC es la asociación entre una o más interfaces UNIs. Es un tubo virtual que proporciona al usuario servicios extremo a extremo atravesando múltiples redes MEN (Metro Ethernet Network). Tiene dos funciones: Conectar dos o más sitios (UNIs) habilitando la transferencia de tramas Ethernet entre ellos e Impedir la transferencia de datos entre usuarios que no son parte del mismo EVC, permitiendo privacidad y seguridad [5].

Frame Relay: es un protocolo de enlace, funciona mediante un circuito virtual permanente muy usado para dar conexión directa a Internet, es decir es una red orientada a la conexión sin controles de error ni de flujo. [6], [1].

IGP: *Inside Gateway Protocol*. Protocolo de puerta de enlace interior. Algoritmo de enrutamiento dentro de un sistema autónomo. [1]

Interfaz *loopback*: Es una interfaz virtual que no corresponde a un puerto físico. Puede ser utilizada para diferentes propósitos, pero algunos de los más populares implican la gestión de direcciones IP, ID de enrutador para varios protocolos, tarjetas de identificación para las relaciones inter pares persistentes vecino, etc.

IPSec: IP security. Conjunto de protocolos para la seguridad en comunicaciones IP mediante la autentificación y/o encriptación de cada paquete IP. [5]

IS-IS: *Intermediate System - Intermediate System*. Sistema intermedio-sistema intermedio. Básicamente distribuye una imagen de la topología de enrutadores, a partir de la cual se calculan las rutas más cortas. [1]

LAN: *Local Area Network*, Redes de Área Local, son redes de propiedad privada que se encuentran dentro de un edificio o en un campus de pocos kilómetros de área [1].

MAC: *Media Access Control*. Control de Acceso al Medio. Protocolo que define las condiciones en las cuales las estaciones de trabajo acceden al medio, su uso está difundido en las LAN. [6]

MEF: *Metro Ethernet Forum*. Organismo dedicado únicamente a definir Ethernet como servicio metropolitano. [3]

Next-hop-self: comando utilizado en los routers Cisco en combinación con el comando *update-source* dentro de la configuración BGP, para crear un vínculo entre las rutas cliente y las interfaces *loopback* del router de borde anunciante.

nIP: Datos o número de identificación de las personas, utilizable para transacciones por Internet.

NSP: *Network Service Provider.* Es la infraestructura de red que posee un proveedor de servicio.

OSPF: *Open Shortest Path First*. Abrir Primero la ruta mas corta. Protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior. [1]

Packeter Shaper: Conformación de tráfico, es el mecanismo que permite a la estación transmisora especificar la prioridad y el throughput de la información (paquetes) que ingresa en la red, y luego monitorear el avance de la información para cumplir con los niveles de servicio exigidos. No se conforma la estructura de los paquetes en sí (salvo eventualmente algún bit de prioridad), sino su movimiento en la red [19].

PBX: *(Private Branch Exchange) o PABX (Private Automatic Branch Exchange) Central secundaria privada automática*, es cualquier central telefónica conectada directamente a la red pública de teléfono por medio de líneas troncales para gestionar, además de las llamadas internas, las entrantes y/o salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica.

PID: Identificador del Protocolo, es un campo que normalmente no se visualiza. Tiene una longitud de 8 bits y sólo está presente en los paquetes de información.

PPP: *Point to Point Protocol.* Protocolo Punto a Punto. Provee las conexiones sobre los circuitos síncronos o asíncronos, entre router y router, o entre host y la red. Protocolo Internet para establecer enlace entre dos puntos. [6]

PPP: *Point-to-Point Protocol*, el protocolo PPP permite establecer una comunicación a nivel de enlace entre dos puntos. Además del simple transporte de datos, PPP facilita dos funciones importantes:

PVC: *Permanent Virtual Circuit*. Circuito Virtual Permanente. Línea punto a punto virtual establecida normalmente mediante conmutaciones de carácter permanente. Es decir a través de un circuito establecido. [6]

QPPB: QoS Propagación de la Política vía BGP, es un mecanismo que permite la propagación de la política y de la clasificación de QoS, basado en las listas de acceso.

RIP: *Routing Information Protocol*. Protocolo de Información de Routing. [6]

RSVP: *Resources ReSerVation Protocol*. Protocolo de reservación de recursos. Permite que varios emisores transmitan a múltiples grupos de receptores, y que receptores individuales cambien de canal libremente, optimiza el uso del ancho de banda y elimina la congestión. [1]

SAC: *South American Crossing*, un anillo de cuatro pares de fibras ópticas que comprende toda América del Sur [18].

SDH: *Synchronous Digital Hierarchy*. Jerarquía Digital Sincrónica. Es una norma para el transporte de datos en telecomunicaciones formulado por la Unión de Telecomunicaciones Internacional (ITU). [6]

SLA: *Service Level Agreement*. Acuerdo de nivel de Servicio, este acuerdo se da entre el operador de servicios de telecomunicaciones y el subscriptor.

SNMP Traffic Grapher: *E*s una herramienta completa basada en la solución gráfica, del tráfico

SNMP: *Simple Network Management Protocol*, protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. Es parte de la familia de protocolos TCP/IP. SNMP permite a los administradores supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver sus problemas y planear su crecimiento [10].

SPANNING TREE: Protocolo de red de nivel 2 de la capa OSI. [6]

TCP/IP: *Transmition Control Protocol / Internet Protocol*. Protocolo de Internet/ Protocolo de Control de Transmisión. Serie de protocolos diseñados por DARPA en los Estados Unidos en los años 70, para dar soporte a la construcción de redes interconectadas a nivel mundial. TCP corresponde a la capa de transporte del modelo OSI y ofrece transmisión de datos. El IP corresponde a la capa de red y ofrece servicios de datagramas sin conexión. Su principal característica es comunicar sistemas diferentes. [6]

TDM: *Time Division Multiplexing*. Técnica de multiplexado en tiempo para combinar canales de datos. [6]

ToS: Es un conjunto de cuatro indicadores de un bit de la cabecera de IP. Si uno de estos indicadores de bit vale 1, un indicador puede manipular el datagrama de forma diferente del caso en el que ningún indicador valiera 1. Cada uno de estos cuatro bits tiene un propósito diferente y sólo uno de los bits de ToS puede valer 1 al mismo tiempo, las combinaciones no están permitidas. Estos bits permiten que la aplicación que transmite los datos informe a la red del tipo de servicio de red que requiere.

WWW: World Wide Web, Tela de araña mundial. Sistema de arquitectura cliente-servidor para distribución y obtención de información en Internet, basado en hipertexto e hipermedia. [6]

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS:

LIBROS Y MANUALES

- [1] TANENBAUM, Andrew, “Redes de Computadoras” , 4ta Edición, Prentice Hall, México,2003
- [7] PEPELNJAK, Ivan. GUICHARD, Jim. “Arquitecturas MPLS y VPN”, 1ra Edición, Pearson Educación, S.A., Cisco Press, Madrid, 2003
- [8] CISCO SYSTEMS. Información proporcionada por la empresa Andean Trade. TRUJILLO, Gerardo.
- [10] SIMONEAU, Paul, “SNMP network management”, Edición Ilustrada, McGraw- Hill Series on Computer Communications, 1999
- [21] ARIGANELLO, Ernesto, BARRIENTOS SEVILLA, Enrique “Redes CISCO CCNP a fondo. Guía de estudio para profesionales”, Editorial RA-MA Editorial, 2010.
- [22] Rosen, E., Callon R., Viswanathan A., RFC 3031 “Multiprotocol Label Switching Architecture” (http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt)

PROYECTOS DE TITULACIÓN

- [4] CANALIS, María Sol. MPLS “Multiprotocol Label Switching”: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI. Dpto. Informática Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. Argentina.

ARTÍCULOS E INTERNET

- [2] dialnet.uniroja.es/servlet/articulo?codigo=1112911
- [3] www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/53/enfoque1.html
- [5] www.coit.es/publicaciones/bit/bit149/64-66.pdf
- [6] www.angelfire.com/biz/HUMBERTOLOTNAVARRO/glosario.html
- [9]www.idg.es/pcworldtech/mostrarArticulo.asp?id=177545&seccion=comunicaciones
- [11] inventors.about.com/od/pstartinventions/a/pager.htm
- [12] www.puntonet.ec
- [13] www.red2000.com.mx/inalambrico/1.jpg
- [14] www.ratesdirect.co.za/toolfaq/admin/attachments/dial-up-connection.jpg
- [15] www.transnexa.com/contenidos/compania.htm#
- [16] www.hightechsys.net/index-2.html
- [17] www.angelfire.com/biz/HUMBERTOLOTNAVARRO/glosario.html
- [18] www.rnp.br/es/noticias/2000/not-001208.html
- [19]www.proz.com/kudoz/english_to_spanish/tech_engineering/64464-packet_shaper.html
- [20] www.cisco.com/warp/public/121/mpls_arm_pvp_24853.pdf
- [23] http://telcom2006.fing.edu.uy/trabajos/mvdtelcom-009.pdf
- [24]http://www.cisco.com/en/US/products/hw/univgate/ps501/products_data_sheet09186a0080091ef2.html

- [25] http://www.tp-link.com/es/products/productDetails.asp?class=mc&pmodel=MC111CS
- [26] www.superwarehouse.com/Cisco_Catalyst_3550_48_Switch/WS-C3550-48-SMI/ps/29643
- [27] www.usedcisco.com/products/search?query=3COM
- [28] es.hardware.com/tienda/cisco/WS-C3560-48TS-S
- [29] www.usedcisco.com/cisco/WS-C3560G-48TS-S

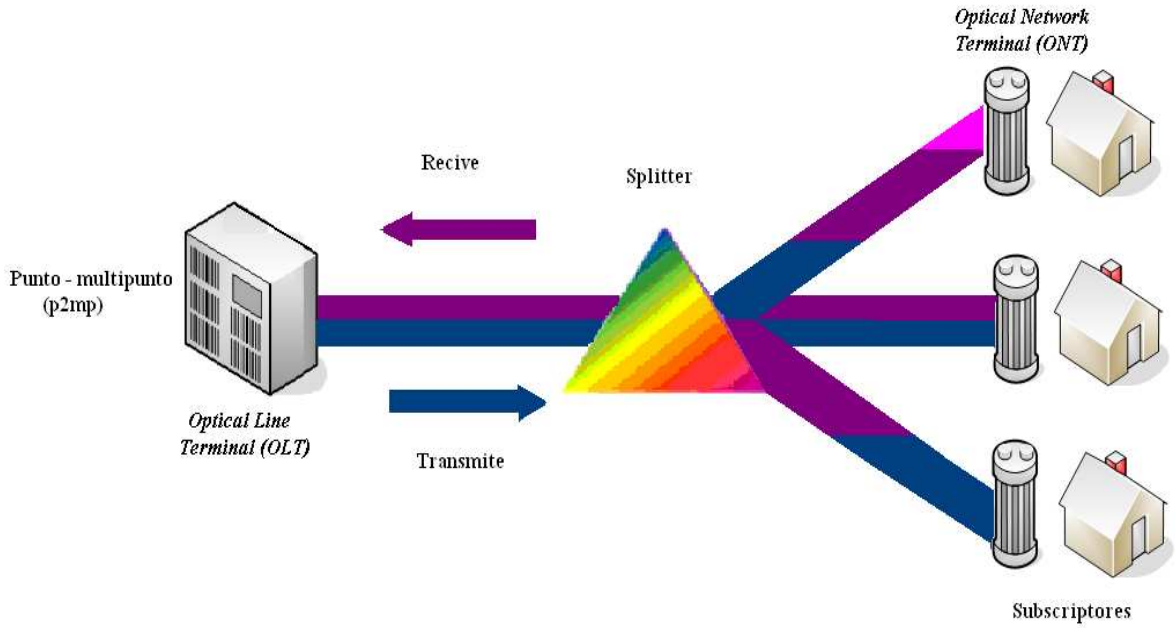
ANEXO A

TECNOLOGÍA GPON

TECNOLOGÍA GPON

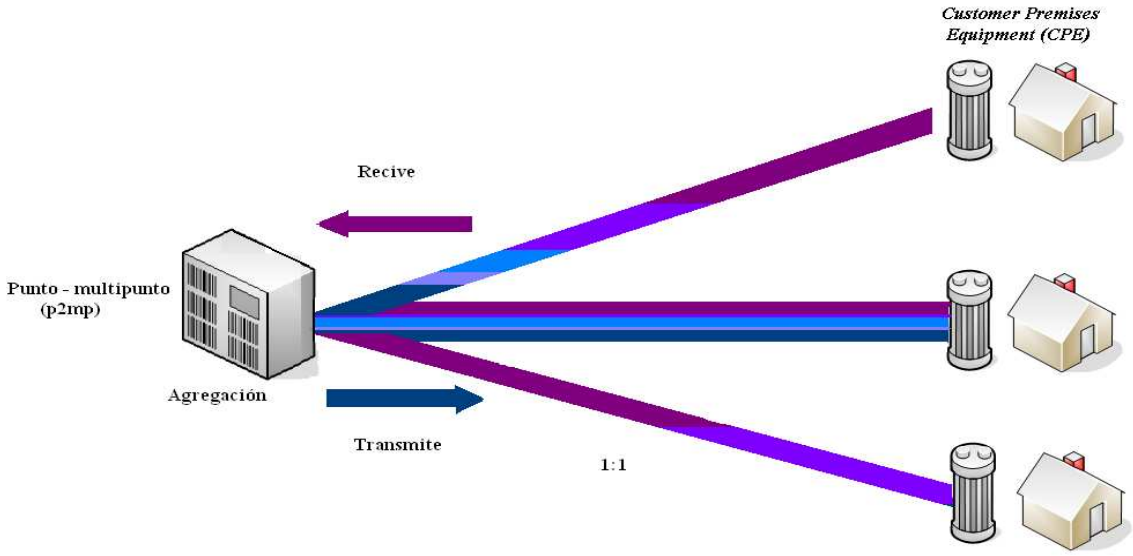
Two Basic FTTH technologies (Fiber to the Home)

1. **Passive Optical Network**

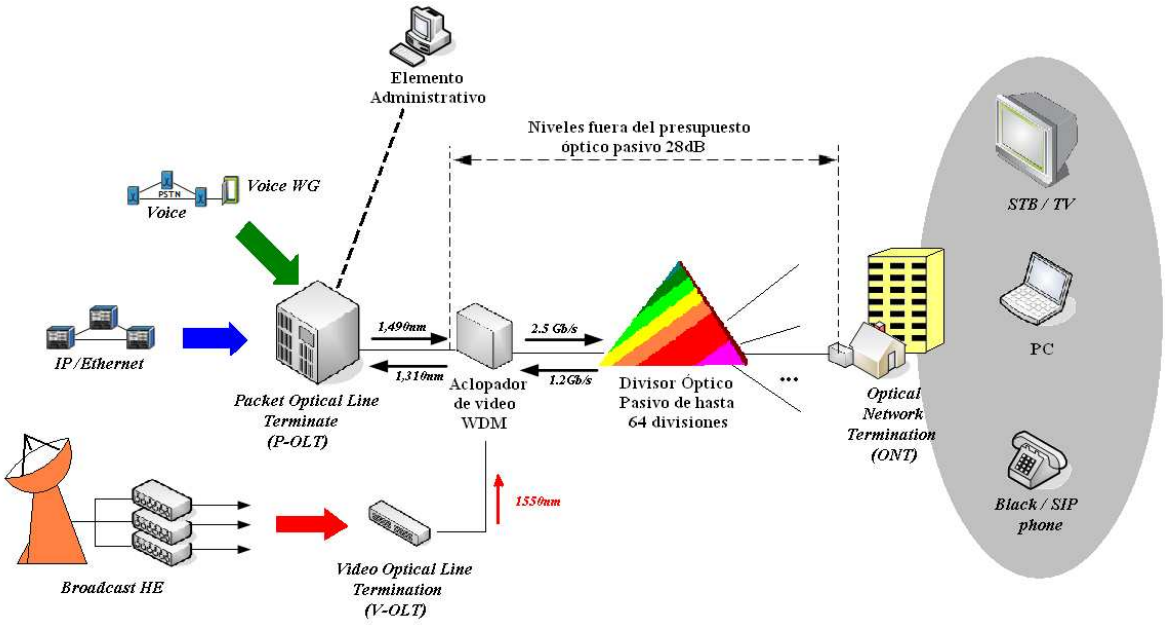


- Passive splitters used to share a single fiber among subscribers
- Full downstream bandwidth is available to any endpoint, at any time
- Upstream bandwidth is allocated dynamically to endpoints

Point-to-Point



Gigabit-capable Passive Optical Network Solution



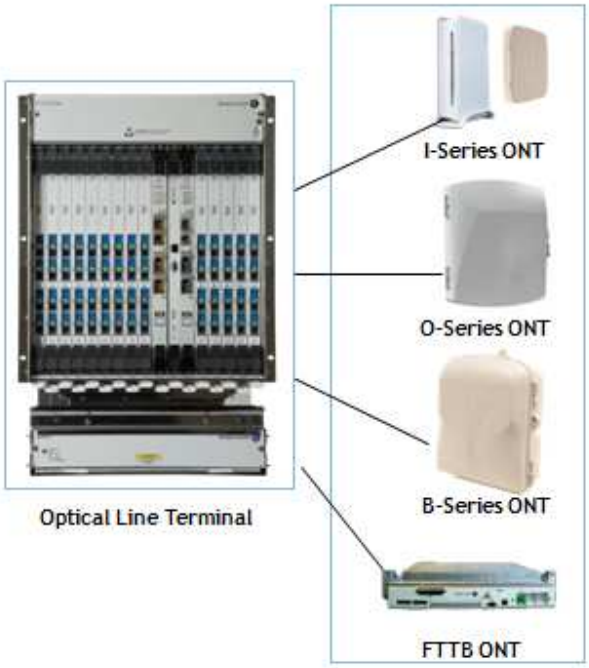
Alcatel 7342 ISAM FTTU Key Features

- Line rates
  - 2.488 Gbps downstream using 1490 nm
  - 1.244 Gbps upstream using 1310 nm
- Up to 64 splits/Up to 20km reach
- 28 dB optical budget
- RF video overlay as option (1550nm)
- Up to 3584 subscribers per shelf
- GPON encapsulation mode (GEM) for data transfer

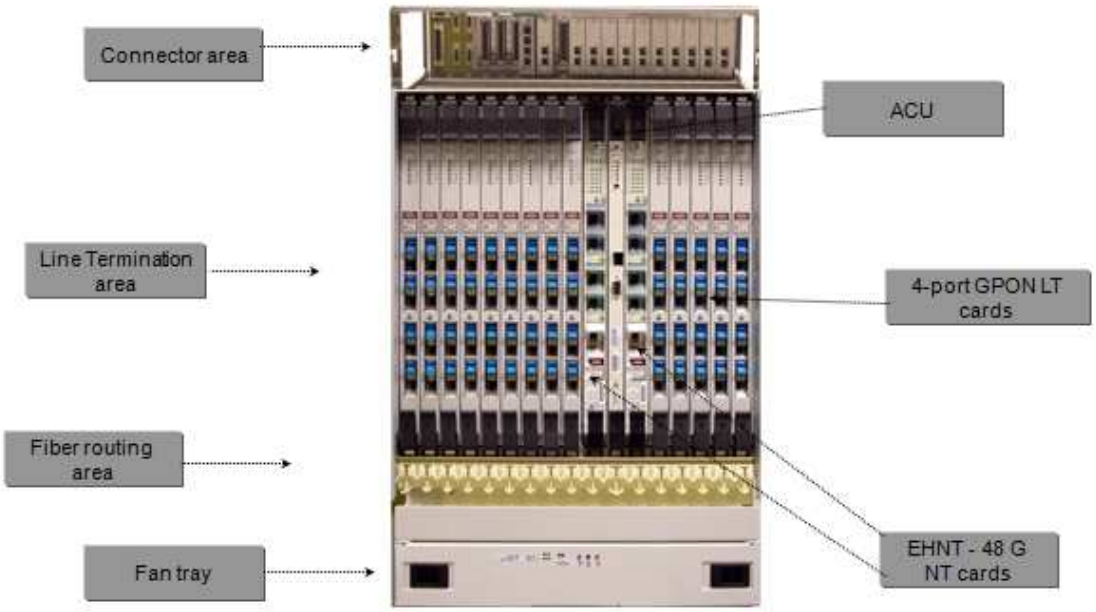
2. Optical Line Termination

7342 ISAM FTTU – Solution in Brief

- 2.5 Gb/s downstream and 1.2 Gb/s upstream over a single fiber.
- GPON encapsulation mode (GEM) for most efficient transfer of IP/Ethernet service traffic
- Up to 64 subscribers per PON (a single fiber), 4 PONs per line card
- Variety of ONT options to match the needs of residential or business customers



OLTS-M slot physical layout



Ethernet High-capacity Network Termination – variant B (EHNT-B)

- EHNT-B Revision of NT Card
- Same design as current EHNT-A
    - 4 x GigE ports
    - 1 x 10GigE port
    - 48 Gbps switching capacity
- Includes new link status LEDs for management port
- Only works in the new shelf
    - Major change is new connectors between the card and backplane
- EHNT-B utilizes eHCL bus (same as existing shelf)
- Moved 10G load sharing, crossover link to internal traces

➔ No external High Gig cable needed for NT interconnection.

3. Optical Network Termination Portfolio

Optical Network Terminals (ONTs)

ONT I-Series – Ultra Compact

- Fully FSAN-compliant including

  Forward Error Correction, OMCI, Dynamic Bandwidth Allocation and QoS
- Available in

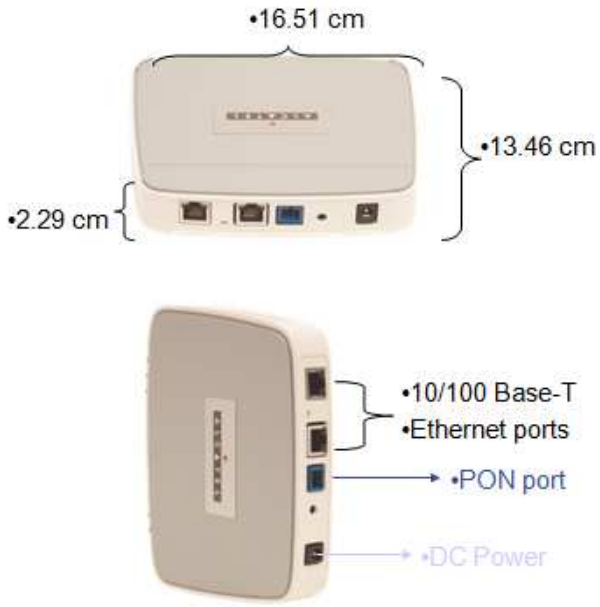
  21dB – 10 Km

  28 dB – 20 Km

- Details

  Weight = .23 kg

  2.29 X 13.36 X 16.52 cm



CONFIGURACIÓN

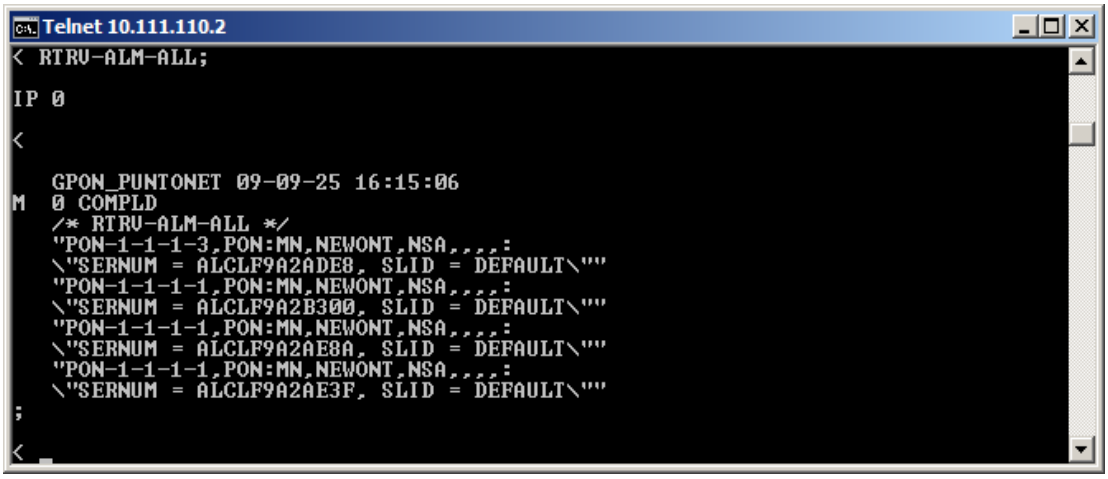
Modos de configuración:

- Interfaz CLI
  - Configuración de puertos, creación de Vlans, interfases, management,
- Interfaz TL1
  - Habilitación puertos PON, Creación ONTs, perfiles, asignación Vlans a puertos PON, asignación servicios por ONT.
- Recordar

Nivel	RACK	SHELF	SLOT	PON	ONT	ONTCARD	ONTENET	SERVICE-HSI
Nº	1	1	1	1	1	1	1	1

CREACIÓN ONT

Cuando se conecta un ONT aparece una alarma en el OLT si se está en la interfaz TL1.



Es necesario conocer el Numero Serial y el Software de la ONT

- ENT-ONT::ONT-1-1-1-1-1:::BTRYBKUP=NO,BERINT=8000,DESC1=PRUEBA_1,DESC2=NULL,PROVVERSION=*,SERNUM=ALCLF9A2AF80,SUBSLOCID=WILDCARD,SWVERPLND=3FE50782AFOA11,FECUP=DISABLE,SCHEDPROFID=,SCHEDPROFNM=,POWERSHEDPROFID=,POWERSHEDPROFNM=,ONTENABLE=AUTO:IS

- *Nos aparecen las siguientes alarmas:*
  - GPON_PUNTONET 09-01-30 15:13:34

- * 15 REPT ALM ONT
- "ONT-1-1-1-1-1:MN,SWDLIP,NSA,1-30,15-13-30:\"ONT SWDL In Progress\"";
- <
- GPON_PUNTONET 09-01-30 15:13:34
- * 16 REPT ALM ONT
- "ONT-1-1-1-1-1:MN,SWVER,NSA,1-30,15-13-30:
- \"Planned software version does not match active software version\""

- *Esperemos a que desaparezca la alarma de "ONT SWDL In Progress"*

- *Realizamos el cambio de SW rebooteando la ONT:*
  - *INIT-SYS::ONT-1-1-1-1-1:::6*
- *Verificamos si esta en servicio la ONT*
  - *RTRV-ONT::ONT-1-1-1-1-2;*

- *CREACIÓN ONTCARD*

  ENT-ONTCARD::ONTCARD-1-1-1-1-1-1:::10_100BASET::IS

- *CREACIÓN PUERTO ETHERNET EN LA ONT*

  ENT-ONTENET::ONTENET-1-1-1-1-1-1-1::::CUSTINFO=,AUTODETECT=10_100BASETAUTO,CVLANDEF=1,SESSPROFID=1,SESSPROFNM=,MAXMACNUM=1,PWROVERRIDE=FALSE,DSCPMAPPROFID=,DSCPMAPPROFNM=:IS
- *CREACIÓN DE SERVICIO EN LA ONT*

  ENT-SERVICE-HSI::HSI-1-1-1-1-1-1-1-1::::BWPROFUPID=,BWPROFUPNM=1MB,BWPROFDNID=,BWPROFDNNM=4MB,PQPROFID=1,PQPROFNM=,AESENABLE=DISABLE,LA

BEL=,SVLAN=7,CUSTOMERID=,ETHERTYPE=UNUSED,UNISIDEVLAN=0,NETWORKSIDEVLAN=0:IS

BORRADO DE ONT Y SERVICIOS

- Borrado de Servicio HSI
    - ED-SERVICE-HSI::HSI-1-1-1-1-1-1-1-1:::::OOS
    - DLT-SERVICE-HSI::HSI-1-1-1-1-1-1-1-1::

- Borrado de Puerto Ethernet de ONT
    - ED-ONTENET::ONTENET-1-1-1-1-1-1-1:::::OOS
    - DLT-ONTENET::ONTENET-1-1-1-1-1-1-1::

- Borrado de Tarjeta de ONT-CARD
    - ED-ONTCARD::ONTCARD-1-1-1-1-1-1:::::OOS
    - DLT-ONTCARD::ONTCARD-1-1-1-1-1-1::

- Borrado de ONT
    - ED-ONT::ONT-1-1-1-1-1:::::OOS
    - DLT-ONT::ONT-1-1-1-1-1::
      Nota: Es necesario seguir la secuencia de borrado (No se puede borrar la ONT sin antes haber borrado la ONTCARD, ONTENET y SERVICE-HSI)

COMANDOS DE VISULIZACIÓN Y EXTRAS

- Mostrar Alarmas:
    - RTRV-ALM-ALL;
- Mostrar Equipamiento:

- RTRV-EQPT::ALL;

- Mostrar Software en la OLT
  - RTRV-MEM::OSWP-1;
- Mostrar el Status del Software en la OLT
  - REPT-OPSTAT-OSWP::ALL;
- Mostrar configuración de una ONT:
  - RTRV-ONT::ONT-1-1-1-1-1;
  - RTRV-ONT::ALL; (Todas)

- Mostrar configuración de una Tarjeta de ONT:
  - RTRV-ONTCARD::ONTCARD-1-1-1-1-1-1;
  - RTRV-ONTCARD::ALL; (Todas)
- Mostrar configuración de un Puerto Ethernet de ONT
  - RTRV-ONTCARD::ONTCARD-1-1-1-1-1-1-1;
  - RTRV-ONTENET::ALL; (Todas)
- Mostrar configuración de Servicio HSI
  - RTRV-SERVICE-HSI::HSI-1-1-1-1-1-1-1-1;
  - RTRV-SERVICE-HSI::ALL; (Todas)
- Mostrar Perfiles de BW
  - RTRV-PROFILE-BW::ALL:
- Creación de Perfíl de BW
  - ENT-PROFILE-BW::7:::6MB:CIR=6144,EIR=6144,DT=80
- Creación de Tarjeta de Línea
  - ENT-EQPT::LT-1-1-2:::GLT4-A:LSMPWR=UP:IS

ANEXO B

ESTADÍSTICAS DEL CRECIMIENTO EN EL NÚMERO DE CLIENTES DE LA EMPRESA PUNTONET S.A.

ESTADÍSTICAS DEL CRECIMIENTO DEL NÚMERO DE CLIENTES DE LA EMPRESA PUNTONET S.A.

En la figura B.1 se muestra el crecimiento anual del número de clientes a nivel nacional de la empresa Puntonet S.A.

Cabe mencionar que a los clientes se les brindaba el servicio contratado por medio de enlaces de radio; ya a finales del año 2009, Puntonet S.A. empieza a realizar instalaciones utilizando fibra óptica, al final de este anexo se incorporarán a los clientes a los que se les da servicio por medio de fibra óptica, hasta lo que va del año 2010.

Figura B.1. Crecimiento anual de clientes a nivel nacional

Puntonet S.A. brinda sus servicios de telecomunicaciones desde el año 2005.

En la gráfica se puede observar que durante los años 2005, 2006 y 2007 se mantiene casi constante el crecimiento del número de clientes a nivel nacional ya en el año 2008 este va creciendo, pero el mayor crecimiento ya se observa en el año 2009.

En la figura B.2 se muestra se muestra el crecimiento anual de clientes en la ciudad de Quito.

Figura B.2. Crecimiento anual de clientes a nivel nacional

Como en el caso de la figura B.1 el crecimiento en el número de clientes, en la figura B.2, específicamente en la ciudad de Quito se observa que es más alto en el año 2009.

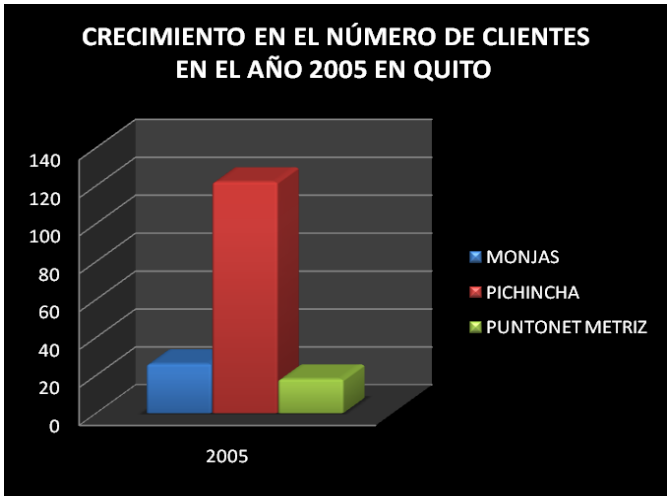


Figura B.3. Crecimiento del número de clientes en el año 2005.

En la figura B.3 se puede observar el crecimiento en el número de clientes en el año 2005 en la ciudad de Quito, específicamente en los nodos de Monjas, Cerro Pichincha y en el nodo de Puntonet en la Matriz. Se puede observar que se tuvo un mayor número de enlaces de clientes hacia el nodo del Cerro Pichincha.

En la figura B.4 se observa que el crecimiento en el número de clientes en el año 2006 en la ciudad de Quito, es mucho mayor en el nodo del Cerro Pichincha al compararlo con los nodos de Monjas y el nodo de Puntonet en la Matriz, se puede afirmar incluso que solo se dedicaron a realizar los enlaces de radio de los clientes hacia el nodo del Cerro Pichincha, dejando de lado a los otros dos nodos principales.

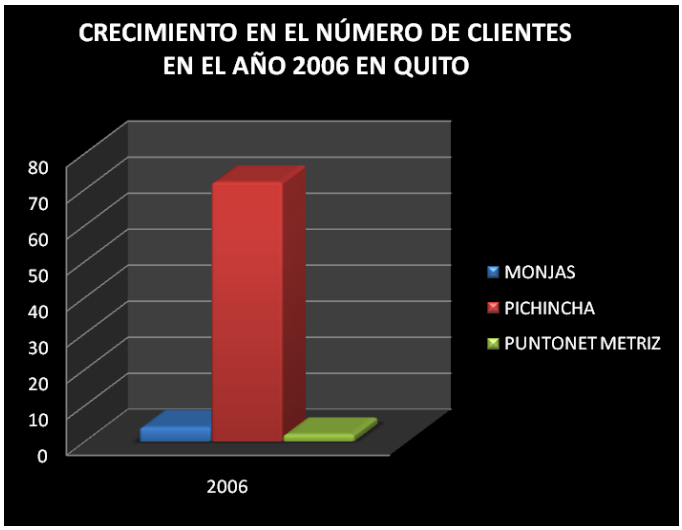


Figura B.4. Crecimiento del número de clientes en el año 2006.

En la figura B.5 se puede observar el crecimiento en el número de clientes en el año 2007 en la ciudad de Quito, en los nodos de Monjas, Pichincha y en el nodo de Puntonet Matriz.

En la figura B.5 se observa que en el año 2007 el crecimiento del número de clientes es mayor hacia el nodo del Cerro Pichincha, a diferencia del año 2006, se observa que hay más clientes enlazados a los nodos de Monjas y al nodo de Puntonet Matriz.

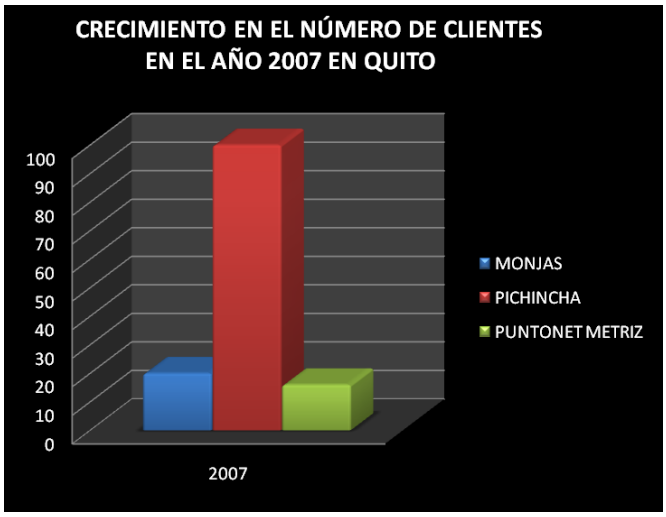


Figura B.5. Crecimiento del número de clientes en el año 2007.

Se observa en la figura B.6 el crecimiento del número de clientes en el año 2008 en la ciudad de Quito en los nodos de Monjas, Cerro Pichincha y Puntonet Matriz.

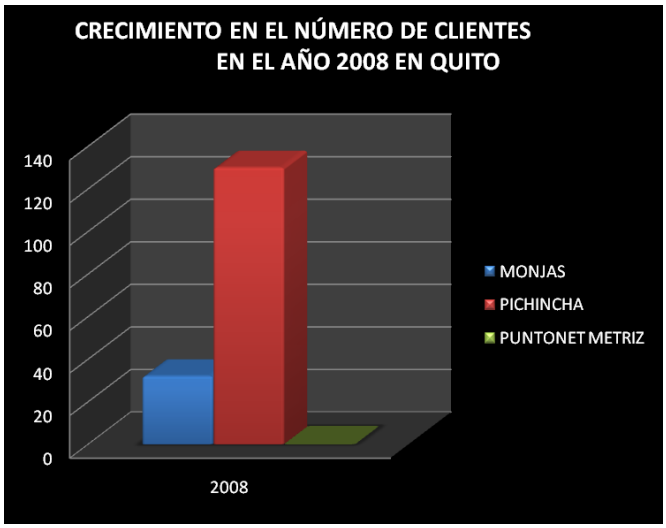


Figura B.6. Crecimiento del número de clientes en el año 2008.

Como se puede apreciar al igual que en los casos anteriores, se tiene el mayor crecimiento del número de clientes en el nodo del Cerro Pichincha.

En la figura B.7 se observa que el número de clientes en la ciudad de Quito, para el año 2009, es mucho mayor en el Cerro Pichincha que en los nodos de Monjas y Puntonet Matriz. Aquí los clientes ya no se enlazan al nodo de Puntonet Matriz, ya que a este sólo se enlazan los nodos principales, es decir los nodos del backbone de la empresa Puntonet S.A.

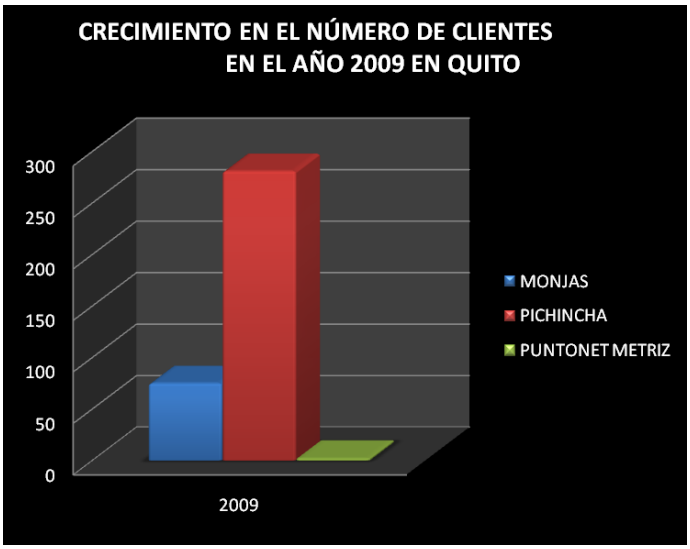


Figura B.7. Crecimiento del número de clientes en el año 2009.

El número de clientes hasta el año 2008 ha tenido un crecimiento anual constante promedio de aproximadamente el 33%, ya en el año 2009 este se dispara en un 67 % por el ingreso de la fibra óptica a Puntonet S.A., se espera que para el año 2011, esto regrese nuevamente a ser constante, es por esto que se realizan los cálculos de tráfico con el valor de 33% en el crecimiento anual, se muestra en la figura B.8.

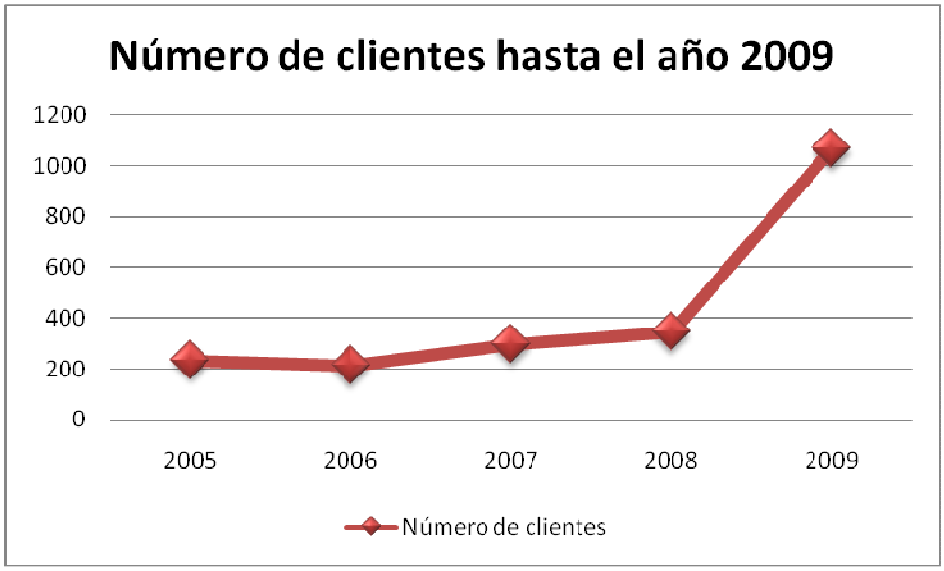


Figura B.8. Crecimiento anual del número de clientes a nivel nacional.

Como se mencionó anteriormente, a finales del año 2009 y principios del 2010, Puntonet S.A. empezó a incursionar ya en la instalación de fibra óptica a sus clientes, es por esto que para este año y los próximos cinco años, se espera un crecimiento mucho mayor hasta llegar a la misma constante de crecimiento anual de clientes que tiene en enlaces de radio, ya que todos estos se migrarán a este medio.

ANEXO C

DATASHEET DE LOS EQUIPOS A UTILIZAR EN LA MIGRACIÓN DEL PRESENTE PROYECTO

Data Sheet

Cisco Catalyst 3750 Series Switches

The Cisco® Catalyst® 3750 Series Switches (Figures 1 through 4) are innovative switches that improve LAN operating efficiency by combining industry-leading ease of use and high resiliency for stackable switc hes. This product series features Cis co StackWise™ technology, a 32-Gbps stack interconnect that allows customers to build a unified, highly

resilient switching system, one switch at a time.

Figure 1. Cisco Catalyst 3750 Series Switches for 10/100 and 10/100/1000 Access and Aggregation

Figure 2. Cisco Catalyst 3750-24PS and Cisco Catalyst 3750-48PS Switches with IEEE 802.3af Power

Figure 3. Cisco Catalyst 3750G-16TD Switch

Figure 4. Cisco Catalyst 3750G-48TS Switch, Cisco Catalyst 3750G-48PS Switch with IEEE 802.3af Power, Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U Switch, and Cisco Catalyst 3750G-24PS Switch with IEEE 802.3af Power

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Product Overview

For midsized organizations and enterprise branch offices, the Cisco Catalyst 3750 Series eases deployment of converged applicati ons and adapts to changing business needs by providing configuration flexibi lity, support for converged network patterns, and automati on of intelligent network services configurations. In addition, the Cisco Catalyst 3750 Series is optimized for high-density Gigabit Ethernet deployments and includes a diverse range of switches that meet access, aggregation, or small-network backbone-connectivity requirements.

Configurations

The Ci sco Catalyst 3750 Series includes the following configurations:

- Cisco Catalyst 3750G-24TS-24 Ethernet 10/100/1000 ports and four Small Form-Factor Pluggable (SFP) uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-24T-24 Ethernet 10/100/1000 ports
- Cisco Catalyst 3750G-12S-12 Gigabit Ethernet SFP ports
- Cisco Catalyst 3750-48TS-48 Ethernet 10/100 ports and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750-24TS-24 Ethernet 10/100 ports and two SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750-48PS-48 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet (PoE) and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750-24PS-24 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE and two SFP upli nks
- Cisco Catalyst 3750-24FS-24 100BASE-FX Ethernet ports and two SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U-24 Ethernet 10/100/1000 ports and four SFP uplinks, 1-rack unit (RU) height
- Cisco Catalyst 3750G-24PS-24 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-48TS-48 Ethernet 10/100/1000 ports and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-48PS-48 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-24WS-24 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af, Cisco prestandard PoE and two SFP upli nks and an integrated wireless LAN controller

The Ci sco Catalyst 3750 Series is available with either the IP Base image or the IP Services image. The IP Base image feature set includes advanced quality of service (QoS), rate-limiting, access control lists (ACLs), static routing, Routing Information Protocol (RIP) and EIGRP stub routing, capabilities. The IP Services image provides a richer set of enterprise-class features, including advanced hardware-based IPv6 and multicast routing.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Cisco StackWise Technology offers Stackable Resiliency

Ci sco StackWise technology is a stacking architecture optimized for Gigabit Ethernet. This technology is designed to respond to additions, deletions, and redeployment whil e maintaining constant performance. Cisco StackWise technology unites up to nine individual swi tches into a single logical unit, using special stack-interconnect cables and stacking software. The individual switches can be any combination of Cisco Catalyst 3750 and Cisco Catalyst 3750-E Series Switches. The stack behaves as a single switching unit that is managed by a master switch, elected from one of the member switches. The master switch automatically creates and updates all the switching and optional routing tables. A working stack can accept new members or delete old ones without service i nterruption.

Cisco EnergyWise Technology

Ci sco EnergyWise is an innovative archi tecture, added to the Cisco Catal yst 3750 switches, promoting companywide sustainabil ity by reducing energy consumption across an entire corporate infrastructure and affecting more than 50 percent of global greenhouse gas emissions created by worldwide building infrastructure, a much greater effect than the 2 percent generated by the IT industry. Cisco EnergyWi se enables companies to measure the power consumption of network infrastructure and network-attached devi ces and manage power consumpti on wi th specific policies, reducing power consumption to realize increased cost savings, potentially affecting any powered device.

EnergyWise encompasses a highly intelligent network-based approach to communicate messages that measure and control energy between network devices and endpoints. The network discovers Ci sco EnergyWise manageable devices, monitors their power consumption, and takes action based on busi ness rules to reduce power consumption. EnergyWise uses a unique domain-naming system to query and summarize information from large sets of devices, making it simpler than traditional network management capabilities. Cisco EnergyWise's management interfaces allow facilities and network management applications to communicate with endpoints and each other using the network as a unifying fabric. The management interface uses standard SNMP or SSL to integrate Cisco and third-party management systems.

Ci sco EnergyWise extends the network as a platform for the power control plane for gathering, managing, and reducing power consumption of all devices, resulting in companywide optimized power delivery and reduced energy costs.

Primary Features and Benefits

Ease of Use: "Plug-and-Play" Configuration

A worki ng stack is self-managing and self-confi guring. When switches are added or removed, the master switch automatically loads the Cisco IOS® Software revision running on the stack to the new switch, loads the gl obal configuration parameters, and updates all the routing tables to reflect changes. Upgrades are applied universally and simultaneously to all members of the stack.

The Ci sco Catalyst 3750 Series stacks up to nine switches as a singl e logical uni t for a total of 468 Ethernet or PoE 10/100 ports, or 468 Ethernet 10/100/1000 ports or PoE 10/100/1000 ports, or nine 10 Gigabit Ethernet ports. Addi tional port combinations can be created by connecting the Ci sco Catalyst 3750-E Series Switches to the stack. Individual 10/100, 10/100/1000, and 10 Gigabit Ethernet units can be joi ned in any combination to evolve with network needs.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Return on Investment Through Lower Operations Costs

The automatic Cisco IOS Software version checking and loading of the global configuration parameters provide the first level of operational time saving. The second level is added during the event of an outage. When you remove a troubled switch from an existing stack of switches and replace it with another switch, the master swi tch will recognize thi s as a maintenance outage and automatically rel oad the port-level configuration that was on the previous switch without user intervention. This all ows IT managers to have local personnel in remote locations perform maintenance tasks instead of sending costly technicians out for a few minutes of work, thus saving thousands of dollars in operational costs.

Mix-and-Match Switch Types: Pay as You Expand Your Network

Stacks can be created with any combination of Cisco Catalyst 3750 and Cisco Catalyst 3750-E switches. Customers who need a mixture of 10/100 and 10/100/1000 ports, PoE, and wiri ng-closet aggregation capability can incrementally develop the access envi ronment, paying only for what they need. When upl ink capacity needs to be increased, you can easily upgrade your bandwidth by adding a 10 Gigabit Ethernet version to the stack and upgrade your Gigabit Ethernet links with 10 Gigabit Ethernet on the existing fiber.

Integrated Wireless LAN Controller

The Ci sco Catalyst 3750G Integrated Wireless LAN Controller integrates wireless LAN controller functions into the Cisco Catalyst 3750G Series Switches and delivers improved operating efficiency and WLAN security, mobility, and ease of use for business-critical wireless LANs. The Ci sco Catalyst 3750G Integrated Wireless LAN Controller delivers centralized security policies, wireless intrusion prevention system (IPS) capabilities, award-winning RF management, QoS, and Layer 3 fast secure roaming for WLANs. As a core component of the Cisco Unified Wireless Network, the Cisco Catalyst 3750G Integrated Wi reless LAN Controll er provides the control, security, redundancy, and reliabili ty that network managers need to scal e and manage their wireless networks as easily as they scale and manage their traditional wired networks.

Availability: Uninterrupted Performance at Layer 2 and Layer 3

The Ci sco Catalyst 3750 Series increases availability for stackable switches. Each switch can operate as both a master controller and a forwarding processor. Each switch in the stack can serve as a master, creating a 1:N avai lability scheme for network control. In the unlikely event of a single unit failure, all other units continue to forward traffic and maintain operation.

Smart Multicast: A New Level of Efficiency for Converged Networks

With Cisco StackWise technology, the Cisco Catalyst 3750 Series offers greater efficiency for multicast applications such as video. Each data packet is put onto the backplane only once, which provides more effective support for more data streams.

Superior Quality of Service Across the Stack and at Wire Speed

The Ci sco Catalyst 3750-E and 3750 Series offer Gigabit and 10 Gigabit Ethernet speed with intelligent services that keep everything flowing smoothly, even at 10 times the normal network speed. Mechanisms for marking, classification, and scheduling deliver best-in-class performance for data, voice, and video traffic, all at wire speed.

Network Security: Granular Control for the Access Environment

The Ci sco Catalyst 3750 Series supports a comprehensive set of security features for connectivity and access control, including ACLs, authentication, port-level security, and identity-based network

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

services with 802.1x and extensions. This set of comprehensive features not only helps prevent external attacks, but also defends the network against “man-in-the-middle” attacks, a primary concern in today’ s business environment.

Single IP Management: Many Switches, One Address

Each Cisco Catalyst 3750 Series stack is managed as a single object and has a single IP address. Single IP management is supported for activities such as fault detection, VLAN creation and modification, network security, and QoS controls.

Jumbo Frames: Support for High-Demand Applications

The Ci sco Catalyst 3750 Series supports jumbo frames on the 10/100/1000 configurations for advanced data and video applications requiring very large frames. All Cisco Catalyst 3750-E Series switch model s also support jumbo frames.

IPv6 Support

The Ci sco Catalyst 3750 Series supports IPv6 routing in hardware for maximum performance. As network devices grow and the need for larger addressing and higher security becomes critical, the Ci sco Catalyst 3750 Series will be ready to meet the requirement.

Standard PoE Support: Graceful Addition of IP Communications

The Ci sco Catalyst 3750 and 3750G PoE models support Cisco IP phones and Cisco Aironet®
wireless LAN (WLAN) access points, as well as any IEEE 802.3af-compliant end devi ce. The Ci sco Catalyst 3750 and 3750G 24-port versions can support 24 simul taneous full-powered PoE ports at 15.4W for maximum powered device support. The 48-port versions can deliver the necessary power to support 24 ports at 15.4W, 48 ports at 7.7W, or any combi nation in between.

10 Gigabit Ethernet Support: Increased Uplink Bandwidth for Gigabit Ethernet Deployments

The Ci sco Catalyst 3750 Series allows network managers to incrementally add IEEE 802.3ae-compliant 10 Gigabit Ethernet connectivity in their wiring closets or grid clusters, further facilitating and enhancing Gigabit Ethernet networks. This provides investment protection to customers who want to use their existing fiber plant, add uplink bandwidth capacity to their switching stacks, and provide higher performance to appl ications and users. The Cisco Catalyst 3750-E Series offers an even greater variety of 10 Gigabit Ethernet port configuration switches.

Management Options

The Ci sco Catalyst 3750 Series (Figure 5) offers both a superior command-line interface (CLI) for detailed confi guration and Cisco Network Assistant Software, a Web-based tool for quick configuration based on preset templates. In addition, CiscoWorks supports the Cisco Catalyst 3750 Series for networkwide management. Table 1 lists the features and benefits of the Cisco Catalyst 3750 Series.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Figure 5. Cisco Catalyst 3750 Series Switches

Table 1. Features and Benefits

Feature	Benefit
Ease of Use and Deployment	• Autoconfiguration of new stack units eliminates reconfiguration. • Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) autoconfiguration of multiple switches through a boot server eases switch deployment. • Automatic Cisco IOS Software version checking and updating help ensure that all stack members have the same software version. • Automatic QoS (AutoQoS) simplifies QoS configuration in voice over IP (VoIP) networks by issuing interface and global switch commands to detect Cisco IP phones, classify traffic, and help enable egress queue configuration. • Master configuration management helps ensure that all switches are automatically upgraded when the master switch receives a new software version. • Autosensing on each non-SFP port detects the speed of the attached device and automatically configures the port for 10-, 100-, or 1000-Mbps operation, easing switch deployment in mixed 10, 100, and 1000BASE-T environments. • Autonegotiating on all ports automatically selects half- or full-duplex transmission mode to optimize bandwidth. • Dynamic Trunking Protocol (DTP) facilitates dynamic trunk configuration across all switch ports. • Port Aggregation Protocol (PAgP) automates the creation of Cisco Fast EtherChannel® groups or Gigabit EtherChannel groups to link to another switch, router, or server. • Link Aggregation Control Protocol (LACP) allows the creation of Ethernet channeling with devices that conform to IEEE 802.3ad. This feature is similar to Cisco EtherChannel technology and PAgP. • DHCP Relay allows a DHCP relay agent to broadcast DHCP requests to the network DHCP server. • IEEE 802.3z-compliant 1000BASE-SX, 1000BASE-LX/LH, 1000BASE-ZX, 1000BASE-T, and CWDM physical-interface support through a field-replaceable SFP module provides unprecedented flexibility in switch deployment. • There is a default configuration to help ensure that the switch can be quickly connected to the network and can pass traffic with minimal user intervention. This default configuration exists even if there is no configuration stored in Flash memory. • Automatic media-dependent interface crossover (MDIX) automatically adjusts transmit and receive pairs if an incorrect cable type (crossover or straight-through) is installed.
Cisco EnergyWise	• Cisco EnergyWise for greenhouse gas emissions and operational cost optimization by measuring, reporting, and reducing energy consumption across the entire corporate infrastructure, well beyond the scope of IT.
Availability and Scalability	
Superior Redundancy for Fault Backup	• 1:N master redundancy allows each stack member to serve as a master, providing the highest reliability for forwarding. • Cisco CrossStack UplinkFast (CSUF) technology provides increased redundancy and network resiliency through fast spanning-tree convergence (less than 2 seconds) across a switch stack with Cisco StackWise technology. • Cross-Stack EtherChannel provides the ability to configure Cisco EtherChannel technology across different members of the stack for high resiliency. • IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) provides rapid spanning-tree convergence independent of spanning-tree timers and also offers the benefit of distributed processing. • Stacked units behave as a single spanning-tree node. • Per-VLAN Rapid Spanning Tree (PVRST+) allows rapid spanning-tree reconvergence on a per-VLAN spanning-tree basis, without requiring the implementation of spanning-tree instances. • Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP) is supported to create redundant, failsafe routing topologies. • Unidirectional Link Detection Protocol (UDLD) and Aggressive UDLD allow unidirectional links caused by

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	incorrect fiber-optic wiring or port faults to be detected and disabled on fiber-optic interfaces. • Switch-port autorecovery (errdisable) automatically attempts to reactivate a link that is disabled because of a network error. • Cisco RPS 2300 and RPS 675 Redundant Power Systems support provides superior power-source redundancy for up to 6 Cisco networking devices, resulting in improved fault tolerance and network uptime. • Equal-cost routing for load balancing and redundancy. • Bandwidth aggregation up to 16 Gbps through 10 Gigabit EtherChannel technology, 8 Gbps through Gigabit EtherChannel technology, and up to 800 Mbps through Fast EtherChannel technology enhances fault tolerance and offers higher-speed aggregated bandwidth between switches and to routers and individual servers. • Uplink bandwidth can be easily upgraded by adding a 10 Gigabit Ethernet version to a wiring-closet stack and replacing the Gigabit Ethernet uplinks with 10 Gigabit Ethernet without having to change fiber pairs.
High-Performance IP Routing	• Cisco Express Forwarding hardware routing architecture delivers extremely high-performance IP routing. • Basic IP unicast routing protocols (static, Routing Information Protocol Version 1 [RIPv1], RIPv2 and RIPng) are supported for small-network routing applications. • IPv6 routing (OSPFv6 and EIGRPv6) support in hardware for maximum performance. The IP Services License is required. • Advanced IP unicast routing protocols (Open Shortest Path First [OSPF], Interior Gateway Routing Protocol [IGRP], Enhanced IGRP [EIGRP], Border Gateway Protocol Version 4 [BGPv4, IS-ISv4]) are supported for load balancing and constructing scalable LANs. The IP Services image is required. • Policy-based routing (PBR) allows superior control by facilitating flow redirection regardless of the routing protocol configured. The IP Services image is required. • HSRP provides dynamic load balancing and failover for routed links; up to 32 HSRP links supported per unit or stack. • Inter-VLAN IP routing for full Layer 3 routing between 2 or more VLANs. • Protocol Independent Multicast (PIM) for IP multicast routing is supported, including PIM sparse mode (PIM-SM), PIM dense mode (PIM-DM), and PIM sparse-dense mode. The IP Services image is required. • Routing is possible across the stack. • 128 switch virtual interfaces (SVIs) are recommended. Maximum of 1000 are supported (depending on the number of routes and multicast entries). 468 routed ports are supported per stack.
Integrated Cisco IOS Software Features for Bandwidth Optimization	• Per-port broadcast, multicast, and unicast storm control prevents faulty end stations from degrading overall systems performance. • IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol support for redundant backbone connections and loop-free networks simplifies network configuration and improves fault tolerance. • PVST+ allows for Layer 2 load sharing on redundant links to efficiently use the extra capacity inherent in a redundant design. • IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol allows a spanning-tree instance per VLAN, for Layer 2 load sharing on redundant links. • Equal-cost routing facilitates Layer 3 load balancing and redundancy across the stack. • Local Proxy Address Resolution Protocol (ARP) works in conjunction with Private VLAN Edge to minimize broadcasts and maximize available bandwidth. • VLAN1 minimization allows VLAN1 to be disabled on any individual VLAN trunk link. • VLAN Trunking Protocol (VTP) pruning limits bandwidth consumption on VTP trunks by flooding broadcast traffic only on trunk links required to reach the destination devices. • Internet Group Management Protocol (IGMP) snooping provides fast client joins and leaves of multicast streams and limits bandwidth-intensive video traffic to only the requestors. • Multicast VLAN Registration (MVR) continuously sends multicast streams in a multicast VLAN while isolating the streams from subscriber VLANs for bandwidth and security reasons. • Up to 48 EtherChannel groups are supported per stack.
Scalable Stacking	• Cisco StackWise stacking creates a 32-Gbps switch interconnection. Stacking does not require user ports. Up to 9 units can be stacked together for a maximum of 468 10/100 ports, 468 10/100/1000 ports, 108 optical aggregation ports, nine 10 Gigabit Ethernet ports, or any mix thereof. Additional port combinations can be created by stacking together the Cisco Catalyst 3750 Series Switches and the Cisco Catalyst 3750-E Series Switches.
QoS and Control	
Advanced QoS	• Cross-stack QoS allows QoS to be configured across the entire stack. • 802.1p class of service (CoS) and differentiated services code point (DSCP) field classification is provided, using marking and reclassification on a per-packet basis by source and destination IP address, source and destination MAC address, or Layer 4 Transmission Control Protocol/User Datagram Protocol (TCP/UDP) port number. • Cisco control-plane and data-plane QoS ACLs on all ports help ensure proper marking on a per-packet basis. • 4 egress queues per port help enable differentiated management of up to 4 traffic types across the stack. • Shaped Round Robin (SRR) scheduling helps ensure differential prioritization of packet flows by intelligently servicing the ingress queues and egress queues.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• Weighted Tail Drop (WTD) provides congestion avoidance at the ingress and egress queues before a disruption occurs. • Strict priority queuing helps ensure that the highest-priority packets are serviced ahead of all other traffic. • There is no performance penalty for highly granular QoS capability.
Granular Rate Limiting	• Cisco committed information rate (CIR) function provides bandwidth in increments as low as 8 Kbps. • Rate limiting is provided based on source and destination IP address, source and destination MAC address, Layer 4 TCP/UDP information, or any combination of these fields, using QoS ACLs (IP ACLs or MAC ACLs), class maps, and policy maps. • Asynchronous data flows upstream and downstream from the end station or on the uplink are easily managed using ingress policing and egress shaping. • Up to 64 aggregate or individual policers are available per Fast Ethernet or Gigabit Ethernet port.
Network Security	
Networkwide Security Features	• IEEE 802.1x allows dynamic, port-based security, providing user authentication. • IEEE 802.1x with VLAN assignment allows a dynamic VLAN assignment for a specific user regardless of where the user is connected. • IEEE 802.1x with voice VLAN permits an IP phone to access the voice VLAN irrespective of the authorized or unauthorized state of the port. • IEEE 802.1x and port security are provided to authenticate the port and manage network access for all MAC addresses, including that of the client. • IEEE 802.1x with an ACL assignment allows for specific identity-based security policies regardless of where the user is connected. • IEEE 802.1x with guest VLAN allows guests without 802.1x clients to have limited network access on the guest VLAN. • Cisco security VLAN ACLs on all VLANs prevent unauthorized data flows from being bridged within VLANs. • Cisco standard and extended IP security router ACLs define security policies on routed interfaces for control-plane and data-plane traffic. • Port-based ACLs for Layer 2 interfaces allow security policies to be applied on individual switch ports. • Secure Shell (SSH) Protocol, Kerberos, and Simple Network Management Protocol Version 3 (SNMPv3) provide network security by encrypting administrator traffic during Telnet and SNMP sessions. SSH Protocol, Kerberos, and the cryptographic version of SNMPv3 require a special cryptographic software image because of U.S. export restrictions. • Private VLAN Edge provides security and isolation between switch ports, which helps ensure that users cannot snoop on other users' traffic. • Dynamic ARP Inspection helps ensure user integrity by preventing malicious users from exploiting the insecure nature of the ARP protocol. • DHCP Snooping prevents malicious users from spoofing a DHCP server and sending out bogus addresses. This feature is used by other primary security features to prevent a number of other attacks such as ARP poisoning. • IP source guard prevents a malicious user from spoofing or taking over another user's IP address by creating a binding table between client's IP and MAC address, port, and VLAN. • Bidirectional data support on the Switched Port Analyzer (SPAN) port allows a Cisco Intrusion Detection System (IDS) to take action when an intruder is detected. • TACACS+ and RADIUS authentication facilitate centralized control of the switch and restrict unauthorized users from altering the configuration. • MAC address notification allows administrators to be notified of users added to or removed from the network. • DHCP Snooping helps administrators with consistent mapping of IP to MAC addresses. This can be used to prevent attacks that attempt to poison the DHCP binding database and to rate-limit the amount of DHCP traffic that enters a switch port. • Port security secures the access to an access or trunk port based on MAC address. • After a specific timeframe, the aging feature removes the MAC address from the switch to allow another device to connect to the same port. • Trusted boundary provides the ability to trust the QoS priority settings if an IP phone is present and to disable the trust setting in the event that the IP phone is removed, thereby preventing a malicious user from overriding prioritization policies in the network. • Multilevel security on console access prevents unauthorized users from altering the switch configuration. • The user-selectable address-learning mode simplifies configuration and enhances security. • Bridge protocol data unit (BPDU) guard shuts down Spanning Tree PortFast-enabled interfaces when BPDUs are received to avoid accidental topology loops. • Spanning Tree Root Guard (STRG) prevents edge devices not in the network administrator's control from becoming Spanning Tree Protocol root nodes. • IGMP filtering provides multicast authentication by filtering out nonsubscribers and limits the number of concurrent multicast streams available per port. • Dynamic VLAN assignment is supported through implementation of VLAN Membership Policy Server client capability to provide flexibility in assigning ports to VLANs. Dynamic VLAN facilitates the fast assignment of IP addresses. • Cisco CMS Software security wizards ease the deployment of security features for restricting user

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	access to a server as well as to a portion or all of the network. • 1000 access control entries (ACEs) are supported.
Manageability	
Superior Manageability	• Cisco IOS Software CLI support provides common user interface and command set with all Cisco routers and Cisco Catalyst desktop switches. • Switching Database Manager templates for access, routing, and VLAN deployment allow the administrator to easily maximize memory allocation to the desired features based on deployment-specific requirements. • VLAN trunks can be created from any port, using either standards-based 802.1Q tagging or the Cisco Inter-Switch Link (ISL) VLAN architecture. • Up to 1005 VLANs per switch or stack and up to 128 spanning-tree instances per switch are supported. • 4000 VLAN IDs are supported. • Voice VLAN simplifies telephony installations by keeping voice traffic on a separate VLAN for easier administration and troubleshooting. • Cisco VLAN Trunking Protocol (VTP) supports dynamic VLANs and dynamic trunk configuration across all switches. • Cisco Group Management Protocol server functions allow a switch to serve as the Cisco Group Management Protocol router for client switches. • IGMP snooping provides fast client joins and leaves of multicast streams and limits bandwidth-intensive video traffic to only the requestors. • Remote Switch Port Analyzer (RSPAN) allows administrators to remotely monitor ports in a Layer 2 switch network from any other switch in the same network. • For enhanced traffic management, monitoring, and analysis, the Embedded Remote Monitoring (RMON) software agent supports 4 RMON groups (history, statistics, alarms, and events). • Layer 2 traceroute eases troubleshooting by identifying the physical path that a packet takes from source to destination. • All 9 RMON groups are supported through a SPAN port, which permits traffic monitoring of a single port, a group of ports, or the entire stack from a single network analyzer or RMON probe. • Domain Name System (DNS) provides IP-address resolution with user-defined device names. • Trivial File Transfer Protocol (TFTP) reduces the cost of administering software upgrades by downloading from a centralized location. • Network Timing Protocol (NTP) provides an accurate and consistent timestamp to all intranet switches. • Multifunction LEDs per port for port status; half-duplex and full-duplex mode; and 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T indication as well as switch-level status LEDs for system, redundant-power supply, and bandwidth utilization provide a comprehensive and convenient visual management system. • SPAN works across all the ports in a stack.
Cisco Network Assistant Software	• Cisco Network Assistant Software provides an easy-to-use, Web-based management interface through a standard Web browser. • Simplified port configuration via Cisco Smartports. • Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data) wizards need just a few user inputs to automatically configure the switch to optimally manage different types of traffic: voice, video, multicast, and high-priority data. • A security wizard is provided to restrict unauthorized access to applications, servers, and networks. • Cisco Network Assistant Software allows management of a small network of Cisco Catalyst 3750-E, 3750, 3560-E, 3560, 3550, 2960, and 2950 Series Switches through a single IP address, without the limitation of being physically located in the same wiring closet. Full backward compatibility helps ensure any combination of these switches can be managed with a Cisco Catalyst 3750 Series Switch. • Drag-and-Drop Cisco IOS Software upgrade simplifies the process of upgrading Cisco IOS Software by not involving a Trivial File Transfer Protocol (TFTP) server. • The software upgrade feature allows one-click software upgrade of multiple switches in a community of Cisco Catalyst 3750-E, 3750, 3560-E, 3560, 3550, 2960, and 2950 Series Switches. Configuration cloning facilitates rapid deployment of networks. The master switch automatically upgrades each stack. • Cisco Network Assistant Software has been extended to include multilayer feature configurations such as routing protocols, ACLs, and QoS parameters. • Cisco clustering now supports member discovery and cluster creation across a single Cisco Catalyst 3750 Series Switch routed hop, allowing the entire LAN to be managed through a single Web interface (and with a single IP address, if desired). • Cisco Network Assistant Software Guide Mode assists in the configuration of powerful advanced features by providing step-by-step instructions. • Cisco Network Assistant Software provides enhanced online help for context-sensitive assistance. • The easy-to-use graphical interface provides both a topology map and front-panel view of the cluster and stacks. • Multidevice and multiport configuration capabilities allow administrators to save time by configuring features across multiple switches and ports simultaneously. • Web-based management for a Cisco Aironet wireless access point is launched by clicking the

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	relevant icon in the topology map. • The user-personalized interface allows modification of polling intervals, table views, and other settings within Cisco CMS Software and retains these settings. • Alarm notification provides automated e-mail notification of network errors and alarm thresholds.
Smartports	• Simple macros help enable advanced QoS features with one command instead of multiple commands in the configuration file.
Easy Web Setup	• Web-browser setup utility allows one-click initialization for IP addresses and passwords.
CiscoWorks Support	• CiscoWorks network-management software provides management capabilities on a per-port and per-switch basis, providing a common management interface for Cisco routers, switches, and hubs. Stacking is supported. • SNMPv1, v2c, and v3 and Telnet interface support delivers comprehensive in-band management, and a CLI-based management console provides detailed out-of-band management. • Cisco Discovery Protocol versions 1 and 2 help enable a CiscoWorks network-management station for automatic switch discovery. • The CiscoWorks 2000 LAN Management Solution provides support.

Product Specifications

Tabl e 2 lists product specifications for the Cisco Catalyst 3750 Series.

Table 2. Descriptions and Specifications

Description	Specification
Performance	• 32-Gbps switching fabric • Stack-forwarding rate of 38.7 mpps for 64-byte packets • Forwarding rate: 6.5 mpps (Cisco Catalyst 3750-24TS, 3750-24FS, and 3750-24PS), 13.1 mpps (Cisco Catalyst 3750-48TS and 3750-48PS), 17.8 mpps (Cisco Catalyst 3750G-12S), 35.7 mpps (Cisco Catalyst 3750G-24T), 38.7 mpps (Cisco Catalyst 3750G-24TS and 3750G-24WS), 35.7 mpps (Cisco Catalyst 3750G-16TD), 38.7 mpps (Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U), 38.7 mpps (Cisco Catalyst 3750G-24PS), 38.7 mpps (Cisco Catalyst 3750G-48TS), 38.7 mpps (Cisco Catalyst 3750G-48PS) • 128 MB DRAM and 16 MB Flash memory (Cisco Catalyst 3750G-24TS, 3750G-24WS, 3750G-24T, 3750G-12S, 3750-24TS, 3750-24PS, 3750-48TS, 3750-48PS, and 3750G-16TD) • 128 MB DRAM and 32 MB Flash memory (Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U, 3750G-24WS, 3750G-24PS, 3750G-48TS, 3750G-48PS, and 3750-24FS) • Configurable up to 12,000 MAC addresses (Cisco Catalyst 3750G-24TS, 3750G-24WS, 3750G-24T, 3750G-12S, 3750-24TS, 3750-24FS, 3750-24PS, 3750-48TS, 3750-48PS, 3750G-24TS-1U, 3750G-24PS, 3750G-48TS, 3750G-48PS, and 3750G-16TD) • Configurable up to 20,000 unicast routes (Cisco Catalyst 3750G-12S) and up to 11,000 unicast routes (Catalyst 3750G-24TS, 3750G-24WS, 3750G-24T, 3750-24TS, 3750-24FS, 3750-24PS, 3750-48TS, 3750-48PS, 3750G-24TS-1U, 3750G-24PS, 3750G-48TS, 3750G-48PS, and 3750G-16TD) • Configurable up to 1000 IGMP groups and multicast routes (Cisco Catalyst 3750G-24TS, 3750G-24WS, 3750G-24T, 3750G-12S, 3750-24TS, 3750-24FS, 3750-24PS, 3750-48TS, 3750-48PS, 3750G-24TS-1U, 3750G-24PS, 3750G-48TS, 3750G-48PS, and 3750G-16TD) • Configurable maximum transmission unit (MTU) of up to 9000 bytes, with a maximum Ethernet frame size of 9018 bytes (jumbo frames) for bridging on Gigabit Ethernet ports, and up to 1546 bytes for bridging and routing on Fast Ethernet ports
Connectors and Cabling	• 10BASE-T ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 3 (Cat-3), 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling • 100BASE-TX ports: RJ-45 connectors, 2-pair Cat-5 UTP cabling • 100BASE-FX ports: MT-RJ connectors, 50/125 or 62.5/125 micron multimode fiber • 1000BASE-T ports: RJ-45 connectors, 2-pair Cat-5 UTP cabling • 1000BASE-T SFP-based ports: RJ-45 connectors, 2-pair Cat-5 UTP cabling • 1000BASE-SX, -LX/LH, -ZX, and CWDM SFP-based ports: LC fiber connectors (single-mode, or multimode fiber) • 10GBASE-ER XENPAK-based port (single-mode) • 10GBASE-LR XENPAK-based port (single-mode) • Cisco StackWise stacking ports: copper-based Cisco StackWise cabling that is also compatible with the StackWise Plus technology in the Cisco Catalyst 3750-E Series Switches. • Management console port: RJ-45-to-DB9 cable for PC connections
Power Connectors	• Customers can provide power to a switch by using either the internal power supply or a redundant power system (Cisco RPS 2300 or the Cisco RPS 675). The connectors are located at the back of the switch. • Internal power supply connector

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• The internal power supply is an autoranging unit. • The internal power supply supports input voltages between 100 and 240VAC. • Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet. • Cisco RPS Connector • The connector offers connection for an optional Cisco RPS 2300 or RPS 675 that uses AC input and supplies DC output to the switch. • The connector automatically senses when the internal power supply of a connected device fails and provides power to the failed device, preventing loss of network traffic. • Only the Cisco RPS 2300 (model PWR-RPS2300) or the Cisco RPS 675 (PWR675-AC-RPS-N1=) should be attached to the redundant-power-supply receptacle.
Indicators	• Per-port status LEDs: link integrity, disabled, activity, speed, and full-duplex indications • System-status LEDs: system, RPS, and bandwidth-utilization indications
Dimensions (H x W x D)	• 2.59 x 17.5 x 11.6 in. (6.6 x 44.5 x 29.5 cm) (Cisco Catalyst 3750G-24TS) • 2.59 x 17.5 x 11.6 in. (6.6 x 44.5 x 29.5 cm) (Cisco Catalyst 3750G-24WS) • 1.73 x 17.5 x 12.8 in. (4.4 x 44.5 x 32.6 cm) (Cisco Catalyst 3750G-24T) • 1.73 x 17.5 x 12.8 in. (4.4 x 44.5 x 32.6 cm) (Cisco Catalyst 3750G-12S) • 1.73 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm) (Cisco Catalyst 3750-48TS) • 1.73 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm) (Cisco Catalyst 3750-24TS) • 1.73 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm) (Cisco Catalyst 3750-24FS) • 1.73 x 17.5 x 14.8 in. (4.4 x 44.5 x 37.8 cm) (Cisco Catalyst 3750-48PS) • 1.73 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm) (Cisco Catalyst 3750-24PS) • 1.73 x 17.5 x 16.1 in. (4.4 x 44.5 x 40.9 cm) (Cisco Catalyst 3750G-16TD) • 1.73 x 17.5 x 14.9 in. (4.4 x 44.5 x 37.8 cm) (Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U) • 1.73 x 17.5 x 14.9 in. (4.4 x 44.5 x 37.8 cm) (Cisco Catalyst 3750G-24PS) • 1.73 x 17.5 x 16.1 in. (4.4 x 44.5 x 40.9 cm) (Cisco Catalyst 3750G-48TS) • 1.73 x 17.5 x 16.1 in. (4.4 x 44.5 x 40.9 cm) (Cisco Catalyst 3750G-48PS)
Weight	• 12.5 lb (5.7 kg) (Cisco Catalyst 3750G-24TS) • 21 lb (9.5 kg) (Cisco Catalyst 3750G-24WS) • 10.0 lb (4.6 kg) (Cisco Catalyst 3750G-24T, Cisco Catalyst 3750G-12S) • 9.1 lb (4.1 kg) (Cisco Catalyst 3750-48TS, Cisco Catalyst 3750G-12S-SD) • 8.0 lb (3.6 kg) (Cisco Catalyst 3750-24TS) • 13.2 lb (6.0 kg) (Cisco Catalyst 3750-48PS) • 11.3 lb (5.1 kg) (Cisco Catalyst 3750-24PS) • 12.5 lb (5.7 kg) (Cisco Catalyst 3750G-16TD) • 12 lb (5.5 kg) (Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U) • 13.5 lb (6.1 kg) (Cisco Catalyst 3750G-24PS) • 14 lb (6.4 kg) (Cisco Catalyst 3750G-48TS) • 15.5 lb (7.0 kg) (Cisco Catalyst 3750G-48PS)

Environmental Ranges	• Operating temperature: 32 to 113ºF (0 to 45ºC) • Storage temperature: -13 to 158ºF (-25 to 70ºC) • Operating relative humidity: 10 to 85% (noncondensing) • Operating altitude: up to 10,000 ft (3049 m) • Storage altitude: up to 15,000 ft (4573 m)
Acoustic Noise	• International Organization for Standardization (ISO) 7779: bystander position operating to an ambient temperature of 30ºC
Non-PoE Models	• Cisco Catalyst 3750G-24TS: 42 dB • Cisco Catalyst 3750G-24WS: 42 dB • Cisco Catalyst 3750G-24T: 42 dB • Cisco Catalyst 3750G-12S: 42 dB • Cisco Catalyst 3750-48TS: 42 dB • Cisco Catalyst 3750-24TS: 42 dB • Cisco Catalyst 3750-24FS: 38 dB • Cisco Catalyst 3750G-16TD: 42 dB • Cisco Catalyst 3750G-48TS: 48 dB • Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U: 42 dB
PoE Models (Levels Increase with Amount of Active PoE ports)	• Cisco Catalyst 3750-48PS: 42-48 dB • Cisco Catalyst 3750-24PS: 38-42 dB • Cisco Catalyst 3750G-48PS: 52-58 dB • Cisco Catalyst 3750G-24PS: 38-44 dB

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Mean Time Between Failure (MTBF)	• 188,574 hours (Cisco Catalyst 3750G-24TS) • 209,170 hours (Cisco Catalyst 3750G-24WS) • 210,936 hours (Cisco Catalyst 3750G-24T) • 215,000 hours (Cisco Catalyst 3750G-12S) • 259,729 hours (Cisco Catalyst 3750G-12S-SD) • 217,824 hours (Cisco Catalyst 3750-48TS) • 294,928 hours (Cisco Catalyst 3750-24TS) • 269,011 hours (Cisco Catalyst 3750-24FS) • 166,408 hours (Cisco Catalyst 3750-48PS) • 209,170 hours (Cisco Catalyst 3750-24PS) • 184,422 hours (Cisco Catalyst 3750G-16TD) • 165,243 hours (Cisco Catalyst 3750G-48TS) • 141,005 hours (Cisco Catalyst 3750G-48PS) • 221,150 hours (Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U) • 182,373 hours (Cisco Catalyst 3750G-24PS)

Table 3. Power Specifications

Description	Specification		
Power Supply Rated Maximum	**Cisco Catalyst 3750 Series**	**Maximum**	**Total Output BTU**
	3750G-24TS	190W	650 BTU/hour
	3750G-24WS	254.94W	171 BTU/hour
	3750G-24T	165W	536 BTU/hour
	3750G-12S	120W	409 BTU/hour
	3750G-12S-SD	72W	250 BTU/hour
	3750-24TS	50W	171 BTU/hour
	3750-24FS	125W	426 BTU/hour
	3750-48TS	75W	256 BTU/hour
	3750-24PS	495W	426 BTU/hour
	3750-48PS	540W	580 BTU/hour
	3750G-24TS-1U	100W	314 BTU/hour
	3750G-24PS	540W	534 BTU/hour
	3750G-48TS	160W	500 BTU/hour
	3750G-48PS	590W	690 BTU/hour
Measured 100% Throughput Power Consumption	**Cisco Catalyst 3750 Series**	**Switch Power**	**Total Output BTU**
	3750G-24TS	169W	576 BTU/hour
	3750G-24T	98W	333 BTU/hour
	3750G-12S	100W	340 BTU/hour
	3750G-12S-SD	72W	245 BTU/hour
	3750-24TS	45W	151 BTU/hour
	3750-24FS	61W	208 BTU/hour
	3750-48TS	66W	225 BTU/hour
	3750-24PS	57W	194 BTU/hour
	3750-48PS	89W	302 BTU/hour
	3750G-24TS-1U	94W	319 BTU/hour
	3750G-24PS	103W	348 BTU/hour
	3750G-48TS	152W	516 BTU/hour
	3750G-48PS	142W	482 BTU/hour
Measured 5% Throughput Power Consumption	**Cisco Catalyst 3750 Series**	**Switch Power**	**Total Output BTU**
	3750G-24TS	134W	455 BTU/hour
	3750G-24T	86W	293 BTU/hour

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	3750G-12S	75W	253 BTU/hour
	3750G-12S-SD	61W	207 BTU/hour
	3750-24TS	41W	139 BTU/hour
	3750-24FS	59W	201 BTU/hour
	3750-48TS	60W	205 BTU/hour
	3750-24PS	55W	186 BTU/hour
	3750-48PS	84W	285 BTU/hour
	3750G-24TS-1U	82W	278 BTU/hour
	3750G-24PS	94W	320 BTU/hour
	3750G-48TS	134W	455 BTU/hour
	3750G-48PS	131W	447 BTU/hour

Measured 100% Throughput Power Consumption *(with maximum possible PoE loads)*	**Cisco Catalyst 3750 Series**	**Switch Power**	**PoE Power**	**Total Output BTU**
	3750-24PS	462W	370W	311 BTU/hour
	3750-48PS	489W	370W	404 BTU/hour
	3750G-24PS	492W	370W	414 BTU/ hour
	3750G-48PS	541W	370W	581 BTU/hour

Measured 5% Throughput Power Consumption *(with 50% PoE loads)*	**Cisco Catalyst 3750 Series**	**Switch Power**	**PoE Power**	**Total Output BTU**
	3750-24PS	264W	186W	266 BTU/hour
	3750-48PS	288W	187W	345 BTU/hour
	3750G-24PS	294W	179W	392 BTU/ hour
	3750G-48PS	331W	174W	536 BTU/hour

AC Input Voltage and Frequency	• 100-240VAC, 1.5-2.3A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-24TS) • 100-240VAC, 4.0-8.0A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-24WS) • 100-240VAC, 0.9-1.6A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-24T) • 100-240VAC, 0.6-1.2A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-12S) • 100-240VAC, 0.6-1.2A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750-24TS) • 100-240VAC, 1.5-3.0A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750-24FS) • 100-240VAC, 0.6-1.2A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750-48TS) • 100-240VAC, 2.9-4.5A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750-24PS) • 100-240VAC, 4.0-8.0A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750-48PS) • 100-240VAC, 0.9-1.6A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-16TD) • 100-240VAC, 1.5-3.0A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U) • 100-240VAC, 4.0-8.0A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-24PS) • 100-240VAC, 1.5-3.0A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-48TS) • 100-240VAC, 4.0-8.0A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750G-48PS)
DC Input Voltages	• -36 to -72VDC, 3.0 - 1.5A (Cisco Catalyst 3750G-12S-SD) • RPS input • +12V at 17A (Cisco Catalyst 3750G-24TS and 3750G-16TD) • +12V at 13A (Cisco Catalyst 3750G-24T and 3750G-12S) • +12V at 8.5A (Cisco Catalyst 3750-48 and 3750-24) • +12V at 7.5A (Cisco Catalyst 3750-48PS and 3750-24PS) • +12V at 10.5A (Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U) • +12V at 17.5A (Cisco Catalyst 3750G-48TS) • +12V at 14A (Cisco Catalyst 3750G-48PS and 3750G-24PS)

Note:

Di sclaimer: All power consumption numbers were measured under control led laboratory conditions and are provided as an estimate.

The wattage rating on the power supply does not represent actual power draw. It indicates the maximum power draw possible by the power supply. This rating can be used for facility capacity

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information

planning. For PoE switches, cooling requirements are smaller than the actual power consumption as a significant portion of PoE loads are dissipated in the endpoints.

Non-PoE Power Consumption

100 Percent Throughput Switch Power Consumption

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidi ty from 30 to 75 percent. Typically such power draws are only seen when encountering a 100 percent traffic load made up entirely of 64-byte packets on the switch and the upli nks.

5 Percent Throughput Switch Power Consumption

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidi ty from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic l oad on the switch and its uplinks.

PoE Power Consumption

100 Percent Throughput Switch Power Consumption (no PoE loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidi ty from 30 to 75 percent. Typically such power draws are only seen when encountering a 100 percent traffic load made up entirely of 64-byte packets with no PoE loads on the switch and uplinks.

Measured 5 Percent Throughput Switch Power Consumption (no PoE loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic load on the switch and its uplinks

100 Percent Throughput Switch Power Consumption (with maximum PoE loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical system (the switch and the corresponding PoE loads) under normal conditions. Normal conditions signi fy a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. Typically this power draw is realized when a switch is running 100 percent traffic load of 64 byte sized packets on all its ports and uplinks and also drawing 100 percent PoE load .

5 Percent Throughput Switch Power Consumption (with 50 percent PoE loads).

The numbers indicate the power consumed by a typical system (the switch and the corresponding PoE loads) under normal conditions. Normal conditions signi fy a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic load and 50 percent PoE load on the switch and its uplinks.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Tabl e 4 lists the management and standards support for the Cisco Catalyst 3750 Seri es.

Table 4. Management and Standards

Description	Specification
Management	• BRIDGE-MIB • CISCO-CDP-MIB • CISCO-CLUSTER-MIB • CISCO-CONF-MAN-MIB • CISCO-ENTITY-FRU-CONTROL-MIB • CISCO-ENVMON-MIB • CISCO-FLASH-MIB • CISCO-FTP-CLIENT-MIB • CISCO-HSRP-MIB • CISCO-HSRP-EXT-MIB • CISCO-IGMP-FILTER-MIB • CISCO-IMAGE-MIB • CISCO-L2L3-INTERFACE-CONFIG-MIB • CISCO-MAC-NOTIFICATION-MIB • CISCO-MEMORY-POOL-MIB • CISCO-PAGP-MIB • CISCO-PING-MIB • CISCO-PROCESS-MIB • CISCO-RTTMON-MIB • CISCO-STACK-MIB • CISCO-STACKMAKER-MIB • CISCO-STACKWISE-MIB • CISCO-STP-EXTENSIONS-MIB • CISCO-SYSLOG-MIB • CISCO-TCP-MIB • CISCO-VLAN-IFTABLE-RELATIONSHIP-MIB • CISCO-VLAN-MEMBERSHIP-MIB • CISCO-VTP-MIB • ENTITY-MIB • ETHERLIKE-MIB • IF-MIB • IGMP-MIB • IPMROUTE-MIB • OLD-CISCO-CHASSIS-MIB • OLD-CISCO-FLASH-MIB • OLD-CISCO-INTERFACES-MIB • OLD-CISCO-IP-MIB • OLD-CISCO-SYS-MIB • OLD-CISCO-TCP-MIB • OLD-CISCO-TS-MIB • OSPF-MIB (RFC 1253) • PIM-MIB • RFC1213-MIB • RFC1253-MIB • RMON-MIB • RMON2-MIB • SNMP-FRAMEWORK-MIB • SNMP-MPD-MIB • SNMP-NOTIFICATION-MIB • SNMP-TARGET-MIB • SNMPv2-MIB • TCP-MIB • UDP-MIB

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Standards	• IEEE 802.1s • IEEE 802.1w • IEEE 802.1x • IEEE 802.3ad • IEEE 802.3af • IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports • IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol • IEEE 802.1p CoS classification • IEEE 802.1Q VLAN • IEEE 802.3 10BASE-T • IEEE 802.3u 100BASE-T • IEEE 802.3ab 1000BASE-T • IEEE 802.3z 1000BASE-X

Tabl e 5 lists the safety and compl iance information for the Cisco Catalyst 3750 Series.

Table 5. Safety and Compliance

Description	Specification
Safety Certifications	• UL to UL 60950, Third Edition • C-UL to CAN/CSA C22.2 No. 60950-00, Third Edition • TUV/GS to EN 60950:2000 • CB to IEC 60950 with all country deviations • NOM to NOM-019-SCFI • CE Marking
Electromagnetic Emissions Certifications	• FCC Part 15 Class A • EN 55022: 1998 (CISPR22) • EN 55024: 1998 (CISPR24) • VCCI Class A • AS/NZS 3548 Class A • CE • CNS 13438 Class A • MIC
Telco	CLEI code
Warranty	Limited lifetime warranty

Cisco Services for Access Switching

Ci sco and our partners can help you create a robust, dependable Cisco Access Switching solution. The Ci sco lifecycle approach to services defines the requisite activities at each phase of the solution lifecycle. Assessments help align your solution to business goals and gauge readiness to support new technology. Effective planning and design expedite solution adoption. Award-winning technical support increases operational efficiency, and optimization improves performance, resiliency, stability, and predictability and prepares your network and teams for change. For more information, visit http://www.cisco.com/go/services.

Table 6. Service and Support

Service and Support	Features	Benefits
Advanced Services		
Cisco Total Implementation Solutions (TIS), Available Directly from Cisco Cisco Packaged TIS, Available Through Resellers	• Project management • Site survey, configuration, and deployment • Installation, text, and cutover • Training • Major moves, adds, and changes • Design review and product staging	• Supplement existing staff • Help ensure functions meet needs • Mitigate risk

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Cisco SMARTnet® Support and SMARTnet Onsite Support, Available Directly from Cisco Cisco Packaged SMARTnet Support, Available Through Resellers	• 24-hour access to software updates • Web access to technical repositories • Telephone support through the Cisco Technical Assistance Center (TAC) • Advance replacement of hardware parts	• Facilitate proactive or expedited issue resolution • Lower TCO by taking advantage of Cisco expertise and knowledge • Minimize network downtime

Ordering Information

Tabl e 7 lists the ordering information for the Cisco Catalyst 3750 Series. To place an order, visit the Cisco Ordering homepage at http://www.cisco.com/en/US/ordering/or13/or8/order_customer_help_how_to_order_listing.html.

Table 7. Ordering Information

Part Number	Description
WS-C3750G-24TS-E1U	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750G-24TS-S1U	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-24TS-E	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1.5 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750G-24TS-S	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1.5 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-24WS-S25	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE • 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • Integrated Wireless LAN Controller • Supports up to 25 Lightweight Access Points • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 2 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-24WS-S50	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE • 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• Integrated Wireless LAN Controller • Supports up to 50 Lightweight Access Points • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 2 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-24T-E	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750G-24T-S	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-12S-E	• 12 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750G-12S-S	• 12 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-12S-SD	• 12 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable multilayer switch • DC Power Supply • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-16TD-E	• Sixteen 10/100/1000 Gigabit Ethernet ports • One IEEE 802.3ae 10 Gigabit Ethernet XENPAK port • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing • IEEE 802.3ae 10 Gigabit Ethernet port is 1.25:1 oversubscribed
WS-C3750G-16TD-S	• Sixteen 10/100/1000 Gigabit Ethernet ports • One IEEE 802.3ae 10 Gigabit Ethernet XENPAK port • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable multilayer switch • Delivers enterprise-class intelligent services to the network edge • IP Base software feature set (IPB) • IEEE 802.3ae 10 Gigabit Ethernet port is 1.25:1 oversubscribed
WS-C3750G-24PS-E	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750G-24PS-S	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-48TS-E	• 48 Ethernet 10/100/1000 ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750G-48TS-S	• 48 Ethernet 10/100/1000 ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750G-48PS-E	• 48 Ethernet 10/100/1000 with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750G-48PS-S	• 48 Ethernet 10/100/1000 with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

WS-C3750-48PS-E	• 48 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750-48PS-S	• 48 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750-48TS-E	• 48 Ethernet 10/100 ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750-48TS-S	• 48 Ethernet 10/100 ports • 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750-24PS-E	• 24 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE • 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750-24PS-S	• 24 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE • 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750-24TS-E	• 24 Ethernet 10/100 ports • 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3750-24TS-S	• 24 Ethernet 10/100 ports • 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3750-24FS-S	• 24 100BASE-FX ports • 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 32-Gbps, high-speed stacking bus • Innovative stacking technology • 1 RU stackable, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
PWR-RPS2300	Cisco Redundant Power System 2300
BLNK-RPS2300=	Spare Bay Insert for Cisco Redundant Power System 2300
ACC-RPS2300=	Spare Accessory Kit for Cisco Redundant Power System 2300
CAB-RPS2300=	Spare RPS Cable for Cisco Redundant Power System 2300
CAB-RPS2300-E=	Spare RPS Cable RPS 2300 Cisco Catalyst 3750-E/356-E Series Switches
BLWR-RPS2300=	Spare 45CFM Blower for Cisco Redundant Power System 2300
PWR675-AC-RPS-N1=	675W Redundant Power Supply with 1 connector cable
CAB-RPS-1614=	1 RPS 675 connector cable 16/14
CD-3750G-EMI=	• IP Services image upgrade kit for standard versions of the Cisco Catalyst 3750G-24TS, 3750G-24T, 3750G-24TS-1U, 3750G-24PS, and 3750G-12S switches • Provides advanced IP routing
CD-3750G-48EMI=	• IP Services image upgrade kit for standard versions of the Cisco Catalyst 3750G-48TS and 3750G-48PS switches • Provides advanced IP routing
CD-3750-EMI=	• IP Services image upgrade kit for standard versions of the Cisco Catalyst 3750-48TS and 3750-24TS switches • Provides advanced IP routing
CAB-STACK-50CM=	Cisco StackWise 50-cm stacking cable
CAB-STACK-1M=	Cisco StackWise 1-m stacking cable
CAB-STACK-3M=	Cisco StackWise 3-m stacking cable
RCKMNT-3550-1.5RU=	Spare rack-mount kit for the Cisco Catalyst 3750G-24TS
RCKMNT-1RU=	Spare rack-mount kit for the Cisco Catalyst 3750-24TS, 3750-48TS, and 3750G-24T
RCKMNT-REC-1.5RU=	1.5 RU recessed rack-mount kit for the Cisco Catalyst 2970, 3550, and 3750
RCKMNT-REC-1RU=	1 RU recessed rack-mount kit for the Cisco Catalyst 2970, 3550, and 3750
GLC-LH-SM=	GE SFP, LC connector, LH transceiver
GLC-SX-MM=	GE SFP, LC connector, SX transceiver
GLC-ZX-SM=	GE SFP, LC connector, ZX transceiver
GLC-BX-D=	1000Base BX SFP, 1490 nm IEEE 802.3ah single-mode fiber
GLC-BX-U=	1000Base BX SFP, 1310 nm IEEE 802.3ah single-mode fiber
GLC-T=	GE SFP, RJ-45 connector, 10/100/1000BASE-T transceiver
GLC-BX-D=	1000Base BX SFP, 1490 nm IEEE 802.3ah single-mode fiber
GLC-BX-U=	1000Base BX SFP, 1310 nm IEEE 802.3ah single-mode fiber
GLC-GE-100FX=	100FX SFP on GE SFP ports for DSBU switches
CWDM-SFP-1470=	Cisco CWDM SFP 1470 nm; GE and 1G/2G FC (Grey)
CWDM-SFP-1490=	Cisco CWDM SFP 1490 nm; GE and 1G/2G FC (Violet)
CWDM-SFP-1510=	Cisco CWDM SFP 1510 nm; GE and 1G/2G FC (Blue)
CWDM-SFP-1530=	Cisco CWDM SFP 1530 nm; GE and 1G/2G FC (Green)
CWDM-SFP-1550=	Cisco CWDM SFP 1550 nm; GE and 1G/2G FC (Yellow)
CWDM-SFP-1570=	Cisco CWDM SFP 1570 nm; GE and 1G/2G FC (Orange)
CWDM-SFP-1590=	Cisco CWDM SFP 1590 nm; GE and 1G/2G FC (Red)
CWDM-SFP-1610=	Cisco CWDM SFP 1610 nm; GE and 1G/2G FC (Brown)

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

DWDM-SFP-3033=	DWDM SFP 1530.33 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3112=	DWDM SFP 1531.12 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3190=	DWDM SFP 1531.90 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3268=	DWDM SFP 1532.68 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3425=	DWDM SFP 1534.25 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3504=	DWDM SFP 1535.04 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3582=	DWDM SFP 1535.82 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3661=	DWDM SFP 1536.61 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3819=	DWDM SFP 1538.19 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3898=	DWDM SFP 1538.98 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3977=	DWDM SFP 1539.77 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4056=	DWDM SFP 1540.56 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4214=	DWDM SFP 1542.14 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4294=	DWDM SFP 1542.94 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4373=	DWDM SFP 1543.73 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4453=	DWDM SFP 1544.53 nm SFP (100 GHz ITU grid)
C3-XENPAK-10GB-LR=	10GBASE-LR, up to 10 km single mode fiber
XENPAK-10GB-ER	10GBASE-ER, up to 40 km single-mode fiber
CSS5-CABLX-LCSC=	CSS11500 10 m single-mode fiber, LX LC-to-SC connectors
CSS5-CABSX-LC=	CSS11500 10 m multimode fiber, SX LC connectors
CSS5-CABSX-LCSC=	CSS11500 10 m multimode fiber, SX LC-to-SC connectors
CAB-SM-LCSC-1M	1 m single-mode fiber, LC-to-SC connectors
CAB-SM-LCSC-5M	5 m single-mode fiber, LC-to-SC connectors
CAB-MCP-LC=	Mode-conditioning patch cable; LC connector

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
San Jose, CA

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.
Singapore

Europe Headquarters
Cisco Systems International BV
Amsterdam, The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at www.cisco.com/go/offices.

CCDE, CCENT, CCSI, Cisco Eos, Cisco HealthPresence, Cisco IronPort, the Cisco logo, Cisco Lumin, Cisco Nexus, Cisco Nurse Connect, Cisco StackPower, Cisco StadiumVision, Cisco TelePresence, Cisco Unified Computing System, Cisco WebEx, DCE, Flip Channels, Flip for Good, Flip Mino, Flip Video, Flip Video (Design), Flipshare (Design), Flip Ultra, and Welcome to the Human Network are trademarks; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn, Cisco Store, and Flip Gift Card are service marks; and Access Registrar, Aironet, AsyncOS, Bringing the Meeting To You, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCIP, CCNA, CCNP, CCSP, CCVP, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Cisco Unity, Collaboration Without Limitation, EtherFast, EtherSwitch, Event Center, Fast Step, Follow Me Browsing, FormShare, GigaDrive, HomeLink, Internet Quotient, IOS, iPhone, iQuick Study, IronPort, the IronPort logo, LightStream, Linksys, MediaTone, MeetingPlace, MeetingPlace Chime Sound, MGX, Networkers, Networking Academy, Network Registrar, PCNow, PIX, PowerPanels, ProConnect, ScriptShare, SenderBase, SMARTnet, Spectrum Expert, StackWise, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient, TransPath, WebEx, and the WebEx logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the United States and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0907R)

Printed in USA

C78-387055-05 09/09

Cisco ME 6524 Ethernet Switch

Product Bulletin No. 3218

Ci sco introduces the Cisco® ME 6524 Ethernet Switch, a next-generation, fixed-configuration switch built to meet the requirements of Carrier Ethernet networks. Based on ground-breaking and industry-leading Cisco Catalyst® 6500 Series technology, the Cisco ME 6524 cost-effectively delivers on the stringent performance, reliability, and quality of service (QoS) requirements of triple-play services, as well as VPN services for Ethernet-to-the-Home (EttH), Ethernet-to-the-Business (EttB), and DSLAM aggregation deployments. The space- and power-optimized 1.5-rack-unit (1.5RU) Cisco ME 6524 enhances the industry-leading Cisco Carrier Ethernet solution portfolio by extending hi ghly advanced Multiprotocol Label Switching (MPLS), QoS, multicast, and IPv6 features into Ethernet access and aggregation networks, facilitating scalable and service-rich Gigabit Ethernet access for both fiber and copper deployments.

The Ci sco ME 6524, equipped with the Policy Feature Card 3C (PFC3C) and Multilayer Switch Feature Card 2A (MSFC2A), extends the Catalyst 6500 Series innovations to the service-provider access network. The PFC3C offers hardware-based MAC learning and increases the MAC address table capacity by 50 percent in comparison to the PFC3B and PFC3BXL. It strengthens security by protecting network resources and by intelligently granting access to subscribers, with features such as port-based and VLAN-based access control lists (ACLs), CPU Rate Limiters, Port Security, Private VLAN, Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Snooping, and IEEE 802.1x. These security features are hardware-based and can be enabled concurrently without compromising system performance as traffic l evels increase.

The support for Software Modularity ensures maximum high availability, boosts operational efficiency, and minimizes downtime through evolutionary software infrastructure advancements. By
enabling modular Cisco IOS® subsystems to run as independent, self-healing processes, this innovation minimizes unplanned downtime through fault containment and stateful process restarts,
simplifies software changes through subsystem In-Service Software Upgrades (ISSU), and enables process-level, automated policy control by integrating Embedded Event Manager (EEM), all key benefits necessary for Carrier Ethernet and Broadband Aggregation deployments. Software Modularity images require a minimum of 512 MB DRAM on the swi tch processor.

Furthermore, the PFC3C offers scalabl e support for multicast appli cations with protocols such as Internet Group Management Protocol Version 3 (IGMPv3), Protocol Independent Multicast (PIM), PIM Sparse Mode (PIM-SM), PIM Source Specifi c Multicast (PIM-SSM), and PIM Snooping, which optimize triple-play delivery at the network edge.

The Ci sco ME 6524 can scale to support MPLS and IPv6 applications for Layer 2 and Layer 3 VPN services integration.

© 2007–2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Announcement Summary

There are two models of the Cisco ME 6524:

- Cisco ME 6524 with 24 Gigabit Ethernet Small Form-Factor Pluggable (SFP) downlinks and 8 Gigabi t Ethernet SFP uplinks (part number ME-C6524GS-8S), as shown in Figure 1.

Figure 1. Cisco ME 6524 with 24 Gigabit Ethernet SFP Downlinks

- Cisco ME 6524 with 24 Ethernet 10/100/1000 downlinks and 8 Gigabit Ethernet SFP uplinks (part number ME-C6524GT-8S), as shown in Figure 2.

Figure 2. Cisco ME 6524 with 24 Ethernet 10/100/1000 Downlinks

Specifications

The Ci sco ME 6524 is a space- and power-optimi zed Ethernet access switch with the following specifications:

- 1.5 RU rack space
- Dimension: 2.625 inches height x 17.45 inches width x 19 inches depth (6.7 x 44.3 x 48.3 cm)
- 400W AC or DC power supplies

Because it comes standard with the PFC3C, the Cisco ME 6524 offers architecture and feature consistency with the Cisco Catalyst 6500 Supervisor Engine 720 and Supervisor Engine 32.

© 2007–2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Tabl e 1 summarizes the key features avai lable on the Cisco ME 6524. Tables 2 and 3 provide ordering information.

Table 1. Key Features of the Cisco ME 6524

Technology	Feature
Layer 2 switching	IEEE 802.1Q IEEE 802.1D/802.1w/802.1s Port Aggregation Protocol (PAgP) / IEEE 802.3ad IEEE 802.1Q Tunneling Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) Flexlink IEEE 802.3x Cisco Discovery Protocol VLAN Trunking Protocol (VTP) Unidirectional Link Detection (UDLD)
IPv4 routing	Static Routing Open Shortest Path First (OSPF) OSPF Graceful Restart (RFC 3623) Enhanced Interior Group Routing Protocol (EIGRP) Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS) Protocol Border Gateway Protocol Version 4 (BGPv4) Hot Standby Router Protocol (HSRP) Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Bidirectional Forwarding Detection (BFD) for OSPF, IS-IS, and BGP
Security	Port Security on access, 802.1Q trunk, and 802.1Q tunneling ports IEEE 802.1x Private VLAN Per-VLAN MAC Limiting Control Plane Policing Hardware-based Rate Limiters Unicast Flood Blocking Storm Control Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Snooping DHCP Option 82 Dynamic ARP Inspection VLAN-based and port-based ACLs IP Source Guard Private Host
Multicast	IGMP v1, v2, v3 IGMP Snooping PIM, PIM-SM, PIM-SSM PIM Snooping Bidirectional PIM
Quality of Service	Ingress Policing (Per Port, Per VLAN, Per Port + Per VLAN) Shaped Round Robin (SRR) and Deficit Weighted Round Robin (DWRR) Scheduling DSCP Transparency Class of service (CoS) Mutation
MPLS	Ethernet over MPLS (VC Type 4 and VC Type 5) MPLS VPN Label Distribution Protocol (LDP) Traffic Engineering for OSPF (OSPF-TE) and IS-IS (ISIS-TE) Class-based Tunnel Selection MPLS TE Fast Reroute (FRR) Fast Reroute Prefix Independence

© 2007–2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Technology	Feature
IPv6	Native IPv6 Routing Information Protocol next generation (RIPng), MP-BGP4, OSPFv3 IPv6 over IPv4 Tunnels Internet Control Message Protocol version 6 (ICMPv6) Configured, Automatic, Generic Routing Encapsulation (GRE), 6to4, ISATAP Tunnels IPv6 QoS PIM-SM and PIM-SSM

Ordering Information

Table 2. Cisco ME 6524 Product Numbers and Software Images

Product Number	Description
Cisco ME 6524	
ME-C6524GS-8S	24 Gigabit Ethernet SFP interfaces + 8 Gigabit Ethernet SFP uplinks, 1 fan tray
ME-C6524GT-8S	24 Ethernet 10/100/1000 interfaces + 8 Gigabit Ethernet SFP uplinks, 1 fan tray
Power Supply for Cisco ME 6524	
PWR-400W-AC=	400W AC power supply for the Cisco ME 6524
PWR-400W-DC=	400W DC power supply for the Cisco ME 6524
Memory Options for Cisco ME 6524	
MEM-XCEF720-256M	Default memory on the Cisco ME 6524 switch processor
MEM-XCEF720-512M	512-MB memory upgrade option for the switch processor on the Cisco ME 6524
MEM-XCEF720-1GB	1-GB memory upgrade option for the switch processor on the Cisco ME 6524
MEM-MSFC2-512MB	Default memory on the Cisco ME 6524 router processor
MEM-MSFC3-1GB	1-GB memory upgrade option for the router processor on the Cisco ME 6524
MEM-C6K-CPTFL512M	Default external 512-MB compact flash memory
Software Images	
S523IBL-12233SXH	Cisco ME 6524 IP Base LAN Only • Layer 2 feature set • RIP • EIGRP Stub
S523IBK9L-12233SXH	Cisco ME 6524 IP Base SSH LAN Only • Same functionalities as the Cisco ME 6524 IOS IP Base Image
S523AIK9L-12233SXH	Cisco ME 6524 IOS Advanced IP Services • Same functionalities as the Cisco ME 6524 IOS IP Services Image PLUS • Layer 3 IPv4 services • Layer 3 IPv6 services • Advanced MPLS feature set

© 2007–2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Table 3. Availability Dates for Cisco ME 6524

Part Number	Availability Date
ME-C6524GS-8S and ME-C6524GS-8S=	August 2006
ME-C6524GT-8S and ME-C6524GT-8S=	August 2006
PWR-400W-DC and PWR-400W-DC=	August 2006
PWR-400W-AC and PWR-400W-AC=	May 2008
S523IBL-12233SXH	August 2007
S523IBK9L-12233SXH	August 2007
S523AIK9L-12233SXH	August 2007

For More Information

For more information about the Cisco ME 6524 Ethernet Switch, visit:

http://www.cisco.com/en/US/products/ps6845/products_data_sheets_list.html.

Marketing Contacts

For additional i nquiries, please contact your l ocal account team.

Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
San Jose, CA

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.
Singapore

Europe Headquarters
Cisco Systems International BV
Amsterdam, The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at www.cisco.com/go/offices.

CCDE, CCSI, CCENT, Cisco Eos, Cisco Health Presence, the Cisco logo, Cisco Lumin, Cisco Nexus, Cisco Nurse Connect, Cisco Stadium Vision, Cisco TelePresence, Cisco WebEx, DCE, and Welcome to the Human Network are trademarks; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn and Cisco Store are service marks; and Access Registrar, Aironet, AsyncOS, Bringing the Meeting To You, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCIP, CCNA, CCNP, CCSP, CCVP, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Cisco Unity, Collaboration Without Limitation, EtherFast, EtherSwitch, Event Center, Fast Step, Follow Me Browsing, FormShare, GigaDrive, HomeLink, Internet Quotient, IOS, iPhone, iQuick Study, IronPort, the IronPort logo, LightStream, Linksys, MediaTone, MeetingPlace, MeetingPlace Chime Sound, MGX, Networkers, Networking Academy, Network Registrar, PCNow, PIX, PowerPanels, ProConnect, ScriptShare, SenderBase, SMARTnet, Spectrum Expert, StackWise, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient, TransPath, WebEx, and the WebEx logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the United States and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or Website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0903R)

© 2007–2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Cisco Catalyst 3560 Series Switches

Product Overview

The Cisco® Catalyst® 3560 Series is a line of fixed-configuration, enterprise-class switches that include IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet (PoE) functionality in Fast Ethernet and Gigabi t Ethernet configurations. The Cisco Catalyst 3560 is an ideal access layer switch for small enterprise LAN access or branch-office environments, combining both 10/100/1000 and PoE configurations for maximum productivity and investment protection while enabling the deployment of new appli cations such as IP telephony, wireless access, video surveillance, building management systems, and remote video kiosks. Customers can deploy networkwide intelligent services-such as advanced quali ty of service (QoS), rate li miting, access control lists (ACLs), multicast management, and high-performance IP routing-while maintaining the simplicity of traditional LAN switching. Available for the Cisco Catalyst 3560 Series at no charge, the Cisco Network Assistant is a centralized management application that simpli fies the administration tasks for Cisco switches, routers, and wireless access points. Cisco Network Assistant provides configuration wizards that greatly simplify the implementation of converged networks and intelligent network services.

The Ci sco Catalyst 3560 is part of a larger and more scalable family of Cisco Catalyst switches that includes the Cisco Catalyst 3560-E Series switches, the Cisco Catalyst 3750 and 3750-E Series switches with Cisco StackWise™ technology, and the Cisco Catalyst 4500 and Catalyst 6500 modular switches. United by Cisco IOS® Software, the entire family offers industry-leading availability, integrated security, opti mized delivery, and manageability.

Configurations

The Ci sco Catalyst 3560 Series comprises the following switches (refer to Figure 1):

Figure 1. Cisco Catalyst 3560 Switches

- Cisco Catalyst 3560-8PC: 8 Ethernet 10/100 ports with PoE and 1 dual-purpose 10/100/1000 and SFP port; compact form factor with no fan
- Cisco Catalyst 3560-12PC: 12 Ethernet 10/100 ports with PoE and 1 dual-purpose 10/100/1000 and SFP port; compact form factor with no fan
- Cisco Catalyst 3560-24TS: 24 Ethernet 10/100 ports and 2 Small Form-Factor Pluggable (SFP)-based Gigabit Ethernet ports; 1 rack unit (RU)

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

- Cisco Catalyst 3560-48TS: 48 Ethernet 10/100 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports; 1RU
- Cisco Catalyst 3560-24PS: 24 Ethernet 10/100 ports with PoE and 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports; 1 RU
- Cisco Catalyst 3560-48PS: 48 Ethernet 10/100 ports with PoE and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports; 1RU
- Cisco Catalyst 3560G-24TS: 24 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports; 1RU
- Cisco Catalyst 3560G-48TS: 48 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports; 1RU
- Cisco Catalyst 3560G-24PS: 24 Ethernet 10/100/1000 ports with PoE and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports; 1RU
- Cisco Catalyst 3560G-48PS: 48 Ethernet 10/100/1000 ports with PoE and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports; 1RU

The Ci sco Catalyst 3560 Series can be purchased with the IP Base or IP Services l icenses pre-installed. The IP Base license offers advanced QoS, rate limiting, ACLs, and basic static and Routing Information Protocol (RIP) routi ng functions. The IP Services license provides a richer set of enterprise-class features, i ncluding advanced hardware-based IPv6 unicast and IPv6 Multicast routing as well as policy-based routi ng (PBR). The IP Services license upgrades Cisco Catalyst 3560 Series switches to include IPv6 routing support. Upgrade licenses are available to upgrade a switch from the IP Base license to the IP Services license.

The SFP-based GE ports accommodate a range of SFP transceivers, including the Cisco 1000BASE-T, 1000BASE-SX, 1000BASE-LX, 1000BASE-ZX, and CWDM SFP transceivers. These ports also support the Cisco Catalyst 3560 SFP Interconnect Cable for establishing a low-cost Gigabit Ethernet point-to-point connection.

Power over Ethernet

The Ci sco Catalyst 3560 Series can provide a lower total cost of ownership (TCO) for deployments that incorporate Cisco IP phones, Cisco Aironet® wireless LAN (WLAN) access points, or any IEEE 802.3af-compli ant end device. PoE removes the need for wall power to each PoE-enabled device and eliminates the cost for additional electrical cabling that would otherwise be necessary in IP phone and WLAN deployments. The Cisco Catalyst 3560 8-port PoE and 24-port PoE configurations can support 8 and 24 simultaneous full-powered PoE ports at 15.4W for maximum powered-device support. The Cisco Catalyst 3560 12-port PoE can support 8 ports at 15.4W or 12 ports at 10W or any combination in between. Taking advantage of Cisco Catalyst Intelligent Power Management, the 48-port PoE configurations can deliver the necessary power to support 24 ports at 15.4W, 48 ports at 7.7W, or any combination in between. Maximum power avai lability for a converged voice and data network is attainable when a Cisco Catalyst 3560 switch i s combined with the Cisco RPS 2300 Redundant Power System for transparent protection against i nternal power supply failures and an uninterruptible power supply (UPS) system to safeguard against power outages.

Gigabit Ethernet

At speeds of 1000 Mbps, Gigabit Ethernet provides the bandwidth to meet new and evolving network demands, al leviate bottlenecks, and boost performance while increasing the return on

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

existi ng infrastructure investments. Today's workers are placing higher demands on networks, running multiple, concurrent applications. For example, a worker joins a team conference call through an IP videoconference, sends a 10-MB spreadsheet to meeting participants, broadcasts the latest marketing video for the team to evaluate, and queries the customer-relationship-management database for the l atest real-time feedback. Meanwhile, a multigigabyte system backup starts in the background and the latest virus updates are delivered to the client. The Cisco Catalyst 3560 provides a means to intelligently scale the network beyond 100 Mbps over existing Category 5 copper cabling and simultaneously support PoE for maximum productivity and investment protection.

Intelligence in the Network

Networks of today are evolving to address four new developments at the network edge:

- Increase in desktop computing power
- Introduction of bandwidth-intensive applications
- Expansion of highly sensitive data on the network
- Presence of multiple device types, such as IP phones, WLAN access poi nts, and IP video cameras

These new demands are contending for resources with many existing mission-critical applications. As a result, IT professionals must view the edge of the network as critical to effectively manage the delivery of information and applications.

As companies increasingly rely on networks as the strategic business infrastructure, it is more important than ever to help ensure their high availability, security, scalability, and control. By adding Cisco intelligent functions for LAN access, customers can now deploy networkwide intelligent services that consistently address these requirements from the desktop to the core and through the WAN.

With Cisco Catalyst Intelligent Ethernet switches, Cisco Systems® helps enable companies to realize the full benefits of adding intelligent services into their networks. Deployment of capabilities that make the network infrastructure highly available to accommodate time-critical needs, scalable to accommodate growth, secure enough to protect confidential information, and capable of differentiating and controlling traffic flows is critical to further optimizing network operations.

Cisco EnergyWise Technology

Ci sco EnergyWise is an innovative archi tecture, added to the Cisco Catal yst 3560 switches, promoting companywide sustainabil ity by reducing energy consumption across an entire corporate infrastructure and affecting more than 50 percent of global greenhouse gas emissions created by worldwide building infrastructure, a much greater effect than the 2 percent generated by the IT industry. Cisco EnergyWi se enables companies to measure the power consumption of network infrastructure and network-attached devi ces and manage power consumpti on wi th specific policies, reducing power consumption to realize increased cost savings, potentially affecting any powered device.

EnergyWise encompasses a highly intelligent network based approach to communicate messages that measure and control energy between network devices and endpoints. The network discovers Ci sco EnergyWise manageable devices, monitors their power consumption, and takes action based on busi ness rules to reduce power consumption. EnergyWise uses a unique domain-naming system to query and summarize information from large sets of devices, making it simpler

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

than traditional network management capabilities. Cisco EnergyWise's management interfaces allow facilities and network management applications to communicate with endpoints and each other using the network as a unifying fabric. The management interface uses standard SNMP or SSL to integrate Cisco and third-party management systems.

Ci sco EnergyWise extends the network as a platform for power control plane for gatheri ng, managing, and reducing power consumption of all devices, resulting in companywide optimized power delivery and reduced energy costs.

Enhanced Security

With the wide range of security features that the Cisco Catalyst 3560 Series offers, businesses can protect important informati on, keep unauthorized people off the network, guard pri vacy, and maintain uninterrupted operation.

Ci sco Identity Based Networking Services (IBNS) provides authentication, access control, and security policy administration to secure network connectivity and resources. Cisco IBNS in the Ci sco Catalyst 3560 Series prevents unauthorized access and helps ensure that users get only their designated privileges. It provi des the ability to dynamically administer granular levels of network access. Usi ng the 802.1x standard and the Cisco Access Control Server (ACS), users can be assigned a VLAN or an ACL upon authentication, regardless of where they connect to the network. This setup allows IT departments to enable strong security policies without compromisi ng user mobility-and with minimal admi nistrative overhead.

To guard against denial-of-service and other attacks, ACLs can be used to restrict access to sensitive portions of the network by denying packets based on source and destination MAC addresses, IP addresses, or TCP/UDP ports. ACL lookups are done in hardware, so forwarding performance is not compromised when implementing ACL-based security.

Port security can be used to limi t access on an Ethernet port based on the MAC address of the device to which it is connected. It also can be used to limit the total number of devices plugged into a swi tch port, thereby protecting the switch from a MAC flooding attack as well as reducing the risks of rogue wireless access points or hubs.

With Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) snooping, DHCP spoofing can be thwarted by allowing only DHCP requests (but not responses) from untrusted user-facing ports. Additionally, the DHCP Interface Tracker (Option 82) helps enable granular control over IP address assignment by augmenting a host IP address request with the switch port ID. Building further on the DHCP snooping capabilities, IP address spoofing can be thwarted using Dynamic ARP Inspection and IP Source Guard.

The MAC Address Notification feature can be used to monitor the network and track users by sending an alert to a management station so that network administrators know when and where users entered the network. The Private VLAN feature isolates ports on a switch, helping ensure that traffic travels directly from the entry point to the aggregation device through a virtual path and cannot be directed to another port.

Secure Shell (SSH) Protocol Version 2, Kerberos, and Simple Network Management Protocol Version 3 (SNMPv3) encrypt admini strative and network-management information, protecti ng the network from tampering or eavesdropping. TACACS+ or RADIUS authentication enables centralized access control of switches and restricts unauthorized users from altering the configurations. Alternatively, a local username and password database can be configured on the

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

switch itself. Fifteen levels of authorization on the switch console and two levels on the Web-based management interface provide the ability to give different levels of configuration capabilities to different administrators.

Availability and Scalability

The Ci sco Catalyst 3560 Series is equi pped with a robust set of features that allow for network scalability and higher availability through IP routing as well as a complete suite of Spanning Tree Protocol enhancements aimed to maximize availability in a Layer 2 network.

The Ci sco Catalyst 3560 switches deliver high-performance, hardware-based IP routing. The Cisco Express Forwarding-based routing architecture allows for increased scalabili ty and performance. This architecture allows for very high-speed lookups while also helping ensure the stabili ty and scalability necessary to meet the needs of future requirements. In addition to dynamic IP unicast routing, the Cisco Catalyst 3560 Series is perfectly equipped for networks requiring multi cast support. Protocol Independent Multicast (PIM) and Internet Group Management Protocol (IGMP) snooping in hardware make the Cisco Catalyst 3560 Series switches ideal for intensive multicast environments.

Implementing routed uplinks to the core improves network availabili ty by enabling faster failover protection and simplifying the Spanning Tree Protocol algorithm by terminating all Spanning Tree Protocol instances at the aggregator switch. If one of the uplinks fails, quicker failover to the redundant uplink can be achieved wi th a scalable routing protocol such as Open Shortest Path First (OSPF) or Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) rather than relyi ng on standard Spanning Tree Protocol convergence. Redirection of a packet after a link fai lure using a routing protocol results in faster failover than a solution that uses Layer 2 spanning-tree enhancements. Additionally, routed uplinks allow better bandwidth use by implementing equal cost routing (ECR) on the uplinks to perform load balancing. Routed upli nks optimize the utility of uplinks out of the LAN Access by eliminating unnecessary broadcast data flows into the network backbone.

The Ci sco Catalyst 3560 also offers dramatic bandwidth savi ngs as a wiring-closet switch in a multicast environment. Using routed uplinks to the network core eli minates the requirement to transmit multiple streams of the same multicast from the upstream content servers to LAN access switches. For example, if three users are assigned to three separate VLANs and they all want to view multicast ABC, then three streams of multicast ABC must be transmitted from the upstream router to the wiring-closet switch-assuming the wiring-closet swi tch is not capable of routed uplinks. Deploying IP routing to the core with Cisco Catal yst 3560 switches al lows users to create a scalable, multicast-rich network. The Cisco IP Services license offers IPv6 routing , including support for simultaneous IPv4 and IPv6 forwarding. IPv6 protocol support includes OSPFv3, and EIGRPv6. IPv6 management and MLD Snooping are supported on all Cisco Catalyst 3560 software images.

Enhancements to the standard Spanning Tree Protocol, such as Per-VLAN Spanning Tree Plus (PVST+), Uplink Fast, and PortFast, maximize network uptime. PVST+ allows for Layer 2 load sharing on redundant links to efficiently use the extra capacity inherent in a redundant design. Uplink Fast, PortFast, and BackboneFast all greatly reduce the standard 30- to 60-second Spanning Tree Protocol convergence time. Loop guard and bridge-protocol-data-unit (BPDU) guard provide Spanning Tree Protocol loop avoidance.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Advanced QoS

The Ci sco Catalyst 3560 offers superior multilayer, granul ar QoS features to help ensure that network traffic is cl assified and prioritized, and that congestion is avoided in the best possible manner. Configuration of QoS is greatly simplified through automatic QoS (Auto QoS), a feature that detects Cisco IP phones and automatically configures the swi tch for the appropriate classificati on and egress queuing. This optimizes traffic prioritization and network availability without the challenge of a complex configuration.

The Ci sco Catalyst 3560 can classify, reclassify, police, mark, queue, and schedule incoming packets, and can queue and schedule packets at egress. Packet classification allows the network elements to di scriminate between various traffic flows and enforce policies based on Layer 2 and Layer 3 QoS fields.

To implement QoS, the Cisco Catalyst 3560 Series Switch first identifies traffic flows or packet groups, and classifies or reclassifies these groups using the Differenti ated Services Code Point (DSCP) field or the 802.1p Class of Service (CoS) field. Classification and reclassificati on can be based on criteria as specifi c as the source or destination IP address, source or destination MAC address, or the Layer 4 TCP or UDP port. At the ingress, the Cisco Catalyst 3560 also polices to determine whether a packet is in or out of profile, marks to change the classification label , passes through or drops out of profile packets, and queues packets based on classification. Control- and data-plane ACLs are supported on all ports to hel p ensure proper treatment on a per-packet basis.

The Ci sco Catalyst 3560 supports four egress queues per port, allowing the network administrator to be more discriminating and specific in assigning priorities for the vari ous applications on the LAN. At egress, the switch performs scheduling and congestion control. Scheduling is an algori thm or process that determines the order in which the queues are processed. The Cisco Catalyst 3560 Series Switch supports shaped round robin (SRR) and strict priority queuing. The SRR algorithm helps ensure differential prioritization.

These QoS features all ow network administrators to prioritize mission-critical and bandwidth-intensive traffic, such as enterprise resource planning (ERP) (Oracle, etc.), voice (IP telephony traffic), and computer-aided design (CAD) or computer-aided manufacturing (CAM) over less-time-sensitive applications such as FTP or e-mail. For example, it would be highly undesirable to have a large file download destined to one port on a wiring-closet switch and have quality implicati ons such as increased latency in voice traffic destined to another port on this switch. This condition is avoided by making sure that voice traffic is properly classified and prioritized throughout the network. Other applications, such as Web browsing, can be treated as low priority and handled on a best-effort basis.

The Ci sco Catalyst 3560 Series can perform rate limiting through its support of the Cisco Committed Information Rate (CIR) functi on. Through CIR, bandwidth can be guaranteed in increments as low as 8 kbps. Bandwidth can be allocated based on several criteria, including MAC source address, MAC destination address, IP source address, IP desti nation address, and TCP or UDP port number. Bandwidth allocation is essential when network environments require service-level agreements or when it is necessary for the network manager to control the bandwidth given to certain users.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Management

The new Cisco Express Setup feature simplifies the initial configuration of a swi tch. Users now have the option to set up the switch through a Web browser, eliminating the need for more complex terminal-emulation programs and knowledge of the command-l ine interface (CLI). Cisco Express Setup reduces the cost of deployment by helping less-skilled personnel quickly and simply set up switches.

Ci sco Network Assistant is a PC-based network-management application optimized for LANs of small and medium-sized businesses with up to 250 users. Cisco Network Assistant offers centralized management of Cisco switches, routers, and WLAN access points. It supports a wide range of Cisco Catalyst intelligent switches from Cisco Catalyst 2950 through Cisco Catalyst 4506. Through a user-friendly GUI, users can configure and manage a wide array of switch functions and start the device manager of Cisco routers and Cisco wireless access points. A few mouse clicks enable the Cisco recommended security, availabi lity, and QoS features without the need to consult a detailed design guide. The Security wizard automatically restricts unauthorized access to servers with sensitive data. Smartports and wizards save hours of time for network administrators, eliminate human errors, and help ensure that the configuration of the switch is optimized for these applications. Available at no cost, Cisco Network Assistant can be downloaded from Cisco.com.

In addition to the Cisco Network Assistant, the Cisco Catalyst 3560 Series swi tches provide for extensive management using SNMP network-management platforms such as CiscoWorks LAN Management Solution (LMS). LMS is a suite of powerful management tools that simplify the configuration, administration, monitoring, and troubleshooting of Cisco networks. It integrates these capabil ities into a world-class solution for improving the accuracy and efficiency of your operations staff, whi le increasing the overall availability of your network. LMS supports over 400 different device types providing:

- Network discovery, topology views, end-stati on tracking, and VLAN management
- Real-time network fault analysis wi th easy-to-deploy device specific best-practice templates
- Hardware and software inventory management, centralized configuration tools, and syslog monitoring
- Network response time and availability monitoring and tracking
- Real-time device, link, and port traffic management, analysis, and reporting

Cisco Catalyst 3560 SFP Interconnect Cable

The Ci sco Catalyst 3560 SFP Interconnect Cable (see Figure 2) provides for a low-cost point-to-point Gigabit Ethernet connection between Cisco Catalyst 3560 switches. The 50cm cable is an alternative to using SFP transceivers when interconnecting Cisco Catalyst 3560 switches through their SFP ports over a short distance.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Figure 2. Cisco Catalyst 3560 SFP Interconnect Cable

Tabl e 1 gives the features and benefits of the Cisco Catalyst 3560 Series. Table 2 gives the hardware specifications, and Table 3 gives the power specifications. Table 4 lists the management and standards support, and Table 5 provides the safety and compliance information.

Table 1. Features and Benefits of Cisco Catalyst 3560 Series

Feature	Benefit
Ease of Use and Deployment	• Cisco Express Setup simplifies initial configuration with a Web browser, eliminating the need for more complex terminal emulation programs and CLI knowledge. • IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE support comes with automatic discovery to detect a Cisco prestandard or IEEE 802.3af endpoint and provide the necessary power without any user configuration. • DHCP autoconfiguration of multiple switches through a boot server eases switch deployment. • Automatic QoS (Auto QoS) simplifies QoS configuration in voice-over-IP (VoIP) networks by issuing interface and global switch commands to detect Cisco IP phones, classify traffic, and enable egress queue configuration. • Autosensing on each 10/100 port detects the speed of the attached device and automatically configures the port for 10- or 100-Mbps operation, easing switch deployment in mixed 10- and 100-Mbps environments. • Autonegotiating on all ports automatically selects half- or full-duplex transmission mode to optimize bandwidth. • Dynamic Trunking Protocol (DTP) helps enable dynamic trunk configuration across all switch ports. • Port Aggregation Protocol (PAgP) automates the creation of Cisco Fast EtherChannel® groups or Gigabit EtherChannel groups to link to another switch, router, or server. • Link Aggregation Control Protocol (LACP) allows the creation of Ethernet channeling with devices that conform to IEEE 802.3ad. This feature is similar to Cisco EtherChannel technology and PAgP. • DHCP Server enables a convenient deployment option for the assignment of IP addresses in networks that do not have a dedicated DHCP server. • DHCP Relay allows a DHCP relay agent to broadcast DHCP requests to the network DHCP server. • IEEE 802.3z-compliant 1000BASE-SX, 1000BASE-LX/LH, 1000BASE-ZX, 1000BASE-T, and coarse wavelength-division multiplexing (CWDM) physical interface support through a field-replaceable SFP module provides unprecedented flexibility in switch deployment. • Support for the Cisco Catalyst 3560 SFP Interconnect Cable facilitates a low-cost, point-to-point gigabit connection between Cisco Catalyst 3560 Series switches. • The default configuration stored in Flash memory helps ensure that the switch can be quickly connected to the network and can pass traffic with minimal user intervention. • Automatic medium-dependent interface crossover (Auto-MDIX) automatically adjusts transmit and receive pairs if an incorrect cable type (crossover or straight-through) is installed on a 10/100 port. • Time Domain Reflectometry (TDR) to diagnose and resolve cabling problems on copper Ethernet 10/100/1000 ports.
Cisco EnergyWise	• Cisco EnergyWise for greenhouse gas emissions and operational cost optimization by measuring, reporting, and reducing energy consumption across the entire corporate infrastructure, well beyond the scope of IT.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Availability and Scalability	
Superior Redundancy for Fault Backup	• Cisco Uplink Fast and BackboneFast technologies help ensure quick failover recovery, enhancing overall network stability and reliability. • IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) provides rapid spanning-tree convergence independent of spanning-tree timers and the benefit of distributed processing. • Per-VLAN Rapid Spanning Tree Plus (PVRST+) allows rapid spanning-tree reconvergence on a per-VLAN spanning-tree basis, without requiring the implementation of spanning-tree instances. • Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP) is supported to create redundant, fail-safe routing topologies. • Command-switch redundancy enabled in Cisco Network Assistant software allows designation of a backup command switch that takes over cluster-management functions if the primary command switch fails. • Unidirectional Link Detection Protocol (UDLD) and Aggressive UDLD allow unidirectional links to be detected and disabled to avoid problems such as spanning-tree loops. • Switch port autorecovery (errdisable) automatically attempts to reenable a link that is disabled because of a network error. • Cisco RPS 2300 support provides superior internal power-source redundancy, resulting in improved fault tolerance and network uptime. • Equal cost routing (ECR) provides load balancing and redundancy. • Bandwidth aggregation up to 8 Gbps through Cisco Gigabit EtherChannel technology and up to 800 Mbps through Cisco Fast EtherChannel technology enhances fault tolerance and offers higher-speed aggregated bandwidth between switches and to routers and individual servers.
High-Performance IP Routing	• Cisco Express Forwarding hardware routing architecture delivers extremely high-performance IP routing. • Basic IP unicast routing protocols (static, RIPv1, RIPv2 and RIPng) are supported for small-network routing applications. • Advanced IP unicast routing protocols (OSPF, Interior Gateway Routing Protocol [IGRP], EIGRP, Border Gateway Protocol Version 4 [BGPv4] and IS-ISv4) are supported for load balancing and constructing scalable LANs. The IP Services license is required. • IPv6 routing capability (OSPFv3, EIGRPv6) is support. IP Services license is required. • Policy-Based Routing (PBR) allows superior control by enabling flow redirection regardless of the routing protocol configured. • Inter-VLAN IP routing provides for full Layer 3 routing between two or more VLANs. • Protocol Independent Multicast (PIM) for IP Multicast routing is supported, including PIM sparse mode (PIM-SM), PIM dense mode (PIM-DM), and PIM sparse-dense mode. The IP Services license is required. • Fallback bridging forwards non-IP traffic between two or more VLANs.

Integrated Cisco IOS Software Features for Bandwidth Optimization	• Per-port broadcast, multicast, and unicast storm control prevents faulty end stations from degrading overall systems performance. • IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol support for redundant backbone connections and loop-free networks simplifies network configuration and improves fault tolerance. • PVST+ allows for Layer 2 load sharing on redundant links to efficiently use the extra capacity inherent in a redundant design. • IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP) allows a spanning-tree instance per VLAN, enabling Layer 2 load sharing on redundant links. • ECR provides load balancing and redundancy. • VPN routing/forwarding (VRF)-Lite enables a service provider to support two or more VPNs, with overlapping IP addresses. • Local Proxy Address Resolution Protocol (ARP) works in conjunction with Private VLAN Edge to minimize broadcasts and maximize available bandwidth. • VLAN1 minimization allows VLAN1 to be disabled on any individual VLAN trunk link. • VLAN Trunking Protocol (VTP) pruning limits bandwidth consumption on VTP trunks by flooding broadcast traffic only on trunk links required to reach the destination devices. • Internet Group Management Protocol v3 (IGMP) Snooping for IPv4 and IPv6 MLD v1 and v2 Snooping provide fast client joins and leaves of multicast streams and limits bandwidth-intensive video traffic to only the requestors. • IGMP filtering provides multicast authentication by filtering out nonsubscribers and limits the number of concurrent multicast streams available per port. • Multicast VLAN registration (MVR) continuously sends multicast streams in a multicast VLAN while isolating the streams from subscriber VLANs for bandwidth and security reasons.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

QoS and Control	
Advanced QoS	• Standard 802.1p CoS and DSCP field classification are provided, using marking and reclassification on a per-packet basis by source and destination IP address, source and destination MAC address, or Layer 4 TCP or UDP port number. • Cisco control- and data-plane QoS ACLs on all ports help ensure proper marking on a per-packet basis. • Four egress queues per port enable differentiated management of up to four traffic types. • SRR scheduling helps ensure differential prioritization of packet flows by intelligently servicing the ingress and egress queues. • Weighted tail drop (WTD) provides congestion avoidance at the ingress and egress queues before a disruption occurs. • Strict priority queuing guarantees that the highest-priority packets are serviced ahead of all other traffic. • There is no performance penalty for highly granular QoS functions.
Granular Rate Limiting	• The Cisco Committed Information Rate (CIR) function guarantees bandwidth in increments as low as 8 kbps. • Rate limiting is provided based on source and destination IP address, source and destination MAC address, Layer 4 TCP and UDP information, or any combination of these fields, using QoS ACLs (IP ACLs or MAC ACLs), class maps, and policy maps. • Asynchronous data flows upstream and downstream from the end station or on the uplink are easily managed using ingress policing and egress shaping. • Up to 64 aggregate or individual policers are available per Fast Ethernet or Gigabit Ethernet port.

Security	
Networkwide Security Features	• IEEE 802.1x allows dynamic, port-based security, providing user authentication. • IEEE 802.1x with VLAN assignment allows a dynamic VLAN assignment for a specific user regardless of where the user is connected. • IEEE 802.1x with voice VLAN permits an IP phone to access the voice VLAN irrespective of the authorized or unauthorized state of the port. • IEEE 802.1x and port security are provided to authenticate the port and manage network access for all MAC addresses, including those of the client. • IEEE 802.1x with an ACL assignment allows for specific identity-based security policies regardless of where the user is connected. • IEEE 802.1x with Guest VLAN allows guests without 802.1x clients to have limited network access on the guest VLAN. • Web authentication for non-802.1x clients allows non-802.1x clients to use an SSL-based browser for authentication. • Multi-Domain Authentication allows an IP phone and a PC to authenticate on the same switch port while placing them on appropriate Voice and Data VLAN. • MAC Auth Bypass (MAB) for voice allows third-party IP phones without an 802.1x supplicant to get authenticated using their MAC address. • Cisco security VLAN ACLs (VACLs) on all VLANs prevent unauthorized data flows from being bridged within VLANs. • Cisco standard and extended IP security router ACLs (RACLs) define security policies on routed interfaces for control- and data-plane traffic. • Port-based ACLs (PACLs) for Layer 2 interfaces allow application of security policies on individual switch ports. • Unicast MAC filtering prevents the forwarding of any type of packet with a matching MAC address. • Unknown unicast and multicast port blocking allows tight control by filtering packets that the switch has not already learned how to forward. • SSHv2, Kerberos, and SNMPv3 provide network security by encrypting administrator traffic during Telnet and SNMP sessions. SSHv2, Kerberos, and the cryptographic version of SNMPv3 require a special cryptographic software image because of U.S. export restrictions. • Private VLAN Edge provides security and isolation between switch ports, helping ensure that users cannot snoop on other users' traffic. • Private VLANs restrict traffic between hosts in a common segment by segregating traffic at Layer 2, turning a broadcast segment into a nonbroadcast multi-access-like segment. • Bidirectional data support on the Switched Port Analyzer (SPAN) port allows the Cisco Secure Intrusion Detection System (IDS) to take action when an intruder is detected. • TACACS+ and RADIUS authentication enable centralized control of the switch and restrict unauthorized users from altering the configuration. • MAC address notification allows administrators to be notified of users added to or removed from the network. • Dynamic ARP Inspection (DAI) helps ensure user integrity by preventing malicious users from exploiting the insecure nature of the ARP protocol. • DHCP snooping allows administrators to help ensure consistent mapping of IP to MAC

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	addresses. This can be used to prevent attacks that attempt to poison the DHCP binding database, and to rate limit the amount of DHCP traffic that enters a switch port. • IP source guard prevents a malicious user from spoofing or taking over another user's IP address by creating a binding table between the client's IP and MAC address, port, and VLAN. • DHCP Interface Tracker (Option 82) augments a host IP address request with the switch port ID. • Port security secures the access to an access or trunk port based on MAC address. • After a specific timeframe, the aging feature removes the MAC address from the switch to allow another device to connect to the same port. • Trusted Boundary provides the ability to trust the QoS priority settings if an IP phone is present and to disable the trust setting if the IP phone is removed, thereby preventing a malicious user from overriding prioritization policies in the network. • Multilevel security on console access prevents unauthorized users from altering the switch configuration. • The user-selectable address-learning mode simplifies configuration and enhances security. • BPDU Guard shuts down Spanning Tree Protocol PortFast-enabled interfaces when BPDUs are received to avoid accidental topology loops. • Spanning-Tree Root Guard (STRG) prevents edge devices not in the network administrator's control from becoming Spanning Tree Protocol root nodes. • IGMP filtering provides multicast authentication by filtering out nonsubscribers and limits the number of concurrent multicast streams available per port. • Dynamic VLAN assignment is supported through implementation of VLAN Membership Policy Server (VMPS) client functions to provide flexibility in assigning ports to VLANs. Dynamic VLAN helps enable the fast assignment of IP addresses. • Cisco Network Assistant software security wizards ease the deployment of security features for restricting user access to a server as well as to a portion of or the entire network. • Two thousand access control entries (ACEs) are supported.

Manageability	
Superior Manageability	• Cisco IOS CLI support provides a common user interface and command set with all Cisco routers and Cisco Catalyst desktop switches. • Cisco Discovery Protocol version 2 (CDPv2) allows the Cisco Catalyst 3560 Series Switch to negotiate a more granular power setting when connecting to a Cisco powered device, such as IP phones or access points, than what is provided by IEEE classification. • The PoE MIB provides proactive visibility into power usage and allows customers to set different power level thresholds. • Switching Database Manager templates for access, routing, and VLAN deployment scenarios allow the administrator to easily maximize memory allocation to the desired features based on deployment-specific requirements. • Generic On-Line Diagnostic (GOLD) checks the health of hardware components and verifies proper operation of the system data and control plane at run time and boot time. • VLAN trunks can be created from any port, using either standards-based 802.1Q tagging or the Cisco Inter-Switch Link (ISL) VLAN architecture. • Up to 1024 VLANs and up to 128 spanning-tree instances per switch are supported. • Four thousand VLAN IDs are supported. • Voice VLAN simplifies telephony installations by keeping voice traffic on a separate VLAN for easier administration and troubleshooting. • Cisco VTP supports dynamic VLANs and dynamic trunk configuration across all switches. • IGMPv3 snooping provides fast client joins and leaves of multicast streams and limits bandwidth-intensive video traffic to only the requestors. • Remote SPAN (RSPAN) allows administrators to remotely monitor ports in a Layer 2 switch network from any other switch in the same network. • For enhanced traffic management, monitoring, and analysis, the Embedded Remote Monitoring (RMON) software agent supports four RMON groups (history, statistics, alarms, and events). • Layer 2 traceroute eases troubleshooting by identifying the physical path that a packet takes from source to destination. • All nine RMON groups are supported through a SPAN port, which permits traffic monitoring of a single port, a group of ports from a single network analyzer or RMON probe. • Domain Name System (DNS) provides IP address resolution with user-defined device names. • Trivial File Transfer Protocol (TFTP) reduces the cost of administering software upgrades by downloading from a centralized location. • Network Timing Protocol (NTP) provides an accurate and consistent timestamp to all intranet switches.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• Multifunction LEDs per port for port status; half-duplex and full-duplex mode; and 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T indication as well as switch-level status LEDs for system, redundant power supply, and bandwidth use provide a comprehensive and convenient visual management system.
Cisco Network Assistant Software	• Cisco Network Assistant is a free, Windows-based application that simplifies the administration of networks of up to 250 users. It supports a wide range of Cisco Catalyst intelligent switches from Cisco Catalyst 2950 through Cisco Catalyst 4506. With Cisco Network Assistant, users can manage Cisco Catalyst switches plus launch the device managers of Cisco integrated services routers (ISRs) and Cisco Aironet WLAN access points. • The easy-to-use graphical interface provides both a topology map and front-panel view of the switch. • Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data) wizards need just a few user inputs to automatically configure the switch to optimally handle different types of traffic: voice, video, multicast, and high-priority data. • A security wizard is provided to restrict unauthorized access to applications, servers, and networks. • Upgrading the Cisco IOS Software on Cisco Catalyst switches is a simple matter of pointing and clicking, with one-click upgrades. • Cisco Network Assistant supports multilayer feature configurations such as routing protocols, ACLs, and QoS parameters. • Multidevice and multiport configuration capabilities allow administrators to save time by configuring features across multiple switches and ports simultaneously. • The user-personalized interface allows modification of polling intervals, table views, and other settings. • Alarm notification provides automated e-mail notification of network errors and alarm thresholds.
Cisco Express Setup	• Cisco Express Setup simplifies initial configuration of a switch through a Web browser, eliminating the need for more complex terminal emulation programs and CLI knowledge. • The Web interface helps less-skilled personnel quickly and simply set up switches, thereby reducing the cost of deployment.
CiscoWorks Support	• CiscoWorks network-management software provides management capabilities on a per-port and per-switch basis, providing a common management interface for Cisco routers, switches, and hubs. • SNMP v1, v2c, and v3 and Telnet interface support delivers comprehensive in-band management, and a CLI-based management console provides detailed out-of-band management. • Cisco Discovery Protocol Versions 1 and 2 help enable a CiscoWorks network-management station for automatic switch discovery. • The CiscoWorks LAN Management Solution supports the Cisco Catalyst 3560 Series.

Table 2. Cisco Catalyst 3560 Series Switch Hardware

Description	Specification
Performance	• 32 Gbps forwarding bandwidth • Forwarding rate based on 64-byte packets: • 38.7 Mpps (Cisco Catalyst 3560G-48TS, Catalyst 3560G-48PS, Catalyst 3560G-24TS, and Catalyst 3560G-24PS); • 13.1 Mpps (Cisco Catalyst 3560-48TS and Catalyst 3560-48PS); • 6.5 Mpps (Cisco Catalyst 3560-24TS and Catalyst 3560-24PS); • 3.2 Mpps (Cisco Catalyst 3560-12PC) • 2.7 Mpps (Cisco Catalyst 3560-8PC) • 128 MB DRAM • 32 MB Flash memory (Cisco Catalyst 3560G-24TS, Catalyst 3560G-24PS, Catalyst 3560G-48TS, Catalyst 3560G-48PS, Catalyst 3560-24TS, Catalyst 3560-48TS, and Catalyst 3560-8PC); • 16-MB Flash memory (Cisco Catalyst 3560-48PS and Catalyst 3560-24PS) • Configurable up to 12,000 MAC addresses • Configurable up to 11,000 unicast routes • Configurable up to 1000 IGMP groups and multicast routes • Configurable maximum transmission unit (MTU) of up to 9000 bytes, with a maximum Ethernet frame size of 9018 bytes (Jumbo frames), for bridging on Gigabit Ethernet ports, and up to 1546 bytes for bridging of Multiprotocol Label Switching (MPLS) tagged frames on 10/100 ports
Connectors and Cabling	• 10BASE-T ports: RJ-45 connectors, two-pair Category 3, 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling • 10BASE-T PoE ports: RJ-45 connectors, two-pair Category 3, 4, or 5 UTP cabling power pins 1,2 (negative) and 3,6 (positive)

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• 100BASE-TX ports: RJ-45 connectors, two-pair Category 5 UTP cabling • 100BASE-TX PoE ports: RJ-45 connectors, two-pair Category 5 UTP cabling, power on pins 1,2 (negative) and 3,6 (positive) • 1000BASE-T ports: RJ-45 connectors, four-pair Category 5 UTP cabling • 1000BASE-T SFP-based ports: RJ-45 connectors, four-pair Category 5 UTP cabling • 1000BASE-SX, -LX/LH, -ZX, and CWDM SFP-based ports: LC fiber connectors (single/multimode fiber) • Cisco Catalyst 3560 SFP Interconnect Cable: two-pair shielded cabling, 50 cm • Management console port: RJ-45-to-DB-9 cable for PC connections; for terminal connections, use RJ-45-to-DB-25 female data-terminal-equipment (DTE) adaptor (can be ordered separately from Cisco; part number ACS-DSBUASYN=)
Power Connectors	• Customers can provide power to a switch by using either the internal power supply or the Cisco RPS 2300. The connectors are located at the back of the switch. Note: The Cisco Catalyst 3560-8PC and Catalyst 3560-12PC do not have an RPS port. • Internal-Power-Supply Connector • The internal power supply is an autoranging unit. • The internal power supply supports input voltages between 100 and 240 VAC. • Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet. • Cisco RPS Connector • The connector offers connection for an optional Cisco RPS 2300 that uses AC input and supplies DC output to the switch. • The connector supports up to six external network devices and provides power to two failed devices at a time. • The connector automatically senses when the internal power supply of a connected device fails and provides power to the failed device, preventing loss of network traffic. • Only the Cisco RPS 2300 (model PWR-RPS2300) should be attached to the redundant-power-supply receptacle.
Indicators	• Per-port status LEDs: Link integrity, disabled, activity, speed, full-duplex indications, PoE applied, PoE error, and PoE disabled indications • System-status LEDs: System, RPS, link status, link duplex, link speed, and PoE indications
Dimensions (H x W x D)	• Cisco Catalyst 3560-8PC: 1.73 x 10.6 x 9.1 in. (4.4 x 27 x 23 cm) • Cisco Catalyst 3560-12PC: 1.73 x 10.6 x 9.1 in. (4.4 x 27 x 23 cm) • Cisco Catalyst 3560-24TS: 1.73 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm) • Cisco Catalyst 3560-48TS: 1.73 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm) • Cisco Catalyst 3560-24PS: 1.73 x 17.5 x 11.8 in. (4.4 x 44.5 x 30 cm) • Cisco Catalyst 3560-48PS: 1.73 x 17.5 x 14.9 in. (4.4 x 44.5 x 37.8 cm) • Cisco Catalyst 3560G-24TS: 1.73 x 17.5 x 14.9 in. (4.4 x 44.5 x 37.8 cm) • Cisco Catalyst 3560G-48TS: 1.73 x 17.5 x 16.1 in. (4.4 x 44.5 x 40.9 cm) • Cisco Catalyst 3560G-24PS: 1.73 x 17.5 x 14.9 in. (4.4 x 44.5 x 37.8 cm) • Cisco Catalyst 3560G-48PS: 1.73 x 17.5 x 16.1 in. (4.4 x 44.5 x 40.9 cm)
Weight	• Cisco Catalyst 3560-8PC: 5 lb (2.3 kg) • Cisco Catalyst 3560-12PC: 5 lb (2.3 kg) • Cisco Catalyst 3560-24TS: 8.5 lb (3.9 kg) • Cisco Catalyst 3560-48TS: 9.1 lb (4.1 kg) • Cisco Catalyst 3560-24PS: 11.3 lb (5.1 kg) • Cisco Catalyst 3560-48PS: 13.2 lb (6.0 kg) • Cisco Catalyst 3560G-24TS: 12 lb (5.4 kg) • Cisco Catalyst 3560G-24PS: 13.5 lb (6.1 kg) • Cisco Catalyst 3560G-48TS: 14.0 lb (6.4 kg) • Cisco Catalyst 3560G-48PS: 15.5 lb (7.0 kg)
Environmental Ranges	• Operating temperature: 32 to 113ºF (0 to 45ºC) • Storage temperature: -13 to 158ºF (-25 to 70ºC) • Operating relative humidity: 10 to 85% (noncondensing) • Operating altitude: Up to 10,000 ft (3049m) • Storage altitude: Up to 15,000 ft (4573m)
Acoustic Noise	• ISO 7779: Bystander position operating to an ambient temperature of 25℃ • Cisco Catalyst 3560-8PC: 0 dBa (no fan) • Cisco Catalyst 3560-12PC: 0 dBa (no fan) • Cisco Catalyst 3560-24TS: 42 dBa • Cisco Catalyst 3560-48TS: 42 dBa

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• Cisco Catalyst 3560-24PS: 42 dBa • Cisco Catalyst 3560-48PS: 42 dBa • Cisco Catalyst 3560G-24TS: 42 dBa • Cisco Catalyst 3560G-48TS: 48 dBa • Cisco Catalyst 3560G-24PS: 38-44 dBa • Cisco Catalyst 3560G-48PS: 52-58 dBa
Mean Time Between Failure (MTBF)	• Cisco Catalyst 3560-8PC: 367,586 hours • Cisco Catalyst 3560-12PC: 406,470 hours • Cisco Catalyst 3560-24TS: 326,100 hours • Cisco Catalyst 3560-48TS: 280,900 hours • Cisco Catalyst 3560-24PS: 224,100 hours • Cisco Catalyst 3560-48PS: 173,500 hours • Cisco Catalyst 3560G-24TS: 230,700 hours • Cisco Catalyst 3560G-24PS: 186,300 hours • Cisco Catalyst 3560G-48TS: 173,400 hours • Cisco Catalyst 3560G-48PS: 147,000 hours

Table 3. Power Specifications for Cisco Catalyst 3560 Series Switch

Description	Specification		
Power Supply Rated Maximum	• 204W (Cisco Catalyst 3560-8PC, Catalyst 3560-12PC) • Dissipated power: 80W, 273 BTUs per hour • PoE: 124W • 45W (Cisco Catalyst 3560-24TS) • 485W (Cisco Catalyst 3560-24PS) • Dissipated power: 115W, 393 BTUs per hour • PoE: 370W • 65W (Cisco Catalyst 3560-48TS) • 530W (Cisco Catalyst 3560-48PS) • Dissipated power: 160W, 546 BTUs per hour • PoE: 370W • 100W (Cisco Catalyst 3560G-24TS) • 540W (Cisco Catalyst 3560G-24PS) • Dissipated power: 170W, 534 BTUs per hour • PoE: 370W • 160W (Cisco Catalyst 3560G-48TS) • 590W (Cisco Catalyst 3560G-48PS) • Dissipated power: 220W, 690 BTUs per hour • PoE: 370W		
Measured 100% Throughput Power Consumption	**Cisco Catalyst 3560 Series**	**Switch Power**	**Total Output BTU**
	3560-8PC	19W	64 BTU/hour
	3560-12PC	22W	73 BTU/hour
	3560-24TS	27W	89 BTU/hour
	3560-48TS	45W	153 BTU/hour
	3560-24PS	43W	144 BTU/hour
	3560-48PS	86W	293 BTU/hour
	3560G-24TS	74W	249 BTU/hour
	3560G-24PS	96W	325 BTU/hour
	3560G-48TS	124W	422 BTU/hour
	3560G-48PS	130W	443 BTU/hour
Measured 5% Throughput Power Consumption	**Cisco Catalyst 3560 Series**	**Switch Power**	**Total Output BTU**
	3560-8PC	18W	60 BTU/hour
	3560-12PC	20W	68 BTU/hour
	3560-24TS	24W	82 BTU/hour
	3560-48TS	41W	138 BTU/hour

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	3560-24PS	40W		134 BTU/hour
	3560-48PS	72W		245 BTU/hour
	3560G-24TS	66W		225 BTU/hour
	3560G-24PS	86W		293 BTU/hour
	3560G-48TS	113W		386 BTU/hour
	3560G-48PS	123W		418 BTU/hour
Measured 100% Throughput Power Consumption (with maximum possible PoE loads)	**Cisco Catalyst 3560 Series**	**Switch Power**	**PoE Power**	**Total Output BTU**
	3560-8PC	145W	124W	70 BTU/hour
	3560-12PC	145W	124W	72 BTU/hour
	3560-24PS	449W	370W	267 BTU/hour
	3560-48PS	483W	370W	383 BTU/hour
	3560G-24PS	496W	370W	429 BTU/ hour
	3560G-48PS	534W	370W	559 BTU/hour
Measured 5% Throughput Power Consumption (with 50% PoE loads)	**Cisco Catalyst 3560 Series**	**Switch Power**	**PoE Power**	**Total Output BTU**
	3560-8PC	82W	62W	69 BTU/hour
	3560-12PC	86W	63W	76 BTU/hour
	3560-24PS	247W	188W	197 BTU/hour
	3560-48PS	275W	184W	311 BTU/hour
	3560G-24PS	287W	186W	345 BTU/ hour
	3560G-48PS	328W	189	474 BTU/hour
AC Input Voltage and Current	• 100-240 VAC (autoranging), 2.5-1.3A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3560-8PC) • 100-240 VAC (autoranging), 2.5-1.3A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3560-12PC) • 100-240 VAC (autoranging), 450-190mA, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3560-24TS) • 100-240 VAC (autoranging), 650-270mA, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3560-48TS) • 100-240 VAC (autoranging), 5.5-2.8A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3560-24PS and Catalyst 3560-48PS) • 100-240 VAC (autoranging), 3.0-1.5A, 50-60Hz (Cisco Catalyst 3560G-24TS and Catalyst 3560G-48TS) • 100-240 VAC (autoranging), 8.0-4.0A, 50-60Hz (Cisco Catalyst 3560G-24PS and Catalyst 3560G-48PS)			

Power Rating	• Cisco Catalyst 3560-8PC: 0.2 kVA • Cisco Catalyst 3560-12PC: 0.2 kVA • Cisco Catalyst 3560-24TS: 0.075 kVA • Cisco Catalyst 3560-48TS: 0.110 kVA • Cisco Catalyst 3560-24PS: 0.485 kVA • Cisco Catalyst 3560-48PS: 0.530 kVA • Cisco Catalyst 3560G-24TS: 0.10 kVA • Cisco Catalyst 3560G-48TS: 0.16 kVA • Cisco Catalyst 3560G-24PS: 0.52 kVA • Cisco Catalyst 3560G-48PS: 0.56 kVA
DC Input Voltages (RPS Input)	• +12V at 5A (Cisco Catalyst 3560-24TS and Catalyst 3560-48TS); 7.5A (Cisco Catalyst 3560-24PS and Catalyst 3560-48PS); 10.5A (Cisco Catalyst 3560G-24TS); 17.5A (Cisco Catalyst 3560G-48TS); 14A (Cisco Catalyst 3560G-24PS and Catalyst 3560G-48PS) • -48V at 7.8A (PoE switches)
PoE	• Maximum power supplied per port: 15.4W • Total power dedicated to PoE: 370W • Total power dedicated to PoE: 124W (Cisco Catalyst 3560-8PC, Catalyst 3560-12PC)

Note:

Di sclaimer: All power consumption numbers were measured under control led laboratory conditions and are provided as an estimate.

The wattage rating on the power supply does not represent actual power draw. It indicates the maximum power draw possible by the power supply. This rating can be used for facility capacity

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

planning. For PoE switches, cooling requirements are smaller than the actual power consumption as a significant portion of PoE loads are dissipated in the endpoints.

Non-PoE Power Consumption

100 Percent Throughput Switch Power Consumption

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidi ty from 30 to 75 percent. Typically such power draws are only seen when encountering a 100 percent traffic load made up entirely of 64-byte packets on the switch and the upli nks.

5 Percent Throughput Switch Power Consumption

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidi ty from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic l oad on the switch and its uplinks.

PoE Power Consumption

100 Percent Throughput Switch Power Consumption (no PoE loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar, and relative humidi ty from 30 to 75 percent. Typically such power draws are only seen when encountering a 100 percent traffic load made up entirely of 64-byte packets with no PoE loads on the switch and uplinks.

Measured 5 Percent Throughput Switch Power Consumption (no PoE loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical switch under normal conditions. Normal conditions signify a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic load on the switch and its uplinks

100 Percent Throughput Switch Power Consumption (with maximum PoE loads)

The numbers indicate the power consumed by a typical system (the switch and the corresponding PoE loads) under normal conditions. Normal conditions signi fy a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. Typically this power draw is realized when a switch is running 100 percent traffic load of 64 byte sized packets on all its ports and uplinks and also drawing 100 percent PoE load .

5 Percent Throughput Switch Power Consumption (with 50 percent PoE loads).

The numbers indicate the power consumed by a typical system (the switch and the corresponding PoE loads) under normal conditions. Normal conditions signi fy a temperature of 25 degrees Celsius, atmospheric pressure in the range of 860 to 1060 mbar and relative humidity from 30 to 75 percent. The numbers below indicate a 5 percent traffic load and 50 percent PoE load on the switch and its uplinks.

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Table 4. Management and Standards Support for Cisco Catalyst 3560 Series Switch

Description	Specification	
Management	• BRIDGE-MIB • CISCO-CDP-MIB • CISCO-CLUSTER-MIB • CISCO-CONFIG-MAN-MIB • CISCO-ENTITY-FRU-CONTROL-MIB • CISCO-ENVMON-MIB • CISCO-FLASH-MIB • CISCO-FTP-CLIENT-MIB • CISCO-HSRP-MIB • CISCO-HSRP-EXT-MIB • CISCO-IGMP-FILTER-MIB • CISCO-IMAGE-MIB • CISCO-IP-STAT-MIB • CISCO-L2L3-INTERFACE-CONFIG-MIB • CISCO-MAC-NOTIFICATION-MIB • CISCO-MEMORY-POOL-MIB • CISCO-PAGP-MIB • CISCO-PING-MIB • CISCO-PROCESS-MIB • CISCO-RTTMON-MIB • CISCO-STP-EXTENSIONS-MIB • CISCO-SYSLOG-MIB • CISCO-TCP-MIB • CISCO-VLAN-IFTABLE-RELATIONSHIP-MIB • CISCO-VLAN-MEMBERSHIP-MIB	• CISCO-VTP-MIB • ENTITY-MIB • ETHERLIKE-MIB • IF-MIB • IGMP-MIB • IPMROUTE-MIB • OLD-CISCO-CHASSIS-MIB • OLD-CISCO-FLASH-MIB • OLD-CISCO-INTERFACES-MIB • OLD-CISCO-IP-MIB • OLD-CISCO-SYS-MIB • OLD-CISCO-TCP-MIB • OLD-CISCO-TS-MIB • OSPF-MIB (RFC 1253) • PIM-MIB • RFC1213-MIB • RFC1253-MIB • RMON-MIB • RMON2-MIB • SNMP-FRAMEWORK-MIB • SNMP-MPD-MIB • SNMP-NOTIFICATION-MIB • SNMP-TARGET-MIB • SNMPv2-MIB • TCP-MIB • UDP-MIB
Standards	• IEEE 802.1s • IEEE 802.1w • IEEE 802.1x • IEEE 802.3ad • IEEE 802.3af • IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports • IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol • IEEE 802.1p CoS Prioritization • IEEE 802.1Q VLAN • IEEE 802.3 10BASE-T specification • IEEE 802.3u 100BASE-TX specification • IEEE 802.3ab 1000BASE-T specification • IEEE 802.3z 1000BASE-X specification	• 1000BASE-X (SFP) • 1000BASE-SX • 1000BASE-LX/LH • 1000BASE-ZX • 1000BASE-CWDM SFP 1470 nm • 1000BASE-CWDM SFP 1490 nm • 1000BASE-CWDM SFP 1510 nm • 1000BASE-CWDM SFP 1530 nm • 1000BASE-CWDM SFP 1550 nm • 1000BASE-CWDM SFP 1570 nm • 1000BASE-CWDM SFP 1590 nm • 1000BASE-CWDM SFP 1610 nm • RMON I and II standards • SNMPv1, SNMPv2c, and SNMPv3

Table 5. Safety and Compliance

Description	Specification
Safety Certifications	• UL 60950-1, First Edition • CUL to CAN/CSA 22.2 No. 60950-1, First Edition • TUV/GS to EN 60950-1, First Edition • CB to IEC 60950-1 with all country deviations • AS/NZS 60950-1, First Edition • NOM (through partners and distributors) • CE Marking
Electromagnetic Emissions Certifications	• FCC Part 15 Class A • EN 55022 Class A (CISPR22) • EN 55024 (CISPR24) • AS/NZS CISPR22 Class A • CE • CNS 13438 Class A

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• MIC • GOST • China EMC Certifications
Telco	Common Language Equipment Identifier (CLEI) code
Warranty	Limited lifetime warranty

Cisco Services for Access Switching

Ci sco and our partners can help you create a robust, dependable Cisco Access Switching solution. The Ci sco lifecycle approach to services defines the requisite activities at each phase of the solution lifecycle. Assessments help align your solution to business goals and gauge readiness to support new technology. Effective planning and design expedite solution adoption. Award-winning technical support increases operational efficiency, and optimization improves performance, resiliency, stability, and predictability and prepares your network and teams for change. For more information, visit http://www.cisco.com/go/services.

Table 6. Cisco Services and Support Programs

Service and Support	Features	Benefits
Advanced Services		
• Cisco Total Implementation Solutions (TIS), available direct from Cisco • Cisco Packaged TIS, available through resellers • Cisco SMARTnet® and SMARTnet Onsite support, available direct from Cisco • Cisco Packaged SMARTnet support program, available through resellers	• Project management • Site survey, configuration, and deployment • Installation, text, and cutover • Training • Major moves, adds, and changes • Design review and product staging • Access to software updates 24 hours • Web access to technical repositories • Telephone support through the Cisco Technical Assistance Center (TAC) • Advance Replacement of hardware parts	• Supplements existing staff • Helps ensure that functions meet needs • Mitigates risk • Helps enable proactive or expedited issue resolution • Lowers TCO by taking advantage of Cisco expertise and knowledge • Minimizes network downtime

Ordering Information

Tabl e 7 gives ordering information for the Cisco Catalyst 3560 Series switches.

Table 7. Ordering Information for Cisco Catalyst 3560 Series Switches

Part Numbers	Description
WS-C3560-8PC-S	• 8 Ethernet 10/100 ports and 1 dual-purpose 10/100/1000 and SFP port • Compact form-factor with no fan • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560-12PC-S	• 12 Ethernet 10/100 ports and 1 dual-purpose 10/100/1000 and SFP port • Compact form-factor with no fan • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560-24TS-S	• 24 Ethernet 10/100 ports and 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560-24TS-E	• 24 Ethernet 10/100 ports and 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3560-48TS-S	• 48 Ethernet 10/100 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560-48TS-E	• 48 Ethernet 10/100 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3560-24PS-S	• 24 Ethernet 10/100 ports and 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560-24PS-E	• 24 Ethernet 10/100 ports and 2 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3560-48PS-S	• 48 Ethernet 10/100 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560-48PS-E	• 48 Ethernet 10/100 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing

WS-C3560G-24TS-S	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560G-24TS-E	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3560G-48TS-S	• 48 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560G-48TS-E	• 48 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3560G-24PS-S	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560G-24PS-E	• 24 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	• 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
WS-C3560G-48PS-S	• 48 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Base software feature set (IPB)
WS-C3560G-48PS-E	• 48 Ethernet 10/100/1000 ports and 4 SFP-based Gigabit Ethernet ports • 1RU fixed-configuration, multilayer switch • Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge • IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet • IP Services software feature set (IPS) • Provides full IPv6 dynamic routing
CD-3560G-EMI=	• IP Services License (formerly EMI) upgrade kit for IP Base versions of the Cisco Catalyst 3560G-24TS, Catalyst 3560G-24PS, Catalyst 3560G-48TS and Catalyst 3560G-48PS • Advanced IPv6 routing
CD-3560-EMI=	• IP Services License (formerly EMI) upgrade kit for IP Base versions of the Cisco Catalyst 3560-24PS, Catalyst 3560-48PS, Catalyst 3560-24TS, Catalyst 3560-48TS, and Catalyst 3560-8PC • Advanced IPv6 routing
PWR-RPS2300	Cisco RPS 2300 with one connector cable
RCKMNT-1RU=	Spare rack-mount kit for the Cisco Catalyst 3560
RCKMNT-REC-1RU=	1RU recessed rack-mount kit for the Cisco Catalyst 3560
RCKMNT-19-CMPCT=	Rack-mount kit for the Cisco Catalyst 3560-8PC and Catalyst 3560-12PC compact switches
CBLGRD-C3560-8PC=	Cable guard for the Cisco Catalyst 3560-8PC compact switch
CBLGRD-C3560-12PC=	Cable guard for the Cisco Catalyst 3560-12PC compact switch
GLC-LH-SM=	1000BASE-LX/LH SFP transceiver module for MMF and SMF, 1300-nm wavelength
GLC-SX-MM=	1000BASE-SX SFP transceiver module for MMF, 850-nm wavelength
GLC-ZX-SM=	1000BASE-ZX SFP transceiver module for SMF, 1550-nm wavelength
GLC-T=	1000BASE-T SFP transceiver module for Category 5 copper wire Not supported on the Cisco Catalyst 3560-8PC compact switch
GLC-BX-D=	1000BASE-BX10 SFP transceiver module for single strand SMF, 1490-nm TX / 1310-nm RX wavelength
GLC-BX-U=	1000BASE-BX10 SFP transceiver module for single strand SMF, 1310-nm TX / 1490-nm RX wavelength
GLC-GE-100FX=	• 100BASE-FX SFP transceiver module for Gigabit Ethernet ports, 1310 nm wavelength, 2 km over MMF • Not supported on the Cisco Catalyst 3560-8PC and Catalyst 3560-12PC compact switches
GLC-FE-100FX=	• 100BASE-FX SFP transceiver module for 100-Mb ports, 1310 nm wavelength, 2 km over MMF • Only supported on the Cisco Catalyst 3560-8PC and Catalyst 3560-12PC compact switches
GLC-FE-100LX=	• 100BASE-FX SFP transceiver module for 100-Mb ports, 1310 nm wavelength, 10 km over SMF • Only supported on the Cisco Catalyst 3560-8PC and Catalyst 3560-12PC compact switches
GLC-FE-100BX-D=	• 100BASE-BX10-D SFP transceiver module for 100-Mb ports, 1550 nm TX /1310 nm RX wavelength, 10 km over single-strand SMF • Only supported on the Cisco Catalyst 3560-8PC and Catalyst 3560-12PC compact switches

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

GLC-FE-100BX-U=	• 100BASE-BX10-U SFP transceiver module for 100-Mb ports, 1310 nm TX/1550 nm RX wavelength, 10 km over single-strand SMF • Only supported on the Cisco Catalyst 3560-8PC and Catalyst 3560-12PC compact switches
CWDM-SFP-1470=	Cisco CWDM SFP 1470 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (gray)
CWDM-SFP-1490=	Cisco CWDM SFP, 1490 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (violet)
CWDM-SFP-1510=	Cisco CWDM SFP, 1510 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (blue)
CWDM-SFP-1530=	Cisco CWDM SFP, 1530 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (green)
CWDM-SFP-1550=	Cisco CWDM SFP, 1550 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (yellow)
CWDM-SFP-1570=	Cisco CWDM SFP, 1570 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (orange)
CWDM-SFP-1590=	Cisco CWDM SFP, 1590 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (red)
DWDM-SFP-3033=	DWDM SFP 1530.33 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3112=	DWDM SFP 1531.12 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3190=	DWDM SFP 1531.90 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3268=	DWDM SFP 1532.68 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3425=	DWDM SFP 1534.25 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3504=	DWDM SFP 1535.04 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3582=	DWDM SFP 1535.82 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3661=	DWDM SFP 1536.61 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3819=	DWDM SFP 1538.19 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3898=	DWDM SFP 1538.98 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-3977=	DWDM SFP 1539.77 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4056=	DWDM SFP 1540.56 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4214=	DWDM SFP 1542.14 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4294=	DWDM SFP 1542.94 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4373=	DWDM SFP 1543.73 nm SFP (100 GHz ITU grid)
DWDM-SFP-4453=	DWDM SFP 1544.53 nm SFP (100 GHz ITU grid)
CWDM-SFP-1610=	Cisco CWDM SFP, 1610 nm; Gigabit Ethernet and 1G/2G FC (brown)
CAB-SFP-50CM=	Cisco Catalyst 3560 SFP Interconnect Cable (50 dcm)
CAB-SM-LCSC-1M	1m-fiber single-mode LC-to-SC connectors
CAB-SM-LCSC-5M	5m-fiber single-mode LC-to-SC connectors

For more information about Cisco products, contact:

United States and Canada: (toll free) 800 553-NETS (6387)
Europe: 32 2 778 4242
Australia: 612 9935 4107
Other: 408 526-7209
World Wide Web URL: http://www.cisco.com

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
San Jose, CA

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.
Singapore

Europe Headquarters
Cisco Systems International BV
Amsterdam, The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at www.cisco.com/go/offices.

CCDE, CCENT, CCSI, Cisco Eos, Cisco HealthPresence, Cisco IronPort, the Cisco logo, Cisco Lumin, Cisco Nexus, Cisco Nurse Connect, Cisco StackPower, Cisco StadiumVision, Cisco TelePresence, Cisco Unified Computing System, Cisco WebEx, DCE, Flip Channels, Flip for Good, Flip Mino, Flip Video, Flip Video (Design), Flipshare (Design), Flip Ultra, and Welcome to the Human Network are trademarks; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn, Cisco Store, and Flip Gift Card are service marks; and Access Registrar, Aironet, AsyncOS, Bringing the Meeting To You, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCIP, CCNA, CCNP, CCSP, CCVP, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Cisco Unity, Collaboration Without Limitation, EtherFast, EtherSwitch, Event Center, Fast Step, Follow Me Browsing, FormShare, GigaDrive, HomeLink, Internet Quotient, IOS, iPhone, iQuick Study, IronPort, the IronPort logo, LightStream, Linksys, MediaTone, MeetingPlace, MeetingPlace Chime Sound, MGX, Networkers, Networking Academy, Network Registrar, PCNow, PIX, PowerPanels, ProConnect, ScriptShare, SenderBase, SMARTnet, Spectrum Expert, StackWise, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient, TransPath, WebEx, and the WebEx logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the United States and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0907R)

Printed in USA

C78-379068-08 08/09

© 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Cisco 7204 VXR/NPE-400 Bundle

PB433923

To ensure a smooth transition for Cisco® 7200 Series NPE-225 Network Processing Engine customers, Cisco is providing a similarly priced, higher-performance bundle. The NPE-225 network processing engine has reached end-of-sale status, along with the related bundles. Cisco is now introducing the Cisco 7204VXR NPE-400 bundle.

Upgrade Paths

The new NPE-400 bundle is priced at a similar level, but offers a higher-performing engine than the end-of-sale NPE-225 bundle (part number 7204VXR/CPE). Also included in the bundle is an I/O controller with the choice of two Fast Ethernet or Ethernet port adapters. For details about the new NPE-400 bundle components, refer to Table 1.

Table 1. Bundle Components

Bundle Part Number	Default Components	Component Part Number
7204VXR/400	4-slot chassis	CISCO7204VXR
	Network processing engine	NPE-400
	I/O controller	C7200-I/O-2FE/E
	64-MB flash memory	MEM-I/O-FLD64M
	256-MB DRAM	MEM-NPE-400-256MB
	Cisco IOS® Software Feature Set	Cisco 7200 Series IOS IP PLUS on 12.4(12) mainline; S72C-12412
	Port adapter	Selective T1, E1, T3, E3, Fast Ethernet, or ATM port adapter (choice of one out of this total selection) included by default
	Power supply	One AC power supply included by default: PWR-7200; configurable with either AC or DC power supply; redundant (AC or DC) power supply is optional

Customers currently using the Cisco 7200 Series products with NPE-225 engines can upgrade their existing Cisco 7200 Series routers with the Cisco 7204VXR NPE-400 bundle, or other Cisco 7200 Series bundles, based on higher-performing engines (such as the NPE-G1 or NPE-G2). Through attractive pricing, Cisco 7200 Series NPE-225 customers can meet increasing bandwidth demands with a simple upgrade to the NPE-400 bundle.

Availability

The bundle is currently orderable.

Ordering Information

To place an order, visit the Cisco Ordering Home Page and refer to Table 2. You may also contact your local Cisco account representative or reseller for additional details about how to get this bundle.

All contents are Copyright © 1992–2007 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Table 2. Ordering Information

Product Name	Part Number
Cisco 7204VXR NPE-400 bundle	7204VXR/400

For More Information

For more information about the Cisco 7204 VXR NPE-400 bundle, visit the Cisco 7200 Series

Home Page or contact your local Cisco account representative.

Americas 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: 408 527-0883

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

Europe Headquarters
Cisco Systems International BV
Haarlerbergpark
Haarlerbergweg 13-19
1101 CH Amsterdam
The Netherlands
www-europe.cisco.com
Tel: +31 0 800 020 0791
Fax: +31 0 20 357 1100

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at **www.cisco.com/go/offices.**

©2007 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. CCVP, the Cisco logo, and the Cisco Square Bridge logo are trademarks of Cisco Systems, Inc.; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn is a service mark of Cisco Systems, Inc.; and Access Registrar, Aironet, BPX, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCIP, CCNA, CCNP, CCSP, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Cisco Unity, Enterprise/Solver, EtherChannel, EtherFast, EtherSwitch, Fast Step, Follow Me Browsing, FormShare, GigaDrive, HomeLink, Internet Quotient, IOS, iPhone, IP/TV, iQ Expertise, the iQ logo, iQ Net Readiness Scorecard, iQuick Study, LightStream, Linksys, MeetingPlace, MGX, Networking Academy, Network Registrar, PIX, ProConnect, ScriptShare, SMARTnet, StackWise, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient, and TransPath are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the United States and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or Website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0708R)

Printed in USA

C25-433923-00 9/07

All contents are Copyright © 1992–2007 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Cisco 7200 VXR Series Routers Overview

The Cisco 7200 VXR Series Router delivers exceptional performance/price, modularity, and scalability in a compact form factor with a wide range of deployment options.

Cisco 7200 VXR Series Router

With processing speeds up to 2 million packets per second, port- and servi ce adapters ranging from NxDS0 to Gigabit Ethernet, and OC-3 as well as an unparalleled number of high-touch IP services, the Cisco 7200 VXR series is the ideal Services Aggregation WAN/MAN edge device for enterprises and service providers deploying any of the following solutions:

- WAN edge—Award-winning qual ity-of-service (QoS) feature performance
- Broadband aggregation—Up to 16,000 Point-to-Point Protocol (PPP) sessions per chassis
- Multiprotocol Label Switching provider edge (MPLS PE)—Number one choice for provider edge deployment today
- Voice/video/data integration—Time-division multiplexer (TDM)-enabled VXR chassis and voice port adapters
- IP-to-IP Gateway Support—Direct IP-i nterconnections
- IP Security virtual private networking (IPSec VPN)—Scalable to 5,000 tunnels per chassis
- High-End Customer Premises Equipment (CPE)—For managed WAN services saving equipment, transport and administrative cost

The Ci sco 7200 VXR addresses these sol ution requirements by integrating functions previously performed by separate devices into a single platform. Through this integration, the Cisco 7200 VXR provides a single, cost-effective platform that supports:

- High-density LAN and WAN interfaces
- Broadband subscriber services aggregation, including PPP, RFC 1483 termination, and Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) tunneling
- Digital T1/E1 TDM trunk termination for voice, video, and data
- High-density multichannel T3/E3 and T1/E1 with integrated channel servi ce unit/data service unit (CSU/DSU)
- ATM and Packet over SONET (POS) connectivity
- ATM IMA (Inverse Multi plexing over ATM) for voice, video, and data
- Light-density Layer 2 Ethernet switching

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Figure 1. The Cisco 7200 VXR Router Series with Network Processing Engine NPE-G2

The Ci sco 7200 VXR Series offers a rich set of capabilities that address requirements for performance, density, high reliability, availability, servi ceability, and manageability (Table 1).

Table 1. Cisco 7200 VXR Features and Benefit

Features	Benefits
Up to 2 Mpps Processing Capability	Provides high-performance routing and processing performance
Maximum Connectivity Options	Meets a variety of topology requirements with the widest range of port densities and interface options
Breadth of Services	Supports QoS, security, MPLS, broadband, multiservice, voice, IP-to-IP Gateway and management features for next-generation networks
Investment Protection	Low initial investment with upgrade and redeployment capability

Applications

VPN Gateways-With the new VPN Service Acceleration Module (VSA), the Cisco 7200 VXR provides high-performance, hardware-assisted encryption, key generation, and compressi on services suitable for site-to-site VPN applications.

Broadband subscriber aggregation services—For small- and medium-densi ty aggregation for network operators, competitive local exchange carriers (CLECs), Internet service providers (ISPs), post, telephone, and telegraph networks (PTTs), and enterprises worldwide. Key features include:

Flexible, modular interfaces for traffic aggregation: OC-3, Gigabit Ethernet, DS3, Fast Ethernet, Ethernet, POS

IP and ATM QoS/class of service (CoS)
MPLS VPN and full L2TP support
Feature-rich IP services and PPP termination support

Multiservice capabilities—The Cisco 7200 VXR Series provides a scalable voice gateway solution, ranging from 2 to 20 T1s and E1s. The advanced QoS and multiservice features of the Cisco 7200 VXR Series makes it an ideal platform in a large number of enterprise and service provider deployments as managed multiservice CPE or as a voice gateway.

Managed network services CPE—The Ci sco 7200 VXR is a cost-effective CPE solution with a field upgradable modular platform. Key features for revenue-generating services include QoS, MPLS (MPLS VPN, MPLS QoS, MPLS TE), WAN edge services (VLAN support, NetFlow, NBAR), Security services (NAT, ACL, hardware encryption for VPNs), and voice/video/data integration.

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Enterprise WAN aggregation—The Cisco 7200 VXR provides a flexible aggregation solution that accommodates a wide range of connecti vity and service options, offers high quality and reliability, and can scale to meet future requirements. The Cisco 7200 VXR's performance per price ratio in the DS0 to OC-3/STM1 range makes it the ideal platform for aggregating multiple branch offices or remote locations.

IP-to-IP Gateway Support—Direct IP-i nterconnections between VoIP networks lower costs, lower latency, improve voice quality, and offer greater flexibility to support emerging services when compared with public-switched telephone network (PSTN) or time-division multiplexing (TDM) interconnections.
The Cisco Multiservice IP-to-IP Gateway provides a network-to-network interface point for:

Signaling interworking (H.323, SIP)
Media interworki ng (DTMF, fax, and modem)
Address and port translations (privacy and topology hiding)
Billing and CDR normalization
QoS and bandwidth management (QoS marking using TOS)

Product Specifications

Table 2. Cards, Ports, Slots

	Cisco 7204 VXR	Cisco 7206 VXR
Configurable Slots without Port Adapter Jacket Card	4	6
Configurable Slots with Port Adapter Jacket Card	5	7
Ethernet (10BASE-T) Ports	32	48
Ethernet (10BASE-FL) Ports	20	30
Fast Ethernet (TX) Ports	4	Up to 6
Fast Ethernet (FX) Ports	4	Up to 6
EtherSwitch Port Adapters	2	2
100VG-AnyLAN Ports	4	Up to 6
FDDI (FDX, HDX) Ports	0	0
ATM Ports (T3, OC-3)	4, 4	Up to 6, 4
Packet over SONET	4	6
Token Ring (FDX, HDX) Ports	16	24
Synchronous Serial Ports	32	48
ISDN BRI Ports (S/T)	16, 32	24, 48
ISDN PRI, Multichannel T1/E1 Ports	32	48
Multichannel T3 Ports	Up to 4	Up to 6
HSSI Ports	Up to 8	Up to 12
Packet over T3/E3 Ports (Integrated DSU)	Up to 10	Up to 14
VPN Acceleration Module	1	1

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Components

Table 3. Chassis

Feature	Cisco 7204 VXR	Cisco 7206 VXR
Chassis/Rack	• 16 with side-to-side air flow • 9 with RDS mounting system for front-to-back airflow	Same as Cisco 7204 VXR
I/O Card Slots	1	Same as Cisco 7204 VXR
Port Adapter Slots	4	6
Midplane	2 independent 32-bit, 50-MHz PCI buses with an aggregate bandwidth of 1.2 Gbps when used with NPE-400. 3 independent 32-bit, 50-MHz PCI buses with an aggregate bandwidth of 1.8 Gbps when used with NPE-G1 or NPE-G2	Same as Cisco 7204 VXR
Online Insertion and Removal (OIR)	Yes	Same as Cisco 7204 VXR
Field-Replaceable Components	Processor, memory, power supply, I/O card, and port adapters	Same as Cisco 7204 VXR
Additional Standard Components	AC power supply, AC power cord	Same as Cisco 7204 VXR

Table 4. Environmental Conditions

	Cisco 7204 VXR	Cisco 7206 VXR
Operating Temperature	32 to 104°F (0 to 40°C)	Same as Cisco 7204 VXR
Storage Temperature	-4 to 149°F (-20 to 65°C)	Same as Cisco 7204 VXR
Operating Humidity	10 to 90% (noncondensing)	Same as Cisco 7204 VXR

The Ci sco 7200 VXR Series chassis also include a Multiservice Interchange (MIX), which supports switching of DS0 time slots via MIX interconnects across the midplane to each port adapter slot.

The midplane and the MIX also support distri bution of clocking between channelized interfaces on the Cisco 7200 VXR to support voice and other constant-bit-rate applications. The VXR midplane provides two full-duplex 8.192-Mbps TDM streams between each port adapter slot and the MIX, which is capable of switching DS0s on all 12 8.192-Mbps streams. Each stream can support up to 128 DS0 channels.

The MIX in the Cisco 7200 VXR provides the ability to switch DS0 ti me slots between multichannel T1 and E1 interfaces, much like TDM capabilities. This enables the Cisco 7200 VXR to switch DS0 voi ce channels on a T1/E1 interface on one port adapter to and from separate voice-processing port adapters. It also enables DS0s to be switched through the Cisco 7200 VXR without any processing, which is a requirement in certain voice configurations.

Processors

The Ci sco 7200 VXR Series sets new standards i n meeting requirements for high-performance Layer 3 services at an affordable price for both service providers and enterprises.

The following processors are currently available for the Cisco 7200 VXR Series:

NPE-G2

NPE-G1

NPE-400

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

The NPE processors offer exceptional price/performance for most applications, includi ng enterprise WAN aggregation, CPE, multiservice, and VPN. These processors provide the greatest flexibility when deploying new features.

Key features supported by the Cisco 7200 VXR Series processors include security, QoS, traffic management, and network management.

More information on the Cisco 7200 VXR processors is available at:

- http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps341/products_data_sheets_list.html
- http://www.cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps3931/products_data_sheet09186a00800c6bd6.html
- http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps341/products_data_sheet09186a00800ae715.html

Input/Output Controllers

Each Cisco 7200 VXR Series chassis has a dedicated slot for an I/O controller. The following types of I/O controllers are currently supported, including some with LAN ports for increased density without using a port adapter slot:

- C7200 VXR-I/O, Cisco 7200 VXR I/O Controller
- C7200 VXR-I/O-2FE/E, Cisco 7200 VXR I/O Controller with dual autosensi ng 10/100 Ethernet ports
- C7200 VXR-I/O-GE+E, Cisco 7200 VXR I/O Controller with 1 Gigabit Ethernet Interface Converter (GBIC) port and one Ethernet port

More information on I/O controllers is avai lable at: http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps341/products_data_sheet09186a0080088724.html

Port Adapter Jacket Card

Ci sco 7204 VXR and 7206 VXR chassis has a dedicated slot for an I/O controller slot that can be used to instal l a Port Adapter Jacket Card. The Port Adapter Jacket Card can hold single (selected) Port or Servi ce Adapter for easy port and slot expansion.

The Ci sco 7200 VXR Series Port Adapter Jacket Card supports the following port adapters:

- Cisco VPN Acceleration Module 2 (SA-VAM2)—Supported only in combination with NPE-G1
- AES wide key crypto card (SA-VAM2+)
- VPN Services Adapter (C7200-VSA) – Supported only in combination with NPE-G2
- ATM Port Adapters (PA-A6-T3, PA-A6-E3, PA-A6-OC3MM, PA-A6-OC3SMI, PA-A6-OC3SML)
- 2-Port Packet/SONET OC3c/STM1 Port Adapter (PA-POS-2OC3)
- 2 Port T3 Serial Port Adapter Enhanced (PA-2T3+)
- 1 port multichannel STM-1multi- and single mode port adapter (PA-MC-STM-1MM, PA-MC-STM-1SMI)

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

- 1-port Enhanced Port Adapter Series (PA-T3/E3-EC, PA-2T3/2E3-EC, PA-MC-2T3-EC, PA-MC-T3-EC)

Note: The Ci sco Mix-Enabled T1/E1 Port Adapters for the Cisco 7200 VXR Series router are not compatible with the Port Adapter Jacket Card.

Software

The Ci sco 7200 VXR Series Port Adapter Jacket Card is supported on a variety of Cisco IOS® Software versions.

Interfaces

The Ci sco 7200 VXR Series offers scalable density with the widest range of connecti vity options including:

- Ethernet 10BASE-T and 10BASE-FL
- Fast Ethernet 100BASE-T (RJ-45 and MII)
- Gigabit Ethernet
- Token Ring (half and full duplex)
- Synchronous serial ISDN BRI, PRI, HSSI, T3, E3
- Multichannel T1, ISDN PRI
- Multichannel E1, ISDN PRI
- Multichannel T3, E3
- Multichannel STM-1
- Packet Over SONET (POS)
- ATM (single-mode and multimode)
- Digital Voice Port Adapter, Enhanced
- Mix-enabled T1/E1
- VPN Acceleration Module (VAM)
- VPN Service Adapter (VSA)

The Ci sco 7200 VXR shares the same port adapters with the Cisco 7400, 7500, and 7600 FlexWAN module, protecting customer investment in interfaces, providing a clear migration path, and simplifying sparing.

More detailed information on specific port adapters is available at: http://www.cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps2033/prod_module_series_home.html

Options—Features

Key features supported by the Cisco 7200 VXR include:

- Cisco Express Forwarding
- QoS
  - Low-Latency Queuing (LLQ)
  - Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)
  - Class-Based Weighted Random Early Detection (CBWRED)
  - Policing

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

- Marking
- Shaping
- Committed Access Rate (CAR)
- Generic Traffic Shaping (GTS)
- Frame Relay Traffic Shaping (FRTS)
- Modular QoS command-line interface (MQC) support
- Network-Based Application Recognition

- MPLS
  - MPLS VPN
  - MPLS QoS
  - MPLS traffic engineering
  - Any Transport over MPLS

- Broadband aggregation
  - PPPoX
  - RBE
  - PPP over X (PPPoX) with L2TP
  - Multiservice/voice
  - cRTP
  - LFI
  - FRF11/12
  - MLPPP
  - MLFR
  - IP-to-IP Voice Gateway
  - SRST

- Tunneling
  - GRE
  - L2TP
  - UTI
  - L2TPv3
  - 6to4
  - Other
  - ACLs
  - NAT
  - NetFlow
  - Firewall
  - Multicast
  - Flexible Packet Matching
  - IPSec VPN
  - Secure Multicast

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

- IPv6

Performance

- Up to 2 Mpps with NPE-G2 processor
- Up to 1 Mpps with NPE-G1 processor
- Up to 400 kpps with NPE-400 processor

Table 5. Memory

	Cisco 7204 VXR	Cisco 7206 VXR
Processor Memory	• 256 MB (default for NPE-400 and NPE-G1) • 512 MB (max for NPE-400) • 1 GB (max for NPE-G1 and default for NPE-G2) • 2 GB option for NPE-G2	Same as Cisco 7204 VXR
PCMCIA Flash Disk Memory Card (optional, up to 2 slots available)	• 48 MB, expandable to 128 MB for I/O controllers • 64 MB, expandable to 256 MB for NPE-G1 and NPE-G2	Same as Cisco 7204 VXR
Compact Flash Disk Memory Card (optional for NPE-G1 and NPE-G2)	• 64 MB, expandable to 256 MB for NPE-G1 • 256 MB for NPE-G2	Same as Cisco 7204 VXR

Network Management

Network Management Applications

Element Manager Software (EMS) for the Cisco 7200 VXR Seri es

Cisco Secure Policy Manager

Cisco VPN Device Manager (VDM)

Cisco QoS Devi ce Manager (QDM)

Cisco Info Center

CiscoWorks

Security Device Manager

MPLS Diagnostics Expert

Secure command-line interface using Secure Shell (SSH) Protocol

HTML-based management tool

Table 6. Physical Specifications

	Cisco 7204 VXR	Cisco 7206 VXR
Height	5.25 in. (13.34 cm)	5.25 in. (13.34 cm)
Width	16.8 in. (42.67 cm)	16.8 in. (42.67 cm)
Depth	17 in. (43.18 cm)	17 in. (43.18 cm)
Weight	Chassis is fully configured with a network processing engine, I/O controller, four port adapters, two power supplies, and a fan tray: ~50 lb (22.7 kg)	Chassis is fully configured with a network processing engine, I/O controller, six port adapters, two power supplies, and a fan tray: ~50 lb (22.7 kg)

Table 7. Power (The Cisco 7200 VXR is available with single and dual power supply options for both AC and DC.)

	Cisco 7204 VXR	Cisco 7206 VXR
AC-Input Power	370W max. (single or dual power supply configuration)	Same as Cisco 7204 VXR
AC-Input Voltage Rating	100-240 VAC wide input with power factor correction	Same as Cisco 7204 VXR

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

	Cisco 7204 VXR	Cisco 7206 VXR
AC-Input Current Rating	Not to exceed 5A max. at 100 VAC and 2.5A max. at 240 VAC with the chassis fully configured	Same as Cisco 7204 VXR
AC-Input Frequency Rating	50/60 Hz	Same as Cisco 7204 VXR
AC-Input Cable	18 AWG 3-wire cable, with 3-lead IEC-320 receptacle on the power supply end, and a country-dependent plug on the power source end	Same as Cisco 7204 VXR
DC-Output Power	280W max. (single or dual power supply configuration)	Same as Cisco 7204 VXR
DC-Input Power	370W max. (single or dual power supply configuration)	Same as Cisco 7204 VXR
DC-Input Voltage Rating	-24 to -60 VDC for global DC power requirements	Same as Cisco 7204 VXR
DC-Input Current Rating	• Not to exceed 13A max. at -48 VDC (370W/-48 VDC = 7.7A typical draw) • Not to exceed 8A max. at -60 VDC (370W/-60 VDC = 6.2A typical draw)	Same as Cisco 7204 VXR
DC Voltages Supplied and Maximum Steady-State Current Ratings	• +5.2V at 360A • +12.2V at 9A • -12.0V at 1.5A • +3.5V at 13A	Same as Cisco 7204 VXR
DC-Input Cable	14 AWG recommended minimum, with at least 3 conductors rated for at least 140℉ (60℃)	Same as Cisco 7204 VXR
Frequency	50/60 Hz	Same as Cisco 7204 VXR
Airflow	~80 cfm	Same as Cisco 7204 VXR
Power Dissipation	~370W max. configuration	Same as Cisco 7204 VXR
Heat Dissipation	370W (1262 BTUs)	Same as Cisco 7204 VXR
Noise Level	• Front (I/O Controller and PA side): 44.2 db • Back (Power supply side): 43.7 db • Left (Fan side): 47.2 db • Right: 44.8 db	Same as Cisco 7204 VXR

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Protocols

The Ci sco 7200 VXR Series Router supports the following standard Internet protocols:

Layer 2 and Layer 3 protocols—Address Resoluti on Protocol (ARP), IPCP, IP forwardi ng, IP host, IP Multicast, PPP-over-ATM, TCP, Telnet, Tri vial File Transfer Protocol (TFTP), User Datagram Protocol (UDP), transparent bridging, virtual LAN (VLAN), MPLS, and IPv6

Layer 3 routing protocols—EIGRP, IGRP, IS-IS, OSPF, BGP, PIM, and RIP

Network management and security—AAA, CHAP, FTP, RADIUS, SNMP, PAP, and TACACS

RFC 1483—Multiprotocol Encapsulation over ATM AAL 5

RFC 1577—Classical IP and ARP over ATM AAL 5

ARP—Determines the destination MAC address of a host using its known IP address

BOOTP—Uses connectionless transport layer (UDP); allows the switch (BOOTP client) to get its IP address from a BOOTP server

Internet Control Message Protocol (ICMP)—Al lows hosts to send error or control messages to other hosts; is a required part of IP; for example, the ping command uses ICMP echo requests to test if a destination i s alive and reachable

IP or IP over ATM—Suite used to send IP datagram packets between nodes on the Internet

TCP—A reliable, full-duplex, connection-oriented end-to-end transport protocol running on top of IP; for example, the Telnet protocol uses the TCP/IP protocol suite

Packet Internet groper (ping)—Tests the accessibili ty of a remote site by sending it an ICMP echo request and waiting for a reply

TFTP—Downloads network software updates and configurati on files (Flashcode) to workgroup switch products

Reverse Address Resolution Protocol (RARP)—Determines an IP address knowing only a MAC address; for example, BOOTP and RARP broadcast requests are used to get IP addresses from a BOOTP or RARPD server

Serial Line Internet Protocol (SLIP)—A version of IP that runs over serial links, allowing IP communications over the administrative interface

PPP—Provides host-to-network and switch-to-swi tch connections over synchronous and asynchronous circuits

Simple Network Management Protocol (SNMP)—Agents that process requests for network management stations and report excepti on conditions when they occur; requi res access to informati on stored in a MIB

Telnet—A terminal emulation protocol that allows remote access to the administrative interface of a switch over the network (in-band)

UDP—Enables an application (such as an SNMP agent) on one system to send a datagram to an application (a network management station using SNMP) on another system; uses IP to deli ver datagrams; TFTP uses UDP/IP protocol suites

Dynamic Host Connection Protocol (DHCP)—Lets a host automatically obtain their IP address, subnet mask, and default route from a pre-configured DHCP server on the network

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Hot Standby Router Protocol (HSRP)—Provides fast cut-over to a backup router in the event of a system or link failure

Product Regulatory Approvals and Compliance

The following table lists regulatory compliance standards for the Cisco 7204 VXR and 7206 VXR chassis.

Table 8. Product Regulatory Compliance

	Compliance Standard
Product Safety	UL 1950, CSA 22.2 No. 950, EN60950, EN41003, AUSTEL TS001, AS/NZ 3260, IEC 950
Emissions	FCC Class A, CSA Class A, EN55022 Class B, VCCI Class 2, AS/NRZ 3548 Class A
Immunity	IEC-1000-4-2, IEC-1000-4-3, IEC-1000-4-4, IEC-1000-4-5, IEC-1000-4-6, IEC-1000-4-11, IEC-1000-3-2
NEBS	Level 3

Product System Requirements

Hardware Requirements

Hardware for Cisco 7200 VXR Series Router includes:

7204 VXR or Cisco 7206 VXR chassis

Network Processing Engine

Input/Output controller

Processor memory

Input/Output controller memory

Power supply

Console and auxiliary cables

Second power supply, accessories

Port adapters

Service adapters

Note: You must order a network processing engine for the Cisco 7206 VXR and Cisco 7204 VXR. With the NPE-400, you must also order an input/output controller. With the NPE-G1 and NPE-G2 processor, the input/output controller is opti onal.

Software Requirements

To locate the mini mum supported Cisco IOS Software Release by Cisco IOS release for all Cisco 7200 VXR Series products, use the Software Advisor Tool at

http://tools.cisco.com/Support/Fusion/FusionHome.do.

In general, the minimum support Cisco IOS Software releases for the Cisco 7204 VXR and Cisco 7206 VXR chassis are 11.1(16)CA or later; 11.2(11)P or later; or 11.3(1) or later. Consult the Software Advisor Tool above for more detailed information since the minimum Cisco IOS release support varies, for example, depending on the Network Processing Engine, the IO Controller Cards and the Port/Service Adapters The Cisco 7200 VXR chassis is configured with.

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Product Ordering Details

Ordering Instructions

Please visit http://www.cisco.com/public/ordering_info.shtml to place an order.

Product Part Number

To fi nd part descriptions and part numbers for Cisco products, use the online Cisco Pricing Tool at http://www.cisco.com/cgi-bin/front.x/pricing.

The base chassis product IDs are shown below. In addition, various bundles, spares, and options are available. To access part descriptions and part numbers use the online Cisco Pricing Tool at http://www.cisco.com/cgi-bin/front.x/pricing.

Table 9. Product Part Number

Part Number	Description
CISCO7204VXR	Cisco 7204 VXR, 4-slot chassis, 1 AC supply with IP software
CISCO7206VXR	Cisco 7206 VXR, 6-slot chassis, 1 AC supply with IP software

Migration Program

A Cisco Technology Migration Program (CTMP) is in place for the Cisco 7200 VXR series routers.

The Ci sco Technology Migration Program is an innovative, industry-first sales program that allows customers to trade in Cisco as well as competitors' products to receive a trade-in credit toward the purchase of any new Cisco product. The program underscores Cisco's commitment to its customers to provide end-to-end product solutions and effective migration options in the face of ever-changing network requirements.

For details about technology migration, go to http://www.cisco.com/web/partners/pr11/incentive/tmp/.

Service and Support

Ci sco Systems offers a wide range of service and support options for its customers. More information on Ci sco service and support programs and benefits are available at http://www.cisco.com/public/Support_root.shtml.

Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
San Jose, CA

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.
Singapore

Europe Headquarters
Cisco Systems International BV
Amsterdam, The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at www.cisco.com/go/offices.

CCDE, CCVP, Cisco Eos, Cisco StadiumVision, the Cisco logo, DCE, and Welcome to the Human Network are trademarks; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn is a service mark; and Access Registrar, Aironet, AsyncOS, Bringing the Meeting To You, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCIP, CCNA, CCNP, CCSI, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Cisco Unity, Collaboration Without Limitation, Enterprise/Solver, EtherChannel, EtherFast, EtherSwitch, Event Center, Fast Step, Follow Me Browsing, FormShare, GigaDrive, HomeLink, Internet Quotient, IOS, iPhone, IP/TV, iQ Expertise, the iQ logo, iQ Net Readiness Scorecard, iQuick Study, IronPort, the IronPort logo, LightStream, Linksys, MeetingPlace, MGX, Networkers, Networking Academy, Network Registrar, PCNow, PIX, PowerKEY, PowerPanels, ProConnect, ScriptShare, SenderBase, SMARTnet, Spectrum Expert, StackWise, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient, TransPath, WebEx, and the WebEx logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the United States and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or Website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0802R)

Printed in USA C78-339749-03 02/08

All contents are Copyright © 1992–2008 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

DATA SHEET

Cisco 800 Series Family of Access Routers

THE CISCO 800 SERIES FAMILY OF ACCESS ROUTERS OFFER MODELS WITH ENHANCED NETWORK SECURITY AND RELIABILITY THROUGH THE POWER OF CISCO IOS® TECHNOLOGY FOR ADSL, IDSL, ISDN, OR SERIAL WAN CONNECTIVITY TAILORED FOR SMALL OFFICES AND TELECOMMUTERS.

The Cisco 800 series family of fixed configuration routers extends the power of Cisco IOS technology to small offices and corporate telecommuters. With Asynchronous Digital Subscriber Line (ADSL), Integrated Services Digital Network (ISDN), ISDN Digital Subscriber Line (IDSL), and serial models, the Cisco 800 series of routers addresses wide range of business class WAN services required by small offices and telecommuters. Cisco IOS technology offers enhanced security, reliability, and safe investment with low cost of ownership to enable customers to benefit from the Internet economy by increasing productivity, simplifying communication, and reducing costs.

The Cisco 800 series enables customers to benefit from value-added services such as differentiated classes of service, toll-quality voice with Voice over IP (VoIP) (Cisco IAD 827), business class security including firewall and virtual private networks (VPNs).

Figure 1 Cisco 800 Series Routers give Small Offices and Corporate Telecommuters Enhanced Security, Superior Reliability, and Safe Investment.

Table 1 Features

Cisco 800 Series	Ethernet LAN	WAN	Voice Features	Additional Features	Markets Supported
DSL Models					
Cisco 827	One 10BaseT (RJ-45)	One ADSL	None	–	US European countries who support DSL over POTs
Cisco IAD 827	One 10BaseT (RJ-45)	One ADSL	• Four FXS Analog ports • VoIP • VoATM	VoIP	US European countries who support DSL over POTs
Cisco 802 IDSL	One 10BaseT (RJ-45)	One IDSL	None	–	US
Cisco 804 IDSL	One 10BaseT (RJ-45) 4-port hub	One IDSL	None	–	US
ISDN Models					
Cisco 801	One 10BaseT (RJ-45)	One ISDN BRI S/T (RJ-45 connector)	None	–	WW
Cisco 802	10BaseT (RJ-45)	One ISDN BRI U, integrated NT1 (RJ-45 connector)	None	–	US
Cisco 803	10BaseT (RJ-45) 4-port hub	ISDN BRI S/T (RJ-45 connector)	2 RJ-11 ports with supplementary voice services	–	WW

Cisco Systems

Table 1 Features (Continued)

Cisco 800 Series	Ethernet LAN	WAN	Voice Features	Additional Features	Markets Supported
Cisco 804	10BaseT (RJ-45) 4-port hub	ISDN BRI U, integrated NTI (RJ-45 connector)	2 RJ-11 ports with caller ID and supplementary voice services	–	US
Cisco 801-CAPI	One 10BaseT (RJ-45)	One ISDN BRI S/T (RJ-45 connector)	None	Support for CAPI	Europe
Cisco 803-CAPI	10BaseT (RJ-45) 4-port hub	One ISDN BRI S/T (RJ-45 connector)	2 RJ-11 ports with supplementary voice services	Support for CAPI	Europe
Cisco 811	One 10BaseT (RJ-45)	One ISDN BRI U, integrated NT1 (RJ-45 connector)	2 RJ-45	–	Japan
Cisco 813	10BaseT (RJ-45) 4-port hub	One ISDN BRI U, integrated NT1 (RJ-45 connector)	2 RJ-45 ports with caller ID and INS 64 services	–	Japan
Serial Models					
Cisco 805	One 10BaseT (RJ-45)	One Smart Serial port for synch, or asyn dial up	None	–	WW

Table 2 Cisco 800 Series DSL Routers

FastStep 2.x	Features
ADSL	• The Cisco 827 and Cisco IAD 827 provide business class ADSL connectivity with advanced QoS, toll quality Voice (Cisco IAD 827), enhanced security and the proven reliability from Cisco IOS software. • Both models are designed to support both Cisco DSL Access Multiplexors (DSLAMs) and DSLAMs with the Alcatel chipset. • The Cisco 827 provides data only access while the Cisco IAD 827 provides toll quality VoIP with four analog FXS ports. • For further information on the Cisco 827 and Cisco IAD 827 see the Cisco 827 DSL datasheet. http://www.cisco.com/warp/customer/cc/cisco/mkt/access/800/827/prodlit/827ad_ds.htm
IDSL	• The Cisco 802 IDSL and 804 IDSL provide ISDN DSL WAN connectivity. IDSL extends the reach of other DSL technologies to 26,000 feet from the service provider Central Office (CO). Unlike ISDN, IDSL provides an always on connection without the need to dial up. • Both models can support synchronous data transmission of up to 144kbps and up to 512kbps with compression. • The Cisco 802 IDSL provides one Ethernet 10BaseT LAN port while the Cisco 804 IDSL provides an integrated Ethernet 10BaseT 4-port hub. • For more information on the Cisco 800 IDSL models see the Cisco 800 IDSL datasheet. http://www.cisco.com/warp/customer/cc/cisco/mkt/access/800/prodlit/idsl_ds.htm
ISDN	• The Cisco ISDN models provide fixed configurations for ISDN WAN connections for both ISDN (ST) for the European market and ISDN (U) for North America and Japan. • There are models that provide data only connections with a single Ethernet 10BaseT LAN port, and models that integrate an Ethernet 10BaseT 4-port hub along with two analog phone ports. • For more information on the Cisco 800 Series ISDN models see the Cisco 800 series ISDN datasheet. http://www.cisco.com/warp/customer/cc/cisco/mkt/access/800/prodlit/800sr_ds.htm • In addition, there are two models that support Common Application Programming Interface (CAPI) applications that are used in the European market. • For more information on the Cisco 800 series ISDN & CAPI models see the Cisco 800 series ISDN & CAPI datasheet. http://www.cisco.com/warp/customer/cc/cisco/mkt/access/800/prodlit/800rt_ds.htm
Serial	• The Cisco 805 Serial Routers provides support for synchronous serial WAN connections for leased lines, Fractional T1, Frame Relay (up to 512Kbps) and asynchronous dialup (with an external modem) serial WAN connections (up to 115.2 Kbps). • For more information on the Cisco 805 serial router see the Cisco 805 datasheet.

Cisco 800 Series Benefits

Leveraging its expertise and leadership in Internet solutions, Cisco Systems offers routing solutions for small offices and telecommuters that provide secure and reliable access to the Internet or corporate networks.

Enhanced Security

Since all Cisco 800 series routers utilize Cisco IOS software, they all provide basic security features such as extended and dynamic Access Control Lists (ACLs) and Network Address Translation (NAT). The Cisco 800 series routers can also provide enhanced security features such as an integrated stateful rewall and IPSec encryption to enable VPNs. These features allow small offices and telecommuters to do business over the Internet while protecting valuable resources.

Quality of Service

Selected models of the Cisco 800 series employs quality-of-service (QoS) features such class-based weighted fair queuing (CBWFQ). These features enables the router to expedite the handling of mission-critical or delay sensitive applications, such as enterprise resource planning (ERP) or videoconferencing while sharing network resources with lower-priority applications such as Web surfing.

Superior Reliability

Because Cisco 800 series routers are based on the same proven Cisco IOS technology used throughout the Internet, small offices can depend on them day after day, year after year. This means that if a server on the LAN crashes, other users remain connected to the Internet.

Safe Investment

The Cisco 800 series routers offer eld-upgradable memory options so the latest networking features can be added when necessary. With an advanced processor and memory architecture, they can support future applications as customer networking needs expand.

Low Cost of Ownership (Cisco 800 ISDN Series)

By leveraging Cisco IOS software, customers using the Cisco 800 series can reduce operational costs for training, management, installation, and deployment. The Cisco 800 series provides key WAN optimization features, including bandwidth on demand (BOD), dial on demand routing (DDR), time of day/access control lists (ACLs), and always on/dynamic ISDN (AO/DI). The Cisco 803 and Cisco 804 routers also offer an “all-in-one” solution that combines telephone, fax, and data communication on a single access line.

Business Class DSL (Cisco 827 Series)

Through Cisco IOS software, the Cisco 800 Series provide business class DSL with features demanded by business customers. Both the IDSL models and the ADSL models can support enhanced security features with integrated firewalls and support for encryption for VPNs. The ADSL models also provide enchanced QoS features to support differentiated
classes of service for guaranteed service levels. In addition, the Cisco IAD 827 adds toll quality voice support with VoIP.

Installation and Configuration Tools

Each Cisco 800 series router includes Cisco FastStep Connect software, an easy-to-use Windows 95, 98, and NT 4.0-based tool that simpli es the setup, monitoring, and troubleshooting. The Cisco FastStep express mode called 1-2-3 Connect, leads users through a simple three-step process to connect to an Internet service provider (ISP) and/ or remote corporate network.

1. Connect the color-coded cables and insert the FastStep CD Rom.
2. Select the Service Provider.
3. Input account information.

Cisco FastStep software includes the Cisco FastStep monitor application, which provides users with router LAN and WAN performance statistics, fault alarms, and troubleshooting assistance (see Figure 2-3).

Figure 2 Cisco FastStep/1-2-3 Connect software

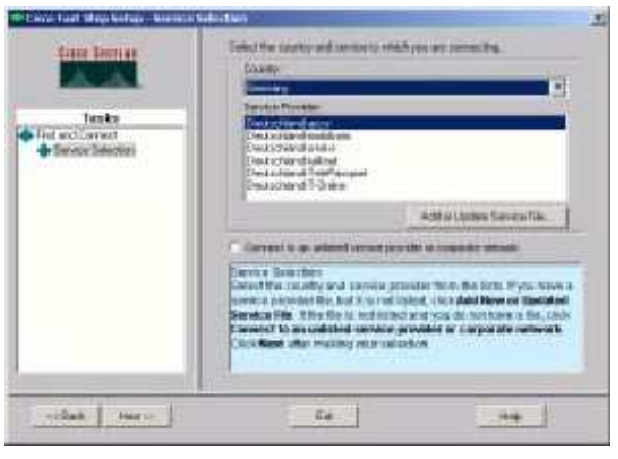
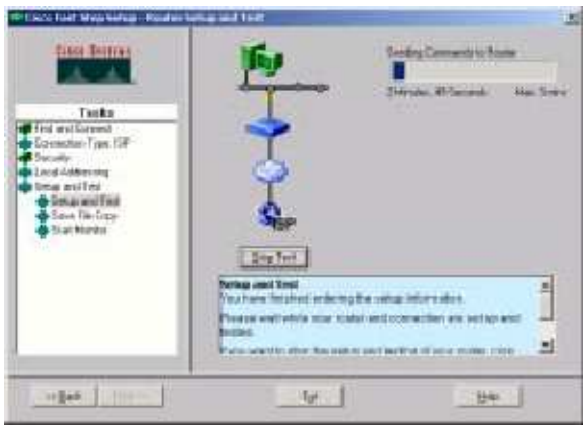


Figure 3 Cisco FastStep/1-2-3 Connect software



Cisco FastStep software also supports automatic service pro le identi er (SPID) and automatic detection of the ISDN switch to further simply the setup process.

The Cisco 800 series routers also support configuration with the Cisco ConfigMaker application. CiscoConfigMaker is a software tool designed to con gure a small network of Cisco routers, switches, hubs, and other network devices from a single PC using Windows 95, 98, and NT 4.0. It is designed for resellers and network administrators of small and medium-sized businesses who are pro cient in LAN and WAN fundamentals and basic network design.

For additional setup ease, the Cisco 800 series routers have color-coded ports and cables to help users make proper connections. Quick Reference Guide documentation provides easy-to-follow installation instructions.

The 800 series models have several options for IOS feature sets ranging from IP-only routing, to support for integrated Firewall and DES encryption for enhanced security, to support for VoIP (Cisco IAD 827-4V). For details on feature sets see the corresponding datasheet for each product category.

Physical Specifications

For specifications of dimensions, weight, back panel, environmental specifications, power supply, LEDs, Ethernet Support, Regulatory Approvals, ISDN BRI Support (Cisco 801-804 & CAPI models only), IDSL support (Cisco 802 IDSL and Cisco 804 IDSL only), ADSL support (Cisco 827 and Cisco IAD 827-4V only) and telephone support (Cisco 803, Cisco 804, Cisco IAD 827-V4 only) see each specific product category datasheet

Contact Information

For more information on the Cisco 800 series, contact:

- United States and Canada: +1 800 553-NETS (6387)
- Europe: +32 2 778 4242
- Australia: +61 2 9935 4107
- Other: +1 (408) 526-7209
- Or contact your local Cisco of ce. To locate one nearest you, visit: http://www.cisco.com/of ces.

Orderability and Availability

The Cisco 800 series routers are orderable and available today.

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

European Headquarters
Cisco Systems Europe s.a.r.l.
Parc Evolic, Batiment L1/L2
16 Avenue du Quebec
Villebon, BP 706
91961 Courtaboeuf Cedex
France
http://www-europe.cisco.com
Tel: 33 1 69 18 61 00
Fax: 33 1 69 28 83 26

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

Asia Headquarters
Nihon Cisco Systems K.K.
Fuji Building, 9th Floor
3-2-3 Marunouchi
Chiyoda-ku, Tokyo 100
Japan
http://www.cisco.com
Tel: 81 3 5219 6250
Fax: 81 3 5219 6001

Cisco Systems has more than 200 offices in the following countries. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the **Cisco Connection Online Web site at http://www.cisco.com/offices.**

Argentina • Australia • Austria • Belgium • Brazil • Canada • Chile • China • Colombia • Costa Rica • Croatia • Czech Republic • Denmark • Dubai, UAE Finland • France • Germany • Greece • Hong Kong • Hungary • India • Indonesia • Ireland • Israel • Italy • Japan • Korea • Luxembourg • Malaysia Mexico • The Netherlands • New Zealand • Norway • Peru • Philippines • Poland • Portugal • Puerto Rico • Romania • Russia • Saudi Arabia • Singapore Slovakia • Slovenia • South Africa • Spain • Sweden • Switzerland • Taiwan • Thailand • Turkey • Ukraine • United Kingdom • United States • Venezuela

Copyright © 2000 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Fast Step is a trademark, and Cisco, Cisco IOS, Cisco Systems, and the Cisco Systems logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. or its affiliates in the U.S. and certain other countries. All other trademarks mentioned in this document are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company.

07/00 LDI-3484