

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

IMPLANTACIÓN DE LA RED METROLAN NETUNO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Cepeda K., Edison A.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

IMPLANTACIÓN DE LA RED METROLAN NETUNO

Prof. Guía: Ing. Zeldivar Bruzual
Tutor Industrial: Ing. José Martínez

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Cepeda K., Edison A.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

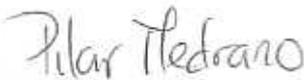
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 08 de febrero de 2006

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Cepeda K. Edison A., titulado:

“IMPLANTACIÓN DE LA RED METROLAN NETUNO”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Pilar Medrano
Jurado


Prof. Dan El Montoya
Jurado


Prof. Zeldivar Bruzual
Profesor Guía

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Ximena, Lisbeth y Paola, quienes con su apoyo, amor y paciencia, han hecho más fácil alcanzar este sueño de vida llamado ingeniería.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

A mis tutores industriales Ing. José Martínez e Ing. Yusara Ortega, por brindarme una oportunidad para desarrollarme profesionalmente y ofrecerme toda su experiencia y comprensión, durante mi estadía dentro de la empresa NetUno.

A mi tutor académico, Prof. Zeldivar Bruzual, por brindarme el apoyo necesario para llevar a cabo este proyecto.

A todo el personal que labora en el NOC de NetUno, que de una u otra forma hicieron posible la culminación de esta investigación.

A Ximena, mi madre, quien con su amor paciencia y comprensión, me ha ayudado en el camino de convertirme en un profesional.

A mi hermana Lisbeth, que con su cariño incondicional, está siempre dispuesta a ofrecerme una ayuda.

A Paola Acevedo, mi novia, quien siempre esta a mi lado brindándome todo su apoyo y amor.

A Lucerlia Saavedra y Rafael Gallardo, por creer en mí y siempre ofrecerme su ayuda cuando más la necesito.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que de una u otra forma han hecho posible mi desarrollo profesional a través de este proyecto.

Cepeda K., Edison A.

IMPLANTACIÓN DE LA RED METROLAN NETUNO

Prof. Guía: Zeldivar Bruzual. Tutor Industrial: Jose´Martínez. Tesis. Caracas. UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: NetUno. 2005. 103h + anexos.

Palabras Claves: Redes Metro Ethernet; Redes de alta velocidad.

Resumen: Se efectúa un estudio de los servicios que presta NetUno con su red actual basada en tecnologías PDH/SDH, determinando las características básicas de cada uno de ellos, en cuanto a su uso del ancho de banda y el equipamiento asociado a cada uno. Además se plantea un análisis de las capacidades de los equipos escogidos para implantar la red MetroLAN, comparando las mismas con lo establecido en la normativa correspondiente a este tipo de red. Tales estudios permiten determinar de forma precisa los esquemas de configuración de los servicios en los equipos de la MetroLAN, necesarios para elaborar un manual que contenga información acerca de la topología de la red y de los procesos de instalación, operación y mantenimiento de la misma.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CONSTANCIA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ACRÓNIMOS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
LA RED METROLAN NETUNO	3
1.1 La empresa y sus requerimientos: planteamiento del problema	3
1.1.1 La empresa y sus servicios	3
1.1.2 Justificación de la creación de la red MetroLAN	
NETUNO	4
1.2 Objetivos	
1.2.1 Objetivo general	7
1.2.2 Objetivos específicos	7
1.3 Fundamentos teóricos de una red MetroLAN	9
1.3.1 Red MetroLAN	9
1.3.2 Estructura	9

	Pág.	
1.3.2.1	UNI (User Network Interface)	10
1.3.2.2	EVC (Ethernet Virtual Connection)	11
1.3.3	Modelo de capas de la red MEN	13
1.3.3.1	Capa de servicios Ethernet	14
1.3.3.2	Capa de transporte de servicios	14
1.3.3.3	Capa de servicios de aplicación	15
1.3.3.4	Planos operativos dentro de una red MEN	15
1.3.3.5	Modelo de referencia de la red MEN y sus componentes	16
1.3.4	Atributos de los servicios de Ethernet	17
1.3.4.1	Atributos de los EVCs	18
1.3.4.2	Atributos de las UNIs	21
1.3.4.3	Formato de la etiqueta 802.1Q	25
1.3.4.4	Marco definitorio de los servicios de Ethernet	27
1.3.5	Otros esquemas de encapsulado de las tramas de servicio	30
1.3.5.1	Q en Q	30
1.3.5.2	MAC en MAC (M en M)	33
1.3.6	Perfiles de ancho de banda en una red MEN	34
1.3.6.1	Parámetros del perfil de ancho de banda	35
1.3.6.2	Color de trama de servicio	36
1.3.6.3	Aplicación de los perfiles de ancho de banda	37
1.3.7	Parámetros de desempeño	39
1.3.7.1	Retardo de Trama	40
1.3.7.2	Variación de Retardo de Trama	41
1.3.7.3	Pérdida de Trama	42
1.4	Metodología	43
1.4.1	Diseño de la investigación	43
1.4.2	Procedimiento	44
1.4.3	Limitaciones	46

	Pág.
CAPÍTULO II	
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
2.1 Los servicios de la empresa	47
2.1.1 Enlaces dedicados	47
2.1.2 Enlaces con ancho de banda compartido	48
2.1.3 Acceso a Internet con ancho de banda compartido	48
2.1.4 Acceso a Internet con ancho de banda dedicado	49
2.1.5 Telefonía	49
2.2 Características operativas de los equipos NORTEL para redes Metro Ethernet	51
2.2.1 Estructura física de la red MetroLAN ofrecida por NORTEL	51
2.2.2 Capa de transporte de servicios Ethernet para la red metro Ethernet de NORTEL	54
2.2.3 Estructuras lógicas y sus respectivas funciones en una red Metro Ethernet NORTEL	55
2.2.4 Manejo de la calidad de servicio (QoS)	60
2.3 Esquemas de migración de servicios	64
2.3.1 Esquemas de migración del servicio “transporte de datos con AB dedicado”	66
2.3.2 Esquemas de migración del servicio “transporte de datos con AB compartido”	69
2.3.3 Esquemas de migración del servicio “acceso a Internet con AB dedicado”	72
2.3.4 Esquemas de migración del servicio “acceso a Internet con AB compartido”	72
2.3.5 Esquemas de migración del servicio “Telefonía”	74
2.4 Selección de los esquemas de migración	76

	Pág.
2.4.1 Servicio de transporte de datos y acceso a Internet con AB dedicado	76
2.4.2 Servicio de Transporte de Datos con AB compartido	79
2.4.3 Servicio “acceso a Internet con AB compartido”	82
2.4.4 Servicio de telefonía	83
2.5 Resumen esquemático del manual de instalación, operación y mantenimiento de los servicios soportados por la red MetroLAN	85
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
BIBLIOGRAFÍA	96
GLOSARIO	97
ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS

#		Pág.
1.3.4.1	Velocidades de acceso especificadas para la interfaz UNI	22
2.1.1	Características más resaltantes de los servicios soportados por la red PDH/SDH de NETUNO	50
2.2.1	Tipos de conexiones para la red de acceso	52
2.2.2	Modos de conexión a un nodo del backbone	53
2.2.3	Protocolos de transporte de servicios para red de backbone y acceso.	54
2.2.4	Variantes básicas para configuración de estructuras funcionales	56
2.2.5	Definición de los identificadores de UNI y EVC	59
2.2.6	Prioridad de Mapeo por defecto de los switches 8600 de NORTEL	61
2.2.7	Niveles de QoS dentro de la red del backbone	62
2.2.8	Características de los parámetros de un perfil de ancho de banda para el switch del backbone 8600.	62
2.2.9	Funciones de control de tráfico que ofrecen las ESU 1850 para brindar QoS.	63
2.3.1	Características básicas de los servicios actuales de NETUNO, que permiten definir los esquemas de migración	65
2.3.2	Aspectos de una red MetroLAN a considerar para prestar el servicio de “transporte de datos con AB dedicado”	67
2.3.3	Esquemas de migración del servicio “transporte de datos con AB dedicado” a la red MetroLAN	68
2.3.4	Aspectos de una red MetroLAN a considerar para prestar el servicio de “transporte de datos con AB compartido”	69

#		Pág.
2.3.5	Esquemas de migración del servicio “transporte de datos con AB compartido” a la red MetroLAN	71
2.3.6	Esquemas de migración del servicio “acceso a Internet con AB compartido” a la red MetroLAN, utilizando tecnología ADSL	73
2.3.7	Esquemas de migración del servicio “Telefonía”.	75
2.4.1	Factibilidad de aplicación para la migración de los servicios “transporte de datos y acceso a Internet con AB dedicado”	77
2.4.2	Esquema de migración definitivo para el servicio “transporte de datos y acceso a Internet con AB dedicado”	78
2.4.3	Factibilidad de aplicación para la migración del servicio “transporte de datos con AB compartido”	79
2.4.4	Esquema de migración definitivo para el servicio “transporte de datos con AB compartido”	81
2.4.5	Esquema de migración definitivo para el servicio “acceso a Internet con AB compartido”	83
2.4.6	Esquema de migración definitivo para el servicio “transporte de datos con AB dedicado”	84
2.5.1	Resumen esquemático del contenido del manual de instalación, operación y mantenimiento de los servicios soportados por la red MetroLAN de NETUNO (continuación)	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS

#	Pág.
1.3.2.1	Modelo referencial básico de la red. 10
1.3.2.2	Ejemplo de configuraciones básicas de EVCs 13
1.3.3.1	Modelo de capas sugerido para la red MEN 14
1.3.3.2	Descomposición de la MEN en distintas capas funcionales y sus respectivos protocolos 16
1.3.4.1	Modelo de servicios Ethernet 17
1.3.4.2	Esquema de servicio de multiplexación 22
1.3.4.3	Ejemplo de un mapa CE – VLAN ID/ EVC 24
1.3.4.4	Servicio de atadura y su mapa correspondiente 24
1.3.4.5	Formato de la etiqueta VLAN y su posición dentro de la trama Ethernet. 25
1.3.4.6	Marco de los servicios de Ethernet. 27
1.3.4.7	Servicio E – Line, mediante el uso de un EVC punto a punto. 28
1.3.4.8	Servicio E – LAN mediante el uso de un enlace multipunto a multipunto EVC. 29
1.3.5.1	Formato de trama al aplicar Q en Q. 30
1.3.5.2	Comportamiento de la red del proveedor, para servicios E- LAN, utilizando Q en Q. 32
1.3.5.3	Campos de la trama M en M 33
1.3.5.3	Separación de direcciones MAC de suscriptor – proveedor en la UNI 34
1.3.6.1	Proceso de selección de tramas basado en el sistema de colores 37
1.3.6.2	Perfil de ancho de banda por UNI 38
1.3.6.3	Perfil de ancho de banda por EVC 38

#		Pág.
1.3.6.4	Perfil de ancho de banda por CoS	39
1.3.7.1	Retardo de Trama para una trama de servicio	40
2.4.1	Esquema de instalación de los servicios soportados por la red MetroLAN, tomando en cuenta lo establecido en los esquemas de migración	85

ACRÓNIMOS

AB	Ancho de Banda
ADM	Add and Drop Multiplexer
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AOM	Administración, Operación y Mantenimiento
BPDU	Bridged Protocol Data Unit
CBS	Committed Burst Rate
CE	Customer Edge
CIR	Committed Information Rate
CMTS	Cable Modem Terminal System
CoS	Class of Service
DSCP	Differentiated Services Code Point
EBS	Excess Burst Rate
EIR	Excess Information Rate
EVC	Ethernet Virtual Connection
FCS	Frame Check Sequence
FE	Fast Ethernet (100Mbps)
FR	Frame Relay
FRAD	Frame Relay Access Device
GE	Gigabit Ethernet (1Gbps)
HDSL	High bit rate Digital Subscriber Line
HFC	Hybrid Fiber Coaxial
IAD	Integrated Access Device
ID	Identification
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineering
IP	Internet Protocol

MAC	Medium Access Control
MEF	Metro Ethernet Forum
MEN	Metro Ethernet Network
MPLS	Multiprotocol Label Switching
OEL2	Optical Ethernet Layer 2
OSI	Open System Interconnection
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PVC	Permanent Virtual Circuit
QoS	Quality of Service
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
TLS	Transparent LAN Service
UNI	User Network Interface
VLAN	Virtual Local Area Network
VoIP	Voice over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los proveedores de servicio en general, utilizan redes PDH y SDH para realizar el transporte de información correspondiente a voz, datos o Internet. La tecnología PDH se creó en sus inicios para brindar transporte a señales de voz digitalizadas, pero hoy en día, también se utiliza para transportar datos. Por otro lado, las redes SDH, de mayor capacidad que las anteriores, fueron diseñadas para transmitir cualquier tipo de información, procedente de otras redes, como ATM, Frame Relay e inclusive, PDH. Las redes PDH/SDH, ambas ubicadas en la capa física (capa uno) del modelo OSI, ofrecen acceso a múltiples usuarios, mediante técnicas de multiplexación de señales en el tiempo. Este método para compartir el medio, asigna la característica de conmutación de circuitos, a este tipo de redes. A pesar de su alta confiabilidad, los sistemas PDH/SDH acarrearán dos problemas básicos: sus equipos son costosos y además no aprovechan al máximo el ancho de banda disponible en el canal.

Por otro lado, a nivel de los usuarios, la tendencia apunta hacia el uso de redes completamente diferentes, basadas en el principio de la conmutación de paquetes, como es el caso de IP, cuyo uso se ha difundido ampliamente entre los usuarios y el equipo que lleva asociado es más económico, implicando menores costos de operación, con respecto a redes de conmutación de circuitos. Tomando en cuenta estos aspectos, la empresa NETUNO decidió implantar una nueva red, que implique costos de operación inferiores a los de su red de transporte actual PDH/SDH, y que se adapte de forma fácil al tráfico del usuario, encapsulado en formato de paquetes IP.

La empresa NETUNO ha decidido implantar una red MetroLAN, que preste servicios de forma paralela a su red PDH/SDH. Esta red basa su funcionamiento, en el estándar Ethernet (capa 2, modelo OSI). La implantación de la misma debe ser transparente para los clientes de la empresa, lo que implica ofertar los servicios actuales soportados por la red PDH/SDH, haciendo el transporte de éstos, directamente sobre la red MetroLAN. Para cumplir este propósito, es necesario que se estudien las características fundamentales de los servicios de NETUNO y se debe buscar la forma en que una red MetroLAN puede satisfacerlas. Esto conlleva a estudiar la estructura y funcionamiento de las redes MetroLAN, así como la forma en que los equipos seleccionados para realizar la implantación, soportan estas características. Una vez obtenida esta información se procede a realizar los esquemas que indiquen como se debe realizar la migración de los servicios actuales a la nueva red. Finalmente, tomando en cuenta los esquemas de migración, se plantean manuales que le permitan a la empresa operar sus servicios, mediante la nueva red MetroLAN.

El proceso antes descrito es tema de estudio de esta investigación y se detalla en los siguientes capítulos, indicando la justificación del proyecto, los objetivos, el marco teórico en el cual se definen todos los aspectos concernientes a una red MetroLAN, la metodología empleada para obtener los resultados y el análisis de resultados, en donde se incluyen el estudio de los equipos a utilizar en la implantación de la red, los esquemas de migración y el esquema del manual que necesita la empresa. Al final del informe se presentan las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del análisis de resultados efectuado.

CAPÍTULO I

LA RED METROLAN NETUNO

1.1.- La empresa y sus requerimientos: planteamiento del problema

1.1.1.- La empresa y sus servicios

La empresa NETUNO es un proveedor de servicios de telecomunicaciones, cuya oferta abarca tanto grandes clientes corporativos, como a clientes residenciales. NETUNO tiene la capacidad de brindar múltiples servicios, entre los que se encuentran transporte de datos, acceso a Internet, telefonía y televisión por suscripción. Cada uno de ellos es soportado por una o varias tecnologías de transmisión.

NETUNO cuenta con una serie de anillos de fibra óptica a lo largo de la geografía nacional, que le permiten transportar los servicios que oferta. Las dos tecnologías de transmisión utilizadas en estas redes troncales, son PDH/SDH y HFC. La red PDH/SDH soporta servicios empresariales, ofreciendo enlaces de datos, acceso a Internet y telefonía, mientras que la red HFC es utilizada para ofrecer servicios residenciales, como TV por suscripción, acceso a Internet y telefonía analógica.

A pesar de que la demanda de servicios de Internet es creciente en el sector residencial, la red HFC es suficiente para satisfacer los requerimientos de estos usuarios. En el sector empresarial no se observa el mismo panorama, ya que estos

necesitan cada vez más de sistemas que admitan múltiples aplicaciones, con mayores requerimientos de ancho de banda y cuyo transporte se basa en tráfico de paquetes IP. Aunque la red PDH/SDH puede soportar tráfico con estas características, la empresa ha considerado la adopción de una nueva red, que se ajuste a los estándares actuales y ofrezca fácil transporte de paquetes IP.

1.1.2- Justificación de la creación de la red MetroLAN NETUNO

Las redes PDH/SDH utilizan la técnica de multiplexación por división de tiempo, lo que permite ofrecer el ancho de banda del cual disponen los diversos usuarios. Estas redes fueron concebidas en sus inicios, para transportar circuitos digitales de voz, aunque pueden ser empleadas para la transmisión de datos.

En la actualidad, las redes de datos han experimentado un incremento considerable de su tamaño, llegando inclusive a superar su volumen, con respecto al tráfico de voz. Dichas redes basan su funcionamiento en la técnica de conmutación de paquetes, para brindar acceso a múltiples usuarios, como es el caso de las redes de datos soportadas sobre una plataforma IP. Adicionalmente, la mejora en las prestaciones en redes de conmutación de paquetes, ha permitido satisfacer los estrictos requisitos impuestos por las aplicaciones en tiempo real, extendiendo así el uso de las redes IP para tráfico de servicios como los de voz.

Realizar el transporte de datos en forma de paquetes IP sobre una plataforma PDH/SDH implica el uso de equipo costoso para poder introducir los paquetes a la red conmutada por intervalos de tiempo (proceso de *internetworking*). Por otro lado, en el caso de las líneas dedicadas el uso de una red de transporte PDH, cuyo tráfico esta encapsulado bajo el formato IP, está asociado a un desperdicio de ancho de

banda, ya que existirán intervalos de tiempo en los cuales el usuario no necesite transmitir información.

Tomando en cuenta que en la actualidad se maneja la información como paquetes IP, fenómeno que parece extenderse ampliamente en un futuro no muy lejano, y que el transporte de este tipo de tráfico sobre una red PDH/SDH genera inconvenientes económicos y funcionales (problemas de *internetworking*), la empresa NETUNO a decidido implantar una red de transporte que se adapte fácilmente al manejo de paquetes IP, para así ajustarse a la preferencia actual y sentar las bases para futuros servicios.

La red escogida, que cumple los propósitos de NETUNO es una MetroLAN. Se designa con este nombre, a una red de área metropolitana, basada en el conjunto de estándares Ethernet para redes de área local LAN. Una red MetroLAN cuenta con múltiples ventajas, sin embargo, las características que la hacen una opción atractiva para la empresa son las siguientes:

- El proceso de *internetworking* no es necesario ya que el acceso del usuario a la red MetroLAN se realiza mediante interfaces estándar de Ethernet (10BaseT, FE y GE), que han sido ampliamente difundidas. Ethernet es el estándar de intercambio de datos, en el dominio del usuario, con mayor aceptación y cuyos costos han tendido a disminuir con el pasar del tiempo.
- La red posee capacidad de diferenciación de tipos de tráfico, asignándole a cada uno diferentes niveles de prioridad, permitiendo que servicios de transporte de datos, acceso a Internet y Telefonía (VoIP) sean soportados. Esta característica usualmente se conoce como *Triple Play*.

- Una red MetroLAN permite segmentación de sus recursos, creando túneles de capa 2 que son utilizados para ofrecer servicios VPN. Dada esta característica la red MetroLAN tiene la capacidad de ofrecer soluciones análogas a Frame Relay y ATM.

La red MetroLAN tiene la capacidad de soportar sobre su estructura los múltiples servicios que NETUNO ofrece a sus clientes. Sin embargo, la forma en que se deben configurar los servicios dentro de la red MetroLAN diverge mucho del esquema actual. Bajo esta premisa, se hace necesario definir los esquemas de migración a la red MetroLAN de cada uno de los servicios ofrecidos por la empresa a través de la red SDH. Para ello es indispensable tomar en cuenta la forma en que se presta cada servicio hoy en día.

Sólo es posible realizar la definición de los esquemas de migración haciendo un estudio previo de la estructura funcional sugerida para una red MetroLAN. El principal organismo regulador en esta materia es el *Metro Ethernet Forum* (MEF). Debido a que el MEF sólo establece la arquitectura general de una red MetroLAN, también se hace necesario el estudio detallado de la solución escogida por NETUNO para implantar la red MetroLAN que en este caso corresponde al fabricante NORTEL.

Una fácil y rápida implantación de la red MetroLAN NETUNO implica el desarrollo de un manual en el cual se defina claramente, en base a los esquemas de migración planteados, la instalación, operación y mantenimiento de los servicios que se desea ofrecer a través de la red MetroLAN. Dicho manual provee de la información técnica que el personal de NETUNO necesita para poner en funcionamiento a la red MetroLAN.

1.2.- Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar el plan de trabajo para la instalación y puesta en servicio de la red MetroLAN, que permita sentar las bases de la futura implantación y crecimiento de esta red a lo largo de la ciudad de Caracas. Para ello es necesario recolectar la información correspondiente a los servicios prestados con la red actual y estudiar las capacidades de la red MetroLAN a implantar, y de esta manera definir manuales que contengan el plan de trabajo para la instalación, operación y mantenimiento de la nueva red.

1.2.2 Objetivos específicos:

Los objetivos específicos de esta investigación son los siguientes:

- Evaluación de la red actual de transporte (PDH/SDH) y de las formas en que la empresa presta con ella sus servicios. Dicha evaluación debe desarrollar un esquema general que defina de forma concisa como se prestan los diferentes servicios soportados por esta red.
- Determinar cual es la opción más conveniente de migración de los servicios actuales soportados por la red PDH/SDH a una red MetroLAN, previo análisis de las principales opciones que puedan existir tomando en cuenta las capacidades que ofrecen los equipos del proveedor seleccionado, que en este caso es el fabricante NORTEL, con su serie de soluciones *Metro Ethernet*.

- En base a los esquemas de migración escogidos, para cada uno de los servicios que se desea implantar sobre la red MetroLAN elaborar los manuales de instalación, operación y mantenimiento de la red, tomando en cuenta las especificaciones de los equipos de la serie *Metro Ethernet* de NORTEL.

1.3.-Fundamentos teóricos de una red MetroLAN

1.3.1.- Red MetroLAN

Una red MetroLAN esta diseñada para proveer servicios de interconexión entre dos usuarios de redes LAN separados geográficamente, utilizando el estándar Ethernet como protocolo central. Por esta característica fundamental, a una red MetroLAN también se le conoce bajo el nombre de red Metro Ethernet o con las siglas MEN (Metro Ethernet Network). En este capítulo se hará referencia a la red MetroLAN bajo cualquiera de estos nombres. La característica fundamental de una red de este tipo es que permite la convergencia de distintos tipos de tráfico, a diversas velocidades de acceso y que es compatible con las redes Ethernet, las cuales han sido altamente difundidas a nivel comercial.

1.3.2.- Estructura

La estructura básica de una Red Metro Ethernet involucra dos elementos funcionales: el equipo terminal del cliente o suscriptor y la infraestructura de la red MEN del proveedor de servicios ^[1]. Tal como se aprecia en la figura 1.3.2.1, la interfaz entre el proveedor y el cliente (punto T) se le conoce bajo el nombre de UNI (User Network Interface), mientras que la red MEN esta conformada básicamente por los EVC (Ethernet Virtual Connection, en español, Conexión Virtual Ethernet) del proveedor de servicios.

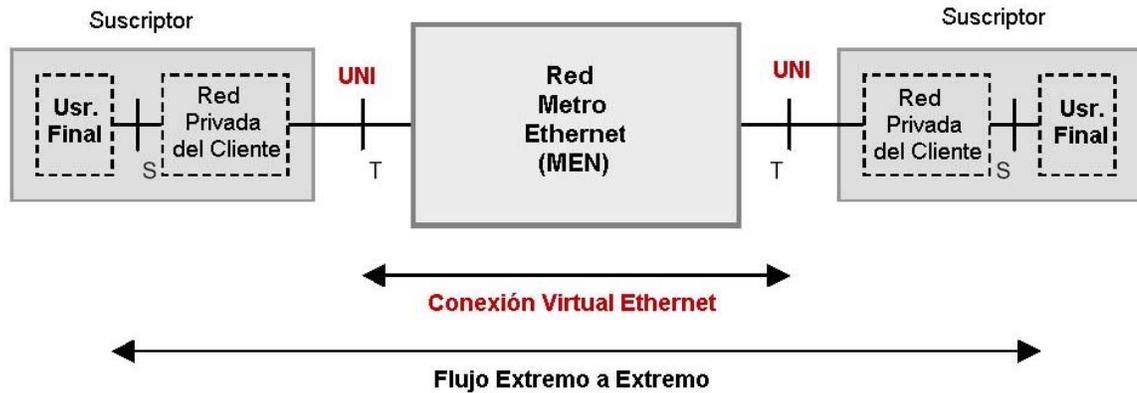


Figura 1.3.2.1: Modelo referencial básico de la red.

El punto S corresponde a la frontera entre el terminal del usuario final que genera el flujo de tramas Ethernet y el equipo de red privado del cliente de la MetroLAN. Si no existe tal equipamiento, el punto S de la figura, corresponde con el T.

1.3.2.1 UNI (User Network Interface)

Cada UNI debe ser asignada a un solo usuario. Frecuentemente, una UNI suele ser un terminal RJ-45 en el switch que tiene el proveedor de servicios en las adyacencias del usuario. Otro ejemplo típico es un terminal RJ-45 ubicado en el panel de conexión del proveedor de servicios ^[2]. La UNI corresponde a una interfaz estándar Ethernet de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps ^[3].

Desde el punto de vista funcional, la UNI esta conformada por un conjunto de dos elementos. El primero corresponde a la parte del cliente y se denomina UNI – C, mientras que la otra parte asociada a la red se le conoce como UNI – N ^[1]. Ambas etapas de la UNI se describen a continuación:

- La UNI – C es el conjunto de componentes de una MEN, que representa todas las funciones requeridas para la conexión del cliente a la red MEN. Las funciones de UNI – C se encuentran en el dominio del usuario y puede que sean o no administradas por el operador de la red de servicios. Desde la perspectiva de la red MEN, la UNI – C soporta las funciones requeridas para el intercambio de información de los planos de datos, control y gestión. También incluye funciones asociadas con las infraestructuras de los servicios de Ethernet y de la red de transporte, así como, de estar presentes, componentes de aplicación específica.
- La UNI – N es el agregado de componentes arquitectónicos de la red MEN, que representa todas las funciones requeridas para conectar dicha red con un usuario. Todas las funciones de esta etapa se encuentran en el dominio del proveedor de servicios. Desde el punto de vista del suscriptor, la UNI – N, ejecuta las mismas funciones que la UNI – C desde el punto de vista de la red.

1.3.2.2 EVC (Ethernet Virtual Connection)

Un EVC es la arquitectura fundamental que soporta la asociación de dos o más UNIs, con el propósito de transferir el flujo de tramas Ethernet de usuarios a través de la MetroLAN. El tráfico de uno o más usuarios puede ser vertido en un EVC. Este proceso se detalla en las especificaciones que ofrece el MEF (Metro Ethernet Forum) ^[1].

Otra función que se le puede atribuir a un EVC es su capacidad de prevenir la transferencia de datos entre suscriptores que no pertenecen al mismo EVC. Esta característica permite ofrecer privacidad de los datos y seguridad similares a las logradas con un Circuito Privado Virtual ATM o Frame Relay ^[3].

Dos reglas básicas determinan el proceso de transferencia de tramas Ethernet sobre un EVC. Primero, una trama de servicio nunca debe ser entregada de vuelta a la misma UNI donde se originó. Segundo, las tramas de servicio tienen que ser entregadas sin que se les cambie su dirección MAC ni su contenido, por lo que el servicio aportado por la MEN es transparente para el usuario ^[3].

Los EVC pueden ser clasificados en dos tipos ^[2]:

- EVC punto a punto: son aquellos que simplemente unen dos UNIs a través de la red MetroLAN. En la figura 1.3.2.2 se aprecia que el EVC 1 corresponde a esta clasificación. Se puede notar, que las tramas Ethernet entregadas por el UNI correspondiente a la oficina central, son entregados única y exclusivamente al UNI correspondiente al centro de recuperación de datos.
- EVC multipunto a multipunto: bajo esta configuración, es posible interconectar varios UNIs con un único EVC, como es el caso de EVC 2 en la figura 1.3.2.2. Un EVC multipunto a multipunto que interconecta solo a dos EVCs podría confundirse con un EVC punto a punto, sin embargo, se diferencia en que admite mayor número de interfaces de red – usuario.

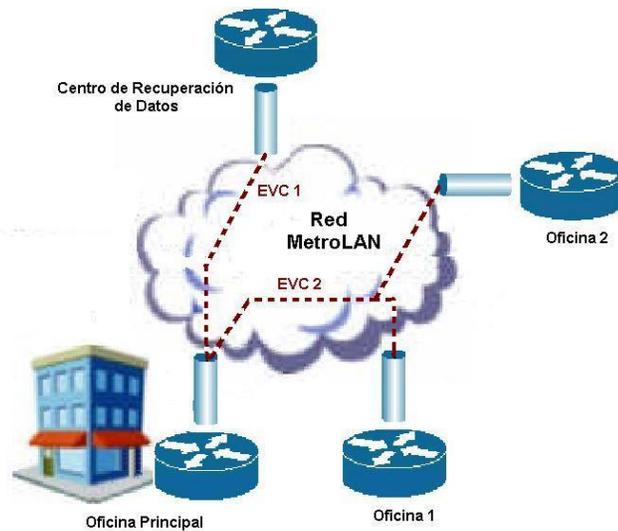


Figura 1.3.2.2: Ejemplo de configuraciones básicas de EVCs

1.3.3.- Modelo de capas de la red MEN

El modelo de capas de una red MEN se conforma básicamente de tres capas: la primera corresponde a la capa de soporte de servicios de tráfico, la segunda se asocia a la de servicios de Ethernet, soportando de los servicios básicos de comunicación de datos de capa 2 Ethernet y la última, que es opcional, se relaciona a la capa de servicios de aplicación, soportando aplicaciones basadas en los servicio Ethernet ^[1]. En la figura 1.3.3.1 se aprecia el modelo de capas aquí descrito.

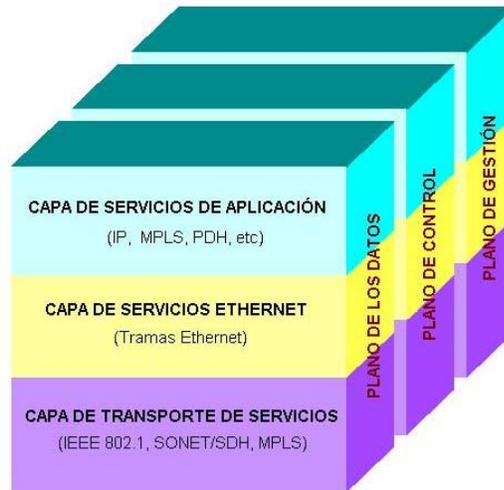


Figura 1.3.3.1: Modelo de capas sugerido para la red MEN

1.3.3.1 Capa de servicios Ethernet:

La capa de servicios Ethernet, o también conocida como capa ETH, es la capaz de proveer conectividad para los servicios de Ethernet y por la entrega de sus tramas de servicio, presentadas a través de las interfaces antes definidas. Esta capa también es responsable de todos los aspectos relacionados con el tráfico Ethernet incluyendo operaciones, administración, mantenimiento y capacidades de aprovisionamiento para soportar este tipo de servicio de conectividad. Las tramas de servicio presentadas por las interfaces externas de la capa ETH, cumplen con el formato de trama IEEE 802.3 – 2002 ^[1].

1.3.3.2 Capa de transporte de servicios

La capa de transporte de servicios o TRAN, soporta conectividad entre los elementos funcionales de la capa ETH, en formas independientes de servicio. Varias tecnologías de capa de red y aproximaciones de interconexión pueden ser utilizadas para soportar los requerimientos de transporte de la capa de servicios Ethernet. Esta capa incluye redes de transporte basadas en los estándares IEEE 802.3 PHY

(especificación de capa física), redes con puentes IEEE 802.1, SDH/PDH, ATM o MPLS ^[1].

1.3.3.3 Capa de servicios de aplicación

La capa de servicios de aplicación, también referida como APP, soporta las aplicaciones básicas transportadas en los servicios Ethernet prestados por la red MEN. Esta capa admite diferentes servicios, los cuales a su vez son soportados por la capa ETH. Entre las aplicaciones admisibles se encuentran IP, MPLS, PDH, que utilizan a ETH como capa de transporte ^[1].

1.3.3.4 Planos operativos dentro de una red MEN

Tal como se apreció en la figura 1.3.3.1, existen tres planos operativos dentro de una red MEN ^[1]:

- Plano de los Datos: provee los elementos funcionales necesarios para dirigir el flujo de datos del suscriptor y soporta el transporte de las unidades de tráfico de este último entre los diferentes elementos que conforman la red MEN.
- Plano de Control: El plano de control brinda los elementos funcionales que soportan funciones de gestión distribuida entre los elementos de red que participan en el plano de los datos. El plano de control también provee los mecanismos de señalización necesarios para soportar operaciones distribuidas de establecimiento de conexión, supervisión y desconexión, entre otras funciones de control de flujo.

- Plano de Gestión: provee de elementos funcionales que brindan soporte a funciones de fallas, configuración, tasación, desempeño y seguridad, así como a herramientas AOM (Administración, Operación y Mantenimiento).

1.3.3.5 Modelo de referencia de la red MEN y sus componentes

Cada uno de los componentes definidos en el modelo de referencia puede estar subdividido a su vez en diferentes capas (capas de aplicación y transporte), según lo dictamine su respectivo modelo con los protocolos asociados. También cabe destacar que ciertos elementos definidos dentro de la capa de aplicación pueden ser encontrados en la capa de transporte de servicios, dependiendo del rol que jueguen con respecto a la capa de servicios Ethernet. En la figura 1.3.3.2 se aprecia las posibles subdivisiones que pueden presentar las capas de transporte y aplicación dentro del modelo de referencia de la red MEN ^[1].

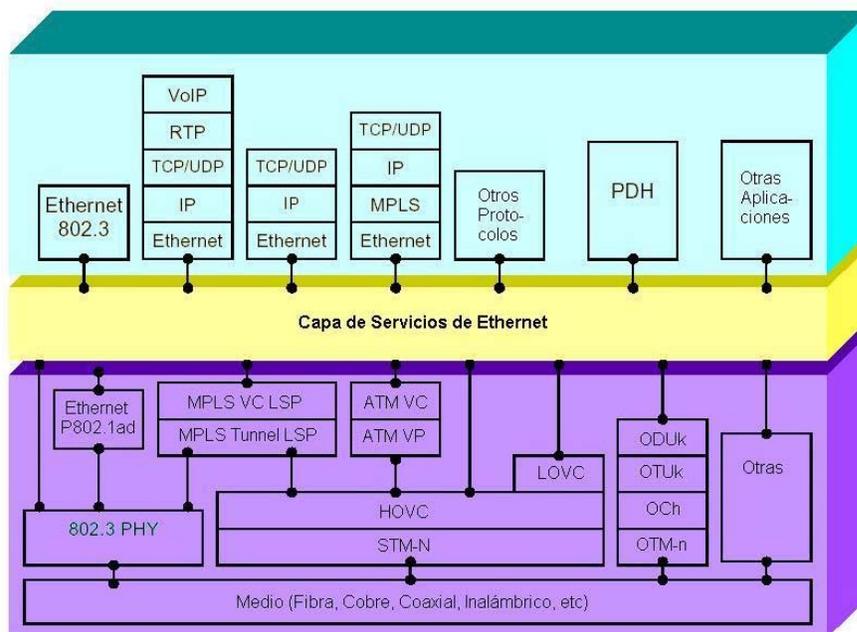


Figura 1.3.3.2: Descomposición de la MEN en distintas capas funcionales y sus respectivos protocolos

1.3.4.- Atributos de los servicios de Ethernet

El modelo a partir del cual se pueden definir los servicios de Ethernet se observa en la siguiente figura:

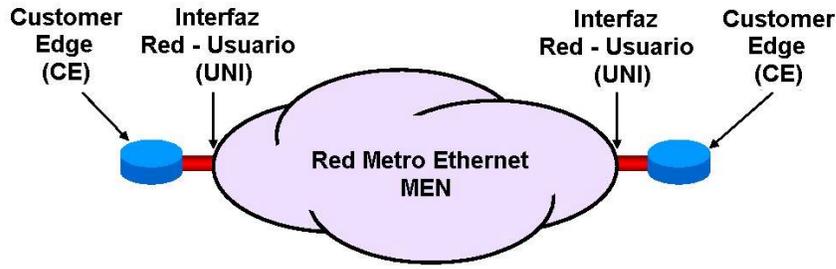


Figura 1.3.4.1: Modelo de servicios Ethernet

En la figura se aprecia claramente que el modelo se expresa en términos del borde del cliente, que en la figura aparece bajo su nombre en inglés, es decir, Customer Edge (CE), y de la interfaz de red usuario UNI, la cual es la demarcación física de donde termina la responsabilidad del proveedor de servicios y donde comienza la del usuario ^[4].

El CE y la MEN intercambian tramas de servicio a través de de la UNI. Una trama de servicio es una trama Ethernet, catalogada bajo el estándar IEEE 802.3 – 2002, cuya dirección puede ser desde el usuario a la red o viceversa. Todas las tramas son transportadas a través de EVCs. Para determinar a cual EVC serán vertidas las tramas, la red utiliza un identificador, contenido dentro de las tramas de servicio, denominado CE –VLAN ID, que está contenido a su vez dentro una etiqueta denominada “Q – Tag” o “CE – VLAN Tag”, definida en el estándar IEEE 802.1 Q. Además, existe la posibilidad de que el usuario sea parte o no de una red VLAN, por

lo que la UNI debe ser capaz de procesar una trama Ethernet con una etiqueta Q – Tag, quitándola o no, dependiendo si el cliente es parte de dicha red. ^[4].

Como se mencionó anteriormente, los EVCs son las estructuras fundamentales que soportan el tráfico de la red MEN entre dos o más UNIs según sea el caso. En este punto se describirán los diferentes atributos que deben poseer los EVCs. Lo mismo se hará para el caso de las UNIs. También se mostrará los diferentes tipos de servicio que se pueden brindar con una red MetroLAN.

1.3.4.1 Atributos de los EVCs

Existen diversos atributos para los EVC. Entre ellos se pueden ubicar los modos de conexión que soportan, servicio de identificación de EVC, servicio de entrega de tramas que transporta y preservación de la etiqueta CE – VLAN ^[4]. A excepción de los modos de conexión, que fueron explicados previamente, el resto de los atributos de los EVCs se muestran a continuación.

➤ Servicio de identificación de EVCs (EVC ID)

El EVC ID es una cadena de caracteres arbitraria administrada por el proveedor de servicios y se utiliza para identificar un EVC dentro de la red MEN. Cada EVC ID debe ser único en toda la red MEN. Éste ha sido creado para propósitos de control y gestión. Este identificador no es cargado en ninguno de los campos correspondientes a la trama de servicio transportada por la red.

➤ Servicio de entrega de tramas

El MEF ha definido 4 tipos de tramas a entregar bajo el esquema de servicios Ethernet ^[4]:

- Tramas de servicio de un sólo destino (Unicast en inglés): esta dirigido a una dirección MAC de destino único.
- Tramas de servicio de múltiple destino (Multicast en inglés): esta dirigido a una dirección MAC de destino múltiple.
- Tramas de servicio de difusión (Broadcast en inglés): esta dirigido a una dirección MAC de difusión.
- Trama de servicio de protocolo de capa 2 (modelo OSI).

En cuanto al manejo de las tramas, se ha determinado que cada trama de servicio que ingresa a la red, debe ser idéntica a la correspondiente que sale de la misma, con la excepción de los siguientes casos ^[4]:

- La trama de egreso puede tener una etiqueta 802.1Q, mientras que la trama de ingreso no. En este caso, el campo FCS de la trama Ethernet debe ser recalculado.
- La trama de egreso puede no tener una etiqueta 802.1Q, mientras que la correspondiente trama de ingreso sí la tiene. En este caso, el campo FCS debe tener un valor recalculado.

- Si tanto la trama de entrada como la de salida poseen una etiqueta 802.1Q, el contenido de la etiqueta en la trama de salida puede no ser el mismo que en la trama de entrada. Si el contenido es diferente, el campo FCS debe ser recalculado.

➤ **Preservación de la etiqueta CE – VLAN**

Como se mencionó, las tramas de servicio en la UNI pueden contener una etiqueta VLAN, tal etiqueta se le conoce bajo el nombre de CE – VLAN. En una sección posterior se explica la razón de la existencia de esta etiqueta dentro de la trama y se muestra la estructura general de la misma, conforme a lo establecido en la norma IEEE 802.1Q. La etiqueta CE – VLAN contiene dos identificadores que son de gran importancia para la operación de la red MEN: el CE – VLAN ID y CE – VLAN CoS.

En un EVC con preservación del CE – VLAN ID la relación entre la trama de entrada y su correspondiente de salida, según sea el caso, debe mantenerse acorde a las siguientes reglas ^[4]:

- Si la trama de servicio no posee etiqueta IEEE 802.1Q, la trama de salida tampoco necesita contener dicha etiqueta.
- Si la trama de ingreso contiene una etiqueta IEEE 802.1Q, entonces la trama de salida tiene que contener una etiqueta IEEE 802.1Q con el mismo VLAN ID que había en la etiqueta de la trama de entrada.

Cuando un EVC incluye a una UNI que contiene más de un CE – VLAN ID, el EVC debe proveer de preservación de CE – VLAN ID. El beneficio de preservación de CE – VLAN ID es obvio: al establecer conexión entre múltiples puntos con puentes IEEE 802.1Q, se elimina la necesidad de volver a enumerar cada una de las VLANs correspondiente a cada punto a conectar ^[4].

1.3.4.2 Atributos de las UNIs

La interfaz UNI tiene ciertas características que son importantes para el modo en que el nodo CE percibe el servicio. Las más resaltantes se describen a continuación.

➤ Atributo de servicio de identificación de UNI

El identificador de UNI es una cadena de caracteres asignada por el proveedor de servicios, que puede tener cualquier valor y debe ser único entre todas las UNIs presentes en la red MEN ^[4].

➤ Atributo de servicio de capa física

Acorde con lo expresado por el MEF, la velocidad de acceso debe estar entre uno de los valores de la tabla 1.3.4.1. Usualmente no existe restricción en cuanto a la combinación de diferentes medios físicos en el mismo EVC. En cuanto a la combinación de diferentes velocidades de acceso, se pueden imponer ciertas restricciones acorde con el servicio que se preste ^[4].

Tabla 1.3.4.1: Velocidades de acceso especificadas para la interfaz UNI

Velocidad	Modo
10Mbps	Full Duplex
100Mbps	Full Duplex
10/100Mbps Autonegociable	Full Duplex
1Gbps	Full Duplex
10Gbps	Full Duplex

➤ **Servicio de multiplexación**

Para que una interfaz UNI brinde este servicio, esta debe ser capaz de permitir la conexión de varios EVCs al mismo tiempo. Esto permite ahorrar costos al momento de la conexión, ya que por un simple puerto se acceden a todos los EVC conectados a la UNI. EVCs punto a punto o multipunto a multipunto pueden ser multiplexados bajo cualquier combinación en la UNI. En la figura 1.3.4.2 se aprecia el modo en que se realiza el servicio de multiplexación en el nodo A. Para este caso, el nodo A se asume con una velocidad de acceso de 1Gbps mientras que el resto de los nodos acceden a una velocidad de 100Mbps ^{[2]-[4]}.

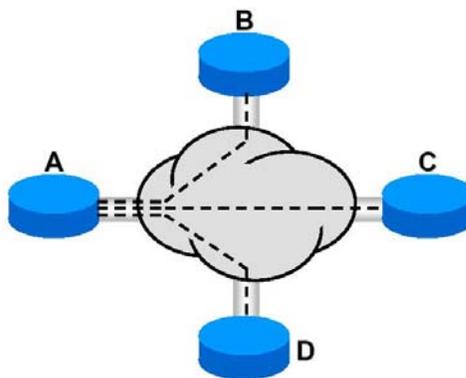


Figura 1.3.4.2: Esquema de servicio de multiplexación

➤ **Identificación de un EVC en la UNI**

Como se observa en la figura 1.3.4.2, puede existir más de un EVC conectado a una misma interfaz UNI. Esto implica que para cada trama de servicio que ingresa a la UNI es necesario un método para determinar a cual EVC esta va asociada. Esta función se logra mediante los identificadores CE – VLAN ID y con el mapa CE – VLAN ID/ EVC [2].

CE – VLAN ID

El CE – VLAN ID, es un código cuyo formato es igual al del identificador VLAN (VLAN ID) incluido dentro de una etiqueta IEEE 802.3Q. El formato de dicha etiqueta se especifica con más detalle en una sección posterior. Las tramas que tienen una etiqueta Q y su correspondiente identificador de VLAN es diferente de cero, el CE – VLAN ID queda exactamente igual que el VLAN ID, mientras que las tramas de servicio no etiquetadas o con etiquetas de prioridad (de valor cero), se les adjudica un mismo CE – VLAN ID cuyo valor permanece fijo [2].

Mapa CE – VLAN ID/ EVC

El mapa CE –VLAN ID/ EVC es una tabla en la cual se asigna a cada EVC presente en la UNI, uno o más códigos CE –VLAN ID, tal como se aprecia en la figura 1.3.4.3. Cabe destacar que cada CE – VLAN ID solo tiene significado en cada UNI, debido a que cada mapa CE – VLAN ID/ EVC es único para cada UNI [2]-[4].

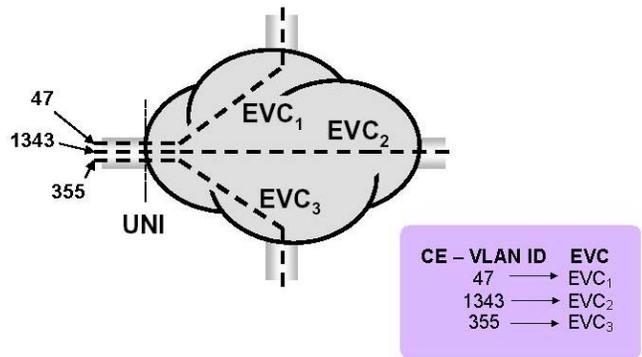


Figura 1.3.4.3: Ejemplo de un mapa CE – VLAN ID/ EVC

➤ **Servicio de Atadura**

El Servicio de Atadura, o en inglés “Bundling”, permite definir un mapa de asignación, en donde tramas de servicio con varios valores de CE – VLAN ID corresponden a un solo EVC. En la figura 1.3.4.4 se aprecia el esquema de funcionamiento del servicio de atadura con su correspondiente mapa CE – VLAN ID/ EVC.

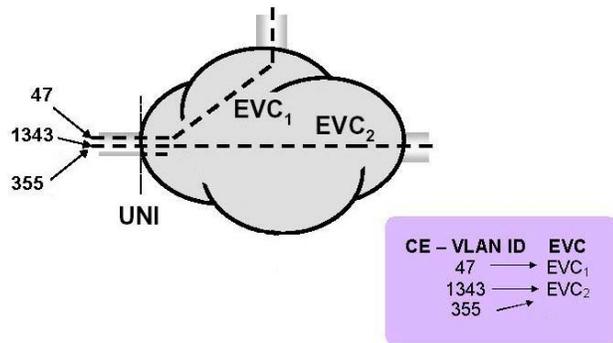


Figura 1.3.4.4: Servicio de atadura y su mapa correspondiente

Una variante para el Servicio Bundling es el denominado Servicio de Atadura de todos a uno (All to One Bundling Service), el cual consiste en el establecimiento en la UNI de un mapa de asignación en donde todos los identificadores CE – VLAN

ID son asociados a un solo EVC, es decir, todas las tramas de servicio que ingresen a una UNI son introducidas a un solo EVC [4].

No todos los servicios adjudicados a la interfaz UNI son compatibles entre sí. Tal es el caso del servicio de atadura de todos a uno, el cual no es compatible con el servicio Bundling, ni con el de multiplexación. Sin embargo, el servicio de atadura y el de multiplexación si pueden coexistir bajo una misma estructura.

1.3.4.3 Formato de la etiqueta IEEE 802.1Q

El estándar IEEE 802.1Q, completado en el año de 1998, especifica como debe ser implementada una VLAN utilizando una etiqueta de 4 bytes, la cual es insertada entre el campo de dirección MAC fuente y el campo de tipo/longitud, tal como se muestra en la figura 1.3.4.5. De todos los campos que componen a esta etiqueta sólo serán explicados con detalle aquellos que presentan una importancia vital para el desempeño de la red MetroLAN [5].

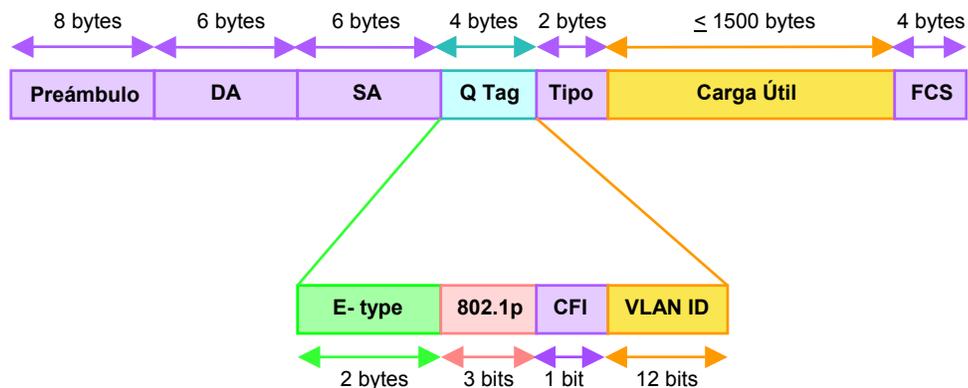


Figura 1.3.4.5: Formato de la etiqueta VLAN y su posición dentro de la trama Ethernet.

Apreciando la figura 1.3.4.5, el campo correspondiente al identificador de red virtual (VLAN – ID) tiene un peso de 12 bits, lo que ofrece un total de 4096 posibles valores para el VLAN – ID. Tal como se comentó anteriormente el identificador VLAN – ID, dentro de la red MEN, se le conoce como CE- VLAN ID ya que está asociado a las tramas de servicio del usuario conectado a la red de servicios.

➤ **Identificador de Clase de Servicio (CE – VLAN CoS)**

Otro campo en la etiqueta IEEE 802.1Q que es de gran importancia para el desempeño de la red MetroLAN es el correspondiente a el campo de Prioridad o IEEE 802.1p. Este campo, de 3 bits, permite clasificar a las tramas de servicio en 8 niveles de clase de servicio (CoS). Los mismos se enumeran a continuación ^{[6]-[7]}:

- Nivel 7: Tráfico de control de la red
- Nivel 6: Tráfico de voz
- Nivel 5: Tráfico de video o audio
- Nivel 4: Tráfico de carga controlada
- Nivel 3: Tráfico en condiciones de excelente esfuerzo
- Nivel 2: Tráfico en condiciones del mejor esfuerzo
- Nivel 1: Tráfico por defecto
- Nivel 0: Tráfico de Trasfondo.

Las diferentes clases de servicio son utilizadas para clasificar el tráfico dentro de la red MEN. Por esta razón, el proveedor de servicio debe asignar un perfil específico de ancho de banda y definir los parámetros de desempeño a cada clase de servicio ^[3].

1.3.4.4 Marco definitorio de los servicios de Ethernet

El marco definitorio de servicios de Ethernet provee las definiciones y relaciones entre los atributos y sus parámetros relacionados, utilizados para crear un servicio Ethernet. Como se observa en la figura 1.3.4.6, un servicio de Ethernet consta de: un tipo de servicio de Ethernet, uno o mas atributos de servicio y uno o más parámetros asociados con cada atributo de servicio ^[8].

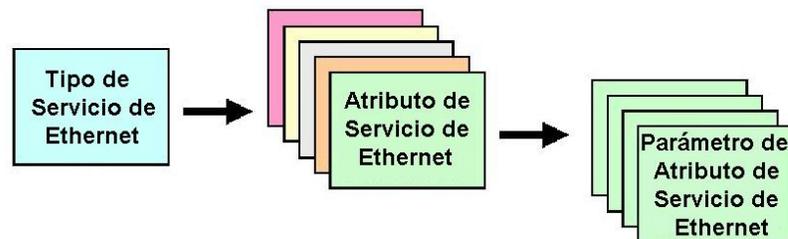


Figura 1.3.4.6: Marco de los servicios de Ethernet.

El punto relacionado con los atributos de Ethernet, tal como se ha podido apreciar, se desarrolló en las secciones anteriores, clasificándolos según su correspondencia con la UNI o el EVC. En esta sección específica se introducen los dos tipos de servicio definidos por el MEF:

- Servicio Ethernet Line (E – Line)
- Servicio Ethernet LAN (E – LAN)

➤ **Servicio Ethernet Line (E – Line)**

Acorde con lo especificado por el MEF, cualquier servicio basado en un EVC punto a punto debe ser nombrado como Servicio Ethernet Line o simplemente E – Line. Un servicio E – Line puede ser utilizado para ofrecer una amplia variedad de servicios punto a punto [8]. En la figura 1.3.4.7 se puede ubicar un ejemplo de un servicio E – Line.

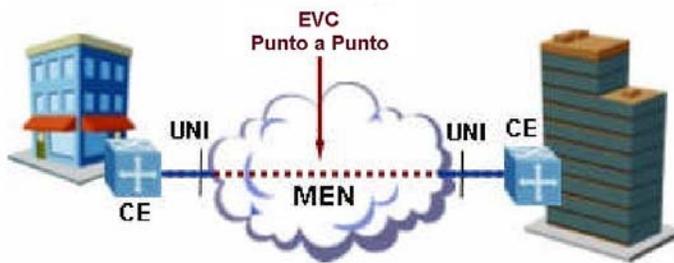


Figura 1.3.4.7: Servicio E – Line, mediante el uso de un EVC punto a punto.

Utilizando servicio de multiplexación más de un EVC puede ser incluido dentro de una interfaz UNI, pudiéndose enlazar una localidad con varios sitios simultáneamente. En general, los servicios E – Line pueden ser utilizados para ofrecer servicios análogos a Frame Relay y líneas privadas [3].

El servicio E- Line puede clasificarse según el tipo de mapa de CE – VLAN ID/ EVC. Si el mapa responde a un servicio de atadura de todos los identificadores CE – VLAN ID a un sólo EVC, el servicio E – Line responde al nombre de *Ethernet Wire Service*, que es un servicio análogo al de las líneas privadas, mientras que si el mapa responde a un formato en el que cada CE – VLAN ID es relacionado a un sólo EVC, se le nombra servicio *Ethernet Relay*, y es análogo al servicio prestado por redes de uso compartido Frame Relay [2].

➤ **Servicio Ethernet LAN (E – LAN)**

Cualquier servicio basado en una configuración de EVC multipunto a multipunto, según lo establece el MEF, debe ser catalogado bajo el nombre de servicio Ethernet LAN o simplemente E – LAN. Esto implica que el tren de datos enviado por un suscriptor puede ser transmitido a una o más de las interfaces UNIs de la red ^{[3]-[8]}. En la figura 1.3.4.8 se encuentra un ejemplo del servicio E – LAN.

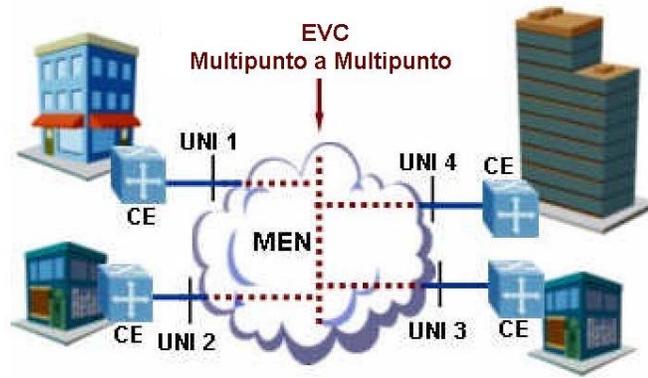


Figura 1.3.4.8: Servicio E – LAN mediante el uso de un enlace multipunto a multipunto EVC.

Los servicios E – LAN, desde el punto de vista del usuario, hacen ver a la red MEN como una simple red LAN ^[3]. Al igual que para el caso de E – Line, existe una clasificación de acuerdo con el tipo de mapa de CE – VLAN ID/ EVC que se maneja. Para el caso de un mapa que relacione todos los CE – VLAN ID con un sólo EVC, al servicio E – LAN se le conoce bajo el nombre de Servicio Ethernet Multipunto, típicamente utilizado para servicios de extensión de redes LAN, mientras que para un mapa que relacione cada CE – VLAN ID con un EVC, al servicio se le conoce como Servicio Ethernet Relay Multipunto, utilizado generalmente para ofrecer conexiones redundantes a los usuarios de la red. ^[2].

1.3.5.- Otros esquemas de encapsulado de las tramas de servicio

Para facilitar el modo en que opera una MetroLAN, se han creado otros esquemas de encapsulado de tramas de servicio, diferentes a los ya mencionados, que brindan beneficios en diferentes aspectos relacionados con el manejo de la red. Entre esos esquemas se pueden ubicar la encapsulación Q en Q y la MAC en MAC.

1.3.5.1 Q en Q

También denominado por la literatura *Stacked VLANs*, es un esquema de encapsulado que sugiere la inserción de una etiqueta similar a la IEEE 802.1Q, pero que pertenece al proveedor del servicios, es decir, la trama tiene una etiqueta del cliente denominada C – VLAN Tag, que cumple con esta norma y una correspondiente al proveedor, cuyo nombre es P – VLAN Tag. La etiqueta P – VLAN, dentro de la trama de servicio, se ubica entre la dirección MAC fuente y la etiqueta C – VLAN, tal como se observa en la figura 1.3.5.1 [9].

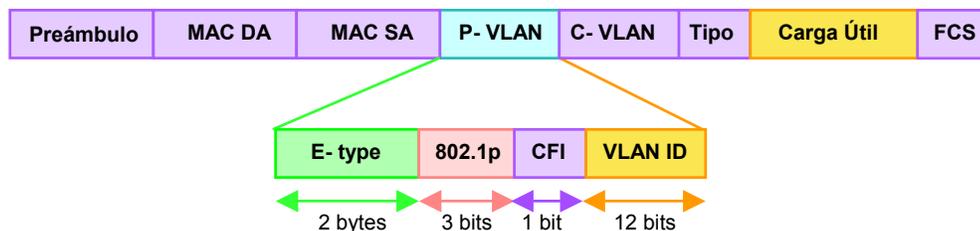


Figura 1.3.5.1: Formato de trama al aplicar Q en Q.

A pesar de no estar estandarizado, el esquema Q en Q es ampliamente utilizado por un gran número de proveedores. Actualmente la labor de estandarización esta a cargo del grupo de trabajo IEEE 802.1ad para proveedores de servicio [9].

Aunque la etiqueta P – VLAN es parecida, no es una etiqueta estándar 802.1Q, ya que utiliza valores diferentes para el campo *Ethertype*. Al igual que la C – VLAN, la P – VLAN contempla un campo de identificador de 12 bits, que brinda 4096 direcciones al proveedor de servicios, además de tener un campo compatible con 802.1p, que da la facilidad al proveedor de clasificar las tramas en 8 niveles (CoS) ^[9].

La inserción de la etiqueta P – VLAN facilita el proceso de mapeo de las tramas de servicio a los EVCs, ya que asigna a cada punto de servicio un identificador P – VLAN ID. Luego el proveedor efectúa mapeo de los C – VLAN IDs de las tramas, a las instancias de servicio identificadas con su correspondiente P – VLAN ID. Con este proceso se garantiza preservación de la etiqueta identificadora de la red virtual del usuario (C – VLAN tag) ^[9].

Como se aprecia en el formato de trama para el encapsulado Q en Q (figura 1.3.5.1), no existe diferenciación entre las direcciones MAC del usuario y las de la red. Esto obliga a que en una red Q en Q, que preste servicio E – LAN, los switches deben guardar en memoria la lista de todas las direcciones MAC presentes en la red, independientemente que pertenezcan o no al proveedor del servicio o al usuario. Esto hace que la red del proveedor se comporte como si se expandiera hacia los switches de los usuarios, tal como se muestra en la figura 1.3.5.2 ^[9].

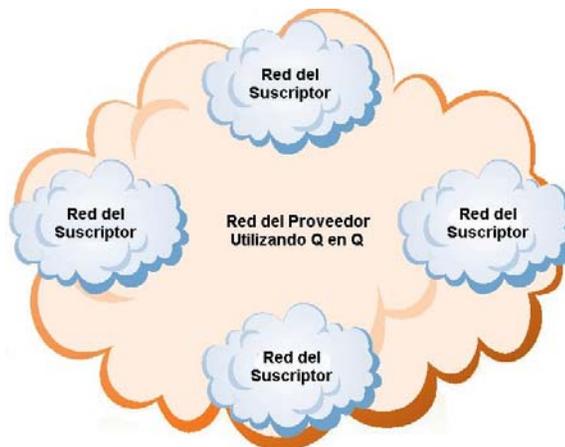


Figura 1.3.5.2: Comportamiento de la red del proveedor, para servicios E- LAN, utilizando Q en Q.

En cuanto a los protocolos de control utilizados por la red del usuario, estos no deben interactuar con la red del proveedor. En general, los protocolos de control utilizan como unidad de señalización las denominadas BPDUs (Bridged Protocol Data Units). Estas son identificadas por su dirección MAC de destino y no por la etiqueta VLAN que puedan tener asociadas, por lo que la red es incapaz de detectar si la dirección corresponde a la red del proveedor o a un suscriptor. Esto genera un comportamiento errático e impredecible por parte de la red, que origina serias limitaciones en el desempeño de redes E – LAN con esquemas de encapsulado Q en Q ^[9].

En cuanto a la escalabilidad, se puede decir que, como el identificador P-VLAN es de 12 bits, sólo se pueden identificar hasta 4096 instancias de servicio dentro de una red. Para poder extender este número, es necesario usar cierta tecnología que permita efectuar *tunneling*, y así poder superponer los números de los identificadores P –VLAN ^[9].

1.3.5.2 MAC en MAC (M en M)

Otra alternativa para el encapsulado, que solventa los inconvenientes que acarrea el esquema Q en Q, se denomina MAC en MAC, o simplemente, M en M. Esta alternativa se considera como una tecnología de *tunneling*, que introduce un nuevo campo a la trama Ethernet, que contiene direcciones MAC del proveedor de servicio, separadas de las del usuario, una etiqueta P – VLAN igual en estructura que la utilizada en el esquema Q en Q, pero con la diferencia que su indicador P – VLAN ID identifica la red VLAN del proveedor sobre la cual se transportan las tramas de servicio del suscriptor. Finalmente se le agrega un campo correspondiente a una etiqueta de identificador de servicio, que indica la instancia de servicio dentro de la red. El formato de la trama utilizada en M en M se aprecia en la figura 1.3.5.3 ^[9].

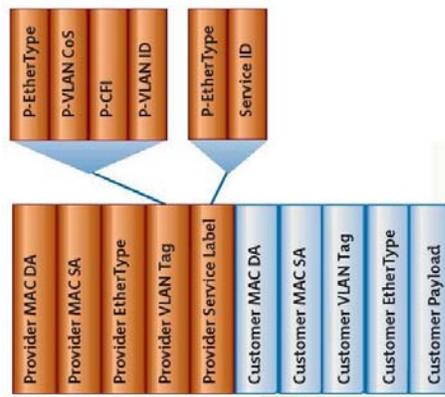


Figura 1.3.5.3: Campos de la trama M en M

Con el esquema M en M, el tráfico de los switches del proveedor se basa directamente en sus direcciones propias MAC. Esta solución permite utilizar direcciones en la red del proveedor iguales a las del usuario, porque las tramas de servicio del usuario sufren un proceso de *tunneling* por parte de la red M en M, y no son utilizadas por los switches dentro de la red del proveedor. Debido a este proceso, ambas redes (proveedor/suscriptor) están separadas y aisladas, como se observa en la figura 1.3.5.3 ^[9].

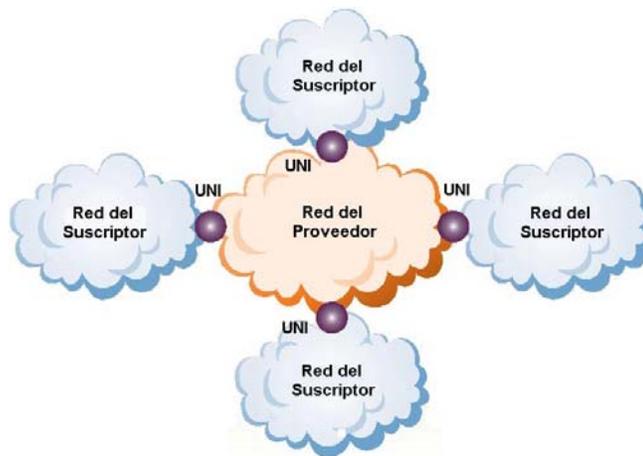


Figura 1.3.5.3: Separación de direcciones MAC de suscriptor – proveedor en la UNI

En cuanto a las capacidades de gestión de la red del suscriptor, M en M efectúa un mapeo de los identificadores C – VLAN ID y C – VLAN CoS a los campos de identificador de servicio (Service ID) y al P – VLAN CoS, para una instancia específica de servicio. Como resultado, los usuarios son libres de asignar cualquier número a estos identificadores, sin preocuparse por que sean alterados por el proveedor de servicios ^[9].

Con respecto a la transparencia de los protocolos de control del usuario, como M en M ofrece *tunneling* a las tramas de servicio del usuario, todas las BPDUs son transportadas transparentemente a través de la red del proveedor. Esto permite el uso de este tipo de protocolos de forma independiente por parte de las redes del proveedor y del usuario.

1.3.6.-Perfiles de ancho de banda en una red men

Cada una de las UNIs involucradas en una MetroLAN posee una velocidad fija de acceso. Puede darse el caso en el cual un suscriptor desee acceder a un ancho

de banda inferior al ofrecido por la UNI. Es aquí donde aparece el perfil de ancho de banda como el vehículo que permite al usuario acceder a cierto ancho de banda, de acuerdo con sus necesidades ^[2].

Un perfil de ancho de banda es una caracterización de tiempos de arribo y longitudes de tramas de servicio en la UNI. Cuando un perfil de ancho de banda es aplicado a una secuencia de tramas de servicios, cada trama es declarada conforme o inconforme con el perfil de ancho de banda ^[4].

Desde la perspectiva del suscriptor, el perfil de ancho de banda especifica la tasa promedio, comprometida o en exceso de tramas Ethernet que pueden ser procesadas por el proveedor de servicios en la UNI ^[10].

1.3.6.1 Parámetros del perfil de ancho de banda

Cada perfil de ancho de banda esta caracterizado por 4 parámetros, los cuales afectan tanto al ancho de banda disponible, como a la capacidad de introducir datos al sistema (throughput). Dichos parámetros se definen a continuación ^[10]:

- CIR (Committed Information Rate/Tasa de Información Comprometida): es la tasa promedio a la cual deben ser entregadas las tramas de servicio bajo los objetivos de desempeño establecidos por el operador. Tales tramas son clasificadas como conformes con el parámetro CIR.
- CBS (Committed Burst Size/Tamaño de Ráfaga Comprometida): es el número máximo de bytes permitidos en una trama de servicio para que esta siga siendo considerada como conforme con el parámetro CIR.

- EIR (Excess Information Rate/Tasa de Información en Exceso): es la tasa promedio, mayor o igual al CIR, para la cual son admitidos las tramas de servicio dentro la red del proveedor. Las tramas conformes con EIR, son entregadas sin que cumplan ninguno de los objetivos de desempeño establecidos por el operador. Hay que destacar, que cualquier trama con velocidad de ingreso a la red superior al EIR, se considera como no conforme con EIR y es inmediatamente descartada.
- EBS (Excess Burst Size/ Tamaño de Ráfaga comprometida): es el número máximo de bytes permitidos por trama, para que esta sea declarada conforme con EIR.

1.3.6.2 Color de Trama de Servicio

Una forma muy sencilla de determinar si la tasa promedio de las tramas de servicio cumple o no el perfil de ancho de banda requerido por el operador es el uso del sistema de colores. Cierta color es asignado a cada trama de servicio con la finalidad de determinar su correspondiente perfil de ancho de banda. Este sistema sugiere el uso de tres colores según sea el caso. Cada caso se explica tal como sigue [10].

- Una trama de servicio es marcada como verde, si se considera conforme con los parámetros CIR y CBS, es decir, la velocidad de acceso de la trama a la red es inferior al valor de CIR, siendo su tamaño inferior en cantidad de bytes, con respecto al valor de CBS. Las tramas verdes siempre son entregadas a destino.
- Una trama no conforme con CIR, pero si con EIR y EBS se considera de color amarillo. Esto sugiere que la velocidad de acceso a la red de dicha trama esta

por debajo del valor de EIR y su tamaño es inferior a EBS. Las tramas amarillas son consideradas como fuera del perfil de ancho de banda, pero sin embargo no son descartadas inmediatamente. Esto ocurre generalmente cuando existe congestión en la red.

- Una trama que no es conforme con los valores de CIR y EIR es marcada con el color rojo y es descartada.

En la figura 1.3.6.1 se muestra el proceso de clasificación de tramas de servicio aptas para ser transportadas, utilizando el sistema de colores.

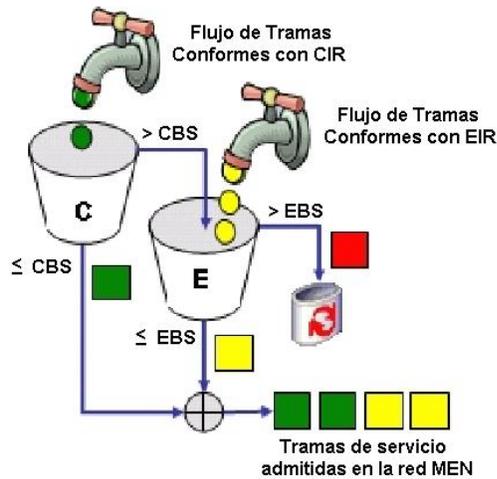


Figura 1.3.6.1: Proceso de selección de tramas basado en el sistema de colores

1.3.6.3 Aplicación de los perfiles de ancho de banda

Un perfil de ancho de banda puede ser aplicado de tres formas diferentes a las tramas de servicio: por UNI de ingreso, por EVC y por Clase de Servicio (CoS). En las siguientes líneas se explica cada uno de estos casos ^[10].

- Perfil de ancho de banda por UNI de ingreso: para este caso, se asigna un sólo perfil de ancho de banda para todas las tramas de servicio que ingresan a la interfaz UNI. Esta configuración es muy útil cuando la UNI sólo soporta un tipo de servicio. En caso contrario, puede resultar ser un inconveniente, ya que no todos los servicios tienen el mismo requerimiento de ancho de banda. En la figura 1.3.6.2 se aprecia esta configuración.



Figura 1.3.6.2: Perfil de ancho de banda por UNI

- Perfil de ancho de banda por EVC: en esta variante, se asigna un perfil de ancho de banda por cada uno de los EVC conectados a una interfaz UNI. Con este modo de operación, el proveedor de servicios puede brindar al usuario mas perfiles, los cuales se pueden adaptar a las necesidades de diferentes servicios. La figura 1.3.6.3 es una representación de este caso.

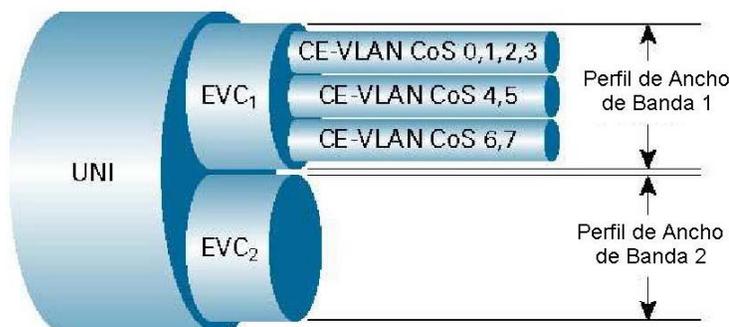


Figura 1.3.6.3: Perfil de ancho de banda por EVC

- Perfil de ancho de banda por Clase de Servicio (CoS): Bajo este esquema, se provee de un perfil de ancho de banda diferente a cada a cada clase de servicio diferente. La clase de servicio es identificada en la correspondiente etiqueta 802.1Q, en el campo 802.1p. Con esto se puede deducir, que dentro de un mismo EVC pueden existir diversos perfiles, según sea la cantidad de clases de servicio definidas dentro de él. En la figura 1.3.6.4 se ubica un ejemplo para este caso.

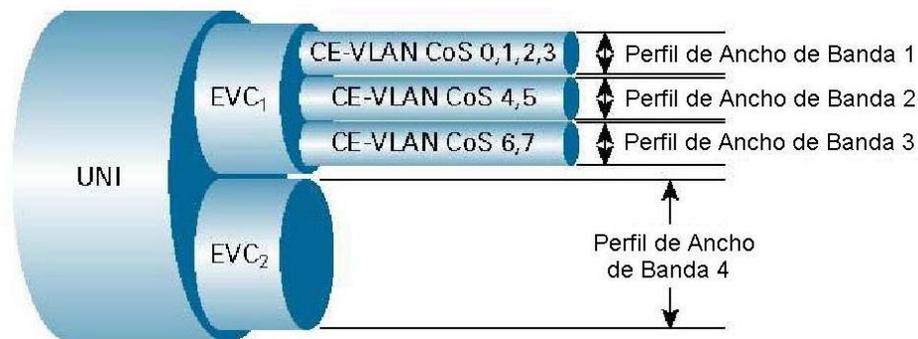


Figura 1.3.6.4: Perfil de ancho de banda por CoS

1.3.7.- Parámetros de desempeño

El desempeño de la entrega de tramas de servicio es especificado por el MEF para todas las tramas que son transportadas dentro de un EVC, con cierta clasificación de clase de servicio ^[4]. Cada clase de servicio se asocia a un conjunto particular de parámetros de desempeño, para brindar uniformidad en las tramas clasificadas bajo cada una de ellas.

El MEF define tres parámetros de desempeño básicos: Retardo de Trama, Variación de Retardo de Trama (también llamado Jitter de Trama) y Pérdida de Trama. Dichos parámetros sólo están definidos para enlaces de EVC punto a punto,

quedando para estudio posterior la caracterización de los mismos para enlaces EVC multipunto a multipunto. Los mismos son detallados a continuación ^[4].

1.3.7.1 Retardo de trama

El retardo de trama se define como el tiempo que transcurre desde que el primer bit de una trama ingresa al UNI de entrada, hasta la transmisión del último bit de la trama de servicio a la interfaz UNI de salida ^[4]. Este parámetro se puede apreciar con más detalle en la figura 1.3.7.1.

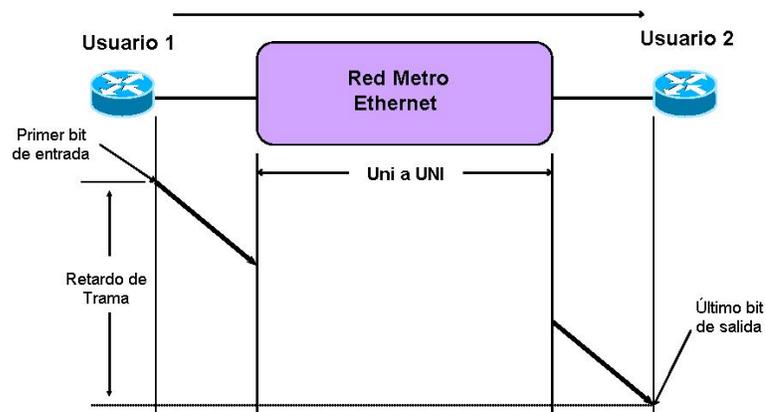


Figura 1.3.7.1: Retardo de Trama para una trama de servicio

El Retardo de Trama depende de tres parámetros:

- *T: Intervalo de tiempo durante el cual las tramas de servicio entran a la interfaz UNI de ingreso (unidades de tiempo).*
- *P: Porcentaje del desempeño del retardo de trama.*
- *D: Objetivo de retardo (unidades de tiempo).*

Un EVC punto a punto alcanza el desempeño de Retardo de Trama en un intervalo de tiempo T , si al menos P % de las tramas de servicio que llegan a la UNI durante ese período son marcadas con un Perfil de Ancho de Banda color verde (ver sección anterior) y si dichas tramas son entregadas con un retardo inferior a un valor d . En otras palabras, el valor de P de retardo para todas las tramas de servicio que pasan por el EVC es menor o igual al valor de d ^[2].

1.3.7.2 Variación de Retardo de Trama

La Variación de Retardo de Trama, es la medida de la variación en el Retardo de Trama realizada entre dos tramas de servicio consecutivas. Esta medida es aplicable a tramas de servicio entregadas satisfactoriamente con un Perfil de Ancho de Banda determinado como verde, para una particular CoS, por un intervalo de tiempo T ^[4].

La Variación de Retardo de Trama depende de cuatro parámetros:

- T : *Período de tiempo en el que llegan las dos tramas involucradas en la medición a la UNI de ingreso (unidades de tiempo).*
- P : *Porcentaje de Variación de Retardo de Trama*
- I : *Tiempo que existe entre la llegada de las dos tramas involucradas en la medición (unidades de tiempo).*
- v : *Objetivo de variación de retardo.*

Un EVC punto a punto alcanza un objetivo de Variación de Retardo de Trama en un intervalo de tiempo T , si al menos P % de los pares de tramas de servicio para

ambas UNIs involucradas en el EVC tienen diferencias en la Variación del Retardo de Trama menores o iguales al valor de v [2].

1.3.7.3 Pérdida de Trama

La definición del parámetro de Pérdida de Trama para una particular clase de servicio, se basa en el número de tramas que ingresan a una UNI de entrada durante un intervalo de tiempo T y en la cantidad de aquellas que deben ser entregadas a la UNI de egreso, que son catalogadas como verdes en su respectivo Perfil de Ancho de Banda. La Pérdida de Tramas debe ser definida como la relación, expresada como porcentaje, entre el número de tramas no entregadas a la UNI de destino (por EVC) y el número total de tramas que se introdujeron a la UNI de acceso (por EVC) [4].

Si se toman como variables:

- I_T : *Número de tramas de servicio que ingresan a la UNI durante un intervalo de tiempo T .*
- E_T : *Número de tramas que salen de la UNI de egreso durante el mismo intervalo de tiempo T .*

La Pérdida de Tramas queda definida como [4]:

$$P_T = \left(\frac{I_T - E_T}{I_T} \right) \times 100\% \quad [\text{Ec. 1}]$$

1.4.-Metodología

1.4.1.- Diseño de la investigación

El desarrollo de este trabajo de tesis, implica el diseño de las topologías que deben adoptar los diversos servicios, que actualmente son prestados por la empresa NETUNO, sobre la nueva red MetroLAN. Para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados es necesario definir la metodología de trabajo que establezca de forma clara el camino a seguir en el curso de esta investigación.

Los pasos que determinan como se realiza esta investigación se muestran a continuación:

- Recolectar la información concerniente a la forma en que la empresa NETUNO presta servicios de transporte de datos (AB dedicado y variable), acceso a Internet (AB dedicado o variable) y telefonía sobre la red PDH/SDH, con la finalidad de conocer las características intrínsecas de cada uno de estos productos, para definir los esquemas de migración a la nueva red MetroLAN.
- Evaluar las capacidades que caracterizan a la solución del fabricante NORTEL, escogido por NETUNO para proveer los equipos de la red MetroLAN, en relación a las características básicas de esta, según lo expresado en el Capítulo IV de esta investigación.
- Se deben elaborar diferentes esquemas de migración a la red MetroLAN, de cada uno de los servicios previamente estudiados, soportados por la red PDH/SDH.

- Realizar un análisis comparativo de los esquemas de migración sugeridos. La factibilidad de los mismos se verifica, tomando en cuenta las capacidades estudiadas de los equipos Metro Ethernet de NORTEL. Una vez realizado este proceso, se determinan los esquemas de migración definitivos.
- Finalmente, tomando en cuenta las especificaciones del proveedor de equipos escogido por NETUNO, se procede a elaborar el manual de instalación, operación y mantenimiento de la red MetroLAN NETUNO.

1.4.2.- Procedimiento

En esta sección se detalla, en forma específica, el procedimiento que se efectuó para llevar a cabo los pasos especificados en el diseño de la Investigación. El procedimiento que se siguió se muestra a continuación.

a) Recolección de información acerca de los servicios actuales de NETUNO:

Se estudiaron los manuales de mercadeo de los productos que ofrece NETUNO, que son de interés para esta investigación y los manuales técnicos de los diferentes productos.

b) Identificación de las características de los equipos NORTEL para redes Metro Ethernet:

Se evaluaron las diferentes capacidades de los equipos NORTEL para su solución de redes Metro Ethernet, a partir de todos los manuales que ofrece el fabricante. Dichos manuales se obtuvieron de forma electrónica, realizando solicitud de los mismos, en el *website* de NORTEL.

c) Esquemas de migración de servicios:

- A partir de la información recolectada de los manuales técnicos y de mercadeo, que actualmente dispone NETUNO para sus productos, se tomaron las características más importantes de aquellos correspondientes a transporte de datos, acceso a Internet y telefonía.
- Conociendo las referidas características, se ubicaron los modos de satisfacerlas con una red MetroLAN. Estos modos, es lo que se denomina esquemas de migración.

d) Selección de los esquemas de migración definitivos:

Tomando en cuenta las capacidades de los equipos de NORTEL para redes Metro Ethernet, se realizó un análisis de factibilidad de cada uno de los esquemas de migración propuestos y se definió cuales son los mas convenientes de aplicar.

e) Elaboración de manuales de instalación, operación y mantenimiento:

- Se definieron los procesos necesarios para instalar cada uno de los servicios anteriormente indicados, a partir de los esquemas de migración escogidos y de los manuales del fabricante NORTEL.
- Se desarrolló el procedimiento necesario para operar cada uno de los servicios, incluyendo aspectos como el aprovisionamiento, modificación, desconexión temporal, desconexión definitiva y reconexión de los servicios.
- Tomando en cuenta la topología de la red para cada uno de los servicios soportados por la MetroLAN, se desarrolló un protocolo de mantenimiento.

1.4.3.- Limitaciones

La elaboración de este proyecto no esta sujeta a la compra previa de los equipos para redes Metro Ethernet del fabricante NORTEL, por parte de la empresa NETUNO, debido a que el diseño de los esquemas de migración, que es el punto central y fundamental para el desarrollo de este trabajo, se basa directamente en las capacidades de los equipos que el fabricante relata en sus respectivos manuales. Sin embargo, si se podría necesitar la presencia de los equipos para plantear mejoras a los esquemas de migración escogidos. Por ello, dependiendo del caso, es posible que se presenten en esta investigación soluciones abiertas a los problemas planteados, acompañando a cada una de ellas con la descripción de los beneficios y desavenencias que puedan implicar. Este formato de trabajo flexibiliza la aplicación del diseño, a la hora de la implantación física de la red, otorgándole a éste independencia de la adquisición previa de los equipos.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.1.- Los servicios de la empresa

A partir de los manuales técnicos y de mercadeo de los productos que ofrece NETUNO sobre sus redes PDH/SDH, se determinó que los servicios que ofrece la empresa se pueden clasificar en 5 categorías, las cuales se muestran a continuación:

- Enlaces dedicados
- Enlaces con ancho de banda compartido
- Acceso a Internet con ancho de banda compartido
- Acceso a Internet con ancho de banda dedicado
- Telefonía

2.1.1 Enlaces dedicados

Los enlaces dedicados pueden ser de baja o alta capacidad. Los de baja capacidad se proveen mediante circuitos PDH, cuyo ancho de banda se configura de la forma $n \times 64$ kbps con un valor máximo de 2048 kbps (capacidad máxima de una trama E1). Para el disfrute de este tipo de servicios, el cliente debe contar con un modem HDSL que permita transmitir desde los predios del usuario hasta el nodo de acceso a la red PDH. El acceso a la red PDH se realiza mediante medios de cobre. Los multiplexores digitales PDH descargan todo su tráfico en la red SDH, mediante equipos ADM.

Los enlaces de alta capacidad son soportados directamente por la red SDH, y se prestan al cliente mediante troncales E3 (34Mbps) o STM-1 (155Mbps). En estos casos, el nodo de acceso es directamente un equipo del tipo ADM. Los servicios de alta capacidad se ofrecen al cliente mediante medios de fibra.

2.1.2 Enlaces con ancho de banda compartido

NETUNO dispone de circuitos Frame Relay (FR) para ofrecer enlaces de datos tipo PVC con ancho de banda variable. Los enlaces pueden tener velocidades de acceso de 64, 128, 256, 512, 1024 y 2048 kbps, con sus respectivas tasas CIR configuradas a la mitad del ancho de banda acordado. Para brindar este servicio, la empresa debe asignar al usuario final un dispositivo tipo FRAD que le permita acceder al enlace. Todo el tráfico de los circuitos Frame Relay es vertido en la red PDH/SDH de la empresa. El servicio se designa como de ancho de banda compartido, porque muchos circuitos de FR son soportados sobre el mismo troncal PDH.

2.1.3 Acceso a Internet con ancho de banda compartido

El servicio de Internet con ancho de banda compartido es ofrecido por la empresa de dos formas diferentes. La primera consiste en un circuito FR que soporta el enlace de Internet. El transporte del tráfico de éste hacia la red IP, se efectúa mediante la red PDH/SDH. En este caso, el equipo FRAD asignado al cliente puede que sea parte de un router asignado al mismo. La segunda corresponde a un acceso ADSL, el cual necesita de un modem/router ADSL en el lado del cliente y en el lado de la empresa, un DSLAM para proveer la última milla (utilizando encapsulado ATM). Este tráfico es vertido en la red PDH/SDH de NETUNO, la cual interconecta el DSLAM con un switch especial, que desencapsula la información del formato ATM y la enruta hacia la red IP.

2.1.4 Acceso a Internet con ancho de banda dedicado

Este servicio es equivalente al transporte de datos con ancho de banda dedicado, pero se diferencia en que uno de los extremos vierte su tráfico en la red IP. Al igual que en el caso de transporte de datos, el cliente debe contar con un modem HDSL.

2.1.5 Telefonía

La empresa NETUNO, mediante su red PDH/SDH, sólo brinda servicio de telefonía a clientes empresariales. Este producto cuenta con tres variantes: POTS/SDH, VoIP/ADSL y VoIP/HDSL. El primer caso corresponde a troncales E1 o de jerarquía superior, asignados a centrales privadas PABX, que son transportados por la red SDH. En los otros dos casos, el usuario debe contar con centrales telefónicas que soporten líneas de VoIP (IAD), cuyos paquetes IP serán cursados a través de la red SDH, desembocando en una red IP. Adicionalmente, para robustecer el transporte dentro de la red IP, el tráfico de VoIP se cursa a través de circuitos virtuales MPLS. En el caso de que el IAD pertenezca al dominio de NETUNO, entonces se dice que, a pesar de que la línea telefónica es de VoIP, la línea es POTS desde la perspectiva del usuario ya que el enlace entre el IAD y el usuario se efectúa de forma analógica por medio de un par de cobre.

Observando las características más importantes de cada uno de los servicios descritos anteriormente, se puede elaborar la tabla 2.1.1 que contiene los puntos clave a considerar para la elaboración de los esquemas de migración respectivos.

Tabla 2.1.1: Características más resaltantes de los servicios soportados por la red PDH/SDH de NETUNO

Tipo de Servicio	Características
Enlace de datos AB dedicado	Canal disponible todo el tiempo. Siempre debe brindar al cliente el ancho de banda acordado. Cada circuito corresponde a un solo usuario (asignación de ranuras de tiempo $n \times 64$ kbps en sistemas PDH).
Enlace de datos AB compartido	Canal disponible siempre y cuando el tráfico cumpla con ciertas condiciones (CIR). Múltiples circuitos virtuales de usuario comparten un mismo ancho de banda (asignación de <i>time slots</i> en sistemas PDH para tráfico de FR).
Acceso a Internet AB dedicado	Es una conexión para establecer comunicación con una red IP, mediante circuitos iguales a los utilizados en enlaces de datos con AB dedicado.
Acceso a Internet AB compartido	Es una conexión a una red IP, que se realiza de modo similar que en el caso de enlaces de datos con AB compartido (acceso a Internet con circuitos FR). Adicionalmente se toma en cuenta el uso de tecnologías como ADSL, para transportar el tráfico del usuario IP/ATM sobre la red PDH.
Telefonía	En este caso, la red PDH provee troncales de comunicación, que son transportados por la red SDH. También se puede ofrecer el servicio, utilizando VoIP con conexiones de acceso a Internet.

2.2.- Características operativas de los equipos NORTEL para redes Metro Ethernet

La solución de NORTEL para redes Metro Ethernet, segmenta el dominio en el que actúa en dos partes: acceso y transporte. En la parte de acceso, el fabricante ofrece 2 modelos de switches, bajo los nombres *Metro Ethernet Service Unit 1800* (ESU 1800) y *Metro Ethernet Service Unit 1850* (ESU 1850). Ambos equipos son exactamente iguales en cuanto a su funcionamiento y sólo se diferencian en el tipo de interfaz de usuario que proporcionan. El primero cuenta con 12 interfaces GE, mientras que el segundo tiene 24 interfaces FE. Según ha determinado la empresa, el requerimiento de ancho de banda de sus usuarios no supera, en promedio, la tasa de 100Mbps, sin embargo, tomando en cuenta un posible aumento en la demanda de ancho de banda, el equipo de acceso seleccionado es el ESU 1850. En la etapa de transporte, NORTEL ofrece el *Metro Ethernet Routing Switch 8600*, el cual tiene capacidades de un switch, combinadas con las de un router. Este equipo está conformado por varias unidades, entre las cuales resaltan el módulo de acceso a los servicios Ethernet, el *Ethernet Service Module 8668* (ESM 8668) y los módulos que contienen las interfaces con la red de *backbone*, o de acceso, según sea el caso. El switch 8600 puede ofrecer conectividad a varios anillos de acceso. La solución conformada por la combinación de estos equipos tiene la capacidad de soportar la arquitectura general definida por el *Metro Ethernet Forum* (MEF).

2.2.1 Estructura física de la red MetroLAN ofrecida por NORTEL

La estructura de una red MetroLAN constituida con los equipos NORTEL previamente mencionados se conforma de dos estructuras básicas, las cuales son la red de acceso y la red de transporte. Para la red de acceso existen dos topologías básicas: la conexión en anillo y la conexión directa. La tabla 2.2.1 contiene la información correspondiente a estos tipos de conexiones.

Tabla 2.2.1: Tipos de conexiones para la red de acceso

Tipo de Acceso	Descripción
En anillo	Este tipo de red de acceso está conformado por la concatenación en anillo de hasta 14 unidades NORTEL ESU 1850. La velocidad de acceso al anillo es de 1Gbps (GE). Cada anillo de acceso es conectado a un nodo del <i>backbone</i> , ocupando dos puertos GE del mismo. Cada nodo del <i>backbone</i> soporta hasta 4 anillos. Un solo anillo soporta hasta 336 UNIs.
Directo	Este acceso contempla la conexión de una unidad ESU 1850 directamente a un puerto GE del nodo del <i>backbone</i> .

Observando la tabla 2.2.1 se aprecia que cada anillo tiene capacidad para brindar en total 336 UNIs. Dada esta condición, la opción de red de acceso más conveniente para la empresa es la topología en anillo. Sin embargo, en la elaboración del manual correspondiente a la red MetroLAN se tomará en cuenta el acceso directo, ya que puede utilizarse como alternativa de implementación en el desarrollo inicial de la red.

La red de transporte, o *backbone*, está conformada por la unión de dos o más switches *Metro Ethernet Routing Switch 8600*. Cada uno de estos equipos posee un módulo especial denominado *Ethernet Service Module 8668* (ESM 8668) a través del cual se presta el acceso a la red de transporte de servicios Metro Ethernet. La conectividad física de un usuario puede hacerse a través de este módulo o mediante

otro tipo de módulo adjuntado al switch. Los modos de conexión al nodo del *backbone* se aprecian en la tabla 2.2.2.

Tabla 2.2.2: Modos de conexión a un nodo del *backbone*

Modo de conexión	Descripción
Acceso directo en modo local	Se conecta una unidad ESU 1850 directamente a módulo ESM 8668.
Acceso directo en modo servidor	Se conecta una unidad ESU 1850 u otro tipo de switch genérico de acceso a un módulo 86xx del switch 8600 (las siglas xx representan diversos modelos de unidades que se pueden adjuntar a un switch 8600, que proveen puertos de acceso FE o GE, variando la cantidad y tipo de puerto). Cada puerto del módulo 86xx debe ser asociado a un puerto del ESM 8668 mediante una VLAN de uso interno del equipo, que sólo incluye a estos puertos. Cada puerto del ESM soporta múltiples VLANs de este tipo. Un puerto en modo de servidor, no contiene conexiones físicas externas y no puede ser utilizado en ninguno de los otros modos de acceso.
Acceso tipo anillo	Dos puertos del ESM 8668 son designados en este caso para ofrecer la conectividad a la red de transporte, que necesita el anillo de acceso. Para propósitos de configuración del sistema, uno de los puertos debe ser designado como primario y el otro como secundario.

En la tabla 2.2.2 se aprecia claramente que el modo de conexión directa que hace mejor uso de los recursos de la red, es el acceso en modo de servidor, ya que cada puerto del módulo ESM 8668 que soporta los servicios Metro Ethernet, se puede

asignar a múltiples puertos de acceso a los usuarios. A pesar de que el modo servidor, en lo que a acceso directo se refiere, es el más eficiente, en la realización del manual de la red MetroLAN, es conveniente dejar abierta la posibilidad de escogencia de cualquiera de las opciones de conexión, para no hacer limitativo el desarrollo futuro de la red.

2.2.2 Capa de transporte de servicios Ethernet para la red Metro Ethernet de NORTEL.

De acuerdo con el modelo de capas sugerido por el MEF, NORTEL ofrece soporte a la capa de servicios Ethernet, utilizando protocolos derivados de Ethernet. Como la red diseñada por NORTEL contempla su segmentación en acceso y *backbone*, es natural que para cada una de estas partes, se defina un protocolo diferente que sea utilizado en esta capa. En la tabla 2.2.3 se aprecian los protocolos de capa de transporte de servicios, correspondientes al *backbone* y a la red de acceso.

Tabla 2.2.3: Protocolos de transporte de servicios para red de *backbone* y acceso.

Nivel de Red	Protocolo correspondiente
<i>Backbone</i>	<p>NORTEL utiliza en la capa de transporte, un formato de trama denominado OEL2 (<i>Optical Ethernet Layer 2</i>), el cual trabaja bajo un esquema de encapsulación M en M, definido en el pre-estándar 802.1ah propuesto por NORTEL, para efectuar puenteo a nivel de <i>backbone</i>. Este formato de trama no sólo contempla la inserción de direcciones MAC del proveedor, sino que también sugiere el uso de una etiqueta con el mismo formato de una dirección IP, que identifica a la interfaz entre el usuario y la red MetroLAN, sin embargo, hay que recalcar que a pesar de la semejanza, esta etiqueta no contiene una dirección IP. Adicionalmente, cada nodo del <i>backbone</i> soporta el pre – estándar 802.1ad, también conocido como Q en Q, asignando una P – VLAN ID a cada puerto del ESM 8668.</p>
Acceso	<p>En la red de acceso, se contempla el uso del esquema de encapsulado VLAN, estandarizado como IEEE 802.1Q.</p>

2.2.3 Estructuras lógicas y sus respectivas funciones en una red Metro Ethernet NORTEL

Así como lo sugiere el MEF, NORTEL ha diseñado su solución de redes Metro Ethernet, para que soporten las estructuras lógicas básicas, es decir, UNIs y EVCs. De forma adicional, el fabricante ha creado otra estructura no definida por el MEF, denominada *Endpoint*, cuya función es vincular cada EVC con sus respectivas UNIs. Todas las estructuras lógicas de la red Metro Ethernet de NORTEL deben ser

configuradas a través del *Metro Ethernet Routing Switch 8600* más cercano al punto de servicio, aunque éste se encuentre en un anillo de acceso.

Cada una de las estructuras funcionales posee variantes que representan la forma básica en que trabajan, y su elección debe realizarse de acuerdo a las características que se deseen adjudicar a los circuitos definidos sobre la red MetroLAN. En la tabla 2.2.4 se aprecian las principales variantes de configuración de los UNIs, EVCs y *Endpoints*.

Tabla 2.2.4 Variantes básicas para configuración de estructuras funcionales

Estructura	Variantes
UNI	<p>Existen 4 tipos diferentes de UNIs. Las variantes surgen, tomando en cuenta las capacidades de clasificación de tráfico que se le desee adjudicar a la UNI. Los tipos de UNI son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TLS transparent: esta UNI adjudica todo el tráfico que a ella ingresa, al correspondiente EVC que ha sido vinculado, a través de un <i>Endpoint</i>, con la interfaz. Esta configuración implica que no se efectúa lectura alguna de etiquetas VLAN, tanto del usuario, como del proveedor (stacked VLANs) • TLS switched: con esta configuración, la UNI clasifica el tráfico de acuerdo con el número VLAN ID, inmerso dentro de la etiqueta VLAN correspondiente al usuario. Este tipo de interfaz se utiliza cuando se desean adjudicar varios EVC a una sola UNI, ya que permite determinar cuales tramas corresponden a cada EVC, dependiendo del número VLAN ID que contengan.

Tabla 2.2.4 Variantes básicas para configuración de estructuras funcionales (continuación)

Estructura	Variantes
UNI	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="620 344 1403 814">• QenQ₁: Este tipo de UNI sólo clasifica el tráfico de acuerdo con el valor del VLAN ID de la etiqueta impresa en las tramas por el proveedor de servicios, en esquemas de encapsulación Q en Q. QenQ₁ es útil cuando se desea conectar dos redes que soportan Q en Q, mediante la red OEL2 del <i>backbone</i>, sin tomar en cuenta los identificadores VLAN ID de los usuarios. Si la UNI se ubica en un puerto del ESU 1850, no se puede ser definida como QenQ₁. <li data-bbox="620 835 1403 1306">• QenQ₂: Estas UNIs permiten clasificar las tramas que a ella ingresan, efectuando la lectura de ambas etiquetas VLAN (cliente y proveedor) en esquemas de encapsulado QenQ, permitiendo clasificar y entregar las tramas a diferentes EVCs, dependiendo del resultado de la lectura. Este tipo de UNI es útil cuando varios EVCs son adjudicados a la misma UNI. Se diferencia de la UNI TLS switched, en que sólo acepta modo de multiplexación (en el EVC) <i>One to One</i>.
EVC	<p data-bbox="620 1381 1403 1680">La variante principal que se observa al momento de la configuración de un EVC, es el modo de multiplexación, que define el criterio bajo el cual deben ser entregadas las tramas a un EVC. El MEF define esta característica como mapa CE –VLAN ID/EVC. Existen dos posibles modos de multiplexación:</p>

Tabla 2.2.4 Variantes básicas para configuración de estructuras funcionales (continuación)

Estructura	Variantes
EVC	<ul style="list-style-type: none"> • One to One: Define la asignación de tramas que contengan un VLAN ID específico, a un solo EVC. Este esquema funciona para todos los tipos de UNI, excepto las UNIs TLS transparent. • Many to One: Define un mapa de VLAN ID/EVC con servicio de atadura, es decir, tramas con ciertos números de VLAN ID pueden ser mapeadas a un EVC. Este modo de multiplexación sólo aplica para UNIs definidas como TLS switched
<i>Endpoint</i>	<p>La variable básica que define el modo de trabajo del <i>Endpoint</i>, consiste en la definición del modo en que opera la conexión a la cual pertenece el <i>Endpoint</i>. Existen 4 posibilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Any to Any: Se debe seleccionar esta opción, si el enlace al cual pertenece el <i>Endpoint</i> es multipunto a multipunto. • Hub: Esta variante corresponde a <i>Endpoints</i> que son el punto central de concentración en enlaces punto a multipunto (este tipo de enlace no es especificado por el MEF) • Spoke: Corresponde a los <i>Endpoints</i> que son los puntos aislados conectados a un Hub. • Point to Point: <i>Endpoints</i> definidos bajo esta variante, pertenecen a enlaces punto a punto.

Observando las configuraciones básicas que pueden tener las estructuras lógicas propuestas por NORTEL, se aprecia que en la red MetroLAN implantada con

los productos de este fabricante, se pueden configurar los servicios básicos descritos por el MEF, que son enlaces punto a punto y multipunto a multipunto, además de ofrecer una combinación de ambos servicios denominada enlace punto a multipunto, no definida por el *Metro Ethernet Forum*. Para el caso específico de enlaces punto a punto, estos equipos tienen la capacidad de soportar *Ethernet Wire Service* (permite asignación de tramas a un EVC, independientemente de su VLAN ID con una UNI *TLS transparent*) y *Ethernet Relay Service* (permite asignación de tramas con cierto VLAN ID a un solo EVC, con una UNI *QenQ2* o *TLS switched*, y un EVC con modo *One to One*). Ambos servicios son equivalentes a Líneas Dedicadas o Frame Relay, respectivamente.

Dentro de la red MetroLAN, NORTEL define el uso de números de identificación para los EVCs y UNIs. Estos identificadores son creados al momento de configurar dichas estructuras lógicas para un enlace y permiten ubicar de forma inequívoca cada una de estas estructuras a lo largo de la red. Además, son indispensables para realizar el proceso de creación de *Endpoints*. En la tabla 2.2.5 se definen estos identificadores y se explica cual es el uso que se les da dentro de la red.

Tabla 2.2.5: Definición de los identificadores de UNI y EVC

Estructura	Identificador correspondiente
UNI	El número de identificación de una UNI, dentro de la red Metro Ethernet NORTEL se conoce bajo el nombre de UNI ID , que es único en toda la red MetroLAN. Este identificador, escrito en formato IP de 32 bits, es contenido dentro de la trama de transporte OEL2 y es utilizado por la red para ubicar el punto físico donde se ubica la interfaz UNI. El UNI ID es creado por el administrador de red al momento de configurar el servicio a un cliente.

Tabla 2.2.5: Definición de los identificadores de UNI y EVC (continuación)

Estructura	Identificador correspondiente
EVC	El número de identificación de un EVC se denomina <i>Transparent Domain Identifier</i> – TDI (El MEF lo designa como EVC ID. NORTEL asigna el nombre de <i>Transparent Domain</i> a un EVC). El TDI es un número de identificación, único en toda la red Metro Ethernet, que se otorga a cada circuito virtual, y que facilita las funciones de gestión de los mismos.

2.2.4 Manejo de la calidad de servicio (QoS)

Los equipos seleccionados para redes metro Ethernet de NORTEL hacen uso de procesos particulares de manejo de QoS, para poder ofrecer clases de servicio y perfiles de ancho de banda, como lo sugiere el MEF.

Tal como lo establece el MEF, los equipos de NORTEL son compatibles con el estándar 802.1Q para VLANS, el cual define el uso de un campo 802.1p dentro de la etiqueta VLAN, que contiene el nivel de prioridad de la trama. Dicho proceso es efectuado sin cambio alguno dentro de la red de acceso. Sin embargo, el fabricante utiliza un método de clasificación del tráfico similar a nivel del *backbone*, que consta de dos partes. La primera, consiste en la lectura de la prioridad asignada a la trama, con la cual determina el nivel de prioridad correspondiente a la etiqueta P – VLAN, en el nodo del *backbone*. Para efectuar esta primera fase del proceso de clasificación (cuando las tramas ingresan al *backbone*), NORTEL define una función denominada “prioridad de mapeo”, que indica el nivel de prioridad que se asignará en la etiqueta P – VLAN, dependiendo de la prioridad de la etiqueta interna C – VLAN. La prioridad

de mapeo se expresa de la forma x:x:x:x:x:x:x, donde cada la posición de la “x”, de izquierda a derecha, representa el nivel de prioridad correspondiente a la etiqueta C – VLAN y cada valor de “x” corresponde al nivel de prioridad que será asignado dentro de la red del *backbone*, a través de la etiqueta P – VLAN. La prioridad de mapeo por defecto que asignan los switches 8600, es 0:0:2:4:0:6:6:7. La prioridad de mapeo puede ser modificada, para cada *Endpoint*, por el administrador de la red, modificándose así la forma en que se transporta el tráfico de un determinado cliente. En la tabla 2.2.6 se observan los p – bits correspondientes a cada nivel de prioridad asignado dentro de la etiqueta P – VLAN, acorde con la prioridad de mapeo por defecto.

Tabla 2.2.6: Prioridad de Mapeo por defecto de los switches 8600 de NORTEL

Nivel de prioridad del cliente (802.1p)	P – bits del cliente	Nivel de prioridad en la etiqueta P - VLAN	Bits de prioridad dentro de la red OEL2
0	000	0	000
1	001	0	000
2	010	2	010
3	011	4	100
4	100	0	000
5	101	6	110
6	110	6	110
7	111	7	111

En la segunda etapa del proceso de clasificación efectuado en el *backbone*, dependiendo del valor de los bits de prioridad colocados en la etiqueta P – VLAN, los equipos NORTEL tienen la capacidad de distribuir el tráfico en 4 colas físicas, asignando así 4 niveles de calidad de servicio (QoS). Las colas que contienen tramas de mayor prioridad, serán vaciadas en la red primero que aquellas cuyo contenido es de menor prioridad. En la tabla 2.2.7 se aprecian los 4 niveles de QoS asignados a las colas, y sus correspondientes bits de prioridad de la etiqueta P – VLAN.

Tabla 2.2.7: Niveles de QoS dentro de la red del *backbone*

Nivel de QoS	Número de Cola (<i>backbone</i>)	Niveles de prioridad	
		de la etiqueta P – VLAN	Característica
Standard	0	0 (000)	Prioridad baja
		1 (001)	Prioridad baja
Silver	1	2 (010)	Prioridad Media
		3 (011)	Prioridad Media
Gold	2	4 (100)	Prioridad de video
		5 (101)	Prioridad de video
Premium	3	6 (110)	Prioridad alta
		7 (111)	Prioridad alta

Dentro de la red OEL2 de NORTEL, los parámetros que definen los perfiles de ancho de banda son asociados con los 4 niveles de calidad de servicio, quedando así descartada cualquier otra forma de aplicación de perfiles de AB. En la tabla 2.2.8 se pueden apreciar los parámetros que conforman los perfiles de ancho de banda y la relación de éstos con los diferentes niveles de clase de servicio.

Tabla 2.2.8: Características de los parámetros de un perfil de ancho de banda para el switch del *backbone* 8600.

Parámetro	Características
CIR (Committed Information Rate)	La tasa CIR es aplicable únicamente a las 3 clases de servicio superiores, es decir, Premium, Gold y Silver. Se pueden ajustar, entre 0 y 1Mbps, a pasos de 64kbps, y entre 1Mbps y 1000Mbps a pasos de 1Mbps. La suma de los 3 CIRs asignados a las clases de servicio mencionadas, no puede sobrepasar el valor asignado al PIR.

Tabla 2.2.8: Características de los parámetros de un perfil de ancho de banda para el switch del *backbone* 8600 (continuación).

Parámetro	Características
PIR (Peak Information Rate)	Las siglas PIR significan “Tasa Pico de Información” y es equivalente al EIR definido por el MEF. Este parámetro se aplica a las cuatro clases de servicio que ofrece NORTEL. Su valor se ajusta de la misma forma que el CIR. El valor máximo de PIR no puede sobrepasar la velocidad física del puerto correspondiente a la UNI.
Token Bucket	Este parámetro es equivalente al CBS. Cada nivel de calidad de servicio tiene asociado un Token Bucket, que indica el tamaño máximo de las ráfagas de cada uno de los niveles de QoS. El switch 8600 asigna automáticamente valores a los Token Buckets, dependiendo de la tasa CIR configurada por el administrador de la red. Sin embargo, también existe la posibilidad de configurar manualmente este valor.

En la tabla 2.2.8 se aprecia que los perfiles de ancho de banda son asignados cuando las tramas ingresan a la red del *backbone*. Capacidades adicionales del control de tráfico dependen directamente de los equipos utilizados en los nodos de la red de acceso. Este caso de la red Metro Ethernet de NORTEL, cuyas unidades de acceso ESU 1850 pueden clasificar y limitar el tráfico que ingresa a sus puertos, tomando en cuenta varios criterios. Las funciones de control de tráfico más resaltantes de las ESU 1850, que permiten asignación de QoS, se pueden apreciar en la tabla 2.2.9.

Tabla 2.2.9: Funciones de control de tráfico que ofrecen las ESU 1850 para brindar QoS.

Función	Descripción
Limitadores de Ancho de Banda	<p>La unidad ESU 1850 permite regular el ancho de banda que ofrece a los usuarios a través de sus puertos, tomando en cuenta varios criterios de limitación, los cuales son por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puerto • Puerto y número VLAN ID de las tramas entrantes • Puerto, número de VLAN ID y bits 802.1p de la trama • Puerto y bits DSCP • Puerto y bits 802.1p de las tramas de ingreso.
Clasificación de Paquetes	<p>La ESU 1850 tiene la capacidad de clasificar los paquetes, para realizar la asignación de etiquetas VLAN, incluyendo los bits de prioridad 802.1p, en caso de que el tráfico entrante no haya sido preclasificado en el equipo del usuario, o que se desee alterar su nivel de prioridad. Los principales criterios de clasificación son por: puerto, bits 802.1p, dirección IP de la fuente o destino, dirección MAC de la fuente o destino, entre otros.</p>
Niveles de prioridad dentro de la red de acceso.	<p>Al igual que en la red del <i>backbone</i> (OEL2), los equipos ESU 1850 permiten clasificar el tráfico en 4 niveles de clase de servicio, correspondiente a 4 colas de <i>hardware</i>, en las cuales se colocan las tramas a transmitir. La prioridad de mapeo a cada una de las colas, es similar a la de OEL2 y también puede ser alterada por el administrador de la red.</p>

2.3 Esquemas de migración de servicios

Considerando la información recabada acerca de los servicios de transporte de datos, acceso a Internet y telefonía prestados con la red PDH/SDH de la empresa NETUNO, se ha concentrado en la tabla 2.3.1 las características básicas que de estos servicios, a partir de las cuales se definen los esquemas de migración a la red MetroLAN.

Tabla 2.3.1: Características básicas de los servicios actuales de NETUNO, que permiten definir los esquemas de migración

Servicio	Características
Transporte de datos	<ul style="list-style-type: none">• Debe configurarse en dos variantes: una con AB dedicado y otra con AB compartido.• Se necesita garantizar un ancho de banda, tanto a los servicios de AB compartido, como los de AB dedicado.• Para transporte de datos con AB dedicado, cada cliente debe contar con un circuito propio dentro de la red, al cual se le asigna un ancho de banda fijo.• Para transporte de datos con AB compartido, múltiples circuitos de usuario tienen que compartir un mismo ancho de banda.
Acceso a Internet	<ul style="list-style-type: none">• Este servicio debe contar con dos variantes: acceso a Internet con AB dedicado o compartido.• El acceso dedicado se debe proveer al cliente con un enlace de transporte de datos dedicado, con uno de sus extremos conectado a la red IP y el otro al cliente.• El acceso compartido debe permitir a múltiples usuarios, acceder a la red IP, mediante un único circuito dentro de la red.

Tabla 2.3.1: Características básicas de los servicios actuales de NETUNO, que permiten definir los esquemas de migración (continuación)

Servicio	Características
Telefonía	<ul style="list-style-type: none"> • La red debe proveer de un circuito troncal que soporte múltiples líneas telefónicas, en donde la voz se trate como paquetes (VoIP)

Apreciando las características establecidas en la tabla 2.3.1, se puede decir que la red que soporte estos servicios, sólo debe proveer los circuitos troncales que hacen el transporte. Sin embargo, la característica de dichos circuitos no siempre es la misma, ya que en unos casos comparten su ancho de banda con múltiples usuarios y en otros no, además de que las características del tráfico de cada servicio varían de uno a otro. Tomando en cuenta estos aspectos, se han desarrollado esquemas de migración a la red MetroLAN, para cada uno de los servicios especificados en la tabla 2.3.1, que se muestran a continuación.

2.3.1 Esquemas de migración del servicio “transporte de datos con AB dedicado”

El transporte de datos con AB dedicado, requiere de un circuito troncal dentro de la red MetroLAN, que provea la conectividad entre dos puntos del cliente, estableciendo un enlace dedicado punto a punto. Puede darse el caso en que la conexión requerida sea para unir más de dos puntos, entonces el enlace correspondiente es clasificado como punto a multipunto. A partir del modelo estructural de una red MetroLAN, para ofrecer un servicio de este tipo, se deben considerar los aspectos que aparecen en la tabla 2.3.2.

Tabla 2.3.2: Aspectos de una red MetroLAN a considerar para prestar el servicio de “transporte de datos con AB dedicado”

Aspecto	Atributo necesario para prestación del servicio
EVC	Cada EVC que preste este servicio debe ser punto a punto y sólo transporta tráfico de un solo cliente. Para enlaces punto a multipunto, en general, se deben configurar varios enlaces punto a punto, entre una localidad y el resto de las localidades a conectar, a menos que el fabricante de los equipos especifique lo contrario.
UNI	Cada UNI sólo debe aceptar tráfico de un solo cliente. Todas las tramas que a ella ingresen deben ser entregadas al EVC, independientemente del identificador VLAN ID del cliente, que contengan, lo que permite definir al servicio como <i>E- Line Wire</i> (punto a punto dedicado).
Esquemas de encapsulado	El uso de un encapsulado Q en Q (sólo con lectura de la etiqueta VLAN externa del proveedor) no interfiere con el funcionamiento de un servicio del tipo indicado y permite respetar la asignación de QoS del cliente. IEEE 802.1Q no indispensable, pero deseable, debido a que provee la clasificación de tramas propia del usuario.
Perfiles de ancho de banda	La configuración ideal para un servicio de este tipo, sería la asignación de un solo perfil de ancho de banda a todo el EVC del cliente. No obstante, dado que en enlaces punto a punto la UNI debe soportar un solo EVC, la asignación de un solo perfil a la UNI puede servir para la implantación del servicio. Finalmente, una asignación de perfil de ancho de banda por clase de servicio de las tramas contenidas en el EVC, no es lo más adecuado. Sin embargo, asignando la misma prioridad de mapeo de las tramas de un EVC a la red del proveedor, se logra un solo AB para el enlace.

Según lo establecido en la tabla 2.3.2, se hace la siguiente propuesta de esquemas de migración del servicio de transporte de datos con AB dedicado que se muestra en la tabla 2.3.3, en donde se incluye tanto la configuración de las estructuras lógicas dentro de la red MetroLAN, así como la del equipo externo a ésta, necesario para ofrecer el servicio.

Tabla 2.3.3: Esquemas de migración del servicio “transporte de datos con AB dedicado” a la red MetroLAN

Estructura	Configuración Propuesta
EVC	Punto a Punto.
UNI	Definida con un mapa CE – VLAN ID/ EVC, con esquema de atadura todos a uno (Servicio <i>E – Line Wire</i>). Cada UNI sólo soporta un solo EVC y un solo usuario.
Encapsulado de tramas del cliente	IEEE 802.1Q no indispensable, pero deseable. Q en Q deseable, pero no limita la implantación del servicio.
Perfil de ancho de banda	Asignación preferiblemente por EVC de forma optativa, se considera su aplicación a cada clase de servicio del tráfico, implicando esto mayor gestión por parte del administrador de la red. Este proceso depende de los equipos de la red MetroLAN.
Equipo de usuario	Equipo compatible con el estándar Fast Ethernet (10/100BaseT). Es preferible que también soporte el uso de IEEE 802.1Q.
Equipo de última milla	La empresa no necesita equipo de última milla para ofrecer el servicio.

2.3.2 Esquemas de migración del servicio “transporte de datos con AB compartido”

El servicio “transporte de datos con AB compartido”, es muy similar a su contraparte de AB dedicado, pero se diferencia en la asignación del ancho de banda. Tal como su nombre lo expresa, éste servicio considera que múltiples circuitos de diversos clientes deben compartir un AB común. La forma más sencilla de compartir AB en una red MetroLAN, es asignar una misma UNI a varios usuarios simultáneamente. Éste y otros aspectos de la red MetroLAN concernientes a la configuración del servicio de transporte de datos con AB compartido se aprecian en la tabla 2.3.4.

Tabla 2.3.4: Aspectos de una red MetroLAN a considerar para prestar el servicio de “transporte de datos con AB compartido”

Aspecto	Atributo necesario para prestación del servicio
EVC	Cada EVC que preste este servicio debe ser punto a punto, y solo debe transportar tráfico de un solo cliente. Para enlaces punto a multipunto, en general, se deben configurar varios enlaces punto a punto, entre una localidad y el resto de las localidades a conectar, a menos que el fabricante de los equipos especifique lo contrario.
UNI	Cada UNI debe aceptar tráfico de múltiples clientes, por lo que necesariamente tiene que contar con un servicio de multiplexación de EVCs. La asignación de las tramas de un usuario, a su EVC adjudicado a la UNI, debe realizarse de acuerdo al identificador VLAN ID contenido en sus tramas. Cada VLAN ID corresponde solo a un EVC. Esta asignación de tramas permite obtener el servicio análogo a Frame Relay, denominado <i>E – Line Relay</i> .

Tabla 2.3.4: Aspectos de una red MetroLAN a considerar para prestar el servicio de “transporte de datos con AB compartido” (continuación)

Aspecto	Atributo necesario para prestación del servicio
Esquemas de encapsulado	El uso de un encapsulado Q en Q (con lectura de las etiquetas VLAN del cliente y del proveedor) puede servir para implementar el servicio de multiplexación de tramas en sus correspondientes EVCs. Es indispensable el uso de IEEE 802.1Q, ya que las tramas deben ser colocadas en su respectivo EVC, de acuerdo al VLAN ID de la Q – Tag.
Perfiles de ancho de banda	La configuración ideal para un servicio de este tipo, sería la asignación de un solo perfil de ancho de banda a cada EVC. Una asignación de perfil de ancho de banda por clase de servicio de las tramas contenidas en el EVC, también puede ser una alternativa viable, ya que la UNI procesa tráfico de múltiples fuentes, y el uso de éste tipo de asignación puede prevenir congestión en la red. La posible desventaja frente a la primera alternativa, es que implica un proceso de aprovisionamiento más complejo.

Observando los aspectos de una red MetroLAN involucrados con la prestación de un servicio de transporte de datos con AB compartido, indicados en la tabla 2.3.4, se ha elaborado una propuesta con varias alternativas de migración, que incluyen tanto configuraciones lógicas posibles de las estructuras de la red MetroLAN, así como equipamiento externo necesario para la prestación del servicio. Estas alternativas son presentadas en la tabla 2.3.5.

Tabla 2.3.5: Esquemas de migración del servicio “transporte de datos con AB compartido” a la red MetroLAN

Estructura	Configuración Propuesta
EVC	Punto a Punto.
UNI	<p>Definida con un mapa CE – VLAN ID/ EVC, con esquema de atadura uno a uno (Servicio E – Line Relay).</p> <p>La UNI debe tener la capacidad de soportar la conexión de múltiples EVCs correspondientes a los usuarios.</p> <p>La UNI es de uso compartido por más de un usuario.</p>
Encapsulado de tramas del cliente	<p>IEEE 802.1Q indispensable.</p> <p>Q en Q (lectura de ambas etiquetas VLAN) deseable.</p>
Perfil de ancho de banda	Asignación preferiblemente por EVC. De forma optativa, se considera su aplicación a cada clase de servicio del tráfico, implicando esto mayor gestión por parte del administrador de la red. Este proceso depende de los equipos de la red MetroLAN.
Equipo de usuario	<p>Equipo compatible con el estándar Ethernet (10BaseT).</p> <p>Es indispensable que también soporte el uso de IEEE 802.1Q.</p>
Equipo de última milla	Para lograr que la UNI sea compartida por múltiples usuarios, es necesario conectar al puerto asignado a ésta, un switch Ethernet, con puertos de salida 10BaseT, que serán asignados a los diferentes usuarios.

2.3.3 Esquemas de migración del servicio “acceso a Internet con AB dedicado”

El servicio de acceso a Internet con AB dedicado se presta de forma muy similar al de transporte de datos con AB dedicado, ya que la red sólo debe brindar un troncal de comunicación. La diferencia entre el acceso a Internet y el transporte de datos, es que sólo uno de los extremos de la conexión, incluyendo la correspondiente UNI, es asignado al cliente, mientras que el otro extremo con su correspondiente UNI es conectado a una red IP. Dada las semejanzas en el transporte de ambos servicios, la configuración de la red MetroLAN, para la prestación del servicio de acceso a Internet dedicado, no presenta cambios con respecto a la propuesta para las líneas dedicadas de datos. En consecuencia, la propuesta de esquema de migración de este servicio (tabla 2.3.3), se extiende para el acceso a Internet con AB dedicado.

2.3.4 Esquemas de migración del servicio “acceso a Internet con AB compartido”

La configuración actual de los servicios de Internet con AB compartido que presta NETUNO, cuenta con dos variantes: acceso a Internet mediante FR o mediante ADSL*. Migrar estas variantes a la red MetroLAN, implica la elaboración de dos esquemas completamente distintos, el uno del otro. La opción de acceso compartido con FR, presenta un esquema de migración similar al propuesto para transporte de datos con AB compartido, que sólo se diferencia en que uno de los extremos del enlace es conectado a una red IP. En este caso, las consideraciones a tomar al momento de configurar la red MetroLAN son las mismas definidas en la tabla 2.3.4 para transporte de datos con AB compartido. En el caso del acceso a Internet mediante ADSL, el proceso de multiplexación del tráfico es efectuado directamente por un DSLAM, liberando de esta función a la red MetroLAN, por lo que ésta sólo

* En vez de tecnología ADSL, se puede entregar el servicio con tecnología Cable Modem en una red HFC, sin que esto implique cambio alguno en la red MetroLAN.

debe proveer a los DSLAM de un circuito troncal de comunicación con la red IP. Este troncal sólo se logra configurando un enlace igual al utilizado para acceso a Internet con AB dedicado, con la diferencia de que la UNI es adjudicada a un DSLAM en vez de a un usuario único. Las consideraciones de configuración de la red MetroLAN para acceso con ADSL son las mismas que aparecen en la tabla 2.3.2, pero considerando que la UNI, en vez de servir a un usuario, presta servicio a un DSLAM.

Si el acceso a Internet con AB compartido es homólogo a la configuración actual de IP/FR/PDH, los esquemas de migración correspondientes son los mismos establecidos en la tabla 2.3.5. En cambio, si en el acceso interviene el uso de la tecnología ADSL, los esquemas de migración se pueden apreciar en la tabla 2.3.6.

Tabla 2.3.6: Esquemas de migración del servicio “acceso a Internet con AB compartido” a la red MetroLAN, utilizando tecnología ADSL

Estructura	Configuración Propuesta
EVC	Punto a Punto.
UNI	Definida con un mapa CE – VLAN ID/ EVC, con esquema de atadura todos a uno (Servicio <i>E – Line Wire</i>). Cada UNI sólo soporta un solo EVC. La UNI, para este caso, es la interfaz entre la red MetroLAN y la red ADSL.
Encapsulado de tramas del cliente	IEEE 802.1Q no indispensable, pero deseable, debido a que provee la clasificación de tramas propia del usuario. Q en Q deseable, pero no limita la implantación del servicio

Tabla 2.3.6: Esquemas de migración del servicio “acceso a Internet con AB compartido” a la red MetroLAN (continuación).

Estructura	Configuración Propuesta
Perfil de ancho de banda	Asignación preferiblemente por EVC. De forma optativa, se considera su aplicación a cada clase de servicio del tráfico, implicando esto mayor gestión por parte del administrador de la red. Este proceso depende de los equipos de la red MetroLAN.
Equipo de usuario	Modem ADSL.
Equipo de última milla	La empresa debe conectar un DSLAM a la UNI, para que el tráfico de múltiples líneas ADSL viertan su tráfico en un único EVC.

2.3.5 Esquemas de migración del servicio “Telefonía”

Para brindar servicio de Telefonía sobre una red MetroLAN, éste debe ser soportado en un formato de voz sobre paquetes, como VoIP. Una línea de voz sobre IP puede ser entregada directamente al cliente sobre un enlace Ethernet, igual al utilizado en el servicio de transporte de datos con AB compartido. Sin embargo, esta opción es descartada, al tomar en cuenta que ofrece un ancho de banda de 10 Mbps en la interfaz del usuario, que resulta excesivo para una línea de VoIP, que tan solo necesita un AB máximo de 95.2kbps (utilizando norma de codificación UIT – T G.711) ^[11]. Otra alternativa es ofrecer el servicio mediante un dispositivo tipo IAD, que convierte el tráfico de múltiples líneas VoIP a analógico y lo entrega a los usuarios mediante pares de cobre. La conexión del IAD a la red IP debe realizarse mediante una conexión troncal dedicada sobre la red MetroLAN. Dada esta condición, para el caso de telefonía, los aspectos de configuración de la red MetroLAN son iguales que los establecidos en la tabla 2.3.2, a diferencia de que la

UNI, en vez de estar relacionada a un usuario, está relacionada a un IAD. En cuanto al esquema de migración, éste es similar al del servicio de transporte de datos con AB dedicado, pero con ciertos cambios. El mismo puede apreciarse en la tabla 2.3.7.

Tabla 2.3.7: Esquemas de migración del servicio “Telefonía”.

Estructura	Configuración Propuesta
EVC	Punto a Punto.
UNI	Definida con un mapa CE – VLAN ID/ EVC, con esquema de atadura todos a uno (Servicio <i>E – Line Wire</i>). Cada UNI soporta un solo EVC.
Encapsulado de tramas del cliente	IEEE 802.1Q no indispensable, pero deseable Q en Q (lectura VLAN ID proveedor) deseable, pero no limita la implantación del servicio.
Perfil de ancho de banda	Asignación preferiblemente por EVC, de acuerdo al número de líneas que soporte el IAD y al esquema de codificación del mismo. De forma optativa, se considera aplicación de todo el CIR y PIR disponible a la clase de servicio Premium. Este proceso depende de los equipos de la red MetroLAN.
Equipo de usuario	Teléfono analógico POTS.
Equipo de última milla	IAD.

En el esquema planteado para la migración del servicio de telefonía, se puede observar que no contempla la asignación de un troncal para conexión para IADs que funcionen como centrales privadas de un cliente. Esto se debe, a que esta conexión es prácticamente igual a la descrita en el esquema de la tabla 2.3.7, con la salvedad de

que la administración de cada IAD corresponde al usuario y el ancho de banda que se le asigna está sujeto a lo convenido con el cliente.

2.4 Selección de los esquemas de migración

Acorde con las características de los equipos NORTEL, previamente mostradas en la sección 2.2, se estudió la factibilidad de aplicación de los esquemas de migración planteados en la sección 2.3. Como resultado, se obtuvieron los esquemas de migración definitivos.

2.4.1 Servicio de transporte de datos y acceso a Internet con AB dedicado

En la tabla 2.4.1 se muestra el análisis de factibilidad realizado para la migración de estos servicios, planteada en la tabla 2.3.3

Tabla 2.4.1: Factibilidad de aplicación para la migración de los servicios “transporte de datos y acceso a Internet con AB dedicado”

Estructura	Configuración Propuesta	Factibilidad
EVC	Punto a Punto.	Se puede configurar como punto a punto al momento de la creación del <i>Endpoint</i> . Si el enlace es punto a multipunto, se debe configurar el <i>Endpoint</i> como <i>Hub</i> o <i>Spoke</i> , según corresponda.
UNI	Mapa CE – VLAN ID/ EVC con esquema de atadura todos a uno. Cada UNI sólo soporta un solo EVC.	La UNI configurada como <i>TLS transparent</i> , cumple con ambos requisitos
Encapsulado de tramas del cliente	IEEE 802.1Q <hr/> Q en Q (solo lectura VLAN ID del proveedor)	Las unidades ESU 1850 son compatibles con IEEE 802.1Q <hr/> Las unidades ESU 1850 no soportan Q en Q en sus puertos de acceso. Sólo es posible, si el acceso se hace directamente en el switch 8600.
Perfil de ancho de banda	Uno por EVC <hr/> Uno para cada clase de servicio	El switch 8600 de NORTEL no soporta esta configuración. <hr/> El switch 8600 de NORTEL sólo soporta esta configuración.
Equipo de usuario	Ethernet (10/BaseT/100BaseTx).	La unidad de acceso ESU 1850 soporta ambos estándares.

En la tabla 2.4.1 se puede apreciar que no todas las propuestas enunciadas en el esquema de migración correspondiente a este servicio son aplicables. En base a los últimos resultados observados, en la tabla 2.4.2 y a las capacidades estudiadas de los switches NORTEL, se ubica el esquema de migración definitivo para el servicio de transporte de datos con AB dedicado.

Tabla 2.4.2: Esquema de migración definitivo para el servicio “transporte de datos y acceso a Internet con AB dedicado”

Estructura	Configuración
UNI	<i>TLS transparent.</i> Se puede ubicar tanto en el nodo del <i>backbone</i> (preferiblemente en modo servidor), como en la ESU 1850.
<i>Endpoint</i>	<i>Point to Point, Hub o Spoke</i> según corresponda (Atributo del EVC configurado a través del <i>Endpoint</i>).
Perfil de Ancho de Banda	Asignación de CIR para c/u de las tres clases superiores y PIR, según acuerdo con el cliente, ajustado al tipo de tráfico. Si el cliente lo solicita, se puede asignar la misma prioridad a todos sus paquetes dentro de la red OEL2 para ajustar un CIR a todo el tráfico. También se puede controlar el AB del puerto de acceso.
Equipo de Usuario	Debe soportar los estándares 10BaseT/100BaseTx e IEEE 802.1Q.

En el esquema de migración planteado para el servicio de transporte de datos con AB dedicado se aprecia que en algunas de las configuraciones sugeridas, se presentan varias alternativas. También se puede notar que no se definen los valores de CIR y PIR correspondientes, sugiriendo que se ajusten al tráfico, lo que implica que

se deben configurar estos parámetros dependiendo del acuerdo al cual se llegue con el usuario. Estas características permiten flexibilizar la implantación del servicio con la red MetroLAN.

2.4.2 Servicio de Transporte de Datos con AB compartido

El análisis de factibilidad el esquema de migración propuesto para este servicio, se muestra a continuación:

Tabla 2.4.3: Factibilidad de aplicación para la migración del servicio “transporte de datos con AB compartido”

Estructura	Configuración Propuesta	Factibilidad
EVC	Punto a Punto.	Se puede configurar como punto a punto al momento de la creación del <i>Endpoint</i> . Si el enlace es punto a multipunto, se debe configurar el <i>Endpoint</i> como <i>Hub</i> o <i>Spoke</i> , según corresponda.
UNI	El mapa VLAN ID/ EVC tiene esquema de atadura uno a uno La UNI soporta la conexión de múltiples EVCs La UNI es de uso compartido por más de un usuario.	El esquema de atadura VLAN ID/ EVC se logra configurando al EVC como <i>One to One</i> . La UNI configurada como <i>TLS switched</i> o <i>Q en Q₂</i> soporta múltiples EVCs. Compartir una sola UNI, implica anexarle un switch externo a la red MEN.

Tabla 2.4.3: Factibilidad de aplicación para la migración del servicio “transporte de datos con AB compartido” (continuación)

Estructura	Configuración Propuesta	Factibilidad
Encapsulado de tramas del cliente	IEEE 802.1Q.	Las unidades ESU 1850 son compatibles con IEEE 802.1Q.
	Q en Q (lectura de VLAN IDs del proveedor y del usuario).	La red soporta la opción <i>UNI Q en Q₂</i> , que corresponde a este caso.
Perfil de ancho de banda	Uno por EVC.	El switch 8600 de NORTEL no soporta esta configuración.
	Uno para cada clase de servicio.	El switch 8600 de NORTEL sólo soporta esta configuración
Equipo de usuario	Ethernet (10BaseT).	La unidad de acceso ESU 1850 soporta este estándar.

Descartando de la tabla anterior todas las configuraciones que no son soportadas por los equipos NORTEL, se puede establecer el siguiente esquema definitivo de migración del servicio “transporte de datos con AB compartido”, que se ubica en la tabla 2.4.4.

Tabla 2.4.4: Esquema de migración definitivo para el servicio “transporte de datos con AB compartido”

Estructura	Configuración
UNI	<i>TLS Switched</i> o <i>Q en Q₂</i> . Se puede ubicar tanto en el nodo del <i>backbone</i> (preferiblemente en modo servidor), como en la ESU 1850.
EVC	<i>One to One</i> .
<i>Endpoint</i>	Punto a Punto, <i>Hub</i> o <i>Spoke</i> según corresponda (Atributo del EVC configurado a través del <i>Endpoint</i>).
Perfil de Ancho de Banda	Asignación de CIR para c/u de las tres clases superiores y PIR, según acuerdo con el cliente, ajustado al tipo de tráfico. Si el cliente lo solicita, se puede asignar la misma prioridad a todos sus paquetes dentro de la red OEL2 para ajustar un CIR a todo el tráfico. También se puede controlar el AB del puerto de acceso.
Equipo de usuario	Debe soportar los estándares 10BaseT y IEEE 802.1Q.
Equipo de última milla	Switch de uso compartido: Ethernet 10BaseT en Acceso y 10BaseT/100BaseTx hacia la red. IEEE 802.1Q.

En la tabla anterior se puede notar que se consideran varias opciones de configuración para ciertas estructuras. Esto permite hacer menos rígido el esquema de migración. En particular, para la UNI, Q en Q₂ y TLS Switched ofrecen las mismas ventajas de servicio y la selección de uno de estos tipos de UNI, sólo depende de lo que decida el administrador de red. La configuración de los valores de CIR es

variable, y en éste caso, debería realizarse según una estimación del tráfico que fluye por la interfaz UNI.

2.4.3 Servicio “acceso a Internet con AB compartido”

En la sección 2.3.4 se definieron dos posibles esquemas de migración para este tipo de servicio. El primero es completamente análogo al caso de transporte de datos con AB compartido, con la salvedad de que uno de los extremos del EVC del cliente es asociado a una red IP. El otro, utiliza tecnología ADSL*, en el segmento de la última milla, de manera que la red MetroLAN sólo soporta un troncal de datos entre un DSLAM y la red IP.

También se pudo observar en la sección 2.1, que actualmente la empresa NETUNO cuenta con una plataforma ADSL operativa. Considerando la posibilidad que la empresa tiene de conectar su plataforma actual de ADSL a la red MetroLAN, se descarta la aplicación del esquema de migración similar al de transporte de datos con AB compartido, que contempla el uso de un switch adicional, externo a la red MetroLAN, cuya adquisición resulta ser más costosa que la mudanza de la red ADSL.

Como se pudo observar en el esquema de migración propuesto en la tabla 2.3.6, la implantación del troncal de comunicación que soporta este servicio dentro de la red MetroLAN, es igual a un enlace dedicado punto a punto, con uno de sus extremos vinculado a una red IP. La diferencia entre la implantación de este servicio y el de transporte de datos con AB dedicado, está en el uso de un DSLAM en la última milla y de un modem ADSL en los predios del cliente. Por esta razón, el análisis de factibilidad de implantación del servicio de acceso a Internet con AB

* También aplica el uso de tecnología Cable Modem en redes HFC, para ofrecer el acceso a Internet

dedicado, es el mismo que se planteó en la tabla 2.4.1 para el transporte de datos con AB dedicado. Entonces, el esquema de migración definitivo para el acceso a Internet compartido queda como se muestra en la tabla 2.4.5.

Tabla 2.4.5: Esquema de migración definitivo para el servicio “acceso a Internet con AB compartido”

Estructura	Configuración
UNI	<i>TLS transparent.</i> Se puede ubicar tanto en el nodo del <i>backbone</i> (preferiblemente en modo servidor), como en la ESU 1850.
<i>Endpoint</i>	<i>Point to Point</i> (Atributo del EVC configurado a través del <i>Endpoint</i>).
Perfil de Ancho de Banda	Asignación de CIR para c/u de las tres clases superiores y PIR, según acuerdo con el cliente, ajustado al tipo de tráfico. También se puede controlar el AB del puerto de acceso.
Equipo de usuario	Modem ADSL.
Equipo de última milla	DSLAM (conectado a la UNI, provee el acceso compartido).

2.4.4 Servicio de telefonía

Al igual que en el caso anterior, la red MetroLAN sólo brinda el troncal de comunicación dedicado, a través del cual se comunican los IAD que prestan el servicio de telefonía. Dada ésta condición, el esquema de migración definitivo para la telefonía sobre la red MetroLAN se muestra a continuación en la tabla 2.4.6.

Tabla 2.4.6: Esquema de migración definitivo para el servicio “transporte de datos con AB dedicado”

Estructura	Configuración
UNI	<i>TLS transparent</i> . Se puede ubicar tanto en el nodo del <i>backbone</i> (modo servidor), como en la ESU 1850.
<i>Endpoint</i>	<i>Point to Point</i> (Atributo del EVC configurado a través del <i>Endpoint</i>).
Perfil de Ancho de Banda	Asignación de CIR para de la clase superior, correspondiente a VoIP, y PIR, según acuerdo con el cliente, ajustado al número de líneas telefónicas que soporte el IAD. Las otras clases superiores no correspondientes a VoIP, se les puede configurar un CIR con valor 0.
Equipo de usuario	Teléfono POTS (analógico).
Equipo de última milla	IAD con acceso POTS hacia el cliente y VoIP hacia el lado de la red.

En la tabla 2.4.6 se puede ubicar la información acerca de la configuración de un valor de CIR sólo a la clase de servicio superior. Esto se debe a que todo el tráfico del IAD corresponde a VoIP, el cual tiene la máxima prioridad en la red.

Considerando los esquemas de migración planteados en esta sección, y con la información de los diferentes modos de acceso a la red MetroLAN, presentada en la sección 2.2, en la figura 2.4.1 se aprecia un diagrama de la estructura física que adoptan los servicios aquí detallados, dentro de una red MetroLAN, constituida por equipos NORTEL de la serie *Metro Ethernet*.

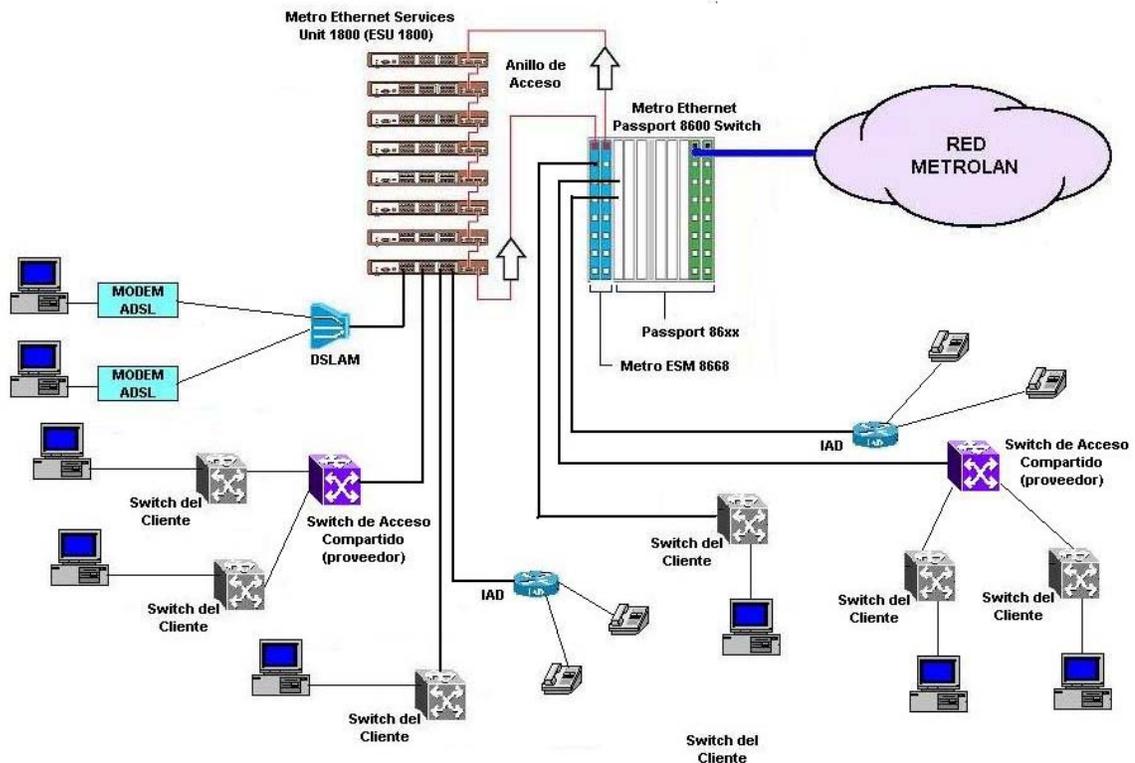


Figura 2.4.1: Esquema de instalación de los servicios soportados por la red MetroLAN, tomando en cuenta lo establecido en los esquemas de migración

2.5 Resumen esquemático del manual de instalación, operación y mantenimiento de los servicios soportados por la red MetroLAN

A partir de los esquemas de migración definidos para cada uno de los servicios que debe soportar la red MetroLAN y de las características estudiadas de los equipos NORTEL seleccionados, se procedió a redactar un manual que define la forma de instalación y operación de los servicios a prestar con la red MetroLAN. Finalmente se incluye una guía de mantenimiento, que describe un protocolo sencillo de detección de fallas a lo largo de la red. Dentro del manual elaborado, se hace referencia a los servicios, con el nombre de “productos”, que es la denominación que

utiliza la empresa para designar aquellos servicios que pueden ser ofertados al público. Debido a lo extenso de este manual, en esta sección sólo se incluye un resumen esquemático del contenido del mismo, que se muestra en la tabla 2.5.1. El manual completo se encuentra en un tomo adicional a este trabajo de tesis.

Tabla 2.5.1: Resumen esquemático del contenido del manual de instalación, operación y mantenimiento de los servicios soportados por la red MetroLAN de NETUNO

Capítulo del Manual	Contenido
Introducción y Objetivos	Delimita el campo de acción del manual, a la descripción de los aspectos técnicos relacionados con los servicios de telefonía, transporte de datos y acceso a Internet. Se especifica que el manual describe la plataforma tecnológica, los procesos aprovisionamiento, modificación, corte y desconexión, así como el método de identificación de fallas.

Tabla 2.5.1: Resumen esquemático del contenido del manual de instalación, operación y mantenimiento de los servicios soportados por la red MetroLAN de NETUNO (continuación)

Capítulo del Manual	Contenido
Productos de la red MetroLAN	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de los Productos: Se describen los productos “Transporte de Datos con AB Dedicado”, “Transporte con AB de Datos con AB Variable”, “Acceso a Internet con AB Dedicado”, “Acceso a Internet con AB Variable” y “Telefonía”. En la descripción se incluye la topología física de la red (modos de conexión y puertos asociados), variables para configurar AB y protocolos utilizados en la misma. • Instalación y Transporte del Servicio: Se define el proceso necesario para instalar cada uno de los servicios. Si la instalación implica la conexión de equipos ADSL o CMTS, se hace referencia a los manuales respectivos elaborados por NETUNO. Adicionalmente, se define el modo en que la red soporta el transporte de los servicios (red del <i>backbone</i>). • Identificación de los diferentes servicios: Se definen los procesos necesarios para identificar los circuitos asignados dentro de la red MetroLAN a cada uno de los servicios.
Operación de los Productos Soportados por la red MetroLAN	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovisionamiento: Para cada uno de los servicios que debe soportar la red, se establece el modo en que se configuran las UNIs, EVCs y <i>Endpoints</i> en el <i>Metro Ethernet Routing Switch 8600</i>. Se incluyen las definiciones de variables y comandos necesarios para la configuración del switch, mediante su software de gestión. También se incluyen las configuraciones de perfil de AB que deben realizarse para cada servicio, tanto el switch del <i>backbone</i>, como en la unidad ESU 1850.

Tabla 2.5.1: Resumen esquemático del contenido del manual de instalación, operación y mantenimiento de los servicios soportados por la red MetroLAN de NETUNO (continuación)

Capítulo del Manual	Contenido
Operación de los Productos Soportados por la red MetroLAN	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación: Se definen los procesos de ampliación o disminución de la capacidad de los enlaces y la mudanza de los puntos terminales de servicio, incluyendo las configuraciones correspondientes que se deben realizar a los switches del <i>backbone</i> y de los nodos de acceso. • Desconexión Temporal: Se determina el proceso necesario para realizar una desconexión temporal de los servicios. • Desconexión Definitiva: Se establece el procedimiento a realizar, para eliminar el circuito correspondiente a un servicio, dentro de la red. • Reconexión: Se explica como reconectar el servicio de un cliente, que ha sufrido una desconexión temporal. • Mantenimiento: Se define como se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo. Para el primero, sólo se hace referencia a labores de respaldo de datos y actividades rutinarias de mantenimiento que indica directamente el proveedor de los equipos. Para el correctivo, se define el proceso de identificación de usuario, de magnitud de la falla, tipo de falla y se incluye el procedimiento para aislar fallas particulares.

En el esquema de la tabla 2.5.1 se aprecia que el desarrollo del manual está estrechamente relacionado con el estudio de las capacidades propias de los equipos Metro Ethernet de NORTEL, así como con los esquemas de migración definitivos, mostrados en la sección 2.4. La información correspondiente a como usar el

programa de gestión de los switches NORTEL escogidos, así como sus respectivas variables y comandos, se obtuvieron directamente de los manuales de los equipos. No se muestran en este informe, debido a lo extenso de su contenido.

CONCLUSIONES

Acorde con los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto, se pueden emitir las siguientes conclusiones:

- Los servicios soportados por la red PDH/SDH de NETUNO, según lo obtenido de la evaluación efectuada a dicha red, se pueden resumir en transporte de datos, acceso a Internet y Telefonía, siendo los dos primeros configurados bajo las variantes de ancho de banda dedicado o compartido, según sea el caso.
- Según las características propias de la solución para red MetroLAN que ofrece NORTEL, para configurar cualquiera de los servicios en esta red, es necesario configurar las interfaces UNI, el EVC y los *Endpoints* correspondientes, para cada uno de los servicios, en el mismo orden en que aquí se mencionan, tomando en cuenta lo establecido en los esquemas de migración propuestos.
- Los equipos NORTEL seleccionados para la implantación de la red MetroLAN, poseen un robusto sistema de clasificación de tramas según su nivel de prioridad, lo que permite diferenciar los tipos de tráfico, alcanzando los requerimientos de calidad de servicio de cada uno de ellos.
- A pesar de que los equipos Metro Ethernet de NORTEL a utilizar en la red MetroLAN sólo ofrecen asignación de perfiles de ancho de banda de acuerdo al nivel de clase de servicio de las tramas inmersas en el tráfico, el fabricante tiene otros métodos, como el cambio de la prioridad de mapeo de tramas, que

flexibilizan la asignación de ancho de banda, adaptando este proceso a las necesidades del usuario.

- Los servicios de transporte de datos, acceso a Internet y telefonía, en sus variantes de ancho de banda dedicado o compartido según corresponda, soportados por la red PDH/SDH, pueden ser prestados por la red MetroLAN que NETUNO desea implantar, a pesar de que su modo de operación es conmutación de paquetes, que es completamente diferente a la tecnología actual en uso, que utiliza conmutación de circuitos.
- Los únicos servicios que no requieren uso de un equipo adicional al de la red MetroLAN, son aquellos que ofrecen ancho de banda dedicado, en sus variantes de transporte de datos y acceso a Internet. Los servicios de ancho de banda compartido, tanto transporte de datos como acceso a Internet, así como telefonía, implican la conexión a la red MetroLAN de un equipo específico adaptado a las necesidades de cada uno de ellos. Este equipo, por ser externo a la red MetroLAN, no se incluye en el proceso de gestión de la misma.
- Desde el punto de vista de la red MetroLAN, los servicios de acceso a Internet con AB compartido y telefonía son soportados de la misma forma, ya que la red solo provee un circuito troncal de comunicación entre el DSLAM o IAD y la red IP, según sea el caso.
- Debido a que el tráfico soportado por los servicios de transporte de datos y acceso a Internet es generado por distintas fuentes, éste contiene diversos niveles de prioridad, implicando que en estos casos se debe realizar una configuración de CIR para las tres clases superiores de servicio definidas por NORTEL, así como un PIR. Los valores a configurar para estos parámetros son variables y deben estar sujetos a un acuerdo con el usuario, o a una estimación del tipo de tráfico que circula por la UNI.

- Si el servicio sólo contiene tráfico de una sola fuente, como es el caso de telefonía, sólo es necesario configurar un valor de CIR, de la misma magnitud que la tasa PIR, a la clase de servicio que corresponda al tráfico.
- Acerca del manual de instalación, operación y mantenimiento de los servicios soportados por la red MetroLAN NETUNO, se puede decir que es un herramienta fundamental para la empresa, que a partir de los esquemas de migración planteados en ésta investigación, define de forma clara y resumida, la forma en que la red MetroLAN soporta cada uno de los servicios así como sus procedimientos de instalación y operación correspondientes. La operación de la red para proveer los servicios, implica la definición del proceso de configuración de los equipos involucrados, así como el establecimiento del esquema a seguir para ubicar las fallas dentro de la red, durante la ejecución de labores de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Para complementar lo elaborado en este proyecto, incluyendo el manual de instalación, operación y mantenimiento, se hacen las siguientes sugerencias:

- Con respecto al servicio de acceso a Internet con ancho de banda compartido, se recomienda actualizar el manual correspondiente al producto ADSL, incluyendo en éste el procedimiento a seguir, al momento de interconectar la red ADSL con la red MetroLAN. Lo mismo aplica, si la última milla se entrega mediante un CMTS en una red HFC.
- Elaborar un manual de procedimiento, que especifique el modo en que se conecta la red MetroLAN con otras redes, como por ejemplo, la IP, punto que no es abarcado por esta investigación, pero podría contribuir a un mejor entendimiento de la forma global en que se prestan los servicios.
- Actualizar el manual de instalación, operación y mantenimiento elaborado en este proyecto, con la información correspondiente a los valores a utilizar para los parámetros de los perfiles de ancho de banda de los servicios, acorde con lo que sea establecido por el Departamento de Mercadeo de NETUNO, al momento de ofertar al público los productos que contemplen servicios prestados por la red MetroLAN.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]: Metro Ethernet Forum. *Technical Specification MEF-4, Metro Ethernet Network Architecture Framework – Part 1: Generic Framework*. Mayo 2004

[2]: Cisco Systems, Inc. *White Paper – Understanding Metro Ethernet Standards for Services*. 2005

[3]: Metro Ethernet Forum, SANTITORO, Ralph. *Metro Ethernet Services – A Technical Overview*. 2003

[4]: Metro Ethernet Forum. *Technical Specification MEF 10, Ethernet Services Attributes Phase 1*. Noviembre 2005.

[5]: Cisco Systems, Inc. *White Paper – Understanding Ethernet & Layer 2 Protocols – A primer*. 2004

[6]: Micrel, Inc. *Virtual LAN – Applications and Technology, a white paper*. 2004

[7]: Transition Networks. *Quality of Service in High – Priority Applications*. Febrero 2003

[8]: Metro Ethernet Forum. *Technical Specification MEF 6, Ethernet Services Definitions – Phase I*. Junio 2004

[9]: Nortel Networks. *White Paper – Service Delivery Technologies for Metro Ethernet Networks*. 2003

[10]: Metro Ethernet Forum, SANTITORO, Ralph. *Bandwidth Profiles for Ethernet Services*. 2004.

[11]: Newport Networks Ltd. *VoIP Bandwidth Calculation White Paper*. 2005

BIBLIOGRAFÍA

- [1]: Telefónica. *Las Telecomunicaciones de Nueva Generación*. 2004.
- [2]: Cisco Systems, Inc. *Using the Campus VlanDirector Application*. Appendix C: Understanding Spanning Tree Protocol. 2002.
- [3]: Cisco Systems, Inc. *Understanding Rapid Spanning Tree Protocol (802.1w)*. Mayo 2005.
- [4]: Metro Ethernet Forum. *Metro Ethernet Networks – A Technical Overview*. 2004.
- [5]: Cisco Systems, Inc. *Building a Service – Driven Metro Network*. Revista Packet, Vol. 18, N° 2, Segundo trimestre del 2004. Pp 65 – 68.
- [6]: Alcatel, CHIRIVOLU, Girish , GE, Andrew, KROGFOSS, Bill. *Encapsulation Schemes to Extend Ethernet to Metropolitan Area Networks*. Febrero 2004.
- [7]: Syskonnect GmbH. *Virtual Networks*. 2001
- [8]: Metro Ethernet Forum. *Accelerate Worldwide Adoption of Carrier Class Ethernet Networks and Services*. Abril 2005.
- [9]: Javvin Technologies, Inc. *STP: Spanning Tree Protocol in IEEE 802.1D*. Artículo digital extraído de la página: <http://www.javvin.com/protocolSTP.html>.

GLOSARIO

ADM

Add and Drop Multiplexer. Equipo utilizado en redes SDH para ingresar el tráfico de diversos abonados a una trama STM.

APP

Siglas utilizadas para designar un nombre a la capa de servicios de aplicación, dentro del modelo de capas sugerido para la red MEN.

BPDU

Bridged Protocol Data Unit. Es una trama especial que contiene información necesaria para el funcionamiento de protocolos de gestión de capa 2 (Modelo OSI).

Backbone

Término del idioma inglés, utilizado para hacer referencia a la red troncal que soporta el tráfico de diferentes redes afluentes.

CBS

Committed Burst Size. Es el tamaño máximo de ráfaga para que se considere que el tráfico cumple con la tasa CIR.

CE

Customer Edge. Nombre designado al punto inmediatamente posterior a la UNI, correspondiente al usuario.

CE – VLAN ID

Número de identificación de la VLAN correspondiente al CE.

CIR

Committed Information Rate. Es la tasa de transferencia de información que el proveedor de servicio está obligado a ofrecer al cliente.

CM

Cable Modem. Dispositivo tipo modem, utilizado para conexión a Internet, a través de una red HFC.

CMTS

Cable Modem Terminal System. Siglas utilizadas para designar el sistema que concentra múltiples accesos a Internet a través de Cable Modems, en redes HFC.

CoS

Class of Service. Siglas utilizadas para hacer referencia a la clase de servicio.

DSCP

DiffServ Code Point. Esquema similar al definido para la norma 802.1p, que permite asignar niveles de prioridad a paquetes de Internet mediante la inserción de un campo en la cabecera IP (se efectúa la clasificación de paquetes por nivel de prioridad, en la capa 3 del modelo OSI).

Dirección MAC

Dirección física de cada dispositivo de conectividad Ethernet. Esta dirección es asignada de manera única por el fabricante del equipo de red.

EBS

Excess Burst Size. Este parámetro corresponde a la longitud máxima que puede tener una ráfaga de datos, sin que sea descartada.

EIR

Excess Information Rate. Es la máxima tasa de transferencia de datos que admite una red Metro Ethernet.

E – LAN

Servicio de la red Metro Ethernet que efectúa segmentación de los recursos de ésta, para brindar conectividad multipunto a multipunto a diferentes localidades de un mismo usuario.

E – Line

Servicio de la red Metro Ethernet que brinda un EVC punto a punto al usuario.

ETH: Siglas comúnmente utilizadas para designar la capa de servicios Ethernet, en el modelo de capas sugerido para la red MEN.

Ethernet

Estándar de redes de área local, basado en las recomendaciones de la IEEE 802

Etiqueta C – VLAN

Término empleado en esquemas de encapsulación Q en Q (Stacked VLANs) para hacer referencia a una etiqueta “Q- Tag”.

Etiqueta P – VLAN

Campo dentro de una trama bajo un esquema de encapsulado Q en Q, equivalente a una etiqueta C – VLAN, pero que contiene información concerniente al proveedor de servicios.

EVC

Ethernet Virtual Connection. Es un circuito virtual privado que permite ofrecer una conexión privada a cada cliente de la red MetroLAN, segmentando así los recursos de ésta.

EVC ID

Número de identificación correspondiente a cada EVC existente dentro de una red MetroLAN. Este número es único dentro de toda la red.

FCS

Frame Check Sequence. Campo dentro de una trama Ethernet, que contiene unos bits obtenidos como resultado de aplicar un código de redundancia cíclica a la trama Ethernet. Cuando cada trama Ethernet llega a destino, se vuelve a recalcular este valor y se compara con lo contenido en el campo FCS. Si los valores no coinciden, la transmisión no ha sido libre de errores y la trama es descartada.

FRAD

Frame Relay Access Device. Es un dispositivo que permite acceder a una red Frame Relay, dando el formato correspondiente a los datos que entran al equipo.

HFC

Hybrid Fiber Coaxial. Acrónimo asociado a la red de distribución de televisión por cable, que se compone de redes troncales de fibra óptica y de acceso formadas por cable coaxial. En la actualidad una red HFC puede ser utilizada para ofrecer acceso a Internet, utilizando estándares de transmisión, tales como DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).

IAD

Integrated Access Device. Siglas que designan a un dispositivo de acceso integrado, que brinda acceso de forma analógica a abonados de telefonía, mientras que vierte su tráfico en el formato VoIP sobre una red IP.

Internetworking

Es el término utilizado para hacer referencia al proceso de interconexión de dos redes diferentes.

M en M

Esquema de encapsulación que contempla la inserción de direcciones MAC (fuente y destino) correspondientes a los puntos de servicio de una red Metro Ethernet, dentro de una trama Ethernet estándar, con la finalidad de aumentar la capacidad de transporte de la red.

MEN

Metro Ethernet Network. Red Metro Ethernet, nombrada red MetroLAN por proveedores de servicios. Es una red de área metropolitana, basada en el estándar Ethernet.

MetroLAN

Red de área metropolitana que presta servicios basados en el estándar Ethernet, que inicialmente fue creado para redes de área local.

OEL2

Optical Ethernet Layer 2. Protocolo diseñado por NORTEL y propuesto ante el IEEE como 802.1ah, utilizado como protocolo de puenteo a nivel de la red del backbone.

PVC

Permanent Virtual Circuit. Término empleado para hacer referencia a un circuito virtual de Frame Relay, en que provee comunicación permanente entre los dos extremos del enlace.

Q en Q

Esquema de encapsulación de tramas, utilizado en redes Metro Ethernet que define en uso de dos etiquetas VLAN. Una corresponde a la definida en el estándar IEEE 802.1Q, mientras que la otra es de forma similar a la primera, pero corresponde al proveedor de servicios. Dichas etiquetas se utilizan para clasificar el tráfico en sus correspondientes EVCs. Este esquema también suele denominarse *stacked VLANs*.

QoS

Quality of Service. Término tomado del habla inglesa, empleado para hacer referencia a la calidad de servicio en un sistema de telecomunicaciones.

Q – Tag

Etiqueta que se agrega a una trama Ethernet estándar, para realizar segmentación de una red en diversas VLANs, definida en el estándar IEEE 802.1Q.

Stacked VLANs

Otro modo de referirse al esquema de encapsulación Q en Q.

TRAN

Siglas utilizadas para asignar un nombre a la capa de transporte de servicios, dentro del modelo de capas para la red MEN.

Tunneling

Término empleado para definir la capacidad de una red de construir túneles virtuales dentro de ella misma, para transportar información de forma transparente para el usuario.

TLS

Transparent LAN Service. Término utilizado para designar la capacidad de una red Metro Ethernet de ofrecer un servicio e conexión entre redes LAN, de una forma, que ambas redes aparentan ser la misma, independientemente de la distancia que las separa.

UNI

User to Network Interface. Es la interfaz que define la frontera de la red MetroLAN. La responsabilidad del proveedor de servicios Metro Ethernet se limita hasta la UNI.

UNI ID

Número de identificación único dentro de la red MetroLAN, asignado a cada UNI existente.

VLAN

Virtual Local Area Network. Es una segmentación de una red de área local LAN, para proporcionar procesos de gestión y control más efectivos.

VPN

Virtual Private Network. Es el término utilizado para hacer referencia a una red privada virtual. Una VPN es una segmentación de una red pública, que permite a los usuarios disfrutar de dicha segmentación, como si fuera parte de su propia red.

ANEXOS

Se anexan a este informe, las hojas de especificaciones de los equipos “*Ethernet Service Uni 1850*” y “*Metro Ethernet Routing Switch 8600*” del fabricante NORTEL, designados para la implantación de la red MetroLAN NetUno.



›THIS IS THE WAY

WE BRING OPERATIONAL SIMPLICITY, FLEXIBILITY
AND ENHANCED SCALABILITY OF ETHERNET
TO METRO AREA NETWORKS

›THIS IS NORTTEL™



Product Brief

Nortel Metro Ethernet Routing Switch 8600

Ethernet offers an attractive network option for carriers seeking to deploy a wide range of voice, video and data network services using Ethernet as the user interface as well as the underlying infrastructure.

For enterprises that want to cost-effectively extend LANs at native rates into the MAN and WAN, Ethernet is the answer. For carriers and service providers looking for a fast, reliable and profitable way to eliminate bandwidth bottlenecks from LAN to MAN/WAN, Ethernet is the answer.

Metro Ethernet enables carriers to build next-generation infrastructures across the metro to provide Ethernet-based

services as well as to provide Ethernet-based infrastructures to backhaul IP services and aggregate broadband traffic. Point-to-point, point-to-multipoint and any-to-any connection configurations allow deployment options that meet differing service and application requirements.

Nortel leads the industry in delivering carrier-class Metro Ethernet solutions with the Metro Ethernet Routing Switch 8600 (formerly the Passport 8600 Routing Switch). This proven platform has been a workhorse for enterprises and a reliable profit-maker for service providers. Now, it is leading the way in delivering scalable, feature-

rich, Ethernet-based Virtual Private Networks (VPNs) and next-generation Ethernet MAN infrastructure.

The Metro Ethernet Routing Switch 8600 is a key component of Nortel's Metro Ethernet solution, delivering 1-Gigabit and 10-Gigabit Ethernet performance with Quality of Service (QoS) for business-critical applications and services. The Metro Ethernet Routing Switch 8600 delivers premium performance and availability, QoS-based traffic prioritization, scalability and support for a wide range of interfaces, including 10-Megabit to 10-Gigabit Ethernet, Packet-over-SONET/SDH and ATM.

When equipped with Metro Ethernet Services Module 8668, the Metro Ethernet Routing Switch 8600 delivers important benefits to service providers seeking to increase their Ethernet-based network footprint (Table 1).

Table 1. Metro Ethernet Routing Switch key benefits

Feature	Benefit
Multiple services (e.g., Internet access, transparent LAN service, VoIP VPNs, etc.) supported per UNI port	Maximizes revenue generation
Ethernet access ring resiliency (when used with Nortel Metro Ethernet Services Unit 1800 and/or 1850), with 50ms protection on the ring	Ensures high availability to meet strict SLAs
A well-defined Ethernet user-network interface (UNI)	Provides complete end-user separation and service delineation
A robust network-to-network interface (NNI), enabling support of up to 16 million Ethernet VPNs	Delivers extraordinary degrees of network and service scalability, security and operational ease
Efficient IP Multicast and VLAN-to-IP network mapping capabilities	For efficient triple-play service delivery on any port
A flexible suite of traffic policing, QoS and statistics capabilities	Enables multiple levels of service at different price points
OAM&P tools supporting end-to-end, per-VPN performance monitoring and measurement capabilities	Provides enhanced SLA monitoring for service assurance
Support for existing and emerging Ethernet-related industry standards	Meets interworking demands of multi-vendor Ethernet switched and transport networks



What makes the Metro Ethernet Routing Switch 8600 exceptional?

With the capability to deliver hundreds of millions of packets per second (Mpps) performance, the Metro Ethernet Routing Switch 8600 provides resiliency, intelligence and security in a field-tested and proven solution.

Outfitted with the Metro Ethernet Services Module 8668 blade, the Metro Ethernet Routing Switch 8600 employs state-of-the-art network processor technology to implement Ethernet VPN functions in a programmable format, while retaining the high-speed processing capabilities previously associated with fixed silicon implementations. The ability to program the network processor means that fast-moving changes in the standards defining how VPNs are implemented can be captured and brought to market quickly, and with reduced cost.

Ethernet VPN service topologies supported by the Ethernet Services Module 8668 include point-to-point, point-to-multipoint, and any-to-any models. Implementation of these specific topologies gives service providers and enterprises additional flexibility while improving overall resource utilization and network efficiency. Unknown unicast, multicast and broadcast traffic are constrained within their respective VPNs, effectively limiting unnecessary broadcasting. For example, an enterprise customer with a headquarters site and many branch offices would benefit from an Ethernet VPN service implemented in a point-to-multipoint or hub-and-spoke fashion. Leveraging a point-to-multipoint service topology, service providers can restrict the spokes to only communicate through the hub, thereby maximizing the efficiencies of their Ethernet infrastructure and optimizing resource utilization and enhancing data security.

Metro Ethernet Services Module 8668 supported access deployment models are:

- > Single enterprise service access via a dedicated link
- > Multiple enterprise service access via an Ethernet access link
- > Multiple enterprise service access via an Ethernet access ring

This flexibility makes it appropriate for both greenfield buildouts as well as demand-based add-ons to existing infrastructures. Once the network is up and running, these same capabilities limit the number of truck-rolls required to add users and adjust service levels across the network.

Delineation

The primary responsibility of the Ethernet UNI is service demarcation. Metro Ethernet Services Module 8668 goes beyond simple demarcation by allowing service providers and enterprises to deliver multiple services and service types per port. Economics are driving administrators today to deliver more than one service to a particular end user while leveraging the same infrastructure. For example, multi-service operators (MSOs) are looking to deliver voice, video, VPN and Internet access while leveraging the hybrid fiber/coax plant. This is now possible with the Metro Ethernet Routing Switch 8600 equipped with the Metro Ethernet Services Module 8668 (Figure 1).

Separation of end-user traffic is achieved through support for IEEE 802.1Q, pre-standard IEEE 802.1ad Stacked VLANs (Provider Bridge or Q-in-Q), and Stacked Tags used by Nortel Metro Ethernet Services Units. Delineation continues on the network side of the Metro Ethernet Services Module 8668 with support for Nortel's pre-standard 802.1ah MAC-in-MAC on the NNI link (see Figure 1).

Scalability and efficiency

Nortel's Ethernet NNI, as implemented on Metro Ethernet Services Module 8668, essentially takes the encapsulated customer data and adds a service label that can support and distinguish up to 16 million Ethernet VPNs. Service providers no longer have to worry about overlapping VLAN-IDs or partitioning the network to avoid this issue, significantly simplifying operations. The Metro Ethernet Services Module 8668 supports up to 4,000 customer "VLAN ID-to-provider service ID" mappings per port. Up to 20,000 service end-point mappings per Metro Ethernet Services Module 8668 can be achieved when using the Metro Ethernet Services Unit 1800/1850 to collect customer traffic. Each network processor (eight per module) supports up to 128 mapped UNIs and up to 336 transparent UNIs. A transparent UNI is defined when all traffic on a physical port is assigned to a single service, while a mapped UNI provides multiple services per physical port to one or more customers.

The Metro Ethernet Services Module 8668 improves bandwidth efficiency by tunneling enterprise broadcast traffic inside provider unicast packets. Additionally, Metro Ethernet Services Module 8668's pre-standard 802.1ah MAC-in-MAC implementation uses the MAC addresses of the Ethernet UNIs (ingress ports), rather than customer MACs in the switch forwarding tables. This eliminates the "MAC address explosion" issue by greatly reducing the number of MAC addresses that must be learned and maintained by switches in the service provider's core infrastructure. Keeping the number of MAC addresses to a minimum reduces the aging out and relearning of MAC addresses, thus enhancing end-to-end performance and making network forwarding far more stable.

The Metro Ethernet Routing Switch 8600 delivers high performance, carrier-class Ethernet switching functions for key service provider applications:

- > Broadband managed services to apartments, condominiums, office parks, campuses and more
- > Carrier-class Ethernet VPNs for seamless LAN/MAN/WAN connectivity
- > Point-of-presence (PoP) edge-to-core traffic aggregation



Figure 2 shows Metro Ethernet Routing Switch 8600 deployed in support of triple play services including video (broadcast TV, video on demand), voice over IP, and high-speed Internet access over a common network. Residential subscribers are connected to the network via various access technologies (xDSL, cable, direct fiber, Ethernet access ring, etc.) while enterprise subscribers are connected via direct Ethernet VPNs. A mix of residential and enterprise services are supported on every port, creating a truly shared Ethernet-based infrastructure that serves both consumers and business customers with uncompromising performance. A video headend, voice gateway and BRAS all deliver the respective services to a given end customer. Metro Ethernet Routing Switch 8600 leverages existing industry-recognized multicast features, along with innovative new implementations in order to efficiently support triple play services. For broadcast TV in particular, a number of special features have been developed to support efficient delivery of multi-cast traffic.

Triple play services can be implemented on an Ethernet access ring topology using Nortel Metro Ethernet Services Units or directly on the Metro Ethernet Routing Switch via the Metro Ethernet Services Module 8668. In either case, a customer can be directly connected to the UNI, or there may be an access device such as a Layer 2 switch or DSLAM connected to the UNI (see Figure 3).

Metro Ethernet Services Module 8668 supports up to 98,000 customer MAC addresses per Ethernet UNI port (ingress port) with an ability to set hard and soft limits, per VPN service, for customer MAC address usage.

Reliability

The Metro Ethernet Routing Switch 8600 architecture is designed to provide protection strategies at multiple levels: to deliver “five nines” reliability.

At the device level, the Metro Ethernet Routing Switch 8600 is equipped with redundant, hot-swappable components — switch fabrics, power supplies and fan trays. Temperature sensors constantly monitor the components and cooling systems to maintain acceptable system conditions.

At the trunk level, Distributed Multi-Link Trunking (DMLT) provides redundancy by enabling trunk groups to be configured across different slots in the same chassis. In the event of a failure, links would remain active, because other modules in the trunk group could take over.

Network- and link-level redundancy is provided by several key features:

- > 50ms failover when using ring-based access with Metro Ethernet Services Unit 1800/1850
- > 50ms failover based on LACP MLT (requires Metro Ethernet 8600 CPU Expansion Mezzanine card on the CPU) between Metro Ethernet Routing Switch 8600s
- > Multi-Link Trunking
- > Sub-second failover based on RSTP/MSTP protocols (IEEE 802.1w and 802.1s respectively) on NNI trunk ports

Nortel’s innovative Split Multi-Link Trunking (SMLT) on the Metro Ethernet Routing Switch 8600 improves the scalability and reliability of Layer 2 networks by removing

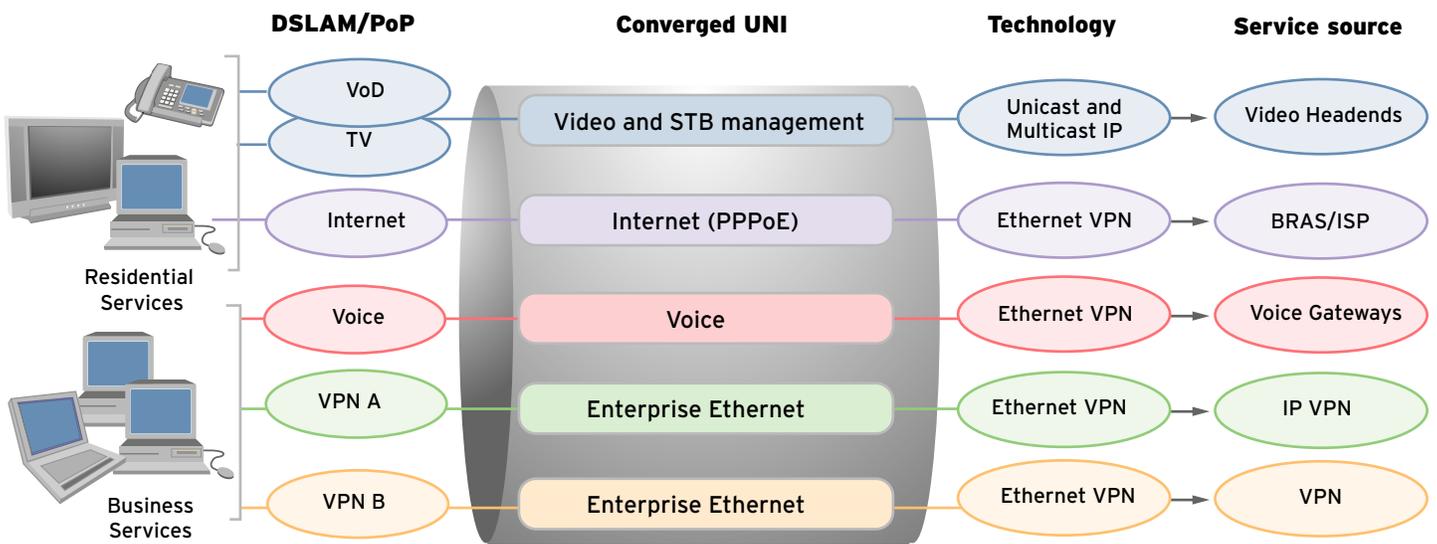


Figure 1. Metro Ethernet UNI allows triple play plus business services.

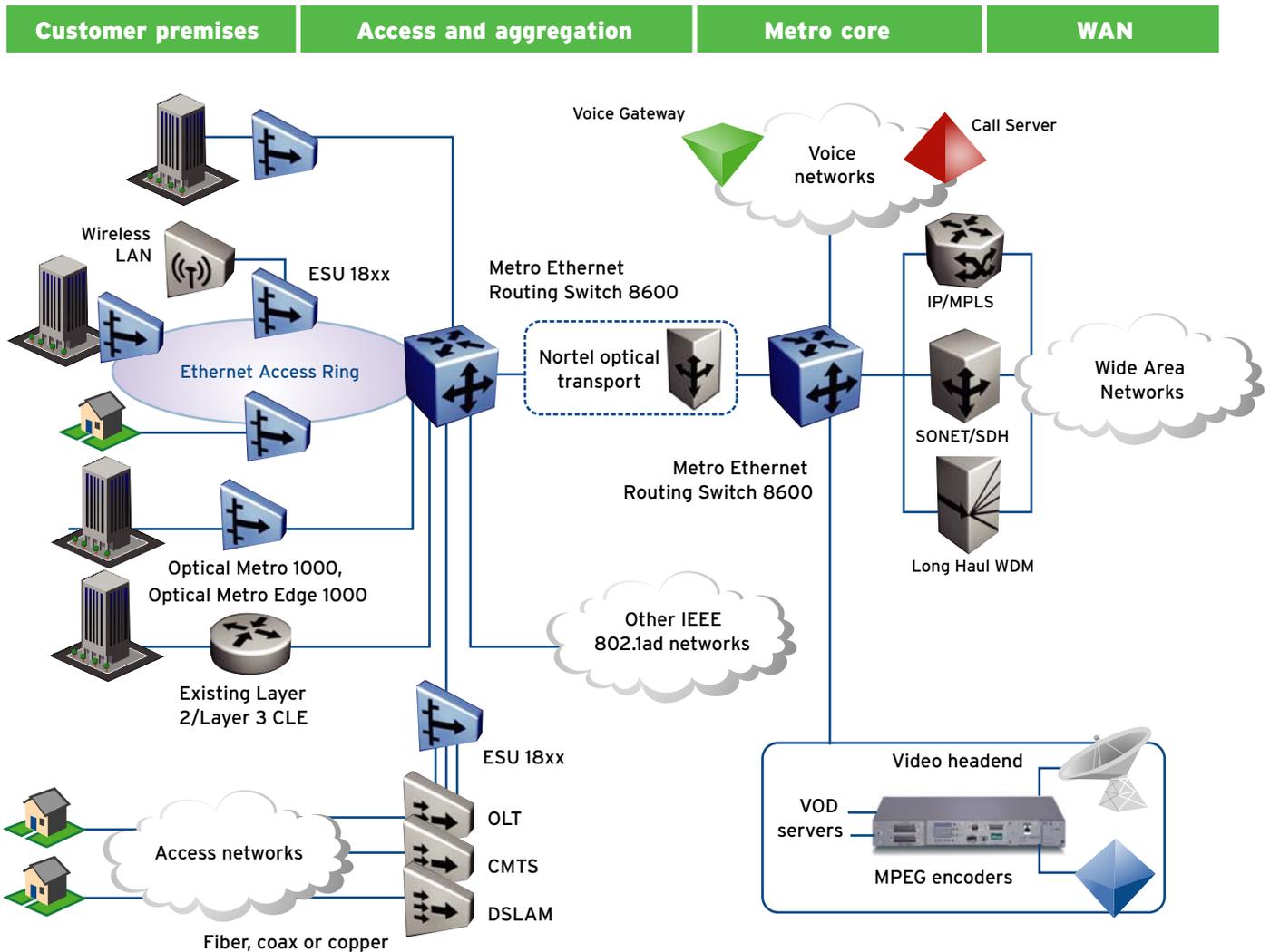


Figure 2. Metro Ethernet Routing Switch 8600 supports triple play services over a common network.

spanning tree convergence issues in the access network and providing faster recovery in the event of link failures.

Service continuity and management

Metro Ethernet Services Module 8668 provides extensive capabilities for performance monitoring, service assurance, SLA measurement and troubleshooting. An advanced SNMP-based network management toolkit allows scheduling of periodic tests and generation of a history of the test results can validate VPN end-points, test connectivity (uptime), perform performance monitoring (e.g., round-trip delay) and debug failures. These are critical to measuring and validating customers’

SLAs. This capability allows service providers to detect problems with the service before the customer notices the service degradation.

These tools also allow the service provider to troubleshoot and isolate the problem quickly and methodically. This operational simplicity at the service level enables significant operational savings.

Statistics are kept per-port and per-customer VPN. This is key to allowing the service provider to provide flexible tiered services and appropriately bill for each service.

Quality of Service

For enterprises and service providers alike, the network must be able to maintain quality of service profiles and differential treatment from end to end. Traffic classification occurs at ingress, per service endpoint, and is done using customer 802.1p or trusted customer TOS/DSCP markings.

Metro Ethernet Services Module 8668 implementation is based on RFC 2698, Two Rate Three Color Marker. This algorithm meters an IP/Ethernet packet stream and marks its packets based on two rates — Peak Information Rate (PIR) and Committed Information Rate (CIR) — and their associated

burst sizes, to be green, yellow or red. A packet is marked red if it exceeds the PIR.

Otherwise it is marked either yellow or green depending on whether it exceeds or doesn't exceed the CIR.

Metro Ethernet Services Module 8668 supports four classes of service, with four distinctive queues. Applications are prioritized across the network using intelligent agents in the interface modules to support IEEE 802.1p Class of Service (CoS) and IETF Differentiated Service (DiffServ).

All frames egressing a Nortel pre-standard 802.1ah MAC-in-MAC network are marked with proper 802.1p CoS markings, enabling end-to-end QoS and multivendor interoperability. Operators can set policing parameters per port for transparent ports and per port per VPN for mapped ports.

Policing

- > Ingress policing on a per-port basis for Transparent UNI
- > Ingress policing on per-service basis for Mapped UNI

- > User-tunable bandwidth in increments of 64 kbps up to 1 Mbps, then to line rate in increments of 1 Mbps

- > Committed and Peak Information Rate, CIR and PIR, policing parameters

Ingress packet classification

- > Per-port basis
- > Configurable mapping of customer 802.1p to service provider priority level per service
- > Configurable mapping of customer DSCP to service provider priority level per service

Interoperability

With its network processor-enabled flexibility, Metro Ethernet Services Module 8668 interworks with a comprehensive range of Ethernet technologies on the user side, including:

- > IEEE 802.1Q Ethernet VLANs
- > Pre-standard IEEE 802.1ad Ethernet Stacked VLANs (Provider Bridge)
- > HVPLS U-PE

Security

The Ethernet UNI on the Metro Ethernet Services Module 8668 neither uses nor processes any Layer 3 address information from the end-user's network. Network address translation is unnecessary, because the entire end-customer packet is encapsulated so that the customer's Layer 3 header is kept intact across the provider network. The Metro Ethernet Services Module pre-standard 8668's pre-standard 802.1ah MAC-in-MAC style encapsulation prevents a 'MAC-explosion' scenario in the provider metro core that could lead to flooding of customer packets across the provider network. This encapsulation also makes the provider infrastructure transparent to the customer's Ethernet control protocol packets. Metro Ethernet Services Module 8668 provides a simple option to tunnel enterprise control frames without complex provisioning.

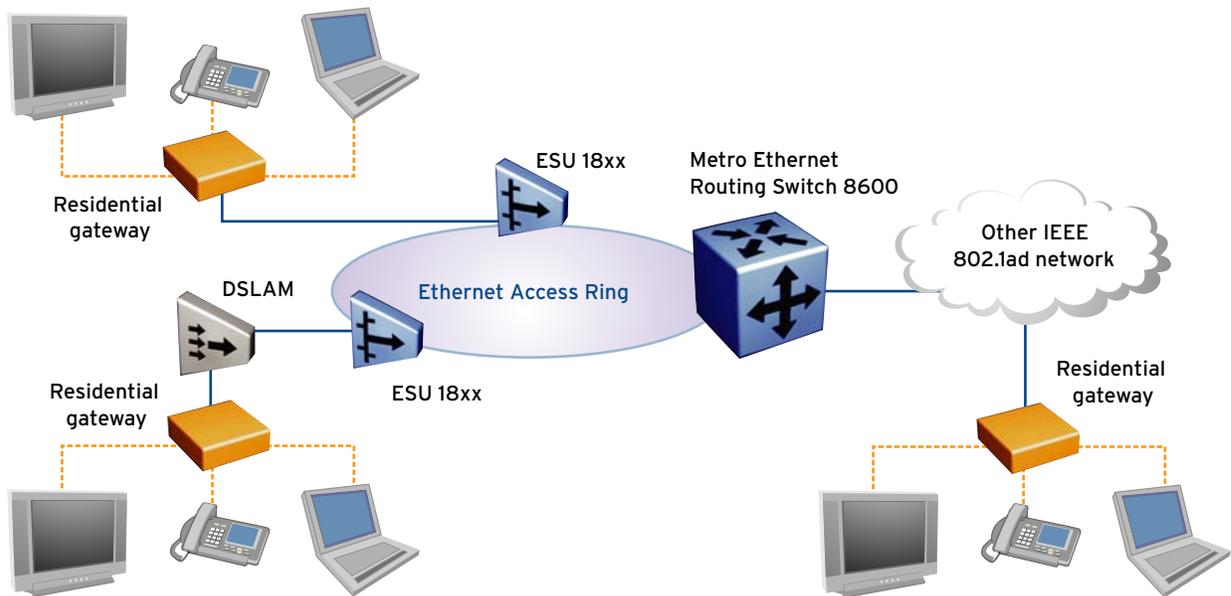


Figure 3. Triple Play services implementation

Simple operations

The Metro Ethernet Routing Switch 8600 and all modules can be managed through Nortel's integrated Product Service Provisioning, Multiservice Data Manager and Optivity network management tools. Product Services Provisioning automates the provisioning and configuration process for quicker service activation and service adjustments. Optivity NMS provides a comprehensive set of discovery, fault and diagnostic capabilities for identifying problems before they impact network services. Multiservice Data Manager provides a centralized discovery, fault and performance monitoring tool for service provider and carrier networks. These capabilities are shared across the entire Metro Ethernet Routing Switch Series, dramatically reducing network administration associated with configuring individual devices.

Metro Ethernet Services Module 8668 supports single endpoint service activation at the Ethernet UNI. Activation can be followed immediately by a VPN continuity verification test to ensure that the activation was carried out correctly.

From the physical to the logical, all aspects of the Metro Ethernet Routing Switch 8600 were designed to be easy to install, operate and maintain for maximum ease and minimum cost of ownership.

Metro Ethernet Routing Switch 8600
(8010CO Chassis)



True modularity for maximum flexibility

With a range of fault-tolerant models to choose from, Metro Ethernet Routing Switch 8600 offers cost-effective Ethernet switching solutions with superior flexibility for enterprises and service providers.

Chassis choices

Three redundant chassis models are available:

- > For service provider central offices, Nortel offers a NEBS3-compliant 10-slot chassis designed for the most demanding environments, with enhanced cooling and electro-magnetic interference (EMI) protection features.

- > Where high density, availability and scalability are essential, Nortel offers a 10-slot chassis — one or two slots for a load-sharing CPU/switching fabric module, with the remaining slots available for input/output modules.
- > Where space is at a premium and lower density is desired, a 6-slot chassis is available.

Module choices

A choice of switch modules for access and trunking makes the Metro Ethernet Routing Switch 8600 ideal. For the evolving network, input/output modules can be mixed and matched to offer Ethernet interfaces from 10 Mbps to 10 Gbps, using the Metro Ethernet Services Module 8668 as a server module for Ethernet services.

The range of module options means the network can grow as business needs grow. The platform can support scalable switching bandwidth up to 512 Gbps — wire-speed routing of hundreds of millions of packets per second.

This unparalleled flexibility protects the network investment by accommodating evolving Ethernet standards and hard-to-forecast business growth.

Ordering information

Order Number	Description
Chassis	
DS1402001	8010 10-slot chassis. Includes chassis, dual backplane, two fan trays, RS232 cable for management console, rack mount kit, and cable guide kit. Requires at least one power supply, up to three power supplies supported.
DS1402002	8006 6-slot chassis. Includes chassis, dual backplane, fan tray, RS232 cable for management console, rack mount kit, and cable guide kit. Requires at least one power supply, up to three power supplies supported.
DS1402004	8010co 10-slot NEBS chassis. Includes chassis, fan trays, RS232 cable for management console, rack mount kit and cable management. Requires at least two 8004 power supplies, up to three power supplies supported.
Software	
DS1410019-3.6	Metro Ethernet Routing Switch 8600 Software Kit: Includes v3.6 Metro Ethernet Switching SW license, Device Manager, and complete documentation set. One license kit required per chassis. Support contracts must be purchased separately.
CPU/Switch Fabrics	
DS1404026	Metro Ethernet Routing Switch 8691omSF Switch Fabric/CPU Module. One required per 8600 chassis. Supports 8006, 8010 or 8010CO chassis. Includes PCMCIA flash memory card.
DS1404027	Metro Ethernet Routing Switch 8600 CPU Expansion Mezzanine card. Field Installable for 8691omSF Switch Fabric module. Supports 50ms failover in Metro Ethernet configuration.
DS1404096	Metro Ethernet Routing Switch 8691ommez Switch Fabric/CPU Module. Combined DS1404026 and DS1404027. Implement only in Metro Ethernet ring configurations for 50ms ring resiliency.
DS1404103	Metro Ethernet Routing Switch 8692omSF Switch Fabric/CPU. One required with R Modules. Interoperable with all pre-R modules. Includes 256MB SDRAM and 64MB PCMCIA. For use in Metro Ethernet Routing Switch 8600 configuration.
DS1404066	Metro Ethernet Routing Switch 8692ommez Switch Fabric/CPU 8692 with Expansion Mezzanine card. Supports 50ms failover in Metro Ethernet configuration and 50ms ring resiliency in ring configurations.
Interface Modules	
DS1404068	8668ESM. Metro Ethernet Services Module. 8-port Gigabit Ethernet interface module, SFP-based* for use in Metro Ethernet configurations.
DS1304009	8672ATMM. ATM baseboard w/MDA slots. Accepts two MDAs*, supports up to 8 OC-3 or 2 OC-12 ports.
DS1404055	8632TXM. 32 ports autosensing 10/100BASE-TX plus 2 GBIC* ports interface module.
DS1404056	8648TXM 48 port autosensing 10BASE-T/100BASE-TX Ethernet interface module.
DS1404059	8608GBM 8-port 1000BASE Gigabit Ethernet GBIC-based* interface module.
DS1404060	8683POSM POS baseboard w/3 MDA Slots. Accepts three MDAs*, supports up to 6 OC-3 or 3 OC-12 ports.
DS1404061	8608GTM 8 port 1000BASE-T Gigabit Ethernet interface module.

* All SFPs, GBICs, MDAs, and XFPs sold separately.

Technical specification information

Capacity and performance	<ul style="list-style-type: none">• Full duplex switching capacity of 512 Gbps, with redundant switch fabrics• Performance for 64-byte packets: aggregate throughput maximum of 384 Mpps, 10 microseconds latency• Chassis options: 8006, 6-slot chassis for backbones of lower density or higher space premium; 8010, 10-slot chassis for high availability/high scalability; 8010CO, 10-slot NEBS-compliant chassis. 2 slots reserved for switch fabric, balance for I/O modules.
Switch fabric/CPU modules:	<p>One switch fabric required, second optional fabric doubles capacity and provides load sharing</p> <ul style="list-style-type: none">• 8691omSF Switch Fabric/CPU Module• 8600 CPU Expansion Mezzanine card for 8691omSF. Field Installable. Supports 50ms failover in Metro Ethernet configuration.• 8692omSF switch fabric/CPU. One required with R Modules. Interoperable with all pre-R modules.• 8692ommez switch fabric/CPU 8692 with Expansion Mezzanine card. Supports 50ms failover on NNI trunks with Multi-Link Trunking
Interface modules:	<ul style="list-style-type: none">• 8668ESM. 8-port Ethernet Services Module. SFP-based, Gigabit Ethernet• 8672ATMM. ATM baseboard supports up to 8 OC-3 or 2 OC-12 ports• 8632TXM. 32 ports 10/100 plus 2 GBIC ports• 8648TXM. 48 10/100TX ports• 8608GBM. 8-port Gigabit Ethernet, GBIC-based• 8683POSM. POS Baseboard supports up to 6 OC-3 or 3 OC-12 ports.• 8608GTM. 8 ports 1000BASE-T, fixed Gigabit Ethernet.
IP layer protocols	<ul style="list-style-type: none">• IPv4• Routing protocols: RIP, RIP2, BGP4, OSPFv2,• IP Multicast: PIM-SM, PIM-SSM, IGAP, IGMPv1, v2, and v3, DVMRP, PGM
Address database size	<ul style="list-style-type: none">• M Modules: 128,000 table entries per system (when configured for M mode)• Addressing: 48-bit MAC address, 32-bit IP address• Gigabit Ethernet port MTU: 1950 bytes• Jumbo frames up to 9600 bytes supported on specific modules
Ethernet network protocols and standards compatibility	<ul style="list-style-type: none">• IEEE 802.3 Ethernet• IEEE 802.3z 1000BASE-SX and 1000BASE-LX• IEEE 802.3ab• IEEE 802.3ad• IEEE 802.3ae• IEEE 802.3x (Flow control)• IEEE 802.1D Bridging• IEEE 802.1Q (VLAN tagging)• IEEE 802.1p (Prioritizing)• Pre-IEEE 802.1ad (Provider Bridge)• Pre-IEEE 802.1ah (Provider Backbone Bridge)• IEEE 802.1x (EAP)• IEEE 802.1w (RSTP)
Resiliency features	<ul style="list-style-type: none">• Redundant switch fabrics and fans, hot swappable I/O modules, N+1 power supply redundancy• High Availability Mode = hitless Layer 2 failover; sub-second Layer 3 failover• Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)• Load balancing via ECMP for RIP, OSPF, and BGP
Link aggregation	<ul style="list-style-type: none">• IEEE 802.3 ad• Multi-Link Trunking (MLT) for port level redundancy• Distributed MLT for trunk level redundancy• Split MLT for device level redundancy
Quality of Service traffic management	<ul style="list-style-type: none">• DiffServ (RFC 2474), IP ToS precedence• IEEE 802.1Q VLAN Tagging, IEEE 802.1p User Priority settings• Queues: 4 hardware queues per port; strict priority and WRR configurable
Management and administration	<ul style="list-style-type: none">• CLI• SNMP (v1, v2, v3) compliant management• PSP for provisioning• Java Device Manager for configuration

Technical specification information (continued)

Security

- RADIUS accounting
- Filtering: 4096 source/destination or global filter sets, filter actions include forward, drop, mirror, default, reset priority bit
- Internal DOS protection
- SSH & SNMPv3 support
- CLI access protocols; multiple access levels RO/RW password protection; up to six authentication levels supported

Physical

- 8010 10-slot chassis:
- Rack space: 13RU, rack-mountable, up to 3 per standard 19", 23", or 600mm wide 7' high frame
 - Dimensions: 22.9"/58.2 cm high X 18.5"/47.0 cm wide X 19.9"/50.5 cm deep
 - Weight: 85 lb. (39 kg) empty, 225 lb. (102 kg) fully configured
 - Power: 100/240 VAC, -48/-60 VDC,
- 8010CO 10-slot chassis:
- Rack space: 20 RU, rack-mountable, up to 2 per standard 19", 23", or 600mm wide 7' high frame
 - Dimensions: 35.0"/88.9 cm high X 17.4"/44.2 cm wide X 23.7"/60.2 cm deep
 - Weight: 184 lb (83.46 kg) empty, 315 lb (142.88 kg) fully configured
 - Power: 100/240 VAC, -48/-60 VDC
- 8006 6-slot chassis:
- Rack space: 9RU, rack-mountable, up to 5 per standard 19", 23", or 600mm wide 7' high frame
 - Dimensions: (H) 15.8"/40.1 cm high X 17.5"/44.5 cm wide X 19.9"/50.5 cm deep
 - Weight: 49 lb. (22 kg) empty, 140 lb. (63 kg) fully configured
 - Power: 100/240 VAC, -48/-60 VDC

Environmental

- Operating temperature: 0° C to 40° C (32° F to 104° F)
- 85% - 95% maximum relative humidity, noncondensing
- Operating altitude: 3000 m (10,000 ft) maximum
- Free fall/drop: ISO 4180-s, NSTA 1A
- Vibration: IEC 68-2-6/34
- Shock/bump: IEC 68-2-27/29

Electromagnetic emissions

- US: FCC CFR47 Part 15, Subpart B, Class A
- Canada: ICES-003, Issue-2, Class A
- Australia/New Zealand: AS/NZS 3548:1995, Class A
- Japan: VCCI-V3/97.04, Class A

Nortel is a recognized leader in delivering communications capabilities that enhance the human experience, ignite and power global commerce, and secure and protect the world's most critical information. Serving both service provider and enterprise customers, Nortel delivers innovative technology solutions encompassing end-to-end broadband, Voice over IP, multimedia services and applications, and wireless broadband designed to help people solve the world's greatest challenges. Nortel does business in more than 150 countries. For more information, visit Nortel on the Web at www.nortel.com.

For more information, contact your Nortel representative, or call 1-800-4 NORTEL or 1-800-466-7835 from anywhere in North America.

This is the Way. This is Nortel, Nortel, the Nortel logo, the Globemark, and Passport are trademarks of Nortel Networks. All other trademarks are the property of their owners.

Copyright © 2005 Nortel Networks. All rights reserved. Information in this document is subject to change without notice. Nortel assumes no responsibility for any errors that may appear in this document.



In the United States:

Nortel
35 Davis Drive
Research Triangle Park, NC 27709 USA

In Canada:

Nortel
8200 Dixie Road, Suite 100
Brampton, Ontario L6T 5P6 Canada

In Caribbean and Latin America:

Nortel
1500 Concorde Terrace
Sunrise, FL 33323 USA

In Europe:

Nortel
Maidenhead Office Park, Westacott Way
Maidenhead Berkshire SL6 3QH UK

In Asia Pacific:

Nortel
Nortel Networks Centre
1 Innovation Drive
Macquarie University Research Park Macquarie
Park, NSW 2109
Australia
Tel +61 2 8870 5000

In Greater China:

Nortel
Sun Dong An Plaza, 138 Wang Fu Jing Street
Beijing 100006, China
Phone: (86) 10 6510 8000

>THIS IS THE WAY

SERVICE PROVIDERS CAN DELIVER CARRIER
ETHERNET TO THE MASSES

>THIS IS NORTTEL™



Product Brief

Nortel Metro Ethernet Services Unit

Infrastructure for aggregating the next-generation IP services

Metro Ethernet Services Unit benefits

- > As the delivery point for Ethernet and IP-based services at the edge of the service provider network, the Ethernet Services Unit effectively supports Internet access, video transport, Ethernet Virtual Private Network service and other applications for multiple customers on one physical device
- > Enables an Ethernet-over-dark-fiber access ring topology that achieves 50ms recovery, supporting up to 14 units per ring to maximize bandwidth utilization and network reliability
- > Compact and cost-effective platform delivers multiple classes of service, prioritization, rate enforcement and statistics collection features that are critical for the delivery of profitable Ethernet VPN and residential "triple play" services and meeting Service Level Agreements (SLAs)
- > Integrated end-to-end VPN Continuity Check ensures service is up and running at all times and that SLAs are met, while SNMP and other Metro Ethernet management applications simplify operations and reduce expenses

As service providers strive to generate revenues, the promise of delivering services on a converged Ethernet infrastructure is enticing. Offering IP-based services, such as triple play, is even more compelling given the interest from service providers and end users alike. With the higher levels of bandwidth that can be supported at more granular service rates, implementing Ethernet and IP-based services across a shared infrastructure allows service providers to drive revenues while distributing costs across many more customers. Additionally, the operational simplicity that Ethernet affords simultaneously helps reduce ongoing expenses.

What is still required is an element for the network edge that can economically provide several key service attributes.

These include: a point of demarcation between provider and customer; the rate enforcement, classification and prioritization features to support differentiated service levels; and complete management capabilities that simplify network operations. Additionally, the means to assure service integrity and availability is necessary for service providers to build and support strict SLAs.

Because so much of the service provider's capital equipment investment is incurred at the edge — often 60 percent or more — features need to be delivered in a cost-effective, yet flexible, platform located at the customer premises.

Nortel's Metro Ethernet Services Units are Ethernet switches designed for use as Customer Located Equipment (CLE) at the edge of the service provider network as part of a service-oriented Ethernet infrastructure. The Metro Ethernet Services Unit provides a compact and cost-effective solution that is easy to deploy and use. It delivers wire-speed performance along with the rate enforcement, classification, QoS/prioritization and statistics collection features that are critical for the delivery of profitable Ethernet services. It also helps providers meet the SLAs required by their end customers for all manner of services, including the all-important triple play.

The Metro Ethernet Services Unit 1800 has 24 10/100Base-T Ethernet customer facing ports and two Gigabit Ethernet

network facing ports (SFP GBIC-based or fixed LX), which combine to provide flexible Ethernet service delivery in a 1U-high solution. The non-blocking architecture provides wire-speed switching for uncompromising performance.

The Metro Ethernet Services Unit 1850 has up to 12 10/100/1000Base-T or SFP GBIC ports. The base unit has four ports shared by 10/100/1000Base-T and by SFP GBICs. Two of these four ports act as Network-Network interface (NNI) ports for connection into the service provider network via a GE access ring. The base unit is expandable with two MDA slots — for four-port 10/100/1000Base-T MDAs and/or four-port SFP MDAs.

Packet classification based on 802.1p and DiffServ Code Points allows service providers to offer tiered services with QoS to end customers profitably. Rings allow the cost of the aggregation switch's port to be shared by multiple sites and customers. However, the Metro Ethernet Services Units can be connected one to a ring to provide unshared bandwidth to a single site while keeping the 50ms resiliency.

The Metro Ethernet Services Unit, in combination with the Nortel Metro Ethernet Services Module 8668 in a Metro Ethernet Routing Switch 8600, allows service providers to deliver an Ethernet access ring solution that delivers sub-50ms resiliency and highly-efficient bandwidth aggregation in a

switched Ethernet-over-fiber infrastructure. Additionally, the Metro Ethernet Services Unit supports:

- › Multiple services (e.g., Internet access, Ethernet VPN, VoIP, etc.) per physical access interface for maximum revenue generation
- › Multiple classes of services for prioritization and traffic management required to offer and meet strict SLAs
- › End-to-end service management including tools to support performance monitoring, service assurance and SLA measurement

Ethernet Access Ring Resiliency

Ethernet Access Ring Resiliency delivers industry-leading reliability and highly efficient aggregation for an Ethernet-over-fiber solution. With the ability to be configured in an access ring topology (supporting up to 14 Metro Ethernet Services Units per access ring), sub-50ms recovery can be achieved.

The Nortel Metro Ethernet Services Module 8668 for the Ethernet Routing Switch 8600 acts as the “headend” node. In the event of a link or node failure in the ring, traffic will be directed to the alternate path and recover in 50ms. This capability, previously available only in SONET or WDM implementations, allows service providers to protect the most vulnerable part of the network with a cost-effective solution.



Enterprise customers are demanding flexible service rates, at intervals lower than the full rate of the interface (e.g., 25 Mbps on a 100-Mbps port). If the access infrastructure is constructed in a point-to-point fashion, there is a greater likelihood that the Gigabit Ethernet uplink from the CLE device to the central office device will be severely under-utilized. The Ethernet access ring capability enabled by the Metro Ethernet Services Unit and the Metro Ethernet Services Module 8668 provides an aggregation network that efficiently utilizes the infrastructure investment.

Multiple services per access port

Service providers today seek top-line growth and must maximize revenue generation. The ability to deliver multiple services to each customer while leveraging the same infrastructure helps do just that. Additionally, the cost efficiency of delivering triple play services using a single, multi-service port extends beyond revenue generation and limits capital expenditures as well as operational costs that often comprise 80 percent of the network's total cost of ownership.

The Nortel solution allows service providers to deliver more than just Ethernet connectivity service over the Metro Ethernet infrastructure. It enables providers to offer value-added services that enterprise customers are demanding. End customers can maintain the VLAN schemes used in their own networks, yet still access different services offered by the service provider — all enabled by the same Ethernet interface of the Metro Ethernet Services Unit. Simply put, service providers are able to leverage a lower-cost, shared network infrastructure across multiple customers and offer consistent services and SLAs.

Key features and benefits

Table 1 defines Metro Ethernet Services Unit key features and associated benefits.

Table 1. Metro Ethernet Services Unit 18xx features and benefits

Feature	Benefits
Ethernet Access Ring Resiliency	Enables ring-based deployment of Metro Ethernet Services Unit, achieving 50ms recovery in an Ethernet-over-fiber implementation; supports up to 14 nodes per access ring for efficient access aggregation.
IEEE 802.1Q/p and IETF DiffServ	Enables the service provider to offer multiple classes of services, e.g., gold, silver and best effort, etc. and tiered services with appropriate prioritization.
VPN Continuity Check	Couples with Metro Ethernet Services Module 8668 to provide tools for performance monitoring, service assurance, SLA measurement and troubleshooting.
Packet classification	Flexible classification based on: port, port + VLAN, port + VLAN + 802.1p bit, port + DSCP, and port + 802.1p combinations. Also support filtering based on source/destination IP address, TCP/UDP source/destination port and destination MAC address.
Granular rate enforcement	Supports rate enforcement of Customer Information Rates (CIRs) and burst window sizes, where packets can be policed in user configurable 1-Mbps increments from 1 Mbps to line rate. Policing parameters can be set on various combinations, including: per port, per port per VLAN, per port per VLAN per 802.1p bit, per port per DSCP, and per port per 802.1p basis.
Network management	Command Line Interface, RADIUS authentication and accounting (1800 only), SNMPv1/v2 and management applications including: Java Device Manager, Product Service Provisioning, Multiservice Data Manager and Optivity* Network Management System provide ease of management and flexibility to adapt to multiple operational environments and provide comprehensive Ethernet service provisioning, fault management and performance monitoring capabilities.
RMON	Supports four groups of RMON including Statistics, History, Alarms, Events from remote monitoring and operational simplicity.
IGMP v1/v2	IP multicast support by examining (snooping) all IGMP traffic in hardware at line rate and pruning unwanted data stream from affecting network or end-station performance.

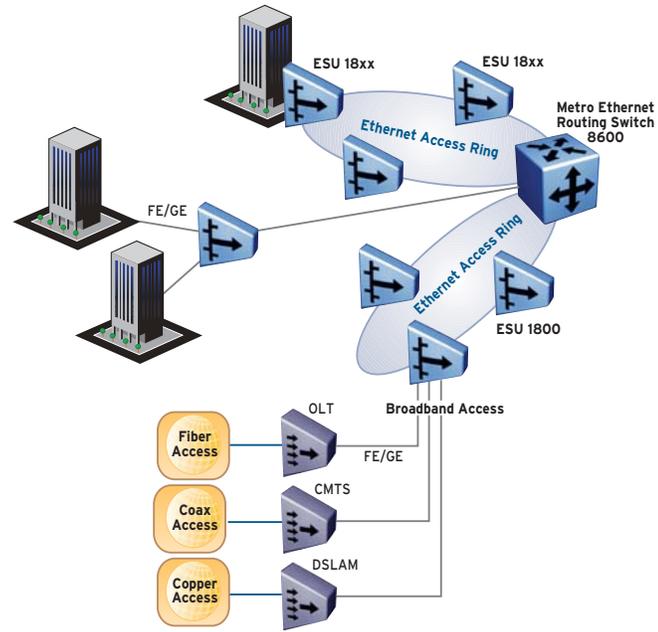
The Metro Ethernet Services Unit 1800 is recommended for Ethernet services to the Multiple Tenant Unit (MTU) and for aggregation of lower-speed, low-density broadband access. The Metro Ethernet Services Unit 1850 can be used for aggregation of Gigabit Ethernet from the customer premises as well as denser IP-DSLAMs. Both models can co-exist on the same ring in any order.

Multiple Classes of Service

VoIP and video traffic are sensitive to both network delay and jitter — the variation experienced in that delay. The ability to classify traffic as early as possible helps ensure that mission-critical applications are given the level of performance dictated by their service contracts on an end-to-end basis.

By assigning different service class levels to traffic flows, applications can be given the bandwidth and network priority required where and when they need it. The Metro Ethernet Services Unit provides the performance and QoS features to support the requirements of delay-sensitive applications. Four priority egress queues form the

Figure 1. Ethernet Access Ring – highly scalable and resilient



basis of Metro Ethernet Services Unit 1800 traffic management functionality, while the 1850 supports eight egress queues. With the ability to classify traffic based on IEEE 802.1Q/p and DiffServ markings and prioritize accordingly, delay-sensitive applications can be given priority across the access ring.

Service continuity and management

A key differentiator of Nortel's Ethernet VPN management solution, VPN Continuity Check is a powerful service assurance and debugging tool critical to measuring and validating customers' SLAs. It may be used to validate all VPN end-points, test connectivity and determine roundtrip delay measurements per VPN. The tool may be

Metro Ethernet Services Unit platform

Available models:

1800: 24 10/100Base-T + 2 SFP GBIC slots, AC powered

1800: 24 10/100Base-T + 2 Fixed 1000Base-LX ports, DC powered

1850: 12 10/100/1000Base-T or SFP GBIC ports configured as a 4-port (10/100/1000Base-T and SFP combo) base unit + 2 Media Dependent Adapter (MDA) slots, each of which can utilize a 4-port 10/100/1000Base-T MDA or a 4-port SFP GBIC MDA, AC or DC powered

Both models are available with either a single 110/220V AC power supply or a single 48V DC power supply.



Metro Ethernet Services Unit 1850



Metro Ethernet Services Unit 1800



invoked from the network operations center using the command line interface, from the craft interface Java Device Management, or from Nortel Product and Service Provisioning, thus removing the need for costly customer site trips.

VPN Continuity Check test results are stored and can be polled by any SNMP performance application to provide customers with SLA reports. In addition, the Metro Ethernet Services Module 8668 maintains a table of recent VPN Continuity Checks, which can be configured to run periodically. This information is used by network management to verify that SLA parameters are being achieved and generate a trend of the service over time.

This tool allows service providers to detect problems before customers notice any service degradation, isolating problems quickly and methodically. By verifying not only the integrity of the path all the way to the customer-facing port, but the total delay incurred, this capability allows for a true end-to-end SLA verification.

Network management

The Metro Ethernet Services Unit is easy to set up and use, simplifying network operations. The Metro Ethernet Services Unit can be configured quickly with fewer errors, decreasing implementation times and troubleshooting activities.

The Metro Ethernet Services Unit is fully manageable in or out of band with SNMP applications such as Nortel's Product Services Provisioning, Optivity Network Management System and Multiservice Data Manager. For smaller networks, the Metro Ethernet Services Unit can be managed using Nortel's Java Device Manager or Command Line Interface.

Product Services Provisioning helps automate the provisioning and configuration process for quicker service activation and service adjustments. Optivity NMS provides a comprehensive set of discovery, fault and diagnostic capabilities for identifying problems before they impact network services. Multiservice Data Manager provides a centralized discovery, fault and performance monitoring tool for service provider and carrier networks.

Summary

As a cost-effective device purpose-built for the edge of service provider networks, the Metro Ethernet Services Unit enables maximum revenue generation through its ability to support multiple services and multiple VPNs per port, all in a compact 1U-high unit. Achieving sub-50ms recovery and highly-effective bandwidth aggregation in an Ethernet access ring topology, the Metro Ethernet Services Unit provides key capabilities for profitable Ethernet services, including robust classification, rate enforcement and traffic management features. Also, VPN Continuity Check makes it quick and easy to assure service uptime from end to end, allowing service providers to offer stringent SLAs with confidence.

Service providers require edge devices that deliver the high performance necessary for today's multimedia application traffic, and the Metro Ethernet Services Unit fulfills the promise of carrier-class Ethernet services.

Table 2. Metro Ethernet Services Unit technical specifications

Category	Specifications for 1800	Specifications for 1850
Physical specifications		
Weight	2.8 kg (6.2 lbs.)	4.7 kg (10.4 lbs.)
Height	4.4 cm (1.73 in.)	4.4 cm (1.73 in.)
Width	44.1 cm (17.3 in.)	44.1 cm (17.3 in.)
Depth	20.8 cm (8.19 in.)	36.6 cm (14.4 in.)
Performance specifications		
Frame forwarding rate	8.8 Gbps switching fabric capacity	24 Gbps switching fabric capacity
(64-byte packets)	6.6 Mpps packet forwarding rate	17.9 Mpps packet forwarding rate
Port filtering performance (64-byte packets)	Wire speed Address database size: 8K	Wire speed Address database size: 16K
Max MTU size	Up to 1600 bytes	Up to 9K bytes
Data rate	10 or 100 Mbps user-facing	10 or 100 or 1000 Mbps
Interface options		
10Base-T/100Base-TX	RJ-45 (8-pin modular) connectors for MDI-X interface	
10/100/1000Base-T		RJ-45 (8-pin modular) connectors for MDI-X interface
1000Base-X	Small Form factor Pluggable	Small Form factor Pluggable
Metro Ethernet Services Unit supports the following SFP GBICs:		
1000Base-SX SFP	Short wavelength 850 nm MTRJ or LC type fiber optic connectors to connect devices over multimode fiber optic cable (275 m, 62.5 um core or 550 m, 50 um core)	Short wavelength 850 nm MTRJ or LC type fiber optic connectors to connect devices over multimode fiber optic cable (275 m, 62.5 um core or 550 m, 50 um core)
1000Base-LX SFP	Long wavelength 1300 nm duplex LC type fiber optic connector to connect devices over single mode fiber optic cable (5 km, 10 um core)	Long wavelength 1300 nm duplex LC type fiber optic connector to connect devices over single mode fiber optic cable (5 km, 10 um core)
1000Base-BX10 SFP	Bidirectional Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) — 1490 nm Wavelength, 70 km	Bidirectional Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) — 1490 nm Wavelength, 70 km
CWDM SFP GBICs	8 wavelengths from 1470 nm ~ 1610 nm duplex LC type fiber optic connector to connect devices over single mode fiber optic cable (40 km/70 km, 9 um core)	8 wavelengths from 1470 nm ~ 1610 nm duplex LC type fiber optic connector to connect devices over single mode fiber optic cable (40 km/70 km, 9 um core)
Network protocol and standards compatibility		
Network protocol and standards compatibility	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.3 10Base-T Ethernet (twisted-pair copper) • IEEE 802.3u 100Base-TX Fast Ethernet (twisted-pair copper) • ANSI/IEEE802.3 Auto-negotiation • IEEE802.3x Flow Control • IEEE 802.1p (Priority Queues) • IEEE 802.1Q (VLAN Tagging) • IEEE 802.1z (Gigabit Ethernet) 	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.3 10Base-T Ethernet (twisted-pair copper) • IEEE 802.3u 100Base-TX Fast Ethernet (twisted-pair copper) • ANSI/IEEE802.3 Auto-negotiation • IEEE802.3x Flow Control • IEEE 802.1p (Priority Queues) • IEEE 802.1Q (VLAN Tagging) • IEEE 802.1z (Gigabit Ethernet)

Table 2. Metro Ethernet Services Unit technical specifications — continued

Category	Specifications for 1800	Specifications for 1850
RFC support	<ul style="list-style-type: none"> • RFC 1213 (MIB II) • RFC 1493 (Bridge MIB) • RFC 1573 (Interface MIB) • RFC 1643 (Ethernet MIB) • RFC 1757 and RFC1271 (RMON): 4 first groups: Alarms, Events, Statistics and History • RFC 768 User Datagram Protocol (UDP) • RFC 783 Trivial File Transfer Protocol (TFTP) • RFC 854 Telnet • RFC 1112 Internet Group Management Protocol (IGMP) version 1 • RFC 2236 Internet Group Management Protocol (IGMP) version 2 • IGMP MIB (RFC 2833) • RFC 951 BOOTP • RFC 2131 BOOTP/DHCP relay • RFC 1157 (SNMP) • RFC 1907 (SNMPv2) • RFC 2865 (RADIUS) • RFC 2866 (RADIUS accounting) 	<ul style="list-style-type: none"> • RFC 1213 (MIB II) • RFC 1493 (Bridge MIB) • RFC 1573 (Interface MIB) • RFC 1643 (Ethernet MIB) • RFC 1757 and RFC 1271 (RMON): 4 first groups: Alarms, Events, Statistics and History • RFC 768 User Datagram Protocol (UDP) • RFC 783 Trivial File Transfer Protocol (TFTP) • RFC 854 Telnet • RFC 1112 Internet Group Management Protocol (IGMP) version 1 • RFC 2236 Internet Group Management Protocol (IGMP) version 2 • IGMP MIB (RFC 2833) • RFC 951 BOOTP • RFC 2131 BOOTP/DHCP relay • RFC 1157 (SNMP) • RFC 1907 (SNMPv2) • RFC 2865 (RADIUS) • RFC 2866 (RADIUS accounting)
Electrical specifications	<ul style="list-style-type: none"> • AC power supply: 100 -240V AC, 47-63 Hz universal • DC power supply: -40 to -60V DC (48V Nominal) 	<ul style="list-style-type: none"> • AC power supply: 100 -240V AC, 47-63 Hz universal • DC dual feed power supply: -40 to -60V DC (48V Nominal)
Environmental specifications	<ul style="list-style-type: none"> • Operating temperature 0° to 60° C • Storage temperature -25° to - 70° C • Humidity 5% to 95% non-condensing • Altitude 3,024 m (10,000 ft.) maximum 	<ul style="list-style-type: none"> • Operating temperature 0° to 60° C • Storage temperature -25° to - 70° C • Humidity 5% to 95% non-condensing • Altitude 3,024 m (10,000 ft.) maximum
Safety agency approvals	<ul style="list-style-type: none"> • UL60950-2000 • CSA 22.2 #60950-00 • IEC 60950/EN 60950 • UL 94-V1 flammability requirements for all PC boards • NOM-019 	<ul style="list-style-type: none"> • UL60950-2000 • CSA 22.2 #60950-00 • IEC 60950/EN 60950 • UL 94-V1 flammability requirements for all PC boards • NOM-019
Electromagnetic emissions summary	<p>Meets the following standards:</p> <ul style="list-style-type: none"> • US: FCC CFR47, Part 15, Subpart B, Class A • Canada: ICES-003, Issue 3, Class A • Australia/New Zealand. AS/NZS 3548: 1995, Class A A1:1997/A2:1997 Class A • Japan: VCCI-V-3/02.04 Class A • Taiwan: CNS 13438, Class A • Europe: EN55022: 1998/A1:2000, EN61000-3-2:2000, EN61000-3-3:1995/A1:2001, CISPR 22-1997/A1:2000 Class A 	<p>Meets the following standards:</p> <ul style="list-style-type: none"> • US: FCC CFR47, Part 15, Subpart B, Class A • Canada: ICES-003, Issue 3, Class A • Australia/New Zealand. AS/NZS 3548: 1995, Class A A1:1997/A2:1997 Class A • Japan: VCCI-V-3/02.04 Class A • Taiwan: CNS 13438, Class A • Europe: EN55022: 1998/A1:2000, EN61000-3-2:2000, EN61000-3-3:1995/A1:2001, CISPR 22-1997/A1:2000 Class A
Electromagnetic immunity	EN55024 :1998/A1 :2001	EN55024 :1998/A1 :2001

Ordering information

Order number Description

DJ1412?06**	Nortel Metro Ethernet Services Unit 1800-24T with 24T 10/100Base-TX ports plus 2 SFP GBIC slots and AC power supply
DJ1412008	Nortel Metro Ethernet Services Unit 1800-01 with 24 10/100Base-TX ports plus 2 built-in 1000Base-LX uplink ports and -48V DC power supply
DJ1412012	Nortel Metro Ethernet Services Unit 1800-24T with 24 10/100Base-TX ports plus 2 SFP GBIC slots and -48V DC power supply
DJ1412?11**	Nortel Metro Ethernet Services Unit 1850, 4 Combo ports, 2 MDA slots and AC power supply
DJ1412013	Nortel Metro Ethernet Services Unit 1850, 4 Combo ports, 2 MDA slots and -48V DC power supply

Small Form factor Pluggable GBICs available

AA1419013	1-port 1000Base-SX Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC)
AA1419014	1-port 1000Base-SX Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: MT-RJ)
AA1419015	1-port 1000Base-LX Small Form Factor Pluggable GBIC
AA1419025	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1470nm Wavelength, 40km
AA1419026	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1490nm Wavelength, 40km
AA1419027	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1510nm Wavelength, 40km
AA1419028	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1530nm Wavelength, 40km
AA1419029	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1550nm Wavelength, 40km
AA1419030	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1570nm Wavelength, 40km
AA1419031	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1590nm Wavelength, 40km
AA1419032	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1610nm Wavelength, 40km
AA1419033	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1470nm Wavelength, 70km
AA1419034	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1490nm Wavelength, 70km
AA1419035	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1510nm Wavelength, 70km
AA1419036	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1530nm Wavelength, 70km
AA1419037	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1550nm Wavelength, 70k
AA1419038	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1570nm Wavelength, 70km
AA1419039	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1590nm Wavelength, 70km
AA1419040	1-port 1000BaseCWDM Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1610nm Wavelength, 70km
AA1419069	1-port 1000Base-BX10 Bidirectional Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1310nm Wavelength, 70km
AA1419040	1-port 1000Base-BX10 Bidirectional Small Form Factor Pluggable GBIC (mini-GBIC, connector type: LC) - 1490nm Wavelength, 70km

The -BX10 requires a pair to function, Tx1310, Rx1490 or vice versa.

** The seventh character (?) of the order number must be replaced with the proper code to indicate desired product nationalization:

"A" – No power cord included

"B" – Includes European "Schuko" power cord common in Austria, Belgium, Finland, France, Germany, The Netherlands, Norway, and Sweden

"C" – Includes power cord commonly used in the United Kingdom and Ireland

"D" – Includes power cord commonly used in Japan

"E" – Includes North American power cord

"F" – Includes Australian power cord, also commonly used in New Zealand and the People's Republic of China

Nortel is a recognized leader in delivering communications capabilities that enhance the human experience, ignite and power global commerce, and secure and protect the world's most critical information. Serving both service provider and enterprise customers, Nortel delivers innovative technology solutions encompassing end-to-end broadband, Voice over IP, multimedia services and applications, and wireless broadband designed to help people solve the world's greatest challenges. Nortel does business in more than 150 countries. For more information, visit Nortel on the Web at www.nortel.com.

For more information, contact your Nortel representative, or call 1-800-4 NORTEL or 1-800-466-7835 from anywhere in North America.

This is the Way. This is Nortel, Nortel, the Nortel logo, the Globemark, Optivity and Passport are trademarks of Nortel Networks. All other trademarks are the property of their owners.

Copyright © 2005 Nortel Networks. All rights reserved. Information in this document is subject to change without notice. Nortel assumes no responsibility for any errors that may appear in this document.



In the United States:

Nortel
35 Davis Drive
Research Triangle Park, NC 27709 USA

In Canada:

Nortel
8200 Dixie Road, Suite 100
Brampton, Ontario L6T 5P6 Canada

In Caribbean and Latin America:

Nortel
1500 Concorde Terrace
Sunrise, FL 33323 USA

In Europe:

Nortel
Maidenhead Office Park, Westacott Way
Maidenhead Berkshire SL6 3QH UK

In Asia Pacific:

Nortel
Nortel Networks Centre, 1 Innovation Drive
Macquarie University Research Park Macquarie
Park, NSW 2109
Australia
Tel +61 2 8870 5000

In Greater China:

Nortel
Sun Dong An Plaza, 138 Wang Fu Jing Street
Beijing 100006, China
Phone: (86) 10 6510 8000