REDES METROPOLITANAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN

LEONARDO ENRIQUE SOSA PAJARO

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y ELECTRICA
CARTAGENA D.T. Y C.
2006

REDES METROPOLITANAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN

LEONARDO ENRIQUE SOSA PAJARO

Monografía presentada como requisito para optar al titulo de Ingeniero Electrónico

ASESOR
DAVID ELIÉCER SENIOR ELLES
MSC. EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE COMPUTADORES

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y ELECTRICA
CARTAGENA D.T. Y C.

2006

Cartagena Junio 16, de 2006

Señores
Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad

Respetados señores:

Por medio de la presente me permito informarles que la monografía titulada **"REDES METROPOLITANAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN"** ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Como autor de la monografía considero que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atentamente,

_____

LEONARDO E . SOSA P.

Cartagena 16 Junio, de 2006

Señores
Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad

Respetados señores:

Cordialmente me permito informarles, que he llevado a cabo la dirección del trabajo de grado del estudiante Leonardo Enrique Sosa Pajaro, titulado **REDES METROPOLITANAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN.**

Atentamente,

_____

David E. Senior Elles
Msc. en ing. Electronica y de Computadores

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Cartagena de Indias D. T. y C. 16 de Junio 2006

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres por brindarme su incondicional apoyo.

A familiares y amigos por estar a mi lado

Y a todo aquel que con su aporte labro este largo camino

Leonardo Enrique Sosa Pajaro

CONTENIDO

pág.

GLOSARIO…….. 13

RESUMEN……... 16

INTRODUCCIÓN……... 19

1. ¿QUE SON LAS REDES METROPOLITANAS?..... 23

1.1 MODELO BÁSICO DE METRO ETHERNET……. 25

1.2 ALGUNOS BENEFICIOS DE METROETHERNET…….. 29

1.3 VENTAJAS USAR SERVICIOS METROETHERNET…….. 30

1.4 TIPOS DE SERVICIO EN LA MEN…….. 31

1.5 ETHERNET VIRTUAL CONNECTION (EVC)…….. 32

1.6 SERVICIO ETHERNET-LINE PUNTO A PUNTO…… 33

1.6.1 EPL (ETHERNET PRIVATE LINE)…… 36

1.6.2 EVPL (ETHERNET VIRTUAL PRIVATE LINE)…… 37

1.7SERVICIO ETHERNET LAN – MULTIPUNTO A MULTIPUNTO……. 37

1.7.1 EP LAN (ETHERNET PRIVATE LAN)…….. 40

1.7.2 EVP LAN (ETHERNET VIRTUAL PRIVATE LAN)…… 40

1.7.3 CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO EN E-LAN…… 41

1.8 DESAFIÓ EN LAS REDES DE AREA METROPOLITANAS ETHERNET 43

1.8.1 PRIMER DESAFÍO…… 43

1.8.2 SEGUNDO DESAFÍO…….. 45

1.8.3 TERCER DESAFÍO…….. 46

1.8.4 CUARTO DESAFÍO…… 47

1.9 ATRIBUTOS DE LOS SERVICIOS METRO ETHERNET…… 48

1.9.1 INTERFAZ FÍSICA ETHERNET…….. 48

1.9.2 CARACTERÍSTICAS DEL ANCHO DE BANDA…… 49

2.PARÁMETROS DE DESEMPEÑO…….. 50

2.1 CLASES DE SERVICIOS (CoS)…… 50

2.1.1 PUERTO FÍSICO…… 51

2.1.2 CE-VLAN CoS (802.1p)…… 51

2.1.3 DIFFSERV/IP TOS VALUES…… 52

2.2 SOPORTE VLAN TAG…… 52

2.3 ACCESO A ETHERNET Y COMPARACIÓN CON FRAME RELAY… 53

2.3.1 LA VELOCIDAD DE LA INTERFAZ…… 54

2.3.2 LA CONECTIVIDAD DE ULTIMA MILLA…… 54

2.3.3 SOPORTE DE CIRCUITOS VIRTUALES…… 54

2.3.4 LA CONECTIVIDAD MULTIPUNTOS…… 55

2.3.5 LA INTERFAZ L2…… 55

2.4 TECNOLOGÍAS METRO…… 55

2.4.1 ETHERNET SONET/SDH…… 56

2.4.1.1 LAPS…….. 58

2.4.1.2 GFP…… 58

2.4.2. RESILIENT PACKET RING (RPR)…… 58

2.4.3 ETHERNET TRANSPORT …… 61

2.4.3.1 GIGABIT ETHERNET CONFIGURACION HUB-AND- SPOKE…… 61

2.4.3.2 GIGABIT ETHERNET RINGS…… 63

2.5 FUNDAMENTOS DE LA CONMUTACIÓN L2…… 68

2.5.1 APRENDERSE LA MAC (MAC LEARNING)…….. 71

2.5.2 FLODDING…….. 71

2.5.3 USAR BROADCAST Y MULTICAST…… 72

2.5.4 EXPANDIR LA RED USANDO TRONCALES (TRUNKS)…… 72

2.5.5 MARCAR CON ETIQUETAS VLANS…… 74

2.5.6 LA NECEDAD DE SPANNING TREE PROTOCOL (STP)…… 75

2.6 HIBRIDO L2 Y REDES L3 IP/MPLS…… 75

2.6.1 COMPONENTES DE VPN…… 76

2.6.2 ENTREGAR L3 VPNS SOBRE IP…… 77

2.6.2.1 GRE BASED VPNS…… 78

2.6.2.2 MPLS L3 VPNS …… 80

2.7 COMPARACIÓN ENTRE METRO ETHERNET Y ATM MEN…… 83

CONCLUSIONES…… 86

BIBLIOGRFIA…….. 89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composición de una Metro red..... 23

Figura 2: Modelo Básico Metro Ethernet…… 26

Figura 3: Otro modelo de Metroethernet…… 29

Figura 4: EVC: conexiones lógicas se Establecen entre cada par de CE. 32

Figura 5: Servicio E-line punto a punto…… 33

Figura 5.1: Servicio E-line …… 34

Figura 5.1.1 Frame Relay análoga a servicio E-line…… 35

Figura 5.1.2 Private Line análoga usando servicio E-line…… 36

Figura 6: Servicio E-LAN multipunto…… 38

Figura 6.1: Servicio E-LAN multipunto…… 38

Figura 6.2 Frame Relay analoga E-LAN service…… 39

Figura 7: Adición de un sitio a una E-Line…… 41

Figura 8: nuevo punto de red…… 42

Figura 9: 802.1q Redes MetroEthernet Diferenciación Nros de VLAN…. 44

Figura 10: Span.Tree usa caminos al Llegar al switch principal o root. 46

Figura 11.V LAN TAG. …… 53

Figura 12: Ethernet sobre SONET…… 57

Figura 13: Un despliegue típico de RPR …….. 60

Figura 14: Ethernet Hub and Spoke …… 62

Figura 15: Gigabit Ethernet Rings…….

Figura 16: Gigabit Ethernet Rings—Spanning Tree……. 64

Figura 17: MAC's y VLAN's en Ethernet……. 66

Figura 18: Puerto tróncales……. 70

Figura 19: Paquete etiquetado en VLAN's…….. 73

Figura 20: GRE Tuneles…….. 74

Figura 21: Principios MPLS L3VPN……. 79

82

GLOSARIO

ATM: Modo de Transferencia Asíncrona.

CBS: Committed Burst Size

CE: Customer Edge

CIR: Committed Information Rate

CMTSs: Cable modem termination systems

DPT: Data Packet Transport)

CSMA/CD : Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colisiones

DWDM: Dense wavelength Division Multiplexing

EBS: Excess Burst Size

EIR: Excess Information Rate

EON: Ethernet over SONET

EPL: Ethernet Private Line

ESCON: Enterprise Systems Connection.

EVC: Ethernet Virtual Connection

EVPL: Ethernet Virtual Private Line

FDDI: Fiber Distributed Data Interface

GFP: Protocolo Genérico de Trama

HDLC: High-Level Data Link Control

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IETF: Internet Engineering Task Force

ILECs: Incumbent Local Exchange Carries

IP: Internet Protocol

ITU: Unión internacional de telecomunicaciones

LAN: Local area network

MAC: Media Access Control

MEF: Metro Ethernet Forum.

MEN: Metro Ethernet network

MPLS: Multi Prototocol Label Switching

MSOs: Operadores de cables de sistemas múltiples

OSI: Interconexión de Sistemas Abiertos

LAPS: Link de Access Procedure SDH

PHY: a nivel físico (physics)

PHS: Per-hop behabiors

PVC: Circuitos virtuales Privados

RBOCs: Regional Bell Operating Companies

RPR: Resilient Packet Ring

QoS: Calidad de Servicio

SDH: Synchronous Digital Hierarchy

SNA: Systems Network Architecture

SONET: Synchronous Optical Network

STP: Shield Twisted Pair

TDM: Time Division Multiplexing

TCP: Protocolo de Control de Transmisión

UDP: User Datagram Protocol

UNI: User Network Interface

VC: Virtual Channels

VLAN: Virtual Local Area Network

WAN: Wide area network

WDM: Wavelength division multiplexing

RESUMEN

La transmisión de datos es algo muy importante hoy en día y para dicha transmisión de datos existen unos normas llamada 'ethernet' trabaja en la capa física y la capa MAC. Pero al pasar del tiempo estos estándares tuvieron que evolucionar al hacerse esta transmisión y el tamaño de los datos a trasmitir mucho más extensos

En 1972, Bob Metcalfe [1] desarrolló un sistema para la comunicación entre PCs e impresoras. Era la primera red de área local (LAN Local Area Network). Metcalfe quiso que fuera muy flexible y versátil, la red basada en éter o lo que es lo mismo: un sistema de comunicación que pudiera funcionar sobre cualquier medio físico .Con el paso del tiempo la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) estandarizó Ethernet bajo la recomendación 802.3.Ethernet ha llegado a dominar la LAN por su simplicidad, prestaciones y bajo costo. Sin embargo, se ha visto tradicionalmente confinado al entorno LAN debido a limitaciones técnicas. Los organismos de estandarización (IEEE, IETF Internet Engineering Task Force, ITU Unión internacional de telecomunicaciones) y los acuerdos entre fabricantes, están jugando un papel determinante en su evolución. Incluso se ha creado el MEF (**Metro Ethernet Forum**) [2], organismo dedicado únicamente a definir Ethernet como servicio metropolitano.

Metro Ethernet es una tecnología que ha tenido un importante éxito en LAN, desplazando otras tecnologías una vez que han sido prometedoras tales como token ring, el FDDI (Fiber Distributed Data Interface), ATM (Modo de Transferencia Asíncrona).

1. LAN significa Local Area Network o una red típica encontrada en una empresa para Interconectar sus computadores.

La simplicidad y el precio para ponerla en funcionamiento la han hecho la ganadora.

La metro es la última sección de la red que se encuentra entre los suscriptores o los negocios y la cantidad de información extensa que está disponible en el Internet.

La Metro esta respaldada por la herencia de multiplexación por división de tiempo (TDM) y la tecnología de SONET/SDH para las cuales se diseña voz y los ya tradicionales servicios de líneas arrendadas. Estas tecnologías mencionadas anteriormente son inadecuadas para dirigir las demandas de banda ancha que las aplicaciones de datos emergentes requieren.

MetroEthernet se puede desplegar como interfaz del acceso para sustituir el tradicional T1/E1 TDM. Muchos servicios de datos se están desplegando en el MetroEthernet, incluyendo líneas de servicio de Enternet Point-to-Point (punto a punto) y los servicios privados Ethernet LAN de multipunto- multipunto o de LAN virtuales (VPLS) que extiende el campo de la empresa a través de backbones geográficamente dispersos. Ethernet puede funcionar sobre muchas tecnologías del transporte del metro, incluyendo SONET/SDH, next-generation SONET/SDH, Resilient Packet Ring (RPR), wavelength-división multiplexing (WDM).

La propagación de los servicios de los datos en la metro está ocurriendo ya. Los servicios de datos en las redes metro y los servicios de Ethernet están haciendo específicamente su movimiento en la metro red. Los operadores metro han tenido absolutamente una influencia en esta cambio, aplicando la presión en operadores tradicionales de la metro, tales como el ILECs (Incumbent Local Exchange Carries). Mientras que Metroethernet se está desarrollando lentamente en los E.E.U.U. debido a los despliegues y a las regulaciones de la herencia TDM, ha encontrado buen éxito en diversas partes del mundo, especialmente en Asia y Japón.

Los servicios de Metro Ethernet ofrecen un asunto excelente del valor a los proveedores de servicio, a los negocios y a los consumidores. Los servicios de metro ethernet reducirán el costo que se representa el despliegue del servicio mientras que ofrecen mucha mas flexibilidad en aplicaciones de servicios de valor agregado en datos. Los servicios de Metroethernet no ven la necesidad de una red que en su totalidad sea Ethernet L2, puede que sea desplegada sobre diversas tecnologías redes tales como next-generation de SONET/SDH (Synchronous Optical Network / Synchronous Digital Hierarchy) y de IP/MPLS (Internet Protocool / Multi Prototocol Label Switching).

---

[2] Metro Ethernet Forum http://www.metroethernetforum.com

INTRODUCCIÓN

No se puede negar que Ethernet es la red de área local más utilizada en el mundo debido en gran medida a su simplicidad y bajo costo. Esto ha empujado la idea de llevar un interfaz Ethernet a los usuarios para acceder a Internet de Banda Ancha. Pero este paso de red de área local a red metropolitana conlleva ciertos problemas que se están intentando solventar hoy en día. El Metro Ethernet está integrado por compañías de acceso y fabricantes de equipos que intentan proponer ideas para la estandarización de equipos para la Ethernet Metropolitana. Actualmente, Metro Ethernet es un servicio ofrecido por los proveedores de telecomunicaciones para interconectar LANs ubicadas a grandes distancias dentro de una misma ciudad; es decir, realizando un transporte WAN. Estas conexiones de alta velocidad dentro de una ciudad ayudan a mejorar notablemente las conexiones entre las redes de dos o más ciudades.

La tecnología Metro Ethernet de la actualidad es perfectamente apropiada para ayudar a los operadores a desplegar nuevos servicios de banda ancha y alta calidad para la generación ingresos con más eficacia y flexibilidad, mientras se reducen drásticamente los gastos de capital y gastos operativos. Las características de Metro Ethernet permiten a los usuarios finales disfrutar de una gama más amplia de servicios con un servicio más flexible y menores costos.

Los proveedores de servicio que tempranamente se movieron en la Metroethernet aparecieron en los lapsos 1999-2000 en el medio o ámbito de las telecomunicaciones y han adoptado variaciones del mismo modelo del negocio a través del mundo. En los E.E.U.U., los que adoptaron mucho más tempranos la postura de Metroethernet eran los proveedores de servicio de Campo (greenfield), que desearon proporcionar servicios a algunos segmentos de las

redes. Otros proveedores han encontrado la oportunidad en promover de forma más barata el ancho de banda vendiendo Ethernet instalando túneles a las grandes empresas o a otros proveedores tales como ISP's (Internet Service Provider) o a proveedores rivales.

La Flexibilidad de Metroethernet es algo de reconocer, puesto que les proporciona a los suscriptos a este tipo de redes que sus negocios estén conectados de las maneras mas complejas posibles o fácil posible con diferentes tipos de servicios. Por ejemplo, una interfaz sencilla de servicio de Ethernet puede conectar múltiples localidades de la empresa por su Intranet VPNs (Virtual private networks), conectado socios de negocio o a surtidores vía Extranet VPNs y proporcionar una conexión de alta velocidad del Internet a un Internet Service Provider. Con servicios manejados por Ethernet, los suscriptores pueden también agregar o cambiar ancho de banda en minutos en vez de días o de semanas que es el tiempo invertido al usar otro tipo de servicios de redes de acceso. Además, estos cambios no requieren que el suscriptor compre el equipo nuevo ni requiere coordinar visitas con un técnico que le provee el servicio.

Rentabilidad: Los servicios de Ethernet pueden reducir a los subscriptores el costo de capital (CapEx) y el costo de operación (OpEx) de tres formas:

1. Debido a su amplio uso en casi todos los productos del establecimiento de una red, la interfaz en si misma de Ethernet es barato.

2. Segundo lugar, los servicios de Ethernet puede costar a menudo menos que los servicios que compiten con ellas, debido a un equipo más bajo, mantienen y costos operacionales bajos.

3. La tercera, muchos servicios de Ethernet permite que los suscriptores agreguen ancho de banda, haciendo incrementos de 1 Mbps.

Esto permite que los suscriptores agreguen ese ancho de banda dependiendo lo que ellos mismos necesiten y pagando solo lo que ellos requieren.

A continuación en cada temática será tratada a fondo a lo largo de dos capítulos, en el **Capitulo 1** trataremos de introducir una verdadera definición de lo que es la metroethernet, y entenderemos por que con este tipo de redes la distancia ya no es una limitación, además del porque es una tecnología de fiar y una red de gran crecimiento.

Adelantaremos y concluiremos por que el modelo básico de metroethernet y cada uno de sus componentes es mucho mas barato que cualquier tecnología o red de acceso que quiera competir con ella, en otras secciones de este capitulo se estudiaran las diferentes desventajas y ventajas de este tipo de red, así como también los desafíos que tendrán en un futuro cercano para convencer a los escépticos y detractores. Interactuaremos con un ‘‘EVC’’ (ethernet virtual connection) se define como la asociación de dos o más UNIs, donde el UNI es la interfase estándar Ethernet y el punto de demarcación entre el equipo del cliente y el proveedor de servicio MEN.

Con este conocimiento de EVC se realizaran varios tipos de conexiones que le llamaremos ‘‘diversos tipos de servicios’’ *servicio ethernet-line punto a punto*, que es capaz de proveer un ancho de banda simétrico para envió de datos en ambas direcciones y además también tenemos el *servicio ethernet Lan – multipunto a multipunto* que es capaz de funcionar con un ancho de banda dedicado o con un ancho de banda compartido.

Para el **Capitulo 2** tenemos los diferentes parámetros de desempeño que hacen este tipo de redes muy eficientes, las mínimas normas para una calidad de servicio aceptable, además una comparaciones con una de las redes mas usadas en el mundo como es el caso de Frame Relay. En otras secciones encontraremos las diferentes tecnologías que maneja la metroethernet las conoceremos como Ethernet sobre SONET/SDH (EOS), Resilient Packet Ring (RPR), Ethernet Transport. Mas adelante se aprenderá como es la conmutación en L2 y como expandir la red por medio de las ya conocida troncales (trunks).

1. ¿QUE SON LAS REDES METROPOLITANAS?

Hoy en día la tecnología nos proporciona las herramientas necesarias para superar limitaciones. Así, podemos afirmar que ciertas limitaciones se han podido superar como es el caso de:

- La distancia ya no es una limitación. Las tecnologías ópticas nos permiten transportar Ethernet a decenas e incluso centenares de Km.
- La fiabilidad y la redundancia han dejado de ser un problema y hoy en día los fabricantes de equipamiento Ethernet aportan soluciones tan fiables como las de telefonía Tradicional TDM, con tiempos de protección similares
- La capacidad de crecimiento de las redes Ethernet se ha incrementado en varios órdenes de magnitud, gracias a modificaciones de la tecnología La seguridad y la separación entre usuarios se ha reforzado gracias a tecnologías de tunelización.

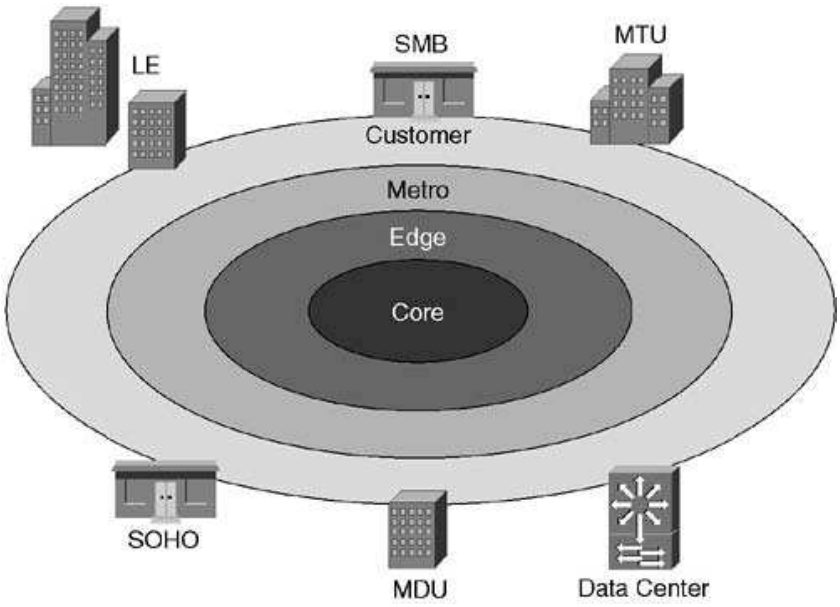


Figura 1: Composición de una Metro red

La composición de una Metro Red mostrada en la **figura 1**:

La Red metro es simplemente el primer tramo de la red que conecta suscriptores y negocios con la red WAN. Las diversas entidades mantenidas por la metro red incluyen a clientes residenciales y de negocio, empresas grandes (LE), pequeñas empresas y pequeñas oficinas (SOHO), negocios pequeños y medianos (SMB o llamadas PYMES), podemos encontrar a aquellos que distribuyen los servicios de banda ancha dentro de edificios en zonas residenciales y de oficinas (MTU- Multitenant Units y MDU- Units Multidwelling).

El tramo de la metro red que interactúa de manera directa con el cliente se llama la última milla que indica el último tramo del proveedor de la red. El cliente es el centro de la industria, aunque también se le llama a este tramo la **primera milla** para reconocer que el cliente va primero y es lo más importante. Un término adecuado sería “la frontera final” porque el ultimo tramo de la red es normalmente el más desafiante y el más costoso de construir y es probablemente la barrera final para acelerar la transformación de la metro en una red centrada de datos de alta velocidad (data centric).

La herencia de la metro consiste sobre todo en la tecnología de multiplexación por división de tiempo (TDM), que es óptima para servicios de voz. Una red típica metro consta de equipos TDM colocados al pie de el edificios y en las oficinas centrales del proveedor local, (incumbent local Exchange carrier ILEC).
El equipo TDM consta de multiplexores digitales, tales como el DAC que hace regencia a un acceso digital de conectores cruzados (referido a menudo como cross-connect), los SONET/SDH add/drop multiplexores (ADMs), SONET/SDH conectores cruzados (cross-connect).

El modelo básico de los servicios Metro Ethernet [figura 1], esta compuesto por una Red switcheada (Metro Ethernet Network -MEN-), ofrecida por el proveedor de servicios; los usuarios acceden a la red mediante CEs (Customer Equipement) que se conectan a través de UNIs (User Network Interface) a velocidades de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps.

Es posible tener múltiples UNIs conectadas al MEN de una simple localización. Los servicios pueden soportar una variedad de tecnologías y protocolos de transporte en el MEN tales como, SONET, DWDM (Dense wavelength Division Multiplexing), MPLS (Multiprotocol Label Switching), GFP (Protocolo Genérico de Trama), etc.

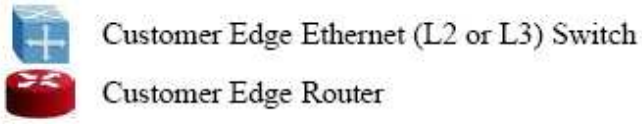
1.1 MODELO BÁSICO DE METRO ETHERNET

El modelo básico de un servicio metropolitano Ethernet consta de tres partes: El dispositivo instalado del lado del usuario (i.e. router o switch) llamado Customer Equipment (CE); La interfaz de conexión del usuario a la red (i.e.puertos RJ45 o de fibra) conocida como User Network Interface (UNI) y la Red Metropolitana conocida como Metro Ethernet Network (MEN).
Todos estos componentes se ilustran en la **figura 2**.
La primera diferencia notable con las típicas conexiones de una empresa hacia una nube metropolitana no basada en Ethernet es el UNI. Atrás quedaron los tiempos en que para conectarse entre las sucursales de una empresa o para conectarse a Internet era necesario utilizar conexiones sincrónicas mediante módems o codecs (usando últimas millas de cobre o radio microondas). La UNI definido por Metro Ethernet es el conocido puerto Ethernet RJ45 (o también un puerto de fibra óptica) usado por la mayoría de redes de área local hoy en día. Es

decir que un proveedor de red Metro Ethernet llega hacia sus usuarios con un cable de red, tal cual si fuese a conectar otro PC más en su LAN.

La segunda diferencia con respecto a otras redes de área metropolitana es la diversidad del tipo de CE que puede conectarse a la red. Se puede usar los conocidos enrutadores para conectar sus LAN entre su casa matriz y sus sucursales o puede simplemente interconectar los switches de las respectivas LAN (ubicadas geográficamente en sitios distantes). El proveedor de la red Metro Ethernet le garantizará en cualquiera de los dos casos que sus datos viajan de manera segura e independiente del resto del tráfico de usuarios dentro de la red Metro Ethernet.

Algunos Iconos:



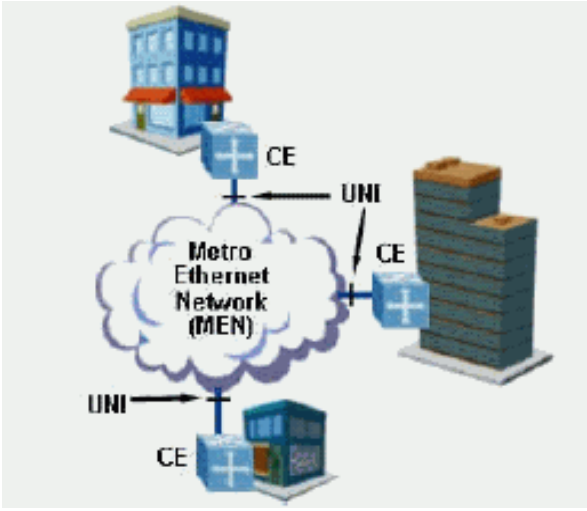


Figura 2: Modelo Básico Metro Ethernet

- **DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MODELO BASICO**

1. Customer Equipment (CE) se conecta a través de UNI

CE puede ser un:

- Router
- Bridge IEEE 802.1Q (switch) Estándar de la IEEE [3] para el etiquetado de tramas

3. **UNI** (User Network Interface)

- Standard IEEE 802.3 Ethernet PHY and MAC esta norma de la IEEE es un protocolo de la subcapa de acceso al medio perteneciente al nivel de enlace de jerarquía de niveles de red OSI, la cual se ocupa principalmente de la transferencia de datos de la capa de red en la máquina de origen a la capa de red de la máquina destino
- 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps
- Soporte para variedad en calidad de servicio (QoS)

3. Metro Ethernet Network (**MEN**)

Puede usar distintas tecnologías de transporte y de provisión de servicio SONET/SDH Synchronous Optical Network /S ynchronous Digital Hierarchy, WDM (Wavelength division multiplexing), RPR (Resilent Packect Ring), MAC-in-MAC (Media Access Control), QiQ (VLAN stack) [4], MPLS **(**Multi Prototocol Label Switching)

---

3 . EEE http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html

Modelo Básico (Figura 3)

Diferentes Modelos Básicos de conexión de una metro red

- Red Metro Ethernet: Cualquier red destinada a suministrar servicios Metro Ethernet.

- En general el término Metro Ethernet se aplica a redes de operador.
- Servicios Metro Ethernet: Servicios de conectividad MAN/WAN de nivel 2 a través de UNIs Ethernet
- La red del proveedor puede implementarse con varias opciones de transporte

---

4. VLANs Stacks: Cuando un proveedor de servicio respetas las Vlans existentes dentro de la red del ususario

MODELO BASICO

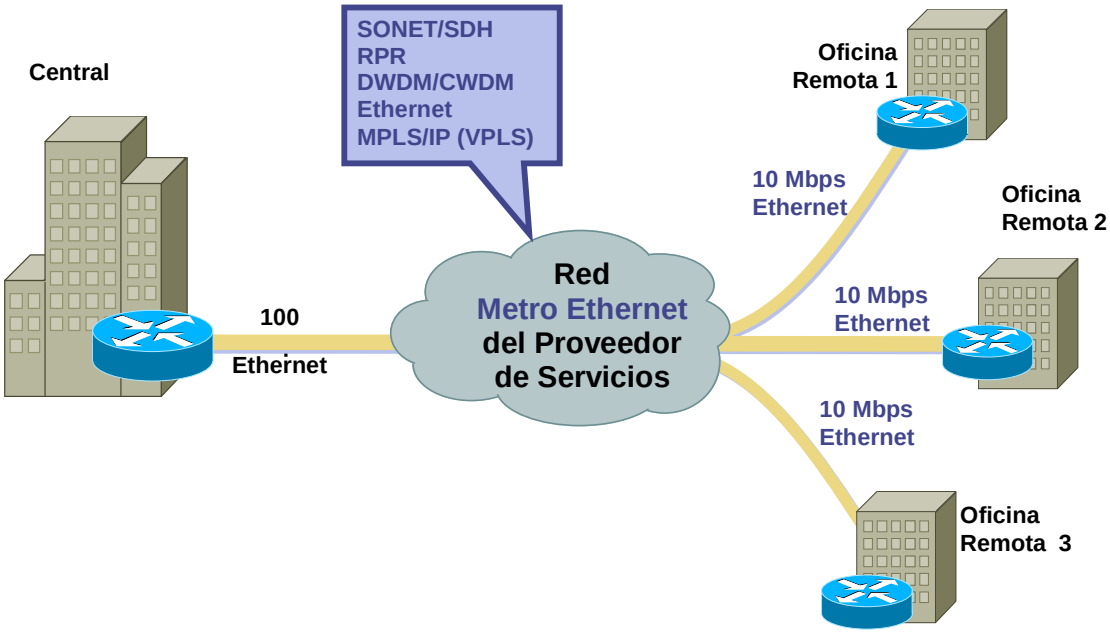


Figura 3: Otro modelo de metroethernet

1.2 ALGUNOS BENEFICIOS DE METROETHERNET

Fácil uso: Interconectando con Ethernet se simplifica las operaciones de red, administración, manejo y actualización

Economía: los servicios Ethernet reducen el capital de suscripción y operación de tres formas:

- Amplio uso: se emplean interfaces Ethernet que son la más difundidas para las soluciones de Networking
- Bajo costo: Los servicios Ethernet ofrecen un bajo costo en la administración, operación y funcionamiento de la red.
- Ancho de banda: Los servicios Ethernet permiten a los usuarios acceder a conexiones de banda ancha a menor costo.

Flexibilidad: Las redes de conectividad mediante Ethernet permiten modificar y manipular de una manera más dinámica, versátil y eficiente, los anchos de banda y cantidad de usuarios en corto tiempo.

1.3 VENTAJAS USAR SERVICIOS METROETHERNET

Este nuevo tipo de conexión tiene implicaciones muy atractivas para los usuarios finales. A convertirse la red Metropolitana en un punto más de su red, se obtienen las siguientes ventajas:

1. Se utiliza el mismo protocolo Ethernet que el cliente ya está acostumbrado a usar para conectarse a su proveedor simplificando gastos de mantenimiento y de entrenamiento de personal.

2. No existe reducción del ancho de banda o cuello de botella puesto que el medio de transmisión metropolitano sigue siendo Ethernet a velocidades de10 Mbps, 100 Mbps, 1Gbps o 10 Gbps, lo cual le abre un abanico de posibilidades para aplicaciones de voz datos y video.

3. Se obtiene rapidez y simplificación en la instalación del servicio y de nuevos puntos que el usuario necesite lo cual le permite el crecimiento ágil de su empresa.

4. Se puede modificar inmediatamente, en caso de requerirlo, el ancho de banda hacia la Internet o hacia sus sucursales. Esto implica que la red se adapta a sus necesidades
Entregándole ancho de banda por el tiempo que el cliente así lo requiera (minutos, horas, días o semanas) en cualquier momento.

5. Posibilidad de diferentes combinaciones de conectividad: punto a punto y multipunto multipunto entre las sucursales de su empresa.

1.4 TIPOS DE SERVICIO EN LA MEN:

El Metro Ethernet Forum es una organización que se encarga de definir el alcance, los conceptos, y la terminología para los servicios de Ethernet que desplegaban en la metro. Otras organizaciones capaces de verificar los estándares, tales como el Internet Engineering Task Force (IETF), también han definido maneras de escalar servicios de Ethernet de una manera muy eficaz implementando MPLS (Multiprotocol Label Switching).

Mientras que las terminologías pueden diferir levemente, los conceptos y los rumbos tomados por estos diversos organizadores de los estándares todos llegan a ser son convergentes.

En la Red Metro Ethernet se pueden dar dos tipos de servicios diferentes: e-lines y e-LANs. Las e-lines son conexiones punto-a-punto, mientras que las e-LANs son conexiones multipunto a multipunto (any-to-any).Adicionalmente se ha creado un tercer concepto llamado Ethernet Virtual Connection (EVC) que es definido como la instancia de asociación entre 2 o mas puntos de la red Metro Ethernet (figura 4). Los EVC son análogos a las definiciones de Circuitos virtuales Privados (PVC) en Frame Relay o Virtual Channels (VC) en ATM.

1.5 ETHERNET VIRTUAL CONNECTION (EVC)

Figura 4: EVC son las conexiones lógicas que se Establecen entre cada par de CE.

El EVC (Figura 4) es una asociación de dos o más UNIs, donde el UNI es la interface estándar Ethernet y el punto de demarcación entre el equipo del cliente y el proveedor de servicio MEN. Un EVC tiene dos funciones:

- Conectar dos o más sitios (UNIs) habilitando la transferencia de tramas Ethernet entre ellos.

- Impedir la transferencia de datos entre usuarios que no son parte del mismo EVC, permitiendo privacidad y seguridad.

Un EVC puede ser usado para construir Virtual Private Network (VPN) de nivel 2. El MEF (Metro Ethernet Forum) ha definido dos tipos de EVC:

- Punto a Punto (E-Line) Figura 5.
- Multipunto a Multipunto (E-LAN) Figura 6.

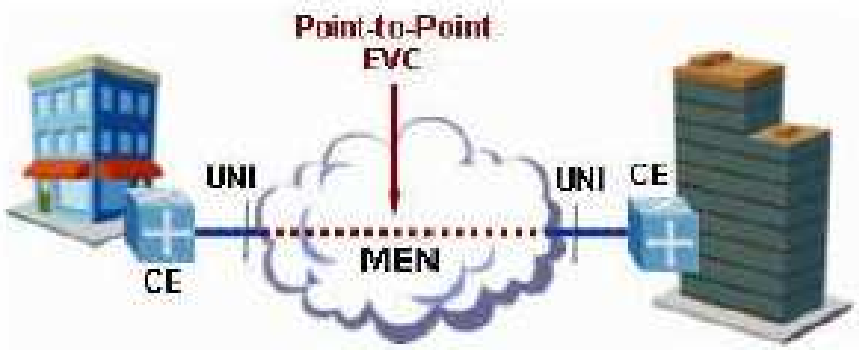


Figura 5.: Servicio E-line punto a punto

1.6 SERVICIO ETHERNET-LINE PUNTO A PUNTO:

- Provee un EVC punto a punto entre dos UNIs (Figuras 5. y 5.1.) .Un E-Line Service provee ancho de banda simétrico para envío de datos en ambas direcciones, sin asegurar desempeño. Un E-Line service, provee un CIR (Committed Information Rate), un CBS (Committed Burst Size), un EIR (Excess Information Rate) y un EBS (Excess Burst Size) dependiendo del

proveedor de servicio. Estas características del servicio están relacionadas con los delay, jitter y la seguridad entre las diferentes velocidades de las UNIs. Una E-Line puede operar con ancho de banda dedicado ó con un ancho de banda compartido.

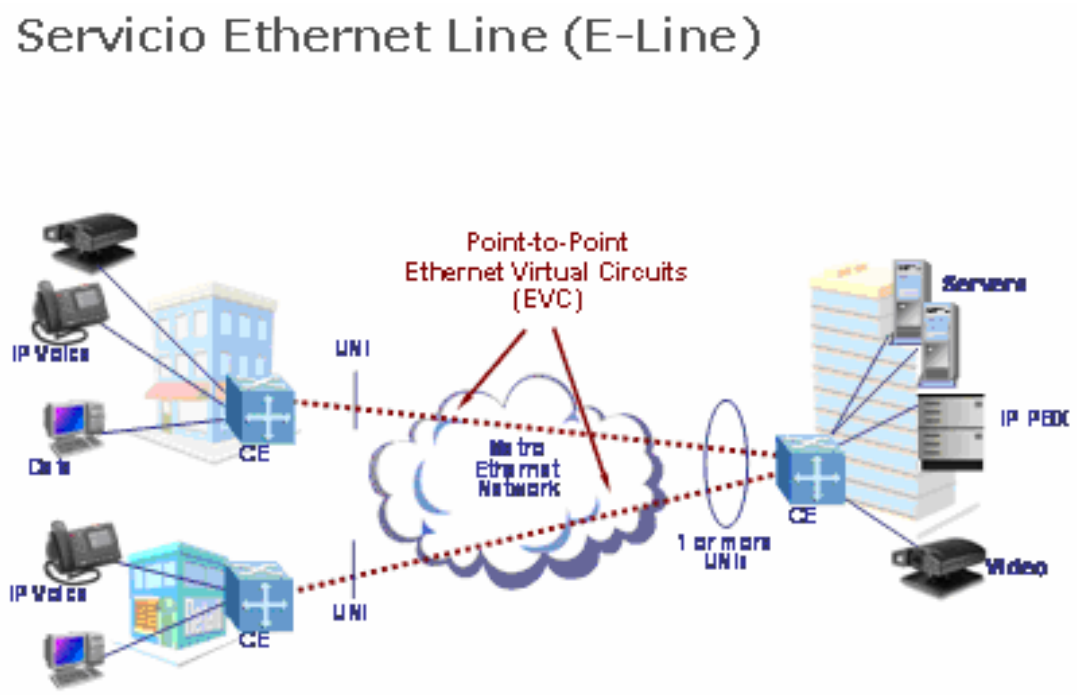


Figura 5.1: Servicio E-line

La multiplexación del servicio de más de un EVC puede ocurrir en ninguna, una o en ambas UNIs Por ejemplo, más de una EVC Point-to-Point (E-Líne service) se le puede ofrecer en el mismo puerto físico en una de las UNIs.

Un servicio E-Líne puede proporcionar EVCs Point-to-Point entre UNIs análogas al usar PVCs (Permanet Virtual Circuit) de Frame Relay para interconectar sitios según lo ilustrado en la Figura 5.1.1

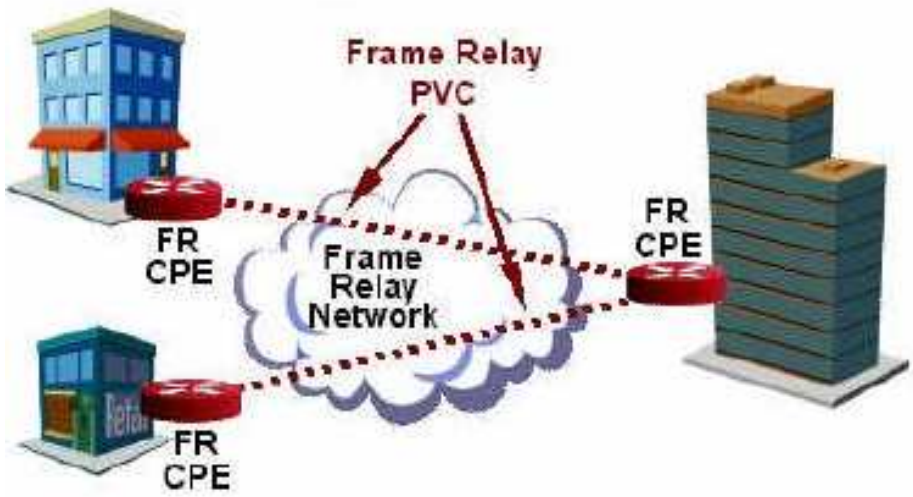


Figura 5.1.1: Frame Relay Analoga de Servicio E-Line

Un servicio E-Líne puede también proporcionar una conexión (punto a punto) Point- to-Point entre UNIs análogas a una línea de servicio TDM privado.

Tal servicio interconecta dos UNIs y proporciona total transparencia para servicios de tramas entre las UNIs tales que la cabecera de trama el payload (la carga útil) sean idénticos en la fuente y en su UNI de destino. Tal servicio también tendría las características fundamentales tales como Frame Delay Frame Jitter, perdida de la trama (Frame Loss) y sin servicio de multiplexacion, se requieren UNI (interfaz físico) para separar cada EVC. Como se muestra en la figura 5.1.2

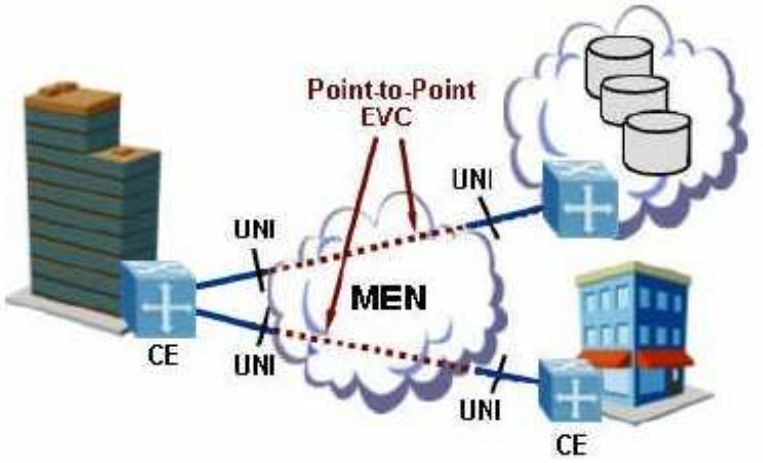


Figura 5.1.2 Private Line análoga usando Servicio E-Line

Resumiendo, un servicio E-Líne se puede utilizar para construir los servicios análogos de Frame Relay o líneas privadas arrendadas. Sin embargo, la gama de ancho de banda de Ethernet y las opciones de la conectividad son mucho mayores.

A su vez con un Servicio E-Lines se puede trabajar y ofrecer otros de las siguientes formas y que tiene las siguientes características:

- EPL (ethernet private line)
- EVPL (ethernet virtual private line)

1.6.1 EPL (ETHERNET PRIVATE LINE)

- Es un servicio EVC punto a punto con un ancho de banda dedicado
- El cliente siempre dispone del CIR **(** Committed Information Rate)
- Normalmente en canales SDH (en NGN Next Generation Network) ó en redes MPLS

- Es como una línea en TDM, pero con una interfaz ethernet

1.6.2 EVPL (ETHERNET VIRTUAL PRIVATE LINE)

- En este caso hay un CIR y un EIR y una métrica para el soporte de SLA´s
- Es similar a Frame Relay (FR)
- Se suele implementar con canales TDM compartidos ó con redes de conmutación de paquetes usando switches y/o routers

1.7 SERVICIO ETHERNET LAN – MULTIPUNTO A MULTIPUNTO:

Una E-LAN [5]. puede operar con ancho de banda dedicado ó con un ancho de banda compartido. E-LAN service provee conectividad multipunto, conectando dos o más UNIs [**figuras 6**.]. Un usuario envía datos de una UNI y puede recibir uno o más de otros UNIs. Cada sitio (UNI) es conectada a un EVC multipunto, al agregar usuarios, que son conectados a un mismo EVC multipunto, simplificando el provisionamiento y la activación del servicio. De un punto de vista del suscriptor, un servicio de E-LAN hace que las MEN parezca una LAN.

Una E-LAN puede ser usada para crear un amplio rango de servicios, mostrando un mejor desempeño para los servicios ofrecidos.

La E-LAN se usa para interconectar varios usuarios, mientras E-LINE normalmente es usada para conectarse a Internet.

Una E-LAN define el CIR, CBS, EIR y EBS. La velocidad de cada puerto UNI puede ser diferente, por ejemplo, en la **figura 6**., los UNI 1, 2 y 3 tienen 100Mbps con un CIR de 10Mbps, el UNI 4 posee 1Gbps con 40Mbps de CIR.

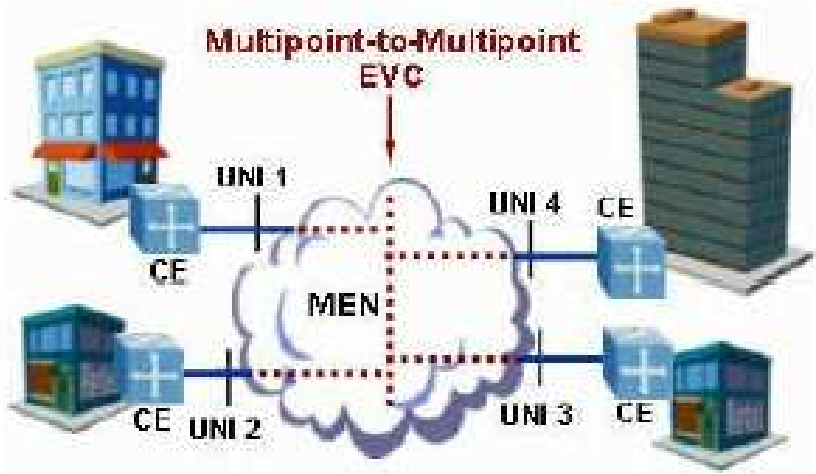


Figura 6.: Servicio E-LAN multipunto.

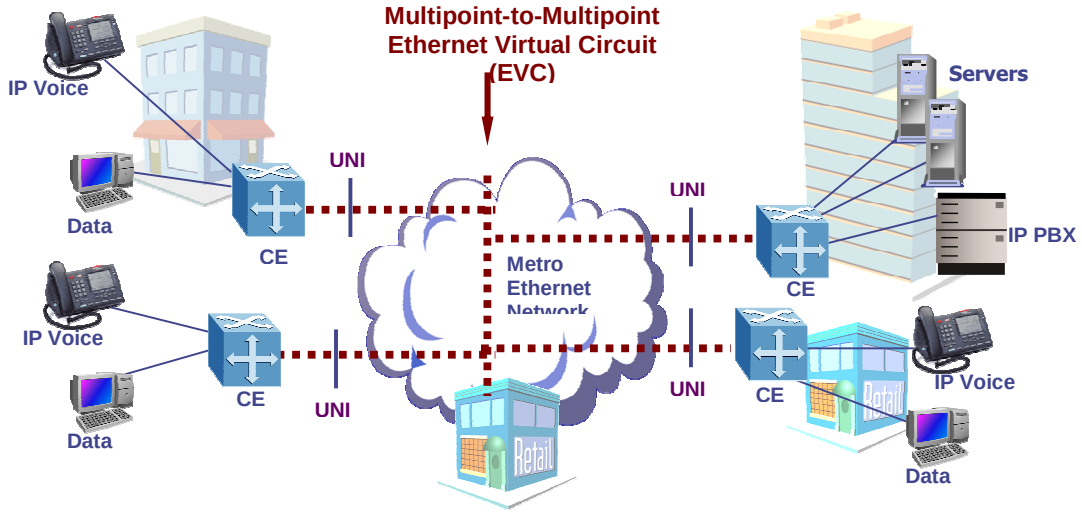


Figura 6.1: Servicio E-LAN multipunto.

---

5. También se puede implementar sobre una red de paquetes usando MPLS (IETF), L2TP ó Q-in-Q

Con un nuevo punto de red (UNI), mostrado mucho mas adelante, solo es necesario agregarlo al EVC multipunto existente, no se necesitan EVC adicionales. Un E-LAN permite al nuevo sitio comunicarse con todos los otros UNI. Los servicios E-LAN pueden ser creados a partir de la conformación de VPNs en la red switcheada.

Ahora contrastando el servicio E-LAN encontramos una Hub típico (Frame Relay Spoken) que habla y maneja topología de red frame Relay (referirse a la **figura 6.2**).

Las PVCs Frame Relay son conexiones Point-to-Point y Frame Relay crea servicios multipunto a partir de multiples conexiones PVC (circuito virtual privado) punto a punto. Cuando se agrega un sitio nuevo, un PVC nuevo se debe agregar entre el sitio nuevo (new spoke site) y en el sitio del hub, requieren aprovisionamiento en ambos sitios en vez de apenas en el sitio nuevo.

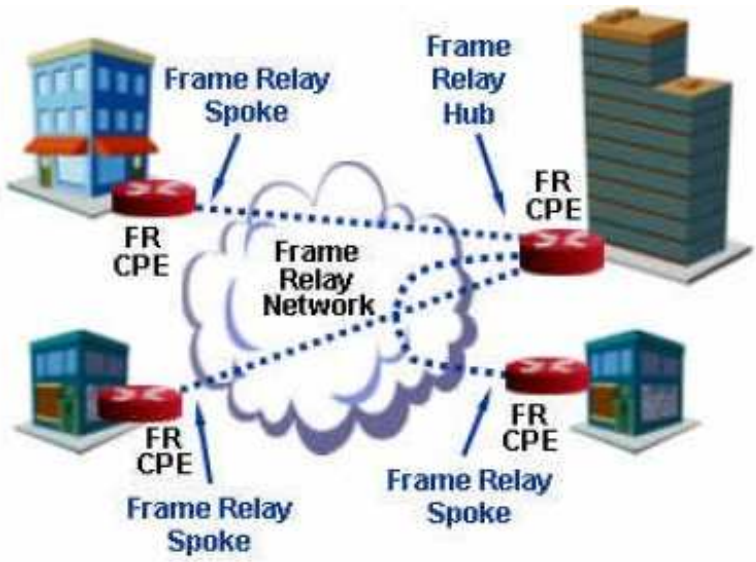


Figura 6.2 Fame Relay análogo al E-LAN service

CPE: Customer Premise equipment
FR: Frame Relay

De esta forma un Servicio E-LAN se puede trabajar de las siguientes formas:

- EP LAN (ethernet private LAN)
- EVP LAN (ethernet virtual private LAN

Y contiene las siguientes características:

1.7.1 EP LAN (ETHERNET PRIVATE LAN)

Suministra una conectividad multipunto entre dos o más UNI´s, con un ancho de banda dedicado.

1.7.2 EVP LAN (ETHERNET VIRTUAL PRIVATE LAN)

Otros nombres:

- VPLS: Virtual Private Lan Service
- TLS: Transparent Lan Service
- VPSN: Virtual Private Switched Network

La separación de clientes vía encapsulación: las etiquetas de VLAN´s del proveedor no son suficientes (4096)
Es el servicio más rentable desde el punto de vista del proveedor.

1.7.3 CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO EN E-LAN

Adición de un nuevo sitio usando E-LAN

Un E-LAN también puede ser usado para conectar solo dos UNIs, aunque parece similar a E-Line, hay algunas diferencias. Con un E-Line, cuando un nuevo UNI es agregado, es necesario adicionar un nuevo EVC para conectar este nuevo usuario a uno de los UNIs existentes. En la **figura 7**, un nuevo punto de red es adicionado y por consiguiente un nuevo EVC es creado para conectar todos los puntos de la red. Haciendo la analogía con frame Relay se debiera agregar PVCs entre cada sitio.

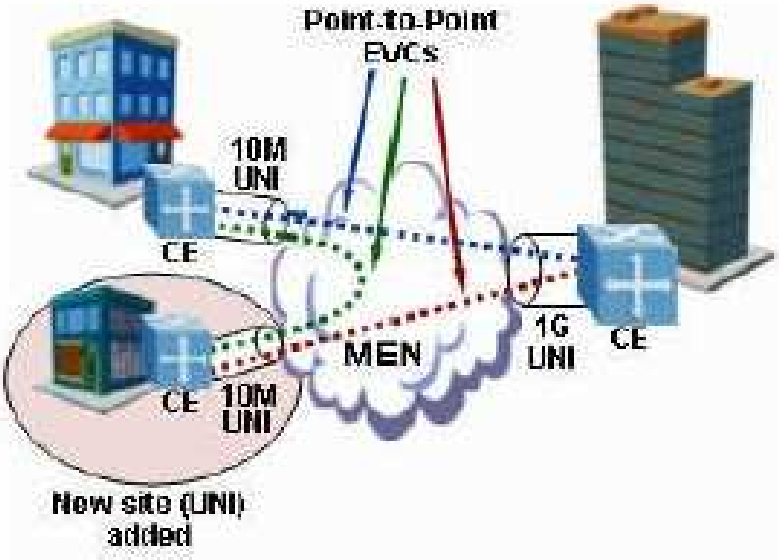


Figura 7. Adición de un nuevo sitio a un E-Line

Con un servicio de E-LAN (revisar figura 8), solamente una nueva UNI necesita ser agregada a la EVC múltipipuntos. No se requieren EVCs adicionales desde el servicio E-LAN ya que utiliza EVC multipunto - multipunto.

Un servicio E-LAN también permite que el sitio nuevo (UNI) se comunique con el resto de las UNIs. Con un E-Líne service, esto requiere separar las EVCs de todas las UNIs. Por lo tanto, un servicio E-LAN requiere solamente un EVC para alcanzar múltiples sitio de conectividad.

Resumiendo, un servicio E-LAN puede interconectar un gran número de sitios con menos complejidad y menor numero de conexiones, de hub de lenguajes de conexiones y usando aplicaciones de redes punto a punto ganándole a tecnologías tales como Frame Relay y ATM.

Además, un servicio E-LAN se puede utilizar para crear una amplia gama de servicios tales como LAN privadas y servicios privados virtuales LAN.

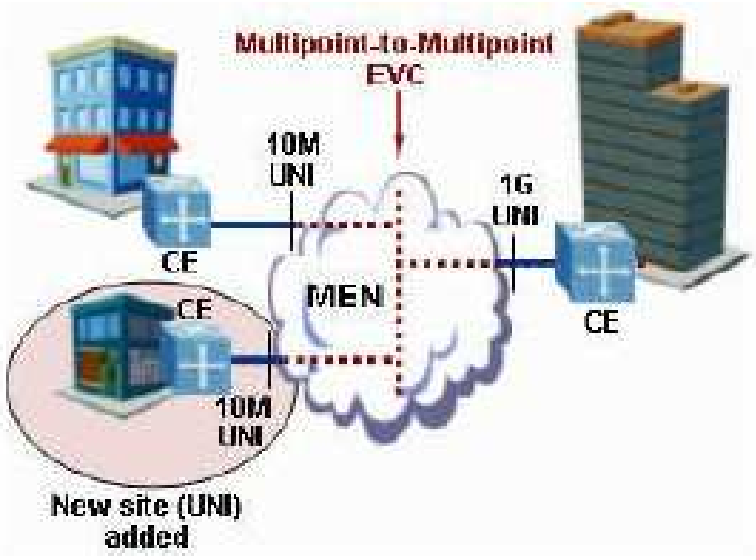


Figura 8. Nuevo punto de red

1.8 DESAFÍOS EN LAS REDES DE ÁREA METROPOLITANA ETHERNET

Existen varios desafíos que un proveedor de redes metropolitanas Ethernet debe enfrentar. Estos desafíos son:

1. **Seguridad de datos en la Red**: Como separar el tráfico de un usuario, que cada usuario trabaje como si estuviese “en su propia y aislada red metropolitana”.

2. **Calidad de Servicio**: como garantizar cierto ancho de banda para cada e-line o e-LAN

3. **Resilencia**: como armar una red tan confiable como otras redes metropolitanas tradicionales resistente a fallas tales como SDH/SONET, ATM o Frame Relay.

4. **Escalabilidad**: como lograr armar una red metropolitana que soporte el crecimiento sostenido del número de usuarios y no tenga problemas para hacerlo.

1.8.1 PRIMER DESAFÍO

Para resolver el primer desafío, existen varios mecanismos tecnológicos al alcance del proveedor hoy en día. El primero de ellos es el estándar 802.1q. Mediante este protocolo se pueden crear Redes Virtuales LAN (VLANs) que permiten encapsular la información enviada de un punto a otro en paquetes a los cuales se los identifica con una etiqueta (llamada también tag) que aíslan dichos paquetes del resto de la red metropolitana.

Las VLANs se representan con números o colores. Las VLANs por lo general son definidas por el proveedor del servicio y son asignadas por el usuario. En caso de que un usuario haya estado usando de antemano números de VLANs dentro de su propia LAN, el proveedor deservicio puede seguir respetando dichas VLANs y reencapsula cada paquete que sale del usuario con otro número de VLAN sólo válido dentro de la red metropolitana.

Este mecanismo es conocido como VLAN stacking, VLAN tunneling o Queue in Queue (QinQ).

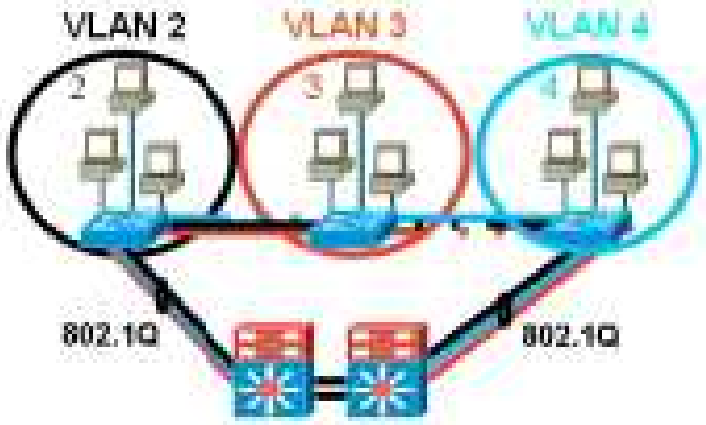


Figura 9: Uso de 802.1q en Redes Metro Ethernet.
Diferenciación por colores y números de cada VLAN.

Algo muy importante de resaltar es que las VLANs no encriptan la información transmitida. Si el usuario final desea este grado de seguridad en su red, la tarea es dejada para los CE (típicamente ruteadores, *firewalls*, concentradores de VPN o servidores Linux).

1.8.2 SEGUNDO DESAFÍO

Para resolver el segundo desafío existe el mecanismo de token bucket usado hoy en día como un estándar para el control de ancho de banda a nivel de software. El mecanismo de token bucket consiste en asignar un “pase” o token a cada paquete que sale o entra desde el usuario. Estos tokens se van depositando en una canasta (también llamada bucket) hasta que esta canasta se llene. Cuando dicha canasta se llena de tokens, ninguno de los nuevos paquetes podrá recibir un token nuevo por lo cual será descartado. Este mecanismo efectivamente limita el número de paquetes por segundo que puede transmitir un usuario. El mecanismo de token bucket se enmarca dentro de una arquitectura de Calidad de Servicio conocida como DiffServ. Esta específica en qué lugar dentro de la red del proveedor debe ser implementado el mecanismo de token bucket. Luego de ciertos análisis Diffserv determina que el mejor lugar para controlar el ancho de banda del usuario es justamente en la frontera de conexión entre el proveedor y el usuario final conocida como borde o edge. Allí se ubican los edge switches del proveedor, quienes son los encargados de controlar el ancho de banda del usuario.

El ancho de banda puede ser controlado con una precisión que llega más allá del nivel de VLAN. Dentro de la VLAN se puede llegar a controlar el ancho de banda por cada protocolo que este pasando por ella (IP, TCP, UDP, SNA o aplicaciones como web, mail, voz, video, etc.) logrando así garantizar que el tráfico de ciertas aplicaciones no se vea afectado por el tráfico de otras.

1.8.3 TERCER DESAFÍO

La resilencia a fallas o el hecho deque una red pueda seguir en funcionamiento a pesar de que uno o varios de sus componentes fallen es el factor que marca la diferencia entre un proveedor de servicios de transmisión de datos y otro. Mientras más medidas se hayan adoptado para garantizar la permanencia del servicio aún en caso de fallas, más robusta y estable es la red metropolitana y más usuarios estarán satisfechos con el servicio.

El mecanismo más natural para garantizar la resilencia en una red de Área Metropolitana basada en Ethernet es conocido como **Spanning Tree**. El Spanning Tree (IEEE 802.1d) es un protocolo que permite a una red metropolitana no solo tener uno sino varios caminos redundantes entre los nodos del proveedor, haciendo posible la creación de mallas de conexión entre los nodos (red full mesh o partial mesh). Como contraste, protocolos de área metropolitana de uso mas extendido como SONET o SDH solo pueden armar anillos (rings) de interconexión de nodos.

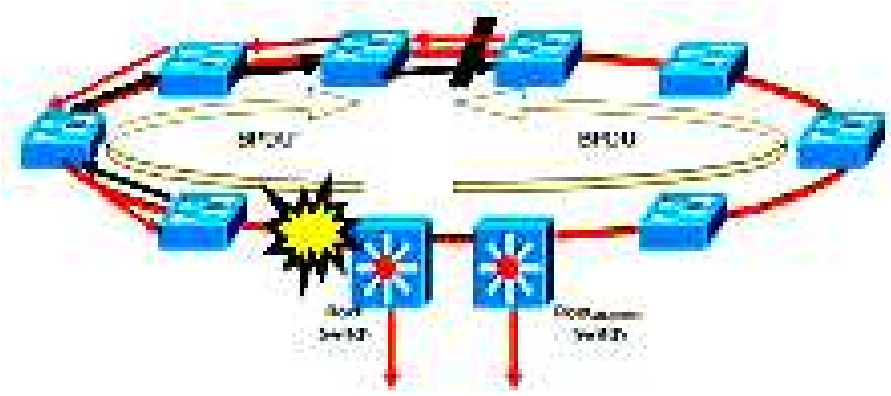


Figura 10: Spanning Tree usa caminos alternos para Llegar al switch principal o root.

Existen diferentes versiones de Spanning Tree, tales como:

- Rapid Spanning Tree (802.1w)
- Per VlanSpanning Tree (PVST)
- Multiple Spanning Tree (MSTP)

La diferencia entre ellos tiene que ver con los tiempos de conmutación en caso de fallas y/o las instancias de Spanning Tree soportadas. Existe en la actualidad un segundo mecanismo disponible para redes Metro Ethernet conocido como Resilient Packet Ring (RPR o IEEE 802.17. Este es un estándar de la IEEE que no ha tenido mucha acogida en la actualidad pero que garantiza tiempos de respuesta en caso de fallas inferiores a 50 milisegundos.

1.8.4 CUARTO DESAFÍO

El pensar y diseñar una red pensando en su escalabilidad es lo que garantiza a un proveedor que podrá seguir creciendo en el tiempo en número de usuario sin diezmar su calidad de servicio. Para esto debe realizarse desde un comienzo una Ingeniería del Diseño de la Red.
Una de los hechos a los que nos enfrentamos al construir una red Metro Ethernet es que lo que realmente se está construyendo una gran LAN con un alcance de ciudad. Como todo buen diseñador de redes conoce a medida que se va expandiendo el dominio de una red, es conveniente su división en diferentes áreas para mantener toda la red simple y fácil de diagnosticar en caso de fallas.

Multi Label Protocol Switching (MPLS -RFC3031) es uno de los protocolos para Metro Ethernet más usados hoy en día para cumplir con nuestro objetivo.

MPLS es una tecnología implementada en el centro de la red del Proveedor (corenetwork) que permite, por ejemplo, dividir en zonas a la ciudad (i.e. Norte, Sur, Este y Oeste) aislando el tráfico de unas con otras. Si fuese necesaria la interconexión entre ellas, MPLS puede encapsular VLANs a través de etiquetas conocidas como Label Switch Packets (LSPs). MPLS también provee sub 50 milisegundos en caso de fallas de la red.

1.9 ATRIBUTOS DE LOS SERVICIOS METROETHERNET

Los atributos se definen como las capacidades de los diferentes tipos de servicio. Algunos atributos se aplican a los puntos de acceso (UNI), mientras que otros a los canales virtuales (EVC).
Los atributos de la Metroethernet son conocidos como:

- Interfase física ethernet
- Características del ancho de banda

1.9.1 INTERFACE FÍSICA ETHERNET

Para los puntos de acceso (UNI) aplican los siguientes atributos:

- Medio físico: El medio físico para los servicios UNI posee una interfaz que esta especificada en el estándar 802.3 – 2000. Ejemplos de medios físicos incluye 10BaseT, 100BaseT, 1000BaseSX.

- Velocidad: Los atributos de la velocidad UNI se caracterizan y se especifican en el estándar Ethernet de velocidad: 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.
- Modo: El modo UNI posee atributos y necesita que cualquier enlace pueda soporta full o half duplex o auto negociación.
- Capa MAC: La capa MAC de la UNI debe ser la especificada y soportada en la norma IEEE 802.3 – 2000.

1.9.2 CARACTERÍSTICAS DEL ANCHO DE BANDA

El MEF ha definido el perfil de servicio de ancho de banda (Bandwidth Profile) que se puede solicitar en una UNI o un EVC. El perfil de ancho de banda es un limitado en la 'rata' en el cual la trama de Ethernet puede atravesar la UNI. Este ancho de banda debe ser separado tanto para las tramas entrantes como para las tramas salientes en red.
La CIR (Committed Information Rate) de una trama Frame Relay PVC es un ejemplo de de una característica del ancho de banda.

Para Metro Ethernet se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- **CIR** (Committed Information Rate): es la cantidad promedio de información que se ha transmitido, teniendo en cuenta los retardos, y las pérdidas, etc.
- **CBS** (Committed Burst Size): es el tamaño de la información utilizado para obtener el CIR respectivo.
- **EIR** (Excess Information Rate): especifica la cantidad de información mayor o igual que el CIR, hasta el cual las tramas son transmitidas sin pérdidas.

- **EBS** (Excess Burst Size): es el tamaño de información que se necesita para obtener el EIR determinado.

2. PARÁMETROS DE DESEMPEÑO

Retardo de trama: son los retardos presentados en la transmisión, es un parámetro crítico y tiene un impacto significativo en la Calidad de Servicio (QoS) para las aplicaciones en tiempo real.

Jitter de trama: es la variación de los retardos (delay), es un parámetro crítico en las aplicaciones de tiempo real, como la telefonía IP y la transmisión de video.

Perdida de trama: es el porcentaje de tramas que no son transmitidas correctamente en un intervalo de tiempo, está definido como:

$$\left[1-\frac{\#\ de Tramas\ entregadas\ al\ destino}{Total\ de Tramas\ enviadas}\right]\times 100$$

2.1 CLASES DE SERVICIOS (CoS)

Metro Ethernet ofrece diferentes clases de servicio al usuario, tales como:

- Puerto físico
- CE-VLAN CoS (802.1p)
- DiffServ/IP TOS

Los proveedores de servicio se esfuerzan por ofrecer diferentes parámetros de tráfico, ejemplo, un CIR para cada clase de servicio. Cada clase de servicio puede ofrecer diferentes niveles de desempeño, como retardos, jitter y tramas perdidas. Si un proveedor de servicio soporta múltiples clases de servicio entre UNIs, el tráfico y los parámetros de desempeño deben ser los especificados para cada clase. A continuación se muestran las características de las clases de servicio.

2.1.1 PUERTO FÍSICO

En este caso, una simple clase de servicio es provista por un puerto físico. Todo el tráfico que ingresa o sale del puerto recibe la misma clase de servicio. Si el suscriptor requiere múltiples clases de servicio para sus tráficos, se separan tantos puertos físicos como sean requeridos, cada uno con su clase de servicio.

2.1.2 CE-VLAN CoS (802.1p)

El MEF (Metro Ethernet Forum) ha definido CE-VLAN CoS como la clase de servicio que utiliza 802.1Q para etiquetar las tramas, cuando se utiliza, hasta 8 clases de servicio pueden ser indicadas. El proveedor de servicio especifica el ancho de banda y los parámetros de desempeño.

2.1.3 DIFFSERV/IP TOS VALUES

(Differentiated services/Internet Protocol type of service)
Pueden ser usados para determinar la clase de servicio IP TOS (Type Of service), en general, es usada para proveer 8 clases de servicio conocidas como prioridad IP. Prioridad IP es muy similar a la definición en 802.1p en IEEE 802.1Q cuando CoS es basada en prioridad de envío. DiffServ es definido como PHS (Per-hop behabiors), con una calidad de servicio mas robusta cuando se compara con IP TOS y 802.1p. DiffServ provee 64 diferentes valores para determinar las clases de servicio. Casi todos los routers y switches soportan estas clases de servicio.

El campo de la TOS (tipo de servicio) o de DiffServ (servicios distinguidos) en la cabecera IP se utiliza para clasificar los paquetes IP de modo que los router puedan tomar decisiones de QoS (calidad del servicio) acerca de cual trayectoria los paquetes deberían tomar a través de la red. Por ejemplo, un usuario desea garantizar que la comunicación de video que fluye utilice alta calidad, o puede ser que desee asegurar aplicaciones de e-mail con enlaces más baratos (pero menos confiables).

2.2 SOPORTE VLAN TAG

Identifica las Vlans y las diferencias unas de otras.
Las VLAN soportan una variedad de servicios Ethernet. Un UNI puede soportar tagged (etiquetado), Untagged (No etiquetado) o Tagged (etiquetado) y Untagged (No etiquetado). Función avanzada de gestión como Tag Bases VLAN que permite al administrador configurar grupos VLAN a través de diferentes switches.

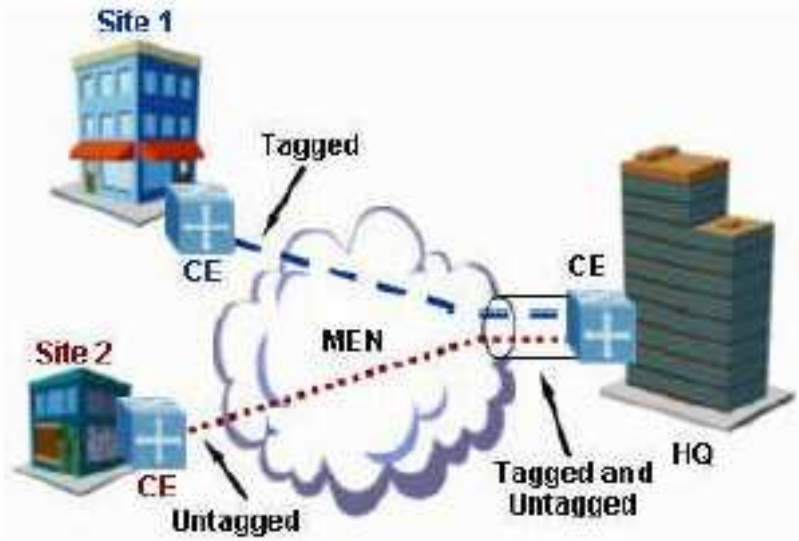


Figura 11.V LAN TAG

2.3 ACCESO A ETHERNET Y COMPARACIÓN CON FRAME RELAY

El servicio Frame relay VPN ha sido aceptado y han demostrado ser muy rentable comparado al servicio línea-privada Point-to-Point. Esencialmente, los servicios de Ethernet se pueden considerar como la próxima generación de Frame Relay porque proveen la mayor parte de las ventajas de Frame Relay como es una scalability (escabilidad) con una mayor entrega de ancho de banda y de servicios de conectividad multipuntos a multipuntos.

Se enunciaran las semejanzas y de las diferencias entre Ethernet y el servicio dado por frame relay, tenemos 5 tópicos a tratar:

2.3.1 LA VELOCIDAD DE LA INTERFAZ:

La velocidad de la interfaz de Frame relay tiene un rango de T1 (155Mbps) y de velocidades sub-T1. Sin embargo, Frame Relay se ha desplegado extensamente a velocidades más bajas de T1, y también maneja DS3 (44.736 Mbps). Un interfaz de Ethernet puede funcionar hasta 10 Gbps.

2.3.2 LA CONECTIVIDAD DE ULTIMA MILLA:

Los servicios de Ethernet pueden encontrar una mejor aceptación en despliegues en red (donde la fibra alcanza el edificio), con independencia del método del transporte). Frame Relay tiene la ventaja de ser desplegado fuera de la red, en aplicaciones que corren sobre cobre en líneas T1 y DS3, que constituye hasta ahora un porcentaje muy alto de despliegues. Hay esfuerzos existentes en foros, tales como Ethernet en el primer foro de la milla (EFM), de poner a correr directamente Ethernet sobre líneas de cobre.

Es desconocido en este punto si tal despliegue encontraría la aceptación comparada a un servicio tradicional de frame Relay.

2.3.3 SOPORTE DE CIRCUITOS VIRTUALES:

Tanto Ethernet como Frame Relay ofrecen una interfaz multiplexada que permite que un solo cliente localizado hable con diversas locaciones sobre la misma interfaz física. La noción de VLAN de Ethernet es similar al circuito virtual permanente de Frame Relay (PVC).

2.3.4 LA CONECTIVIDAD MULTIPUNTOS:

Una diferencia muy notable entre Frame Relay y Ethernet es que los circuitos virtuales de Frame Relay son circuitos punto a punto. Cualquier conectividad punto-multipunto o multipunto-multipunto entre varios sitios se hace aprovisionando varias PVCs punto a punto y el enrutamiento entre estos PVCs en una capa más arriba, en la capa IP.

Con Ethernet, la VLAN constituye un broadcast (difusión) dominante, y muchos sitios pueden compartir conectividad multipunto-multipunto en L2.

2.3.5 LA INTERFAZ L2:

Un beneficio muy importante e que ofrece tanto Frame Relay como Ethernet es la habilidad de mantener separados la conectividad de la red (networking) en L2 y los niveles más altos de las aplicaciones IP, incluyendo el enrutamiento L3. Esto permite que el cliente tenga control sobre su red existente L2 o L3 y guarde una demarcación entre la red del cliente y la red del portador (carrier).

2.4 TECNOLOGÍAS METRO

Los servicios y los usos de Metro Ethernet no requieren necesariamente Ethernet como la tecnología subyacente de transporte. La metro se puede construir en diversas tecnologías, por ejemplo:

- Ethernet sobre SONET/SDH (EOS)
- Resilient Packet Ring (RPR)
- Ethernet Transport

2.4.1 ETHERNET SOBRE SONET/SDH (EOS)

Muchos proveedores en los E.E.U.U. y Europa han gastado billones de dólares para construir las infraestructuras metro basadas SONET/SDH. Estos proveedores quisieran utilizar la infraestructura existente para entregar los servicios next-generation de Ethernet. Para lo cual el manejo del ancho de banda de la red es esencial, debido a la capacidad baja de los anillos existentes de SONET/SDH y del hecho de que se pueden sobrescribir (oversubscribed) fácilmente cuando están siendo utilizados para los servicios de los datos.

Quienes deseen desplegar servicios de EOS hacen frente a desafíos. Tradicionalmente, para los diferentes tipos de proveedores en los E.E.U.U tales como RBOCs (Regional Bell Operating Companies) e ILECs (Incumbent Local Exchange Carries), hay una delineación clara entre el transporte y los datos mismos. La sección reguladora de las organizaciones trata el transporte solo como el equipo, no como un equipo de datos. Con el EOS, los vendedores del equipo conservan la demarcación que hay entre los datos y el transporte, esto crea un problema para la adopción de las nuevas tecnologías. Así pues, vale la pena gastar algo de tiempo explicando la tecnología de EOS.

La ventaja del EOS es que introduce un servicio de Ethernet mientras que preserva todas las cualidades de la infraestructura de SONET, tales como la restauración de SONET rápidamente, monitoreo que nos da una gran calidad de acoplamiento, y el uso de la existente SONET OAM&P (Operation, Administration, Maintenance and Provisioning). Con EOS, la trama completa de Ethernet se preserva, al encapsularla dentro de la carga útil de SONET (payload) en el ingreso de la red y se remueve en la salida de la red.

En la **figura 12** a continuación se muestra el encapsulado de la trama completa Ethernet dentro de una cabecera EOS, el sistema muestra la trama ethernet a los extremo en el ingreso y salida. La trama de Ethernet es mapiada (mapped) dentro de la carga útil sincrónica de SONET/SDH (Synchronous Payload Envelope SPE) y se transporta sobre el anillo de SONET/SDH. La trama de Ethernet entonces se extrae en la función del EOS en el lado de la salida.

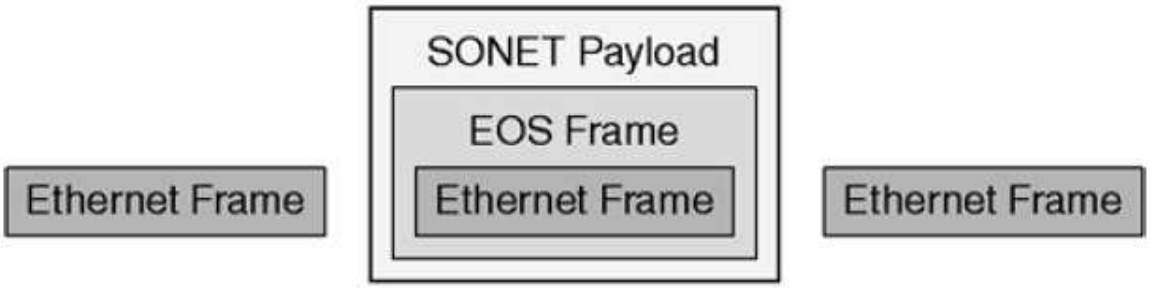


Figura 12: Ethernet sobre SONET

Hay dos maneras estandardizadas de transportar tramas de Ethernet sobre una red de SONET/SDH: LAPS y GFP

2.4.1.1 LAPS (link access Procedure SDH) :

Ethernet sobre Link de Access Procedure SDH es definida por el ITU-T, que publicó el estándar X.86 en febrero de 2001. LAPS es un protocolo sin conexión similar al control de trasmisión de datos de alto nivel (HDLC High-Level Data Link Control).

2.4.1.2 GFP:

GFP (Generic Framing Procedure) es también un estándar de ITU que utiliza el protocolo simple de la trasmisión de datos (SDL simple data link) como punto de partida. Una de las diferencias entre GFP y los LAPS es que GFP puede acomodar formatos de tramas con excepción de Ethernet, tal como PPP (Point to Point Protocol), fiber channel, conectividad de la fibra (FICON fiber connectivity), y conexión de los sistemas de la empresa (ESCON Enterprise Systems Connection).

La función del EOS puede residir dentro del equipamiento SONET/SDH o dentro del paquete de switches. Esto crea algunos escenarios competentes muy interesantes entre los vendedores de switches y transportadores que ofrecen conexión de Ethernet.

2.4.2 RESILIENT PACKET RING (RPR)

RPR también desempeña un papel importante en el desarrollo de los servicios de datos en la metro. RPR es el nuevo protocolo de Media Access Control (MAC) que se diseña para optimizar la gerencia de ancho de banda y para facilitar el despliegue de los servicios de datos sobre el anillo de red. Las raíces de RPR se

remontan al punto en el cual Cisco Systems adoptó la tecnología propia de DPT (Data Packet Transport) para optimizar los paquetes de anillos para administrar la resilencia y el ancho de banda. DPT es encontrada de la siguiente manera en el Workgroups de IEEE 802.17, el estándar el cual conduce la creación de un RPR que diferencia del acercamiento inicial de DPT.

RPR ha sido hasta ahora un acercamiento muy atractivo a los operadores múltiples del servicio (MSOs), tanto como los operadores de cable que están agregando tráfico desde los sistemas terminales cable moden (CMTSs cable modem termination systems) en la metro red. Hay que seguir si RPR será desplegado por los proveedores tales como el RBOCs (Regional Bell Operating Companies y el ILECs Incumbent Local Exchange Carries), que hasta ahora no han sido atraídos por el concepto de RPR (Resilient Packect Ring).

La razón principal por la cual no han mostrado interés en desplegar RPR es que no lo ven como un nuevo despliegues, comparados a los despliegue EOS, la cual ya su infraestructura existe y es por lo tanto más evolutiva.

RPR es una nueva tecnología de paquete-anillo que se despliega sobre la multiplexación de fibra oscura o de longitud de onda (WDM wavelength division multiplexing) en vez de los anillos tradicionales de SONET/SDH.

RPR podría ser desplegar sobre la infraestructura existente SONET/SDH; sin embargo, el problema es la complejidad que representa sobreponer los anillos físicos lógico de RPR sobre los anillos físicos de SONET/SDH, esto no será muy atractivo para muchos operadores. Aunque RPR y EOS solucionan diversas parámetros en las metro redes *(EOS soluciona el despliegue del servicio de Ethernet, y RPR soluciona y aumenta la eficiencia del ancho de banda en el*

paquete de anillos), ambas tecnologías competirán para abastecerla parte de la metro en que es mejor.

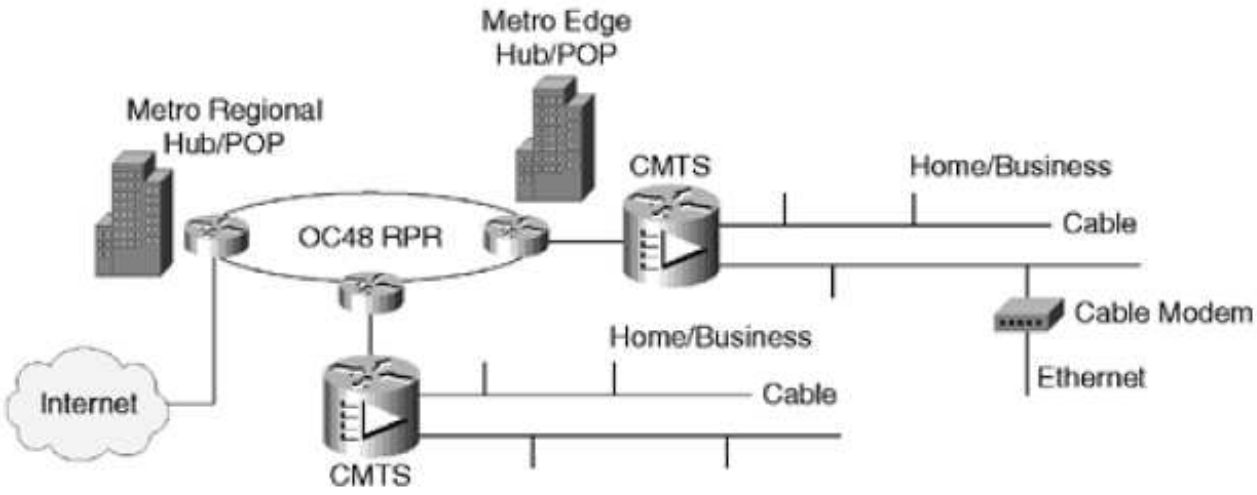


Figura 13: Un despliegue típico de RPR

Un despliegue típico de RPR (**figura 13)** .En el cual tenemos a un operador del cable. El CMTSs (cable modem termination systems) agrega el tráfico que viene sobre el cable coaxial desde negocios y los hogares y entrega la sección de los datos (si se asume que el cable es portador de voz o/y vídeo) a el router RPR. Múltiples router RPR conectan vía paquete de anillo OC48, y el tráfico se va agregar en el Hub base, donde se establece la conexión a Internet.

RPR normalmente se asocia más a los router que con los switches, mientras que el EOS se asocia comúnmente a los switches en vez de a los routers. La razón de estas asociaciones es que históricamente DPT se ha desplegado usando router IP de Cisco para entregar servicios IP enrutados sobre un anillo del paquete. Mientras que los estándares de IEEE 802.17 quisiera hacer independiente a RPR

de la conmutación de la capa 2 (L2) o enrutamiento de la capa 3 (L3). También, muchos router carecen la funcionalidad para entregar los servicios L2, lo cual hace a EOS más conveniente para los switches.

En comparación de RPR con los anillos tradicionales de SONET/SDH, notamos que los despliegues de RPR tienen muchas ventajas simplemente porque RPR es un protocolo construido de abajo hasta arriba para el soporte de los anillos de datos.

2.4.3 ETHERNET TRANSPORT

El Transporte de Ethernet hasta ahora ha sido adoptado como interfaz del acceso más bien que un interfaz de TDM. Aunque Ethernet no se limita a ser una tecnología de acceso. Se han hecho muchos esfuerzos de ampliar Ethernet hasta la misma MAN como tecnología de transporte. Desde el 2000, los despliegues de Metro Ethernet han tomado muchas formas; algunos casos ha demostrado trabajar bien, y en otros no.
Cuando Ethernet se utiliza como tecnología del transporte, la red de acceso se puede construir en *anillo* o en topologías Hub-and-Spoke, que *serán introducidos a continuación*.

2.4.3.1 GIGABIT ETHERNET CONFIGURACION HUB-AND- SPOKE:

En la configuración gigabit Ethernet hub-and-spoke, los switches de Ethernet desplegados en la base del edificios son dual-homed dentro del punto de presencia mas cercano (point of presence-POP) o CO. Fibra dedicada, o las longitudes de onda dedicadas usando el WDM, se utilizan para la conectividad. Aunque éste es el más costoso de los despliegues de acceso a la metro debido al

costo de la fibra, algunos de los operadores consideran que es la mejor solución a la supervivencia y la escalabilidad de Ethernet cuando se despliega en este tipo de topología.

Con el modelo hub-and-spoke, el ancho de banda dedicado a cada edificio puede escalar, porque la totalidad de la fibra se dedica al edificio. Las protecciones se pueden alcanzar con mecanismos tales como enlace agregado (link aggregation) 802.3ad o (dual homing) autoguiado hacia el blanco dual de enlace. Con link agregation, dos fibras se agregan en una 'pipa' más grande que conecte con el tráfico del CO. El tráfico alcanza un balance entre las dos fibras, y si se daña una fibra, la otra absorbe la carga completa. Esto, por supuesto, asume que las dos fibras están corren en dos diferentes conductos al CO para una mejor protección. Este ambiente se demuestra en la **figura 14**. Para la conexión entre el edificio 1 y el CO.

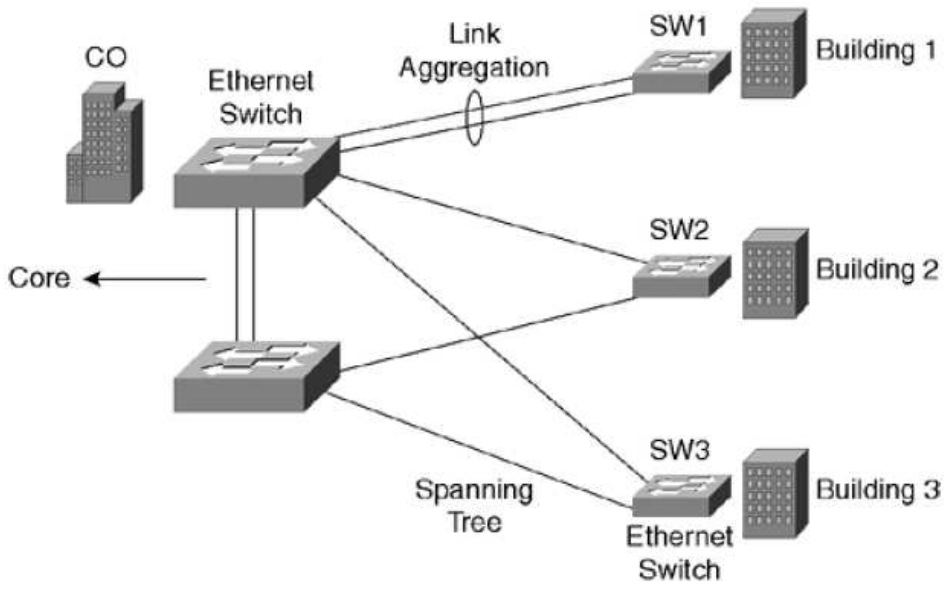


Figura 14: Ethernet Hub and Spoke

Otro punto de vista es al dual-homig (hogar dual) la fibra dentro de diferentes switches en el CO, según las indicaciones en la **figura 14** para los edificios 2 y 3. Aunque esto previene solo una falla en punto de la conmutación, crea más complejidades, porque el cable STP (Shieldd Twisted Pair) debe ser soporte entre los edificios y el CO, haciendo que el tráfico en uno de los enlaces dual-homed se ha bloqueado.

2.4.3.2 GIGABIT ETHERNET RINGS

Muchos despliegues de fibra en la metro se ponen en configuraciones de anillo. Por lo tanto, las topologías del anillo son naturalmente las más implementadas y proporcionan un gran ahorro de costos. Sin embargo, la situación se diferencia dependiendo de si estás tratando de los proveedores (carriers) de los EE.UU. o los proveedores (carriers) internacionales.

Los despliegues tipo anillo [6] podían ser extremadamente rentables para un carrier (proveedor), por la fibra que están hechos.

Los anillos de Gigabit Ethernet están conformados por unas series de conexiones Point-to-Point entre los switches en la base del edificio y el CO, según las indicaciones de la **Figura 15**. Tan simple como parece, los anillos de gigabit Ethernet pueden crear de muchas formas segun los operadores debido y dependiendo de las limitaciones, de la protección y al ancho de banda. Primero que todo, la capacidad del anillo podía ser una decisión importante. Los anillos de gigabit Ethernet tienen solamente 1 GB de capacidad para compartir entre todos los edificios, y una porción de esa capacidad no estará disponible porque

atravesar el árbol (spanning tree) bloquea las porciones del anillo para prevenir lazos o bucles (loops).

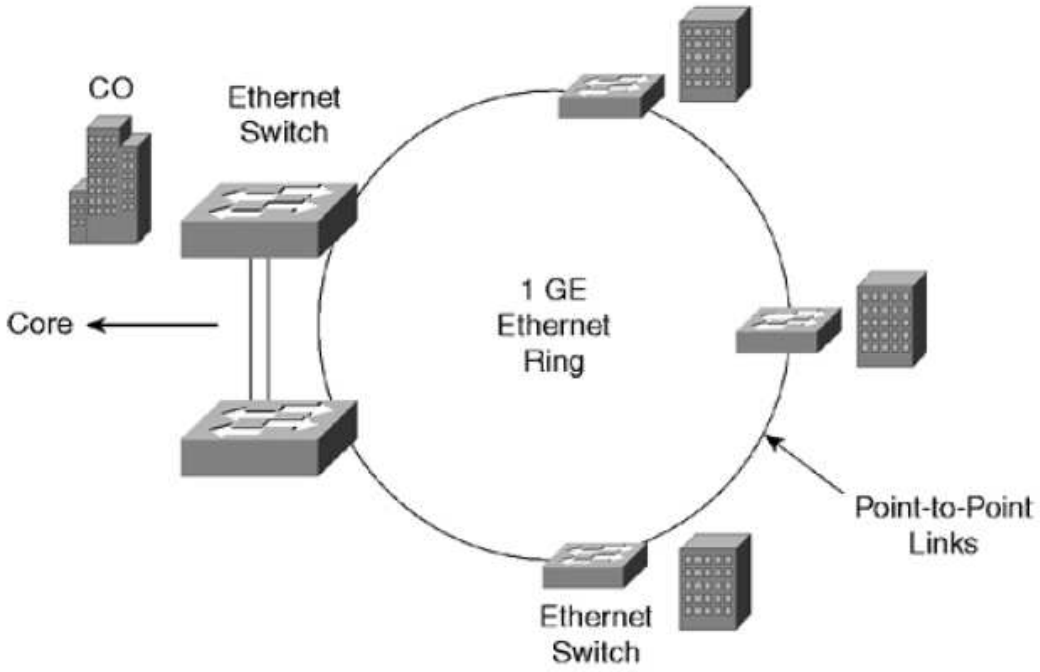


Figura 15: Gigabit Ethernet Rings

Con una operación de swticheo Ethernet L2, el anillo mismo se convierte en una colección de enlaces Point-to-Point. Incluso sin un corte de la fibra, la porción de bloques de spanning tree del anillo previene 'broadcast storm' causadas por los lazos o bucles (loops) (mostrada en la *parte A* de **la figura 16**).

Las tormentas de la difusión (broadcast storm) ocurren, por ejemplo, cuando un paquete con un destino desconocido alcanza un nodo. El nodo inunda el paquete sobre el anillo de acuerdo al estándar de operación de puente según lo definido en 802.3d. Si hay un lazo o bucle (loops) en la red (en este caso, el anillo), el

paquete podría terminar siendo recibido y enviado por el mismo nodo una y otra vez.

Los algoritmos de ‘spanning tree’ usados para el control de paquetes son llamados bridge protocol data units (BPDUs) para descubrir lazos o bucles (loops) y para al mismo tiempo bloquearlos.

Spanning Tree toma normalmente entre 30 y 60 segundos para converger. La nueva Rapid Spannig Tree 802.1W permite una convergencia más rápida pero todavía no esta cerca de 50 ms. Muchos algoritmos propios han sido introducidos para alcanzar convergencia en el (ring) anillo en menos de 1 segundo, que muchos operadores ven como bastante bueno para los servicios de los datos e igualmente buenos para servicios voz sobre IP (VoIP). Sin embargo, porque la conmutación L2 no puede funcionar en un ambiente del lazo (loops), muchos de estos algoritmos todavía necesitan bloquear las trayectorias redundantes en los anillo para prevenir ‘broadcast’, y no se consideran tan confiable como los mecanismos de protección de RPR o de SONET/SDH que son más clase portadores. Cuando ocurre un corte de la fibra, Spannig Tree la reajusta y una nueva trayectoria entre los diversos nodos es establecida, según las indicaciones de la parte B de la **figura 16.** (Mostrada a continuación)

---

6. Grupo de tareas especiales de Ethernet de 10 Gb/s del IEEE P802.3ae (Ethernet de 10 Gigabits)

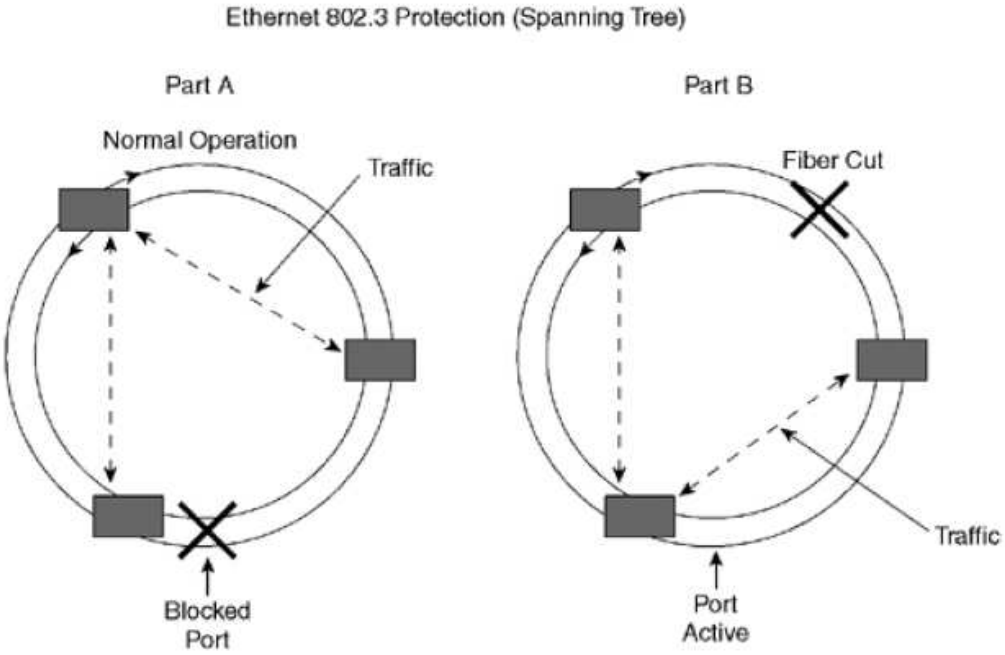


Figura 16: Gigabit Ethernet Rings—Spanning Tree

Aunque los anillos de Ethernet 10-Gigabit aliviarían las congestiones, las soluciones iniciales para los switches de 10-GE son prohibitivas por sus costos. El equipo inicial con interfaz 10-GE fue diseñado para las redes core (bases) más bien para el acceso a edificios. Mientras que las soluciones 10-GE se maduran y sus precios se reducen para encajar en el acceso a edificios, los anillos 10-GE se convertirán en una solución viable.

Otros métodos, tales como desplegar el WDM, se podían utilizar para agregar capacidad al anillo. Es discutible si tales métodos son rentables para los despliegues importantes, porque ellos aumentan las operaciones de overhead (cabeceras) al desplegar el acceso al anillo.

Hasta ahora, se ven diversas tecnologías que se pueden utilizar para la conectividad física de las metro redes. Ethernet sobre SONET, RPRs, y de transporte Ethernet, son todos unos métodos viables para desplegar un servicio de Metroethernet.
Ethernet sobre SONET presenta una solución viable para los servicios de Ethernet que despliegan sobre una base existente ya instalada.

Se ha visto cómo el encadenamiento virtual permite una mejor eficiencia y de ancho de banda en los anillos de SONET/SDH. Además RPR es una tecnología de paquetes de anillo que está atrayendo mucho interés de MSOs (operadores de cables de sistemas múltiples) porque soluciona muchas de las ineficacias de la restauración y del ancho de banda que existen en anillos de SONET/SDH. Ethernet como tecnología de transporte es también una manera simple y eficiente de desplegar servicios de Ethernet; sin embargo, por sí mismo, esta solución hereda muchas de las deficiencias de las redes conmutadas de Ethernet L2.

Mucha más funcionalidad y versatilidad necesita ser ejercida sobre equipo de redes metro para entregar una alta gama y generación de servicios tales como una gran conectividad a la Internet y servicios de VPN. Ethernet, por ejemplo, se ha utilizado siempre en un ambiente o escenario limitado a un solo cliente, tal como una red de empresa. Ahora se está moviendo a un ambiente del multicliente en el cual necesitamos que el mismo equipo entregue servicios a diverso clientes de una red compartida transportadores (carriers).

2.5 FUNDAMENTOS DE LA CONMUTACIÓN L2 (L2 Switchig Basics) :

La conmutación L2 permite que los paquetes sean intercambiados en la red, basándose en la dirección Media Access Control (MAC) [7].
Cuando un paquete llega al switch, el switch comprueba la MAC address de destino del paquete y, si la conoce, envía el paquete hasta el puerto de salida de la MAC de este.

Los dos elementos fundamentales en la conmutación L2 de Ethernet son el MAC address y la LAN virtual (VLAN)) [8], De la misma forma que el enrutamiento IP se refiere a estaciones en las redes vía a la IP address L3, la conmutación de Ethernet L2 se refiere a estación final vía a la MAC address. Sin embargo, difiere de la IP, en tanto que las direcciones IP son asignadas por los administradores y puede ser reutilizadas en diversas redes privadas, las direcciones MAC se suponen que son únicas, porque son indicativas del hardware en sí mismo. Así, las direcciones MAC no se deben asignar por el administrador de la red. (Por supuesto, en algunos casos las direcciones del MAC pueden ser sobrescritas o ser duplicadas, pero ésta no es la norma.)

Ethernet es un medio de difusión. Sin el concepto de VLANs, una difusión enviada por una estación en la LAN se envía a todos los segmentos físicos del switche LAN. El concepto de VLAN permite la segmentación de la red LAN en entidades lógicas, y el tráfico se localiza dentro de esas entidades lógicas. Por ejemplo, un campus de la universidad puede tener varias VLANs, una dedicada para la facultad, una dedicada para los estudiantes, y la tercera dedicada para los visitantes. El tráfico de información y el broadcast dentro de cada una de estas VLANs se limita solo a esa VLAN.

El la **figura 17** se ilustra el concepto de una LAN de Ethernet usando un Hub (parte A) y un Switche de Ethernet (parte B). Con un Hub de Ethernet, todas las estaciones en el LAN comparten el mismo segmento físico. Un Hub 10-Mbps, por ejemplo, permite tráfico y difusión entre las estaciones que comparten el ancho de banda de 10-Mbps.

El switche LAN a la derecha permite a cada segmento una conexión 100-Mbps (para este ejemplo), y divide la red LAN en segmentos en dos dominios lógicos, VLAN 10 y VLAN 20.

El concepto de VLANs es independiente de la estación misma. La VLAN es asignada por el mismo switche.

En este ejemplo, los puertos 1 y 2 se asignan a VLAN 10, mientras que los puertos 3 y 4 se asignan a VLAN 20. Cuando las estaciones A1 y A2 envían tráfico, el switche marca el tráfico con la etiqueta de la VLAN para la interfaz y toma la decisión de la conmutación basándose en ese número de VLAN.

El resultado es que el tráfico dentro de un VLAN está aislado de tráfico dentro del otra VLANs.

7.MAC: http://www.zator.com/Hardware/H12_4.htm

8. VLAN: hace referencia a las redes privadas virtuales

VLANs: http://www.itlp.edu.mx/publica/revistas/revista_isc/actual/vlan.htm

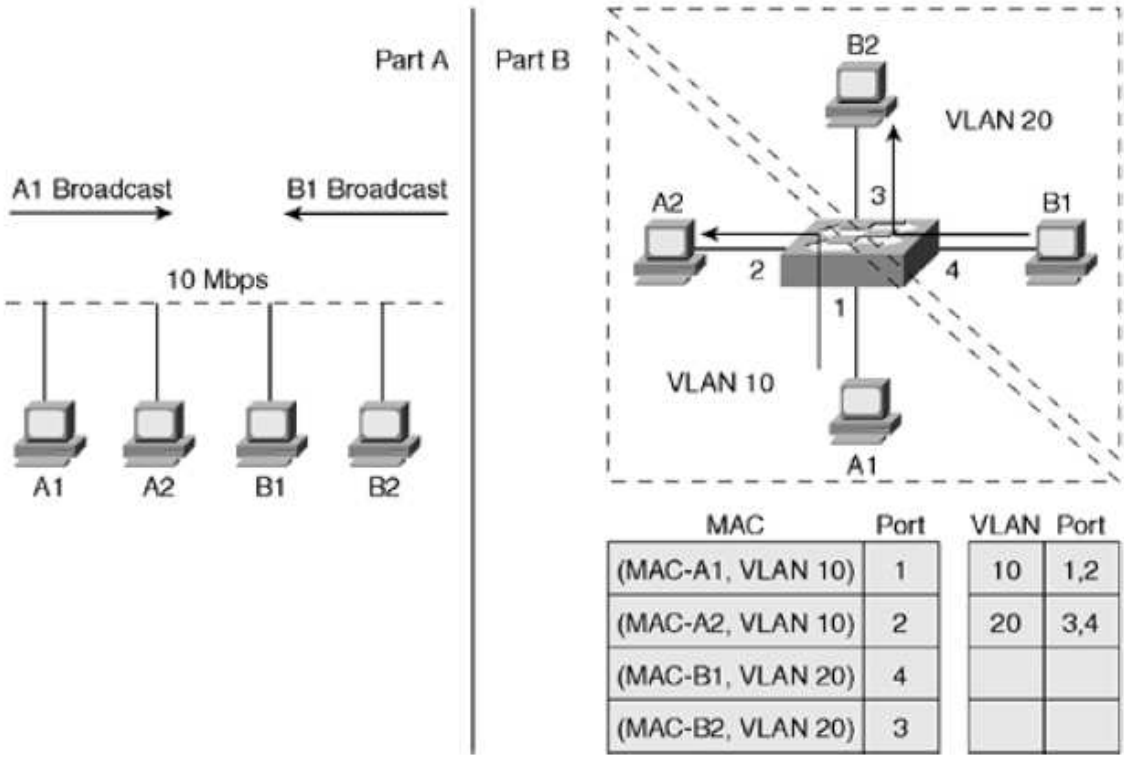


Figura 17: MAC's y VLAN's en Ethernet

La conmutación de Ethernet incluye los conceptos básicos siguientes:

- Aprender se las MAC
- Flooding
- Usando broadcast y multicast
- Expandir la red con troncales (Trunks)
- Marcar con etiqueta VLAN
- La necesidad de Spanning Tree Protocol (STP) [9]

9.Spanning Tree Protocol:
http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/rtrmgmt/sw_ntman/cwsimain/cwsi2/cwsiug2/vlan2/stpapp.htm

2.5.1 APRENDERSE LA MAC (MAC LEARNIG):

‘’MAC learning’’ permite que el switche de Ethernet se aprenda las direcciones MAC de las estaciones dentro de la red para identificar de cual puerto se envía el tráfico. Los switches LAN guardan normalmente una tabla, en la que se aprenden la MAC y una tabla de VLAN. La tabla MAC learning asocia las MACs/VLANs a un puerto dado, y la tabla de VLAN asocia el puerto a un VLAN. En la parte B de la figura, el interruptor ha aprendido las direcciones del MAC de las estaciones A1, A2, B1, y B2 en los puertos 1, 2, 4, y 3, respectivamente. También demuestra que los puertos 1 y 2 están asociados a VLAN 10 y los puertos 3 y 4 son asociados a la VLAN 20.

2.5.2 FLOODING:

Si el switche recibe un paquete con un destino de una MAC address que no existe en la tabla, el switche envía ese paquete a todas las interfaces que pertenezcan a la misma VLAN de la interfaz de donde vino el paquete. El switche no ‘flood’ (inunda) las tramas de afuera del puerto que generó la trama original. Se llama este mecanismo ‘flooding’ (el inundar). Esto permite la entrega rápida de paquetes a sus destinos incluso antes de que todas las direcciones MAC hayan sido aprendidas por todos los switches en la red. La desventaja de inundar es que consume los recursos del switche y de la red, que de otra manera no habría sido utilizado si el switche hubiese aprendido a cual puerto se va a enviar el paquete.

Las VLANs reducen al mínimo el efecto de ‘flooding’ (inundar) porque ellas concentran el flooding dentro de una VLAN en particular. El switche utiliza la tabla

de VLAN para mapiar (map) el número del puerto de la VLAN al cual el paquete les llegó es una lista de los puertos que el paquete les inundo.

2.5.3 USAR BROADCAST Y MULTICAST :

La difusión 'Broadcast' se utiliza para permitir a clientes descubrir los recursos que son anunciados por los servidores. Cuando un servidor anuncia sus servicios a sus clientes, envía mensajes de difusión al MAC address FFFF FFFF FFFF, que significa "todas las estaciones." Los clientes finales escuchan la difusión y toman solamente las difusiones que están interesados, para reducir al mínimo el uso de la CPU. Con el multicast, un subconjunto de Broadcast (difusión), una estación envía tráfico solamente a un grupo de estaciones y no a todas las estaciones. Las direcciones del Broadcast y del Multicast son tratadas como destinatarios desconocidos y son inundados todos los puertos dentro de un VLAN.

2.5.4 EXPANDIR LA RED USANDO TRONCALES (TRUNKS)

Antes solo teníamos el caso de un solo switche L2. Una switche de red Ethernet capa L2 consistiría en muchos interruptores interconectados con puertos troncales. Los puertos troncales son similares a los puertos de acceso usados para conectar estaciones extremas; sin embargo, tienen la tarea agregada de acarrear el tráfico viniente de muchas VLANs en la red. Este panorama se demuestra en la **figura 18**. Los puertos troncales podían ser conectados, aunque que los switches de Ethernet eran diseñados por diferentes proveedores pero con cierta estandarización para la etiquetacion de las VLANs.

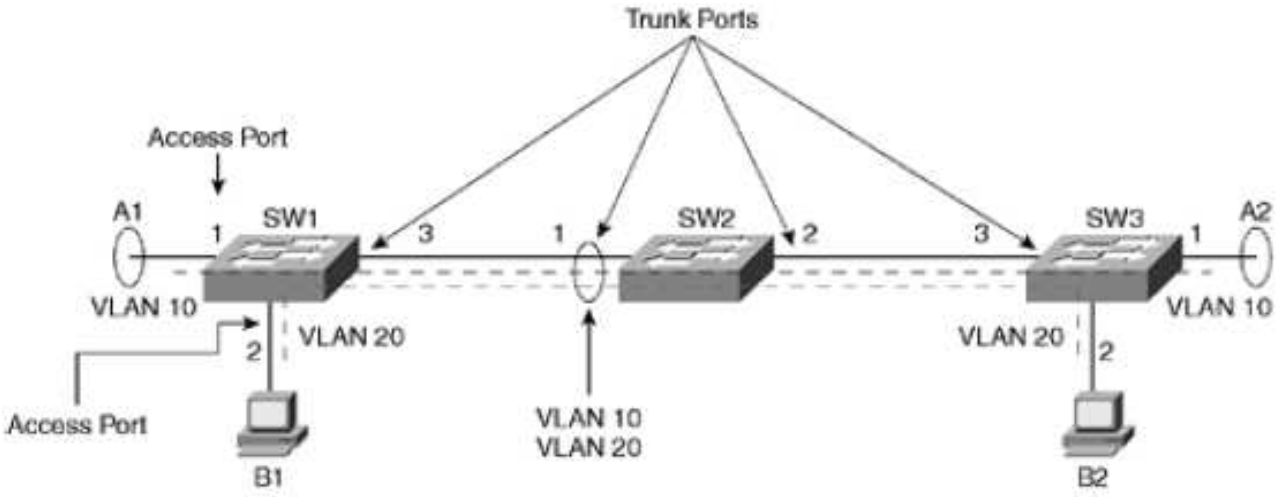


Figura 18: Puertos Troncales

En la **figura 18**, los switches SW1 y SW3 le han sido asignados el acceso al puerto 1 con VLAN 10 y tienen acceso al puerto 2 con VLAN 20. El puerto 3 es un puerto troncal que se utiliza para interconectar los otros switches en la red. Observar que SW2 esta situado en el centro y no tiene ningún puerto de acceso y está siendo utilizado solo para interconectar puertos troncales. Se puede ver que la simplicidad de los switches de Ethernet se convierte algo extremadamente más complejo porque las asignaciones de VLAN necesitan ser seguidas dentro de la red para permitir que el tráfico correcto sea entregado a los puertos correctos.

En Frame Relay, ATM, y MPLS, la complejidad es similar, y la señalización es introducida para solucionar lo referente a la conectividad de la red. Ethernet no ha definido un protocolo de señalización. Los únicos mecanismos que las redes de Ethernet tienen son los usos de tercera persona que practican la navegación en la red y la hacen más fácil hacer las asignaciones de las VLAN.

2.5.5 EL MARCAR CON ETIQUETA VLAN

La IEEE 802.1Q define cómo una trama de Ethernet es etiquetada con una ID (identificación) de VLAN. La identificación de VLAN es asignada por el switche y no por la estación final. El switche asigna el número del puerto de la VLAN, y cada paquete recibido en ese puerto se le asigna esa identificación de VLAN (VLANs ID). El switche de Ethernet intercambia los paquetes dentro de la misma VLANs. El tráfico entre diferentes VLANs se envía a una función dentro del mismo switche que es la de enrutamiento (si el switche tiene aplicaciones L3) o una Router externo. El la **figura 19** se demuestra cómo las etiquetas de VLAN consiguen ser insertadas dentro de un paquete untagged sin etiquetar de VLAN.

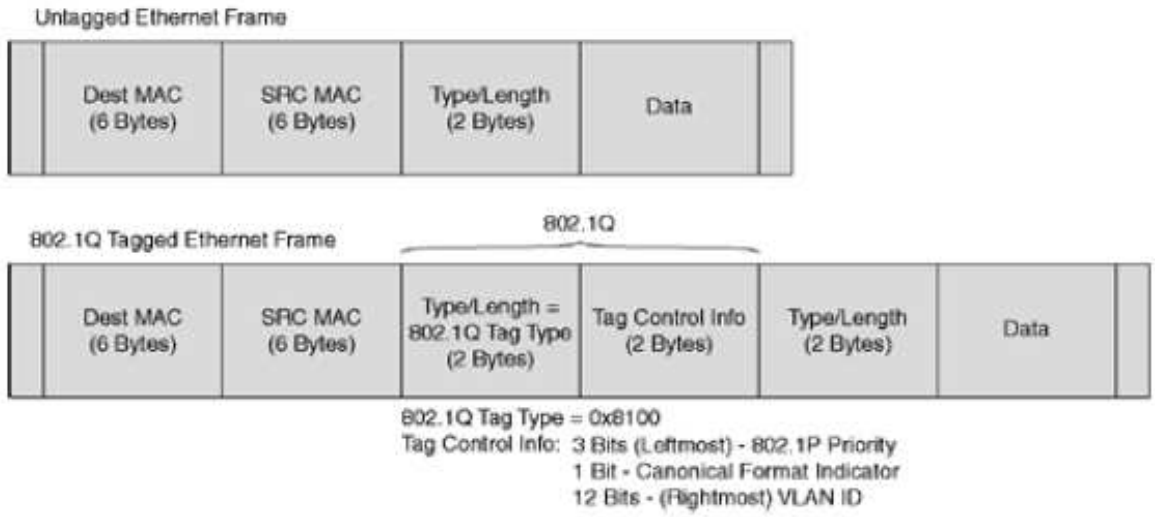


Figura 19: Paquete etiquetado en VLANs

Un Paquete sin etiquetar VLAN de Ethernet consiste en la MAC address del destinatario y la MAC address de la fuente, (Type fild) un tipo de campo, y los datos mismos. La Tag Header (cabecera) 802.1Q es insertada entre la MAC

address de la fuente y el (Type Fild) tipo campo de la fuente. Consiste en 2 bytes de tipo campo (type fild) y 2 bytes de Tag Control Info Field.

2.5.6 LA NECESIDAD DE SPANNING TREE PROTOCOL (STP) :

Los Switches L2 de redes Ethernet trabajan en base de la MAC address aplicando learning y flooding. Si múltiples trayectorias existen en el mismo destino, y el paquete tiene un destino desconocido, el Flooding al paquete podría hacer que el paquete enviado regrese nuevamente al su fuente original al que lo puso en la red, causando una broadcast storm. STP previene lazos en la red bloqueando las trayectorias redundantes y asegurándose de que solamente una trayectoria activa exista entre cada dos switches en la red.

STP utiliza las unidades de datos de protocolo del puente (BPDUs o que es también llamado bridge protocol data units), que son los que controlan los paquetes que viajan en la red e identifican que su trayectoria, y también lo tanto los puertos, si hay la necesidad de ser bloqueado.

2.6 HÍBRIDO L2 Y REDES DE L3 IP/MPLS:

Veremos:

- Componentes de VPN
- Que entrega L3VPNs sobre el IP
- Servicios de Ethernet del L2 sobre una red IP/MPLS

A continuación nos enfocaremos en una puesta en práctica L3VPN y su aplicabilidad en Metro Ethernet. Nos enfocaremos en describir L3 VPN sus

implementaciones y su capacidad dentro de la Metroethernet. Tendremos suficiente información para comparar L3VPNs y L2VPNS dentro de aplicaciones para Metroethernet.

2.6.1 COMPONENTES DE VPN:

Hay normalmente dos tipos de VPNs: Customer premises equipment (CPE) bases en VPNs (based VPNs), y bases en redes VPNs (network-based VPNS).Con CPE-based VPNs conexiones seguras se crean entre diferentes CPE para formar un grupo cerrado de usuarios VPN. Esto crea una gran scalability, porque muchos dispositivos de CPE tienen que ser interconectados en un acoplamiento completo o un acoplamiento parcial para permitir conectividad punto a multipunto. Por otra parte, VPNs la network-based crea ciertos niveles de jerarquía donde las conexiones de muchos CEs se agregan en el borde del switche o de un router que ofrece el servicio de VPN.

Las definiciones de los diversos elementos de la red siguen:

Customer edge (CE): este dispositivo se encuentra en el borde de la empresa. Este dispositivo es generalmente una router o host en L3VPNs; sin embargo, como L2VPNs, el CE podría también ser un switche L2. El CE conecta con la red vía diversos protocolos de acceso tales como PPP, ATM, Frame Relay, Ethernet, GRE

Provider edge (PE): es un dispositivo que ofrece el primer nivel de las agregaciones de las diversas CEs. El PE separa lógicamente las diversas VPNs que hacen parte de la red. El PE no tiene que participar en todas las VPNs sino que participaría solamente en el VPNs de las empresas que se le unen directamente a él.

Provider (P): este dispositivo normalmente es un router base IP/MPLS que ofrece un segundo nivel de la agregación para el PEs. Este dispositivo no participa en ninguna función de las VPN y es normalmente atípico a la presencia de cualquier VPNs.

2.6.2 ENTREGAR L3VPNS SOBRE IP:

L3VPNs permite que el proveedor extienda la red privada del IP de su cliente sobre los backbone del proveedor. Al entregar un servicio L3, el proveedor de servicios está implicado normalmente en la asignación y la gerencia de muchas de las direcciones IP asignadas a su cliente.

L3VPNs se puede entregar vía túneles:

- GRE BASED VPNS
- MPLS L3VPNs.

A continuación se hará una introducción de cada uno de sus componentes:

2.6.2.1 GRE-BASED VPNS:

El servicio L3VPN sobre IP tradicionalmente ha sido usado en túneles de la encapsulación genérica de ruteo (generis routing encapsulation GRE), que permiten la encapsulación de paquetes IP dentro de paquetes IP.
GRE-based VPNs es CE-based VPNs. Una jerarquía de red puede ser mantenida según una empresa lo desee, por ejemplo, un esquema de direcciones privadas IP puede crear un VPN privada encima de la red del proveedor de servicio. La expedición de las IP se utiliza para intercambiar tráfico entre los puntos finales de los túneles de GRE, permitiendo conectividad completa o parcial entre los diversos sitios de la misma empresa. De una perspectiva de scalability, este esquema podría escalar a ciertos puntos y después llegar a ser inmanejable, porque el VPN se convierte en la colección de muchos túneles Point-to-Point (punto a punto).

Tantos sitios se agregan al VPN igual nuecero de túneles deben ser creados a todos o solo a uno de los sistemas parciales de los sitios, la gerencia de operación de tal esquema llega a ser coste-prohibitivo, especialmente porque no hay reglas o pautas o un empuje de la industria para permitir que tales esquemas que al hacer túneles escalen.

La **figura 20** muestra un ejemplo de un proveedor de servicio que entrega un servicio GRE-based de VPN manejado CEs localizado en diversos sitios de las terminales.
El proveedor está manejando CEs en cada sitio de la empresa y está manejando la conectividad de los túneles entre los diversos sitios. Mientras que el número de empresas crece y el número de sitios por la empresa crece también, este modelo tendrá definitivamente ediciones de escalabilidad. Notamos que diversas empresas podrían utilizar direcciones IP privadas traslapadas, porque toda la

información IP y de encaminamiento entre los sitios de la empresa se lleva dentro de los túneles y por lo tanto se oculta de otras terminales del proveedor de la red.

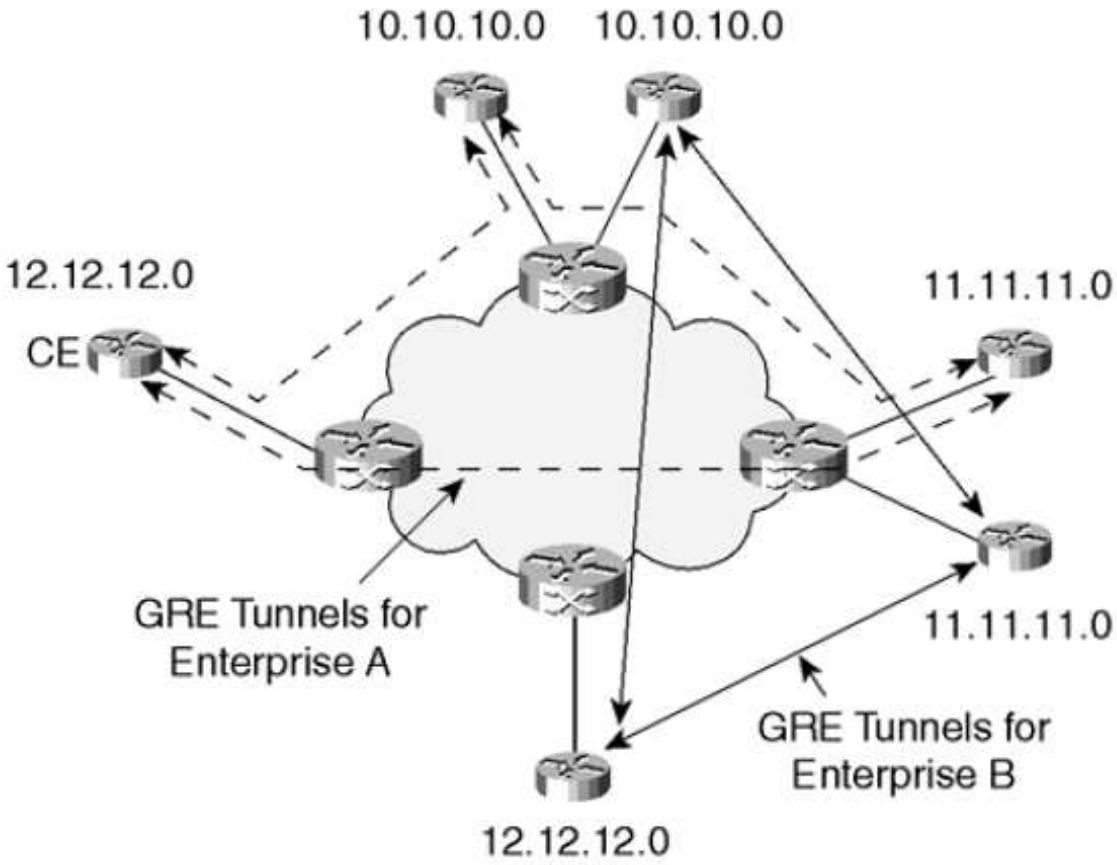


Figura 20: GRE túneles

Para los despliegues en grande de IP VPNs, la industria se ha movido gradualmente hacia adoptar MPLS L3VPNs, según lo definido en RFC 2547 son las que proveen una solución que permita a Redes IP de gran escala ofrecer servicios de VPNs que:

– Escale a un gran número de clientes (100,000-1,000,000 VPNs)
– Servicios de Valor agregado.
– Mejor aprovechamiento de la infraestructura existente.

2.6.2.2 MPLS L3 VPNs:

MPLS L3VPNs son VPNs network-based. Este esquema define una manera escalable para que el proveedor de servicio ofrezca los servicios de VPN para las empresas. Las empresas pueden apalancar el backbone del proveedor de servicio global para ampliar sus intranets y extranets. Un Intranet significa normalmente que todos los sitios en el VPN están conectados con el mismo cliente, y el extranet significa que varios sitios en el VPN son propiedad de diversas empresas, tales como los surtidores de una empresa. Un ejemplo de un extranet sería un fabricante de coche que construye a una red que lo conecte y a todos sus surtidores de piezas en una red privada.

Aunque MPLS L3VPNs proporcionan una solución sana y escalable para entregar VPNs sobre el IP, tienen algunas características que lo hacen mejor o peor para los servicios de MetroEthernet. L3VPNs, por ejemplo, son más adecuados para entregar servicios IP que servicios de L2VPN. Éste es una de las razones que la industria está mirando L2VPNs para los servicios de MetroEthernet. Para entender las diferencias entre L2VPNs y L3VPNs, ayuda a identificar los diversos elementos de MPLS L3VPNs (RFC 2547) y los desafíos que vengan con él.
El uso de MPLS L3VPNs el CE, el PE, y descrita anteriormente en los “componentes de VPN”. En el caso donde CE es un router, el CE y el PE se convierten en un par de enrutadores si un protocolo de enrutador es utilizado entre los dos para intercambiar prefijos de IP. En otros panoramas, un router estático es utilizado entre los PE y el CE para aliviar el intercambio de enrutar la

información. Con L3VPNs, la orilla del router de la empresa tiene que comunicarse solamente con su vecino directo, que es un router propio del proveedor.

De una perspectiva de escalabilidad, el modelo de L3VPN escala muy bien, porque cada sitio no necesita conocer de la existencia de otros sitios. Por otra parte, este modelo no es tan bueno para las empresas que quisieran mantener sus propias prácticas internas de enrutamiento y controlar los mecanismos de enrutamiento que son usados entre los diversos sitios. También, este modelo fuerza al proveedor de servicio participar mucho más y manejar los esquemas de direcciones IP para sus clientes, como se hace típicamente cuando se venden los servicios IP. Este modelo no es adecuado para vender los servicios L2 solamente (L2VPN) donde la red IP del cliente se convierte en red encima de la red del proveedor de servicio.

Otra desventaja de L3VPNs cuando está utilizada para los servicios de Metroethernet es que L3VPNs se aplican solamente al transporte de paquetes IPv4 (IPv4 es la versión 4 del Protocolo IP). Para los despliegues metro, el tráfico de la empresa consiste en IPv4 así como otros tipos de tráfico tales como IPX Internetwork Packet Exchange (Intercambio de paquetes interred) y SNA (Systems Network Architecture). Un L2VPN permite transportan cualquier tipo de tráfico y que este trafico sea encapsulado a través de la metro red

En la **figura 21** se puede observar. Que el proveedor de servicios está entregando servicios VPN a dos diversas empresas (Enterprise) o terminales. En este caso tenemos A y B, y cada Enterprise esta situada en lugares distintos. Los sitios A1 y A2 son parte de la empresa A y pertenecen a VPN-A. Los sitios B1 y B2 son parte de la empresa B y pertenecen a VPN-B. Observar que las empresas A y B podrían tener direcciones IP superpuestas.

Las siguientes son algunas razones por la el modelo de MPLS L3VPN puede ser escalable:

- Cada PE sabe solamente a cual VPNs esta unido. El PE1 solamente conoce a la VPN-A, y PE3 sabe solamente de VPN-B.

- Los Routers P no tienen ninguna información de la VPN.

- Los Router CE (Customer edge), miran (peer) unidos con su respectiva PEs. A1 mira fijo a PE1, y en pareja están B1 con PE3, asi sucesivamente.

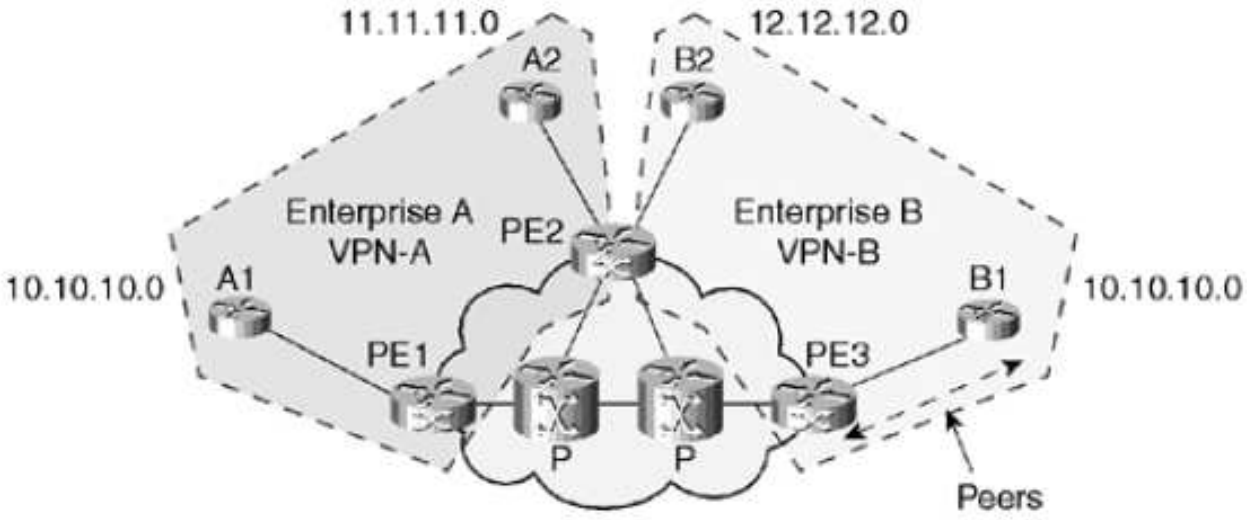


Figura 21: Principios MPLS L3VPN

2.7 COMPARACIÓN ENTRE METRO ETHERNET Y ATM EN REDES METROPOLITANAS

Ethernet hace presencia desde los años setenta en las redes locales de las empresas, el protocolo Ethernet ha ido abriéndose camino en el mundo de la LAN hasta convertirse en el rey de este tipo de red.
Por otro lado, el bajo costo de su implantación, un buen rendimiento y el continuo proceso de evolución han abierto, con el paso del tiempo, las posibilidades de Ethernet más allá de la LAN. Sin embargo, fuera de los límites feudales de las redes locales este estándar ha encontrado competidores de peso como ATM, ya asentada en las redes metropolitanas y en las redes de área extensa muy difícil de desbancar.

Con el propósito de salir de las redes locales para Ethernet, el estándar emigro hacia las redes de telecomunicaciones en el año 2002 "con la publicación de la norma de 10 Gigabits Ethernet que le permitía moverse más allá de las redes locales contando con un interface para conectarse a SDH a 10Gbps

El gran desarrollo de las tecnologías de Internet ha permitido avanzar a ritmo acelerado en la convergencia de redes y servicios. Las redes ATM (Asynchronous Transfer Mode) fueron creadas para resolver la integración de aplicaciones con ciertas garantías de tráfico en las redes, no obstante su aceptación, aún se puede considerar como una solución de alto costo y compleja de administrar. Con estos antecedentes y con la aparición de nuevas aplicaciones demandantes de ancho de banda para su óptimo funcionamiento, aparece la necesidad de ofrecer Calidad de Servicio (QoS) y cómo poder ofrecer éstas garantías extremo a extremo (e2e) en las actuales infraestructuras de Internet o Intranets.

Actualmente muchos usuarios residenciales y domésticos disponen de una conexión Ethernet, por ejemplo en el ordenador personal, y en el otro extremo de red hay otra conexión Ethernet. Sin embargo, en el camino entre los dos extremos hay una gran variedad de equipamiento y de protocolos distintos como ATM, incrementando el coste y la complejidad de la red. El estándar 802.3ah simplifica todo esta arquitectura proponiendo Ethernet como tecnología de transmisión extremo a extremo, sin pasar por ATM".

Tan fácil es su despliegue que el servicio ya está desarrollándose en el mercado asiático donde es todo un éxito. De hecho el comité de la IEEE ha tomado como modelo la iniciativa japonesa

Convergencia de Servicios con QoS. Con el binomio IP/MPLS en el corazón de la red metropolitana se tiene mucho que ganar si consideramos la red de acceso Metropolitano Ethernet como parte indispensable de una red extremo a extremo (e2e). El uso de MPLS facilita la entrega de servicios al proveer la misma conectividad y niveles de seguridad e2e al interoperar con otros protocolos de capa dos como, ATM (figura 22) y etc. Empleando MPLS en la red metropolitana, permite crear nuevos puntos de servicio Ethernet sin tener la necesidad de migrar los servicios e infraestructuras de red existentes y continuar disfrutando de VPN o VLAN como si todos los usuarios se encontraran en la misma red local [10]

U. Black, MPLS and Label Switching Networks, vol. 1, 2 ed. New Jersey: Prentice Hall PTR, 2002.

10. B. Alwan, "MPLS: Beyond Connectivity," in MPLS con 2004. New York, 2004.

Un estándar con una amplia evolución

El soporte generalizado de la industria, y no de tan sólo unos pocos fabricantes, el hecho de estar apoyado en estándares independientes, es decir, contar con interoperabilidad garantizada, así como la simplicidad con la que cuenta en comparación con otras tecnologías y su ajustado precio por conexión son algunas de las razones que han convertido a Ethernet en el estándar de comunicación que es hoy en día. Cuando la tecnología, más prometedora, el caso de ATM, falla a la hora de ofrecer interoperabilidad y estándares multifabricante, se ha vuelto a mirar tecnologías que ofrecen seguridad de funcionamiento. Y es que el hecho de que más fabricantes opten por esta tecnología (Ethernet) genera no sólo más investigación y desarrollo, sino también más competencia e innovación en las soluciones, lo que redunda en ventajas para los usuarios finales que tiene que asumir costos inferiores.

- La ofrece la ventaja de no necesitar cambios de protocolo de red, entre la red local en la que trabajan los distintos puntos y la red de fibra óptica que los comunica, ya que todos trabajan con Ethernet, haciendo que el sistema sea menos complejo.,
- Ethernet permite una determinada capacidad de ancho de banda sujeta a cambios de forma ágil según lo requiera el cliente. Maniobrabilidad en una red completamente privada, nos garantizara la seguridad, y soluciones que redujera las complicaciones de la red ATM que es muy poco confiable, puesto que no reenvía tramas (se nota envío de videos) y de mayor costo.

CONCLUSIONES

En los últimos años del presente siglo, la tecnología al alcance de un proveedor de transmisión de datos o Internet ha cambiado significativamente. Hoy en día ya es posible contar con un servicio estable, rápido, eficiente y multifuncional (voz, datos, video) aun precio al alcance de un grupo de usuarios que cada día se va expandiendo en número. Veremos que tecnologías como Metro Ethernet van a cambiar la cara al servicio de Telecomunicaciones. Muy pronto será posible tener en nuestros hogares un servicio unificado de telefonía, Internet a alta velocidad y TV por IP, todo a través de un simple dispositivo o CE. La era de la integración de las aplicaciones no es el futuro sino el presente.

En un mercado de libre competencia como lo es el de Transmisión de Datos, aparecerán muchos actores, pero dicho mercado tenderá a consolidarse y quedarán solo aquellos proveedores que hayan sabido combinar las tecnologías más eficientes y económicas con un excelente servicio al cliente.

La tecnología Ethernet en un ámbito metropolitano ofrece la ventaja de no necesitar *cambios de protocolo* de red entre la red local en la que trabajan los distintos edificios y la red de fibra óptica que los comunica entre sí, ya que ambos trabajan con Ethernet, lo que se traduce en una reducción de la complejidad del sistema. Además, el servicio permite saltar de una determinada capacidad de ancho de banda a otra de forma sencilla atendiendo a las necesidades puntuales de la demanda. Además de mostrar una gran capacidad dentro de una red completamente privada, nos garantizara la seguridad, mediante con una solución que redujera las complicaciones de la red ATM con la que contábamos anteriormente y que supusiera un importante ahorro de costos.

Cuando se introdujeron FDDI (Fiber Distributed Data Interface), el canal de fibra y ATM, eran más rápidos que Ethernet, pero también incompatibles con éste, mucho más complejos y difíciles de manejar. Con el tiempo, Ethernet los igualó en cuanto a velocidad, por lo que ya no tenían ventajas y poco a poco están dejando de utilizarse, excepto ATM, el cual se utiliza en el núcleo del sistema telefónico.

Por este y otros motivos los mayores operadores de telecomunicaciones (Telefónica, BT, France Telecom…) están ofreciendo ya servicios Ethernet como alternativa a otras tecnologías de comunicación de datos de larga distancia.

Llegando a la conclusión que los servicios de MetroEthernet pueden apoyar una gran gama de aplicaciones más fácilmente, eficientemente y rentable que otros servicios de red. Usando los estándares de interfaces Ethernet, los suscriptores pueden instalar las conexiones virtuales privadas de Ethernet de forma segura, a través de un área metropolitana, o aún mayor, aplicándola a través de un área extensa (Wide).

Con metro ethernet podemos conectar y mantener sus empresas o negocios y sitios de trabajo siempre juntos e interconectarlos con los socios de negocio, los surtidores y la misma red de redes 'La Internet'. Usando los diferentes tipos de servicios los llamados E-Line punto a punto y E-LAN de múltiples puntos.

Loa suscriptores pueden ser conectados desde un sitio o muchos. Con opciones de servicio tales como multiplexación del servicio, los suscriptores pueden utilizar una sencilla UNI para soportar múltiples conexiones.

Además, con muchos servicios de Ethernet, los suscriptores pueden comprar apenas el ancho de banda que necesitan hoy, sabiendo que se puede agregar

rápidamente y fácilmente ancho de banda e instalar nuevas conexiones siempre que la necesiten.

Para apoyar una amplia gama de usos que el suscriptor necesita, los servicios de Ethernet vienen en diversos tipos, con diversas cualidades de servicio. El MEF está trabajando a definir y estandardizar estos tipos y cualidades del servicio, permitiendo abastecer los servicio y manteniendo al suscriptor al tanto para que este sea capaz de entender y elija y compare los mejores y diversa calidad de servicios.

En un cierto plazo, los servicios de Ethernet se desarrollarán indudablemente para aprovechar los avances en la tecnología de Ethernet y para proporcionar nuevas características, otro tipo de servicio e ideas más innovadoras. Sin embargo, está claro que los servicios de Ethernet continuarán proporcionando las ventajas de la simplicidad, de la rentabilidad y de la flexibilidad que son incomparables para una amplia gama de usos.

BIBLIOGRAFÍA

- "Metro Ethernet Services". Ralph Santitoro. Octubre 2003. www.metroethernetforum.org/metro-ethernet-services.pdf

Referente a las analogías entre Metro Etherrnet y Frame Relay, además de los retardos y pérdidas en la trama además del tipo de etiqueta que se le ponen a las tramas

- Presentaciones en Power Point sobre metroethernet http://www.metroethernetforum.org/presentations.htm#CertPresentation

Con esto entramos en materia EVC.

- Biografía del Inventor de Ethernet: Bob Metcalfe http://www.umcs.maine.edu/~markov/Metcalfe.htm

Hace referencia al inventor de las primeras redes, inventada para la primera impresora láser en el mundo. (Resumen)

- Metro Ethernet Forum http://www.metroethernetforum.com

Enunciando el organismo que hace la normatividad sobre la MEN

- Metro Ethernet Services – A Technical Overview http://www.metroethernetforum.org/metro-ethernet-services.pdf

Puede haber diferente tipo de servicios como son E-Line y E-Lan, y este tipo de servicios dependen de lo que el cliente quiera.

- Información sobre MPLS de Cisco Systems

http://www.cisco.com/pcgibin/Support/browse/psp_view.pl?p=Technologies:MPLS

- Larry L. Peterson & Bruce S. Davie, Computer Networks A System Approach,
  2nd Edition, Morgan Kaufmann Publishers, pag. 497.

Mecanismo de control del ancho de Banda Diffser.

- Proyecto Metro Ethernet en Medellín-Antioquia
  http://www.monografias.com/trabajos17/metro-ethernet/metro-ethernet.shtml

Proyecto en el que se ha montado una red Metro Ethernet en Colombia hace regencia a la calidad de servicio

- Cisco Press - Metro Ethernet. PDF Sam Halabi

Conoceremos Hibrido L2 y redes l3 IP/MPLS