



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ARQUITECTURA ESTÁNDAR Y PRINCIPIOS DEL
PROTOCOLO GIGA ETHERNET**

Carlos Alberto Rubio Herrera

Asesorado por el Ing. Julio Solares Peñate

Guatemala, junio de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ARQUITECTURA ESTÁNDAR Y PRINCIPIOS DEL PROTOCOLO
GIGA ETHERNET**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

CARLOS ALBERTO RUBIO HERRERA
ASESORADO POR EL ING. JULIO SOLARES PEÑATE

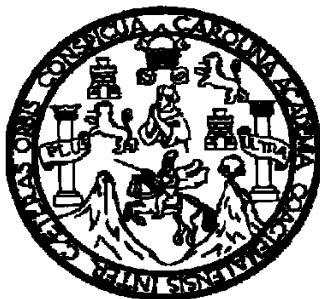
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I: Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II: Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV: Br. José Milton De León Bran
VOCAL V: Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

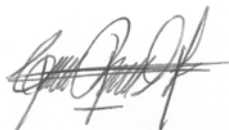
DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR: Ing. Julio Solares Peñate
EXAMINADOR: Ing. José Anibal Silva de los Ángeles
EXAMINADOR: Ing. Francisco Javier González López
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ARQUITECTURA ESTÁNDAR Y PRINCIPIOS DEL PROTOCOLO GIGA ETHERNET,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 1 de agosto de 2007.



Carlos Alberto Rubio Herrera

Guatemala, 20 de mayo de 2009

Señor Coordinador de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.


Señor Coordinador:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **“ARQUITECTURA ESTÁNDAR Y PRINCIPIOS DEL PROTOCOLO GIGA ETHERNET”**, desarrollado por el estudiante **Carlos Alberto Rubio Herrera**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo como asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,


Ing. Julio César Solares Peñate
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 28 de mayo de 2009

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.


Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: “**ARQUITECTURA ESTÁNDAR Y PRINCIPIOS DEL PROTOCOLO GIGA ETHERNET**”, desarrollado por el estudiante **Carlos Alberto Rubio Herrera**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 34.2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Carlos Alberto Rubio Herrera titulado: “ARQUITECTURA ESTÁNDAR Y PRINCIPIOS DEL PROTOCOLO GIGA ETHERNET”, procede a la autorización del mismo.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mario Renato Escobedo Martínez'.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
DIRECTOR



GUATEMALA, 29 DE MAYO 2009.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 210.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ARQUITECTURA ESTÁNDAR Y PRINCIPIOS DEL PROTOCOLO GIGA ETHERNET**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Alberto Rubio Herrera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, junio de 2009

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi luz y mi guía en todo momento de mi vida.
- Mis padres** Eduardo Alejandro Rubio Rottman (D.E.P.), y a Aracely Herrera Castañeda, porque juntos me dieron educación y que por gran esfuerzo he logrado todo lo que soy hasta ahora.
- Mi hermano** Eduardo Rubio, gracias por ser una guía para seguir adelante y caminar con los pasos firmes en la vida.
- Mis amigos** Humberto Rodas, Capitán Byron Ramos, compañeros aviadores y todos aquellos que han escuchado mis sueños, han compartido conmigo y cualquiera que alguna vez haya colaborado conmigo de alguna u otra manera, que Dios los bendiga siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Julio Solares.

Por su amistad, tiempo y dedicación en la asesoría de este trabajo de graduación.

Ing. Murphy Paiz

Por su apoyo y amistad en mi formación académica.

La USAC

Casa de estudios que me ha formado como profesional y me ha preparado para recorrer la vida.

La Facultad de Ingeniería

Por todos los conocimientos y momentos inolvidables que pase allí.

Toda mi familia

Por ser la parte motivadora que ha contribuido a que yo siga adelante.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1 INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO <i>GIGA ETHERNET</i>	1
1.1 Fundamentos de la Tecnología <i>Gigabit Ethernet</i>	1
1.1.1 Historia de Ethernet	1
1.2 Medios <i>Ethernet</i>	4
1.2.1 Clasificación de los medios de <i>Ethernet</i>	4
1.2.1.1 Estándar 10Base-2	6
1.2.1.2 Estándar 10Base-T	6
1.2.1.3 Estándar 10Base-F	6
1.2.1.4 Estándar 100Base-X	7
1.3 El estándar <i>Ethernet</i>	7
1.3.1 Transmisión y trama del protocolo <i>Ethernet</i>	8
1.4 Componentes básicos de <i>Ethernet</i>	11
1.5 Topologías <i>Ethernet</i>	12
1.5.1 Topología <i>Ethernet</i> Bus	12
1.5.2 Topología <i>Ethernet</i> Estrella	14
1.5.3 Topología <i>Ethernet</i> Árbol	15
1.6 Acceso múltiple por detección de portadora	17
1.6.1 Detección de portadora	17
1.6.2 Detección de colisiones	18

1.6.3	Rendimiento	20
2	<i>FULL-DUPLEX ETHERNET</i>	23
2.1	<i>Full-Duplex Ethernet</i>	24
2.2	Implicaciones de operaciones <i>Full-Duplex Ethernet</i>	26
2.3	Aplicaciones de ambientes <i>Full-Duplex Ethernet</i>	26
2.4	Aplicaciones en modo <i>Full-Duplex a Gigabit Ethernet</i>	28
2.5	Control de flujo en <i>Ethernet</i>	29
2.6	Control de acceso al medio	31
2.7	Arquitectura de control MAC	33
2.8	Formato de la trama de control MAC	36
2.9	Simetría de control de flujo	37
2.9.1	Control simétrico	37
2.9.2	Control asimétrico	38
3	<i>GIGABIT ETHERNET</i>	41
3.1	Redes de área metropolitana MAN	41
3.1.1	Demanda en crecimiento	43
3.1.2	Consolidación tecnológica y servicios	44
3.1.3	Evolución del requerimiento de una red WAN	46
3.2	Perspectiva de los proveedores de servicios	51
3.3	<i>Ethernet</i> óptico en redes WAN	54
3.3.1	Aspectos operacionales en <i>Ethernet</i> óptico	55
3.3.2	Redes <i>Ethernet</i> ópticas	56
3.3.3	Ventajas del <i>Ethernet</i> óptico	58
3.3.4	Desventajas del <i>Ethernet</i> óptico	60
3.3.5	Desarrollo del <i>Ethernet</i> óptico	61
3.4	<i>Gigabit Ethernet</i>	63
3.4.1	El crecimiento de <i>Gigabit Ethernet</i>	64

3.4.1.1	Arquitectura estándar del <i>Gigabit Ethernet</i>	65
4	APLICACIONES DEL PROTOCOLO <i>GIGABIT-ETHERNET</i>	75
4.1	Aplicaciones comunes del protocolo <i>Gigabit Ethernet</i>	75
4.1.1	Aplicaciones en redes transparentes	77
4.1.2	Altas velocidades al acceder a <i>Internet</i>	79
4.1.3	Conectividad entre los puntos de presencia	80
4.1.4	Redes de almacenaje de datos	81
4.1.5	Línea privada <i>Ethernet</i> (EPL)	82
4.1.6	Líneas privadas virtuales <i>Ethernet</i>	83
4.1.7	Redes privadas virtuales <i>Ethernet</i>	84
4.1.8	<i>Ethernet</i> privado virtual	85
4.1.9	Anillos virtuales <i>Ethernet</i>	85
4.1.10	Telemedicina	87
4.2	Sumario de aplicaciones	88
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES	91
	BIBLIOGRAFÍAS	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Formato de la trama <i>Ethernet</i>	8
2	Topología <i>Ethernet</i> Bus	13
3	Topología <i>Ethernet</i> Estrella	15
4	Topología <i>Ethernet</i> Árbol	16
5	Formato de trama MAC	36
6	Flujos de control	40
7	Diferencia entre anillo de acceso y <i>core</i>	51
8	Arquitectura de <i>Gigabit Ethernet</i>	67
9	Topología <i>Gigabit Ethernet</i> compartida	72
10	Topología TLAN	79
11	Aplicaciones <i>Gigabit Ethernet</i>	88

TABLA

I	Medios de <i>Ethernet</i>	5
---	---------------------------	---

GLOSARIO

10Base-T	Sistema de <i>Ethernet</i> a una velocidad de 10 Mbps basada en codificación Manchester transmitida en cable categoría tres o cable par trenzado.
100Base-T	Término utilizado para todos los sistemas <i>Fast Ethernet</i> a velocidades de 100 Mbps, incluyendo cable par trenzado, así como medios ópticos.
100Base- X	Término utilizado cuando se refiere a sistemas con cualquier medio <i>Fast Ethernet</i> , basado en decodificación en bloque 4B/5B. Incluye los sistemas 100Base-Tx y 100Base-Fx.
802.3	Grupo de trabajo de IEEE para desarrollo de redes CSMA/CD.
Atenuación	Se refiere al decremento de potencia de una señal transmitida a través de un cable. Mientras mas largo es el cable más grande será la atenuación. Esta pérdida es expresada en decibel (dB).

Auto-negociación	Es un protocolo definido dentro del estándar de <i>Ethernet</i> , que permite a los dispositivos negociar modos de operación como la velocidad del <i>link</i> .
Bit	Es la mas pequeña unidad de data, puede ser un uno o un cero, en el código binario.
Capa física	Es la primera capa en el modelo OSI, esta capa es responsable de los estándares para la señalización, tipo de conectores, tiempos voltajes y cuestiones relacionadas.
Categoría 3	Cable par trenzado con clasificación categoría 3 se refiere a cable par trenzado designado para soportar estándares 100Base-T y 100Base-T4.
Categoría 5	Cable par trenzado designado para sistemas de <i>Ethernet Standard</i> 10Base-T, 100Base-Tx y 1000 Base-T, este tipo de estándar para cable de red es el preferido para sistemas de cableado estructurado.
CSMA/CD	Acceso Múltiple por Detección de Portadora, es el nombre formal para el protocolo de control de acceso al medio utilizado por <i>Ethernet</i> .

Dirección MAC	Es una dirección de 48 Bits utilizada en <i>Ethernet</i> para identificar una interfaz en una estación.
Fibra óptica	Es un cable con un filamento ya sea de vidrio o de plástico por el cual se transmiten señales digitales en forma de pulsos de luz.
<i>Half-Duplex Mode</i>	Es un método de transmisión en el cual, por el canal se transmite o recibe una comunicación en determinado momento, pero no ambas operaciones a la vez.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es una organización de profesionales, los cuales realizan los procesos para los estándares que tienen que cumplir los dispositivos electrónicos.
Modelo OSI	Interconexión de sistemas abierto. Es un modelo de 7 capas para redes realizado por la Organización Internacional de estándares ISO.
MAC	Control de Acceso Medio. Es un protocolo que define una serie de mecanismos, operando en la capa de enlace de datos de una red de área local. El protocolo MAC es utilizado para

manejar el acceso hacia el canal de comunicación.

NIC

Network Interface Card, es un adaptador o una tarjeta de red. Es el set de dispositivos electrónicos que provee conexión entre una computadora y una LAN.

Paquete

Es una unidad de datos intercambiada por la capa de red.

Protocolo

Es una serie de reglas y formatos para intercambiar información entre los dispositivos de una red.

Router

Es un dispositivo electrónico basado en la capa tres del modelo OSI, utilizado para interconectar redes a nivel de capa de red.

Slot Time

Es una unidad de tiempo utilizada en el protocolo MAC para *Ethernet*.

RESUMEN

El gran éxito que puede tener una empresa de telecomunicaciones, estará dado por tener servicios de telecomunicaciones que cumplan las expectativas del cliente, pero sin invertir grandes cantidades de dinero en infraestructura, y puedan lograr un mejor escenario de competencia con las otras empresas.

La función del protocolo *Gigabit Ethernet* es mostrar otras opciones hacia el mercado de las telecomunicaciones en donde la alta velocidad y la calidad de servicio vienen a ser las prioridades en las empresas proveedoras de servicios, y transportistas de datos, administradores de redes e incluso personas individuales, que demandan grandes cantidades de ancho de banda, y el protocolo *Gigabit Ethernet* viene a presentarse como una opción viable y funcional.

La finalidad de presentar el protocolo *Gigabit Ethernet* y sus aplicaciones es que es un protocolo nuevo, con muchas aplicaciones, que no se ha desarrollado completamente y que se desconoce en Guatemala, y viene a suplir muchas de las necesidades actuales en cuanto a demanda de ancho de banda y personal bien establecido, que permita que la empresa se desarrolle de la mejor forma.

En la actualidad, en oficinas las redes inalámbricas la mayoría todavía maneja los estándares de velocidades inferiores, por lo que el protocolo *Gigabit Ethernet* se presenta como una opción para el cambio, para

lograr incrementar la productividad, eso en empresas pequeñas, pero las aplicaciones de *Gigabit Ethernet* van mas allá, una vez se efectúe una migración de la infraestructura de la red hacia velocidades mas altas.

Las aplicaciones que se desarrollan, pretende llenar los requerimientos de ancho de banda y de necesidades planteados por proveedores de *Internet*, empresas de telecomunicaciones, transportistas de datos, redes de almacenaje de datos, de tal forma que pueda presentarse como una opción a resolver los problemas, y puede ser una fuente de información para cualquier de servicio de telecomunicaciones en vías de crecimiento que desee evaluar tecnologías nuevas.

OBJETIVOS

GENERAL:

Desarrollar los conceptos básicos del protocolo *Gigabit Ethernet*, y sus aplicaciones, dicho protocolo nació de la necesidad de velocidades más altas, ancho de banda mas elevados, logrando suplir las necesidades cada vez más altas en la época actual.

ESPECÍFICOS:

1. Conocer la historia del protocolo *Ethernet* hasta llegar al protocolo *Gigabit Ethernet*.
- 2 Describir la arquitectura estándar del protocolo *Gigabit Ethernet*.
- 3 Determinar las necesidades de demanda de usuarios y también las estrategias de red para suplir dichas necesidades.
- 4 Conocer los fundamentos técnicos del protocolo *Gigabit Ethernet*.
- 5 Determinar las ventajas y desventajas del protocolo *Gigabit Ethernet*, para tener clara una implementación de dispositivos con protocolo *Gigabit Ethernet*.
- 6 Definir el mercado de la tecnología *Gigabit Ethernet*.

INTRODUCCIÓN

La industria de las telecomunicaciones ha ido en aumento, y está cada vez mas al alcance de todos, en épocas anteriores solo ciertos círculos tenían acceso a tecnología como *Internet*, telefonía celular, dispositivos de mensajería, el día de hoy por la liberación de las telecomunicaciones y la libre competencia, han logrado penetrar en todos los sectores, y realmente se podría decir que esta tecnología tal vez no está al alcance de todos, por la misma pobreza extrema en el país, pero si está al alcance de la mayoría de la población, por lo que este mismo crecimiento sin medida ha venido a saturar las capacidades de algunas redes, por lo que el protocolo *Gigabit Ethernet* viene a suplir estas necesidades de ancho de banda y calidad de servicio.

Las redes de telecomunicaciones están demandando más ancho de banda, debido a los multiservicios que se ofrecen, por lo que existen varias soluciones para este incremento de demanda en cuanto al ancho de banda, y en este caso se presenta una solución que en el futuro se verá si ganó o no aceptación o fue la tecnología a la que tendieron la mayoría de las empresas por su simplicidad, flexibilidad, estabilidad y un costo beneficio alto.

Las aplicaciones de *Gigabit Ethernet* van desde una simple computadora conectada a alta velocidad hacia su servidor, hasta aplicaciones de redes transparentes TLAN, por lo que es un estándar que tiene mas de veinte años de existir, por lo que tal vez no es un protocolo nuevo, sino que es una mejora de protocolos anteriores como *Ethernet* aplicados y mejorados

para las prestaciones de hoy en día. Las aplicaciones de este protocolo van más allá de una red de área local, ya que la integración y la versatilidad de este protocolo puede cumplir con muchos requerimientos actuales en cuanto a desempeño y compatibilidad entre protocolos, por lo que se presenta como una opción para la eliminación de cuellos de botella en una red bien estructurada, *Gigabit Ethernet* no se presenta como una solución mágica que resuelve todos los problemas de red, sino que se presenta como una opción que resulta funcional y que puede resolver los problemas de red si aplica a dichas aplicaciones de red, es bien estructurada, administrada y gestionada.

Con el desarrollo del presente protocolo se tendrá una opción dentro de las muchas que hay para el tema de redes, para continuar respondiendo a las necesidades de empresas de telecomunicaciones, mejorando el desempeño, ancho de banda, agregando calidad de servicio por lo que se pueden resolver muchos problemas de red con poca inversión, logrando interconectar a cada vez más usuarios.

1. INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO *GIGA ETHERNET*

Se realizará un estudio del protocolo *Gigabit Ethernet* desde sus inicios, comenzando por la historia de *Ethernet* y la evolución hacia llegar al protocolo *Gigabit Ethernet* y sus futuras aplicaciones.

1.1 Fundamentos de la tecnología *Gigabit Ethernet*

1.1.1 Historia del *Ethernet*

El 22 de mayo de 1973, Bob Metcalfe (Trabajador de Xerox en el centro de investigación de Palo Alto en California) escribió un memo describiendo el sistema de red *Ethernet*, él había inventado la interconexión avanzada de computadoras, haciendo posible enviar data de una computadora a otra y hacia impresoras láser de alta velocidad. Probablemente la mejor invención conocida del centro de investigación de Palo Alto fue la primera computadora personal como estación de trabajo con una interfaz gráfica de usuario y un puntero (*Mouse*). El invento también incluía la primer impresora láser para computadoras personal, y con la creación de de *Ethernet*, la primera red de área local de alta velocidad que comunicaba todos los equipos.

Esto creó un ambiente favorable para la computación, ya que desde mediados de los años 70's la computación estaba dominada, y los precios muy elevados, pocas empresa tenían el poder adquisitivo de comprar y darle soporte

a la parte de computación en la empresa. La invención de Xerox ayudó a saltar hacia un cambio revolucionario en el mundo de la computación.

La mayor parte de este cambio revolucionario en el uso de computadoras fue el uso de redes locales para conectar varias computadoras, combinado con el explosivo incremento en el uso de aplicaciones que requerían compartir información.

Bob Metcalfe describe en el año 1973, un memo en el cual describe un sistema de red basado en un experimento anterior llamado red Aloha. La red Aloha comienza en la universidad de Hawai a finales de los 60's, cuando Norman Abramson y sus colegas realizaron una red de radio de comunicación entre las islas de Hawai. Este experimento sirvió para determinar mecanismos de compartir un común canal de comunicación, en este caso el canal de radio.

El protocolo Aloha era muy simple, una estación Aloha podía enviar cualquier información, luego esperar para la contestación, si una contestación no era recibida en un corto período de tiempo, la estación asumía que la otra estación estaba también transmitiendo simultáneamente, causando una colisión, en la cual las transmisiones simultaneas no permitieron recibir ni escuchar la contestación. Luego de detectar una colisión, las estaciones transmisoras esperarán un tiempo aleatorio para volver a retransmitir sus paquetes con una buena probabilidad de éxito. Como fuera, un incremento en el tráfico sobre un canal Aloha, produciría un incremento en la tasa de colisión.

Metcalfe se dio cuenta que podía mejorar el sistema Aloha normando el acceso hacia un canal de comunicaciones compartido, él creó un nuevo sistema que incluía mecanismos que detectaban cuando ocurría una colisión, el sistema también incluía el sistema de “escuchar antes de hablar”, en el cual cada estación “escuchaba” la actividad (detección de portadora) antes de transmitir y soportar el acceso de múltiples sistemas en un canal compartido. Todos estos componentes los colocó juntos para crear el acceso múltiple con detección de portadora, detección de colisiones. Metcalife también creó un algoritmo más sofisticado, el cual en combinación con el protocolo CSMA/CD, permitió que el protocolo Ethernet funcionara cargado en su totalidad.

A finales de 1972, Metcalfe y los colegas de Xerox, crearon el primer experimento para conectar un sistema Ethernet, el Xerox Alto. El experimento consistía en conectar una Xerox Alto con otra, hacia servidores, e impresoras láser. La señal de reloj para dicho experimento fue derivada de un sistema Alto, el cual resultó en la transmisión de datos a una tasa de 2.94 Mbps.

La red que había creado Metcalife fue llamada Red Aloha Alto. Luego en 1973 Metcalife le cambió de nombre a Ethernet, para hacer la diferencia que el sistema podía manejar cualquier computadora, no solo Altos. Él escogió la base del nombre en la palabra Ether como la vía para describir una característica básica del sistema: El medio físico (cable, fibra), Ethernet había nacido.

1.2 Medios de *Ethernet*

1.2.1 Clasificación de los medios de *Ethernet*

El Instituto Nacional Americano de Normas / Asociación de Industrias Electrónicas (ANSI / EIA), define a la norma 568, es una de las varias normas que especifican a las diferentes categorías de cableado de par trenzado en los sistemas de velocidades de transmisión de datos que pueden sostener dichos cables. Las especificaciones describen el cable de material utilizado, así como los tipos de conectores y esquemas de unión que se utilizarán con el fin de ajustarse a una categoría específica.

Estas categorías se describen en la Tabla 1-1. Aunque las conexiones más largas para *Gigabit Ethernet* son de fibra óptica, el objetivo en la mayoría de organizaciones es aprovechar el cableado existente CAT 5 de par trenzado. Cuatro pares de cable par trenzado se utilizan en este contexto, los cables están dispuestos en una funda de cable no blindada. El blindaje se refiere a que no existe un material de aislamiento especial para proteger dichos cables de la interferencia producida por dispositivos eléctricos o electrónicos que produzcan dicha interferencia.

Ethernet ha llamado la atención por el aumento en los últimos años por la mejora del estándar de 10 Mbps a tasas más rápidas de 100 Mbps (Fast Ethernet), 1 gigabit por segundo (Gbps) (*Gigabit Ethernet*), y ahora 10 y 100 Gbps (10 y 100 *Gigabit Ethernet*), un Giga bit por segundo equivale a mil millones de *bits* por segundo, la norma de 10 *Gigabit Ethernet* fue aprobada y

publicada en junio de 2002, a pesar que el cableado de una red puede variar, las demás especificaciones siguen siendo las mismas. Como reseña histórica, aunque algunas de las especificaciones de los medios de comunicación enumerados en la siguiente sección sólo se utilizan en los sistemas de hoy es para visualizar cómo la tecnología *Ethernet* ha evolucionado a lo largo de los últimos 20 años. El número 10 en los siguientes estándares significa 10 Mbps, el original *Ethernet* de velocidad. La palabra Base significa banda base, banda base describe a un sistema de telecomunicaciones, en el cual la información es transportada en forma digital en una señal no multiplexada sobre un medio de transmisión. *Ethernet* es un sistema banda base, el cual utiliza codificación Manchester que utiliza cambios de voltaje para colocar ceros o unos sobre un par de cables. En una codificación Manchester cada tiempo de *bit* contiene la transición en la mitad del *bit* de transmisión. Una transición de bajo hacia alto representa un bit 0 y en la transición de alto a bajo representa un *bit* 1 lógico.

Tabla I. Medios de Ethernet

Tipo	Medio	Distancia Maxima	Conector
10Base5	Coaxial	500 mts	Crispado
10Base2	Coaxial	185 mts	BNC
10BaseT	UTP	100 mts	RJ-45
10BaseF	Fibra óptica	2,000 mts	ST/SC/MT-RJ45
100BaseT	UTP	100 mts	RJ-45
100BaseF	Fibra óptica	2,000 mts	ST/SC/MT-RJ45
1000BaseT	UTP	100 mts	RJ-45
1000BaseLX	SMF	5,000 mts	ST/SC/MT-RJ45
1000BaseSX	MMF	550 mts	ST/SC/MT-RJ45

1.2.1.1 Estándar 10 Base-2

También conocido como sistema *Ethernet Thin*, opera a 10 Mbps, en el modo banda base, con longitudes de cables que pueden tener la distancia máxima de 185 mts. Este sistema tiene una distancia de transmisión máxima de 185 metros por lo que nació Base-2, lo cual implica un máximo de transmisión de 200 metros, la IEEE encontró este inconveniente y colocó como estándar Base2 para hacer al identificador corto y fácil de pronunciar. Esta es la opción menos costosa de Ethernet coaxial por lo que fue llamado "*Cheapernet*", *Ethernet* mas barato.

1.2.1.2 Estándar 10 Base-T

La T define al estándar de la palabra *Twisted* que significa par, y describe al par de cables trenzado. Esta variedad de *Ethernet* opera a 10 Mbps, in modo banda base, sobre cables par trenzados categoría 3, categoría 5, Categoría 5e o categoría 6. La máxima distancia entre dos dispositivos de red en este protocolo son 100 metros.

1.2.1.3 Estándar 10 Base-F

Este estándar utiliza fibra óptica y pulsos de luz para transmitir información en vez de corriente eléctrica. Similar al protocolo 10Base-T, los usuarios se conectan a un repetidor en un patrón estrella. Segmentos de red, el espacio entre un repetidor y una estación de trabajo puede ser de más allá de 2kms de distancia, esto es gracias a la fibra óptica, haciendo posible la creación de troncales de red. Una troncal de red es una parte de la red en la cual todos los repetidores y los ruteadores se conectan en orden para acceder hacia los

servidores o hacia Internet. La F en el nombre del protocolo 10Base F se refiere a fibra óptica.

1.2.1.4 Estándar 100 Base-X

Este es el identificador para los protocolos propuestos por IEEE para 100Base-Tx y 100Base-Fx. Ambos sistemas están basados en los sistemas de codificación en bloque 4B y 5B, adaptados para velocidades de transmisión de 100 Mbps, interfaz llamada de datos distribuidos por fibra (FDDI). La variedad de 100Base-Tx opera a 100 Mbps, en banda base, sobre pares de alta calidad, cables de par trenzado. El identificador Tx indica par trenzado (*Twisted-Pair*) para sistemas a 100Mbps, es el protocolo más comúnmente utilizado para Ethernet rápido (*Fast Ethernet*). El protocolo 100Base-Fx es la variedad de Fast Ethernet operando a 100Mbps en banda base, operando por medio de fibra óptica.

1.3 El estándar *Ethernet*

El sistema de *Ethernet* incluye cuatro bloques de construcción, que cuando son combinados hacen a *Ethernet* trabajar, los cuales son:

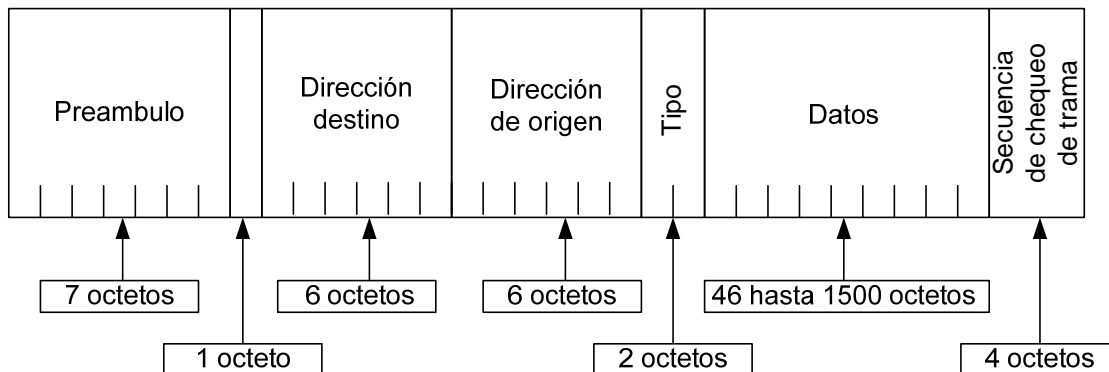
- a) La trama de *Ethernet*, el cual estandariza un set de *bits* para ser usados por el sistema.
- b) El protocolo de control de acceso medio, el cual consiste en un set de reglas unidas a la interfaz de *Ethernet*, la cual permite a múltiples computadoras acceder al canal de ethernet compartido en una manera efectiva.

- c) Los componentes de señalización, los cuales consisten en estandarización de los dispositivos electrónicos que se utilizarán en *Ethernet* para enviar y recibir señales en un canal de *Ethernet*.
- d) El medio físico, el cual consiste en los cables y cualquier otro *hardware* utilizado para transportar señales de *Ethernet* entre los equipos de la red.

1.3.1 Transmisión y trama del protocolo *Ethernet*

El núcleo del sistema *Ethernet* radica en la trama de *Ethernet*, el cual es utilizado para transportar datos entre computadoras. La trama de *Ethernet* consiste en un set de *bits* organizados en algunos campos, estos campos incluyen campos de dirección, un campo de datos que puede soportar 46 hasta 1500 *Bytes* de carga útil y un campo que chequea la integridad de los *bits* en la trama, para asegurar que la trama fueron recibida intacta.

Figura 1. Formato de la trama *Ethernet*



La trama *Ethernet* utiliza un campo de preámbulo, el cual se utiliza para sincronizar las señales de frecuencia transmitidas sobre la red de área local. El patrón de *bits* del preámbulo es el mismo en todos los medios de *Ethernet*, excepto *Fast Ethernet*. Los primeros dos campos en la trama de *Ethernet* contienen 48 bits llamados la dirección fuente y la dirección destino. Para mantener la uniformidad en *Ethernet*, la IEEE controla las asignaciones de las direcciones de red, administrando una porción del campo de direcciones. La IEEE logró esto colocando identificadores de 24 bits, llamados identificadores únicos organizacionales. Un único identificador de 24 bits es asignado para cada compañía que construye tarjetas de interfaz para redes *Ethernet* (*Ethernet NIC's*). Ejemplos de estas compañías podemos mencionar 3Com, IBM, Intel, etc. Las compañías en respuesta crearon una dirección de 48 bits preasignadas a cada dispositivo manufacturado por ellos, y dejando a los identificadores únicos organizacionales los primeros 24 bits de la dirección, esta única dirección es también llamada como dirección física, dirección de control de acceso medio. Esta dirección es preasignada por el fabricante, la cual simplifica la operación de la red significativamente. Una ventaja clara de preasignar direcciones a los dispositivos es prevenir a los administradores de red es evitar la administración direcciones de otras redes, esto también podría provocar una excesiva carga a la ya tarea difícil de administrar la red.

El campo de la dirección de destino identifica a la estación que recibirá ya sea por medio de la dirección MAC, por la dirección lógica de red (dirección del protocolo de control de transmisión / protocolo de *Internet*) y dirección *Broadcast/Multicast*.

La dirección fuente, que también identifica a la estación emisora del paquete ya sea por la dirección MAC, por la dirección lógica de red y dirección *Broadcast/Multicast*.

El campo de tamaño o tipo especifica a cualquiera de los protocolos de capa superior (para paquetes TCP/IP) o es un indicador de tamaño de los datos. El campo de datos contiene datos de la capa superior, precisamente por que las tramas de *Ethernet* deben ser de 64 bytes de largo, si una trama de ethernet es menor a 64 bytes, se agregarán *bytes* para cumplir con esto.

El campo de prueba de secuencia de trama (*Frame Check Sequence*) FCS es un control interno que utiliza una sumatoria para controles de error. Si un paquete es recibido con una sumatoria inválida el paquete será descartado. Con o sin error ningún mensaje será enviado a la fuente de origen porque *Ethernet* es tecnología capa 2 en el modelo OSI. Capas superiores manejar detección de errores, corrección y retrasmisión cuando son requeridas.

Este formato estándar permite que los paquetes de *Ethernet* sean fácilmente mapeados, o ruteados hacia otros protocolos de red, incluyendo TCP/IP, ATM, y *Frame Relay*. Como la trama de *Ethernet* es enviada hacia un canal compartido de red, hacia todas las tarjetas de todas las estaciones de trabajo de la red, todos los dispositivos mirarán los 48 bits de la trama de *Ethernet*, el cual contendrá la dirección destino a la cual se intenta transmitir la trama de *Ethernet*. Las interfaces de todas las estaciones de trabajo compararán la dirección de destino con su propia dirección MAC, La NIC que tenga la misma dirección que contiene la trama recibida por dicha tarjeta, leerá completamente la trama de Ethernet, todas las otras estaciones de trabajo y NIC's pararán de leer la trama al detectar que la dirección de destino no es la misma que su propia dirección MAC.

1.4 Componentes básicos de *Ethernet*

La tecnología de redes *Ethernet* transmite información a una velocidad de 10, 100 y 10,000 millones de bits por segundo, normalmente la versión mas utilizada de *Ethernet* es la versión de 100 Mbps, el mas reciente estándar de *Gigabit Ethernet* (GigE), define a un sistema que opera sobre cable de cobre (dentro de estructuras) así como en fibra óptica, ahora que el protocolo de 10 y 100 GigE está completo, requerirá fibra óptica como medio de transporte para cualquier escenario.

Muchas empresas actualmente están utilizando *Fast Ethernet* para interconectarse, y esto genera altos volúmenes de tráfico, esto puede incluir aplicaciones de gráficos como parte de su trabajo, diseños asistido por computadora, entre otros podemos mencionar a los programadores que tienen que almacenar archivos de gran tamaño, así como para la medicina, al subir imágenes de gran tamaño o para imágenes médicas. En estos escenarios es probable que el protocolo *Gigabit Ethernet* sea la herramienta que logre eliminar los cuellos de botella y logre suplir las constantes necesidades de red. Desde el momento de la creación de los estándares de *Ethernet* se ha hecho accesible la tecnología *Ethernet* para cualquier persona, esto sumado a la facilidad de uso y robustez hace que protocolo *Ethernet* se haya consolidado en la industria.

La gran mayoría de los vendedores de equipo y de servidores hoy en día equipan sus productos con interfaces de *Ethernet* de 10 Mbps, que permite vincular a todos los tipos de computadoras con una LAN *Ethernet*. Dado que la norma tiene a 100 Mbps ser un protocolo más ampliamente adoptado, las computadoras portátiles y de escritorio son ahora equipados con modo dual, *autosensing* adaptadores *Ethernet* que pueden operar tanto en 10 Mbps y 100 Mbps, dependiendo del entorno de red.

1.5 Topologías *Ethernet*

Ethernet puede soportar muchos tipos de topologías, los mas comunes son topología en bus, en estrella y en árbol. La topología lógica de una red *Ethernet* proporciona un solo canal *Ethernet* que transporta las señales a todas las estaciones. No importa cómo los medios de comunicación están físicamente conectados entre sí, sólo una señal de trama es entregada en el canal sobre los segmentos a todas las estaciones en una determinada red *Ethernet*.

1.5.1 Topología *Ethernet* Bus

La topología bus es el diseño utilizado para *Ethernet*, cada tecnología bus consiste en un cable coaxial con las estaciones de trabajo conectadas en secuencia, utilizando conectores tipo T. El conector tipo T provee en su parte baja la conexión para la estación de trabajo, mientras que las partes izquierda y derecha permiten la conexión hacia el siguiente conector tipo T de la continuación del cable en topología en bus. Un tipo especial de conector es utilizado en la terminación de la línea de bus, esta topología no es mas utilizada por ser voluminosa e ineficiente.

Ventajas de la topología *Ethernet* Bus:

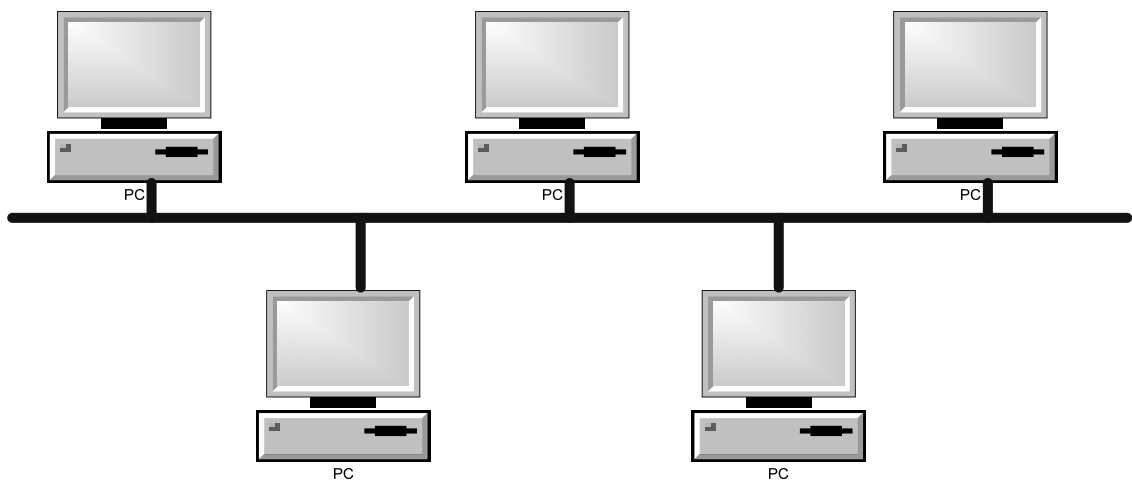
- a) La topología en bus no es cara y es facil de implementar
- b) Cuando comparamos la tecnología bus con otras tecnologías requiere menos cableado.

- c) Nuevas estaciones de trabajo pueden ser adheridas sin causar efecto en el tráfico de red.

Desventajas de la topología en bus *Ethernet* :

- a) La solución a los problemas en esta topología resultan difíciles, ya que no se cuenta con un esquema adecuado de cableado y no existe un punto central de concentración de cable.
- b) La distancia de los segmentos de cable entre los conectores tipo T necesita ser iguales a la distancia del segmento o a múltiplos de la distancia de los segmentos.
- c) Una ruptura en el cableado de red en topología bus producirá dos redes aisladas.

Figura 2. Topología *Ethernet* Bus



1.5.2 Topología *Ethernet* Estrella

La topología estrella es la topología mas común en *Ethernet*, está en uso actualmente por que deja un punto central de distribución para cableado y agregación de tráfico. En una topología estrella todos y cada uno de los nodos de la red se conectan a un concentrador o *hub*. Los datos en estas redes fluyen del emisor hasta el concentrador. Este controla realiza todas las funciones de red además de actuar como amplificador de los datos. Esta configuración se suele utilizar con cables de par trenzado aunque también es posible llevarla a cabo con cable coaxial o fibra óptica.

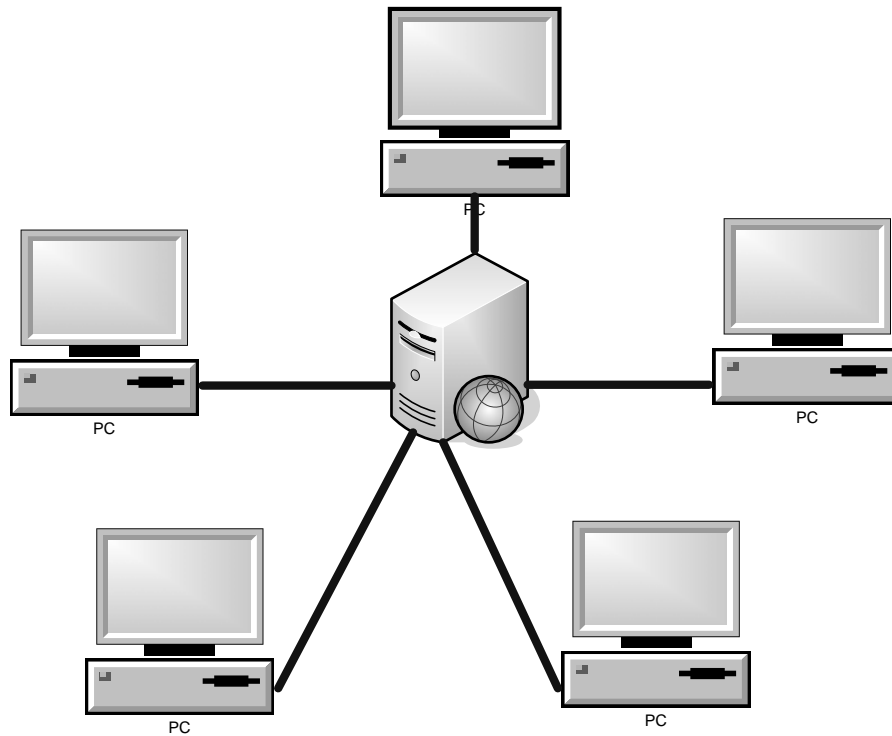
Ventajas de la topología *Ethernet* Estrella:

- a) Gran facilidad de instalación.
- b) Facilidad para la detección de fallo y su reparación.
- c) Posibilidad de desconectar elementos de red sin causar problemas.

Desventajas de la topología *Ethernet* Estrella:

- a) Requiere más cable que la topología de bus.
- b) Un fallo en el concentrador provoca el aislamiento de todos los nodos a él conectados.
- c) Inversión en *Hubs* o concentradores.

Figura 3. Topología *Ethernet Estrella*



1.5.3 Topología *Ethernet Árbol*

La topología de árbol combina características de la topología de estrella con la BUS. Consiste en un conjunto de subredes estrella conectadas a un BUS. Esta topología facilita el crecimiento de la red.

Ventajas de la topología *Ethernet Árbol*:

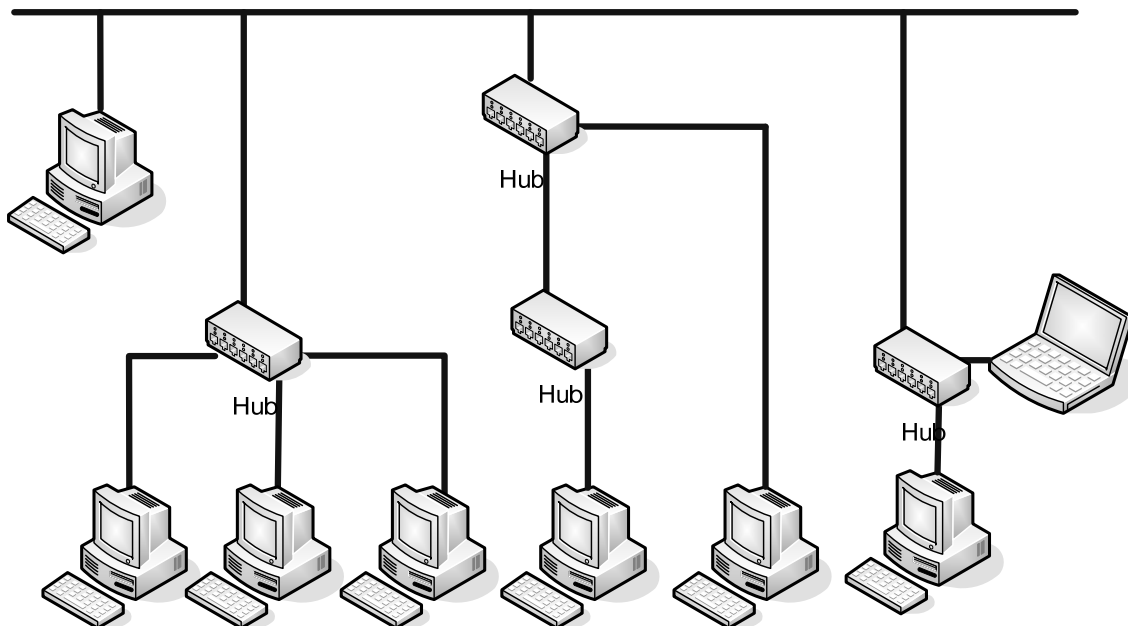
- a) Cableado punto a punto para segmentos individuales.
- b) Soportado por multitud de vendedores de *software* y de *hardware*.

Desventajas de la topología *Ethernet* Árbol:

- a) La medida de cada segmento viene determinada por el tipo de cable utilizado.
- b) Si se viene abajo el segmento principal todo el segmento se viene abajo con él.
- c) Es más difícil su configuración.

Las redes de computadoras se montan con una serie de componentes de uso común y que es mayor o menor medida aparece siempre en cualquier instalación.

Figura 4. Topología *Ethernet* Árbol.



1.6 Acceso múltiple por detección de portadora

Ethernet utiliza el protocolo de CSMA/CD para acceder al medio, el CSMA/CD está especificado en el estándar IEEE 802.3. El protocolo CSMA/CD funciona de la siguiente manera: un nodo que desea transmitir espera a que el canal esté disponible, una vez que se encuentra en este estado empieza la transmisión. Si otro nodo empezara también a transmitir en este instante se produciría colisión, por lo tanto se detiene la transmisión y se retransmite tras un retraso en la transmisión de trama aleatorio.

Las estaciones en una LAN CSMA/CD pueden acceder a la red en cualquier momento y, antes de enviar los datos, las estaciones CSMA/CD "escuchan" la red para ver si ya es operativa. Si lo está, la estación que desea transmitir espera. Si la red no está en uso, la estación transmite. Se produce una colisión cuando dos estaciones que escuchan el tráfico en la red no "oyen" nada y transmiten simultáneamente. En este caso, ambas transmisiones quedan descartadas y las estaciones deben transmitir de nuevo en otro momento. Los algoritmos *Backoff* determinan cuando deben retransmitir las estaciones que han colisionado. Las estaciones CSMA/CD pueden detectar colisiones y determinar cuando retransmitir.

1.6.1 Detección de portadora

Cada dispositivo sensa al canal si esta disponible para ser usado, luego el dispositivo comienza a transmitir la primera trama, si otro dispositivo comienza a transmitir al mismo tiempo, una colisión será producida y todas las tramas en ambos dispositivos serán descartadas. Luego cada dispositivo intentará transmitir nuevamente en un tiempo determinado al azar, hasta que se tenga éxito al transmitir la trama. Para reducir la probabilidad de colisión, una

interfaz de Ethernet en una estación de trabajo o un servidor, no transmitirá cuando otro dispositivo está transmitiendo.

Dado que la propagación de la señal en el medio lleva tiempo (señales no viajan más rápido que la velocidad de la luz), transcurre un tiempo entre el inicio de la transmisión y el tiempo en el que se produce una colisión, el cual no había comenzado a recibir la transmisión, ambas interfaces creen que fueron las primeras en transmitir. Este período de incerteza, conocido como tiempo de contención, y es dos veces el tiempo de propagación entre los elementos más distantes de las interfaces en la red *Ethernet*. El tiempo de propagación es cerca de 5 nanosegundos por metro en un cable coaxial y un poco más grande cuando se utiliza cable UTP.

1.6.2 Detección de colisiones

Supongamos que un dispositivo habilitado para *Ethernet* como por ejemplo, una estación de trabajo, envía tramas del mismo tamaño, la cantidad de tiempo para transmitir la trama, el tiempo de trama, es el radio del largo de la trama y la tasa de bits. Una colisión puede resultar con una determinada trama si otra trama fue transmitida en un tiempo de trama al comienzo de una trama determinada. Esta ventana de vulnerabilidad es dos veces el tiempo de trama en duración desde que la colisión puede suceder con una trama que comenzó antes de la trama dada o después de esta. Para recobrar el sistema de esta colisión, la interfaz de red espera un corto tiempo y retransmite. Si ocurre una colisión por segunda vez, el sistema esperará dos veces el tiempo que espero la primera vez para retransmitir, este proceso es llamado *Backoff*.

Luego de que una colisión ocurre, el tiempo en el cual una estación retransmite está determinado por un múltiplo del *slot time* (distancia teórica que

toma enviar un pulso eléctrico en cruzar la distancia mas larga entre dos equipos) utilizado para 10Mbps y 100 Mbps. Cabe destacar que la diferencia entre cada tiempo de bit es diferente para 10 y para 100 Mbps que son 100nS y 10 ns respectivamente. La cantidad de espera is calculada multiplicando el slot time por un número aleatorio entero. Esto es generado por el algoritmo de backoff el cual crea un rango de enteros que incrementan en tamaño luego de que una colisión ocurre, y luego el algoritmo crea un nuevo tiempo de espera, el *backoff time*. El algoritmo utiliza la siguiente formula para generar el retraso, el cual viene dado por multiplicar el número de este algoritmo por el *slot time*:

$$\textbf{Algoritmo Backoff: } 0 \leq r \leq 2^k$$

r es un entero aleatorio seleccionado de un rango de enteros, el valor de r puede estar en el rango entre 0 y menor al valor de la k potencia de 2.

k es un valor que es igual al número de intentos de transmisión o el número 10 lo que ocurra primero.

La retransmisión se intentará sucesivamente hasta 6 veces, luego los datos a ser trasmitidos simplemente se descartarán. Una red *Ethernet* ocupada soltará muchos paquetes.

La retransmisión se intentará sucesivamente hasta 6 veces, luego los datos a ser trasmitidos simplemente se descartarán. Una red *Ethernet* ocupada soltará muchos paquetes.

En el mundo real de red, la red no se comporta como en los estudios estadísticos, las tramas varían en tamaño y el tráfico de la red tiende a entrar en ráfagas en lugar de ser uniforme.

La contención viene solo al principio de la trama, así que la simple medición de la carga en la red es relativa a colisiones como la rata de los paquetes.

En un caso extremo una red *Ethernet* puede teóricamente crear una condición llamada colapso, en la cual no saldrá de este estado de contención por una significativa cantidad de tiempo. En teoría esto puede ser provocado por una mala combinación de tiempo al comenzar la transmisión de los dispositivos de red tan pronto cuando la red se encuentra desocupada, pero la probabilidad es muy baja que un evento pueda ocurrir. Típicamente un colapso puede ocurrir por una NIC que haya fallado, algunas veces una sola NIC puede comenzar a enviar malas tramas (algunas veces incluso al sensar o detectar colisiones). En el mundo industrial es conocido como *Broadcast*.

1.6.3 Rendimiento

CSMA/CD no es siempre predecible, a pesar de que funciona muy bien para un pequeño número de nodos por cable (en una red de bajo tráfico), siempre tiende a perder rendimiento la red si se agrega volumen de tráfico. En la transmisión de datos, el rendimiento se define como la cantidad de datos trasladados con éxito de un lugar a otro en un periodo de tiempo determinado.

En una red CSMA/CD con alto volumen de tráfico, el rendimiento puede ser menor al 40% del ancho de banda disponible. Por ejemplo, en una red operando a 10 Mbps promedio podrá operar en promedio a 4 Mbps, arriba de este promedio los paquetes comienzan a colisionar, eventualmente no habrán paquetes completos y el rendimiento tendrá un rendimiento que caerá a cero. Una forma en la que *Ethernet* evita esto es dedicar un puerto *Switch* a cada dispositivo. Esto hace que CSMA/CD no sea cuestión de paquetes, ya que no

están presentes en una colisión en un cable privado. El switch Ethernet compagina todas las tramas de todos los nodos juntos y entonces dirige el tráfico hacia la central de datos o hacia la sala de computadoras.

Otra solución de rendimiento para reducir las esperas causadas por la contención es separar los nodos en diferentes dominios de colisión. Por ejemplo redes virtuales (VLAN). En resumen, mientras mas computadores o estaciones de trabajo demande la red, el ancho de banda compartido para cada estación se decrementará, en adición, a medida de ancho de banda en una red aumente la eficiencia de la red comenzará a decrecer.

2. FULL-DUPLEX ETHERNET

Entre los métodos de transmitir información tenemos: Comunicación simplex: En la cual una comunicación, se define como modo simplex si están perfectamente definidas las funciones del emisor y del receptor y la transmisión de los datos siempre se efectúa en una dirección y la transmisión de los datos siempre se realiza en una dirección. La transmisión de señales por medio de la radio es el ejemplo más claro de comunicación simplex.

El modo de comunicación semi-dúplex, en las comunicaciones semi-dúplex puede ser bidireccional, esto es, emisor y receptor pueden intercambiar información sin embargo, la direccionalidad no puede ser simultánea, o se transmite o se recibe información, cuando el emisor transmite, el receptor necesariamente recibe. Puede ocurrir lo contrario siempre y cuando el antiguo emisor se convierta en el nuevo receptor.

En el modo de comunicación Dúplex o *Full Duplex* el flujo es bidireccional y simultáneo. Por ejemplo el teléfono. En ella el emisor y el receptor no están perfectamente definidos. Ambos, actúan como emisor y como receptor indistintamente. En una comunicación dúplex se dice que hay un canal físico y dos canales lógicos.

En el modo de comunicación *Full-Duplex* y *Semi-Duplex*. El intercambio de datos sobre una línea de transmisión se puede clasificar como "*full-duplex*" y

"semi-duplex". En la transmisión semi-duplex cada vez sólo una de las dos estaciones del enlace punto a punto puede transmitir. Este modo también se denomina "alternativo en dos sentidos", ya que las dos estaciones deben transmitir alternativamente. Esto es comparable a un puente con un sólo carril con circulación en los dos sentidos. Este tipo de transmisión se usa a menudo en la interacción entre los terminales y el computador central. Mientras que el usuario introduce y transmite datos, al computador se le impide enviar datos al Terminal, ya que si no éstos aparecerían en la pantalla del Terminal provocando confusión.

2.1 Full-Duplex Ethernet

El sistema *Ethernet Full Duplex* utiliza dos pares de cables, uno para transmitir y otro para recibir, y además, una conexión punto a punto entre el transmisor y el receptor, lo que hace que las velocidades alcanzadas sean mucho mayores, y como la transmisión y recepción usan cables diferentes no ocurren colisiones. Esto es porque ahora hay múltiples vías en lugar de una sola para la comunicación. Además, en teoría es 100% eficiente en ambas direcciones (velocidad total en ambas direcciones) pero esa velocidad se define como *aggregate-rate*, lo cual quiere decir que es lo que se supone se debe obtener, pero no hay garantías.

Se puede usar el modo *Full Duplex* en tres situaciones:

- De un *switch* a un *Host*
- De un *Switch* a otro *Switch*
- De *Host* a *Host* usando un cable cruzado

También tendremos presente que:

- No hay colisiones en el modo *Full Duplex*
- Se requiere un puerto dedicado de *Switch* para cada nodo *Full Duplex*
- La tarjeta de red del *Host* y el puerto del *switch* deben tener la capacidad de funcionar en *Full Duplex*.

Ahora, cuando dos puertos se activan, se establece una negociación entre ambos, y se establece el enlace *Fast Ethernet*, este mecanismo se llama de auto-detección y decide la capacidad de intercambio, es decir, revisa que ambos extremos puedan usar 10 ó 100Mbps, y una vez establecida la velocidad, revisa si puede funcionar en *Full Duplex*, en caso contrario, usará *Half Duplex*.

2.2 Implicaciones de operaciones *Full-Duplex Ethernet*

Una de las ventajas de operaciones en modo *Full-Duplex* es que el largo del segmento no está limitado por los requerimientos de tiempo del canal compartido en modo *Half-Duplex*. En modo *Full-Duplex* los únicos límites son aquellos provocados por las capacidades al transportar la señal, esto es especialmente válido en el uso de fibra óptica. El modo original *Full-Duplex* está especificado en el suplemento de estándares 802.x, el cual formalmente describe los métodos utilizados para operaciones *Full-Duplex*. Este suplemento fue aprobado por la IEEE y agregado al estándar 802.3 en marzo de 1997. El suplemento en el estándar 802.3x también describe una serie de mecanismos opcionales utilizados para el control de flujo en enlaces *Full-Duplex*. Los mecanismos utilizados para establecer control de flujo son llamados controles MAC y Pause.

2.3 Aplicaciones de ambientes *Full-Duplex Ethernet*

La tecnología *Ethernet Half-Duplex* fue utilizada alrededor de 20 años, en aplicaciones LAN. Ninguna condición especial es requerida para utilizar una tradicional LAN basada en CSMA/CD. Esta puede operar en un medio dedicado o no dedicado (por ejemplo cable par trenzado y cable coaxial) y LAN's dedicadas y no dedicadas (conmutada o repetida). La tecnología *Full-Duplex* es utilizable solo en LAN's específicas que tienen ambos medios dedicados para soportar simultáneamente, comunicación bidireccional de exactamente dos dispositivos en la LAN (micro segmentación).

Mientras que el uso de medios dedicados y conmutados en configuraciones para LAN están rápidamente incrementando, existe todavía base de legados de LAN's que no pueden soportar operaciones a *Full-Duplex*, en adición los *switchs* con mas caros que los *Hube* y no pueden ser justificados para propósitos de uso general.

Las operaciones *Full-Duplex* a menudo son vistas en:

- Conexiones *switch* a *switch*
- Conexiones de un router hacia un servidor
- Conexiones de larga distancia

En conexiones *switch* a *switch* a menudo se requiere distancias de links mayores a los soportados por CSMA/CD, especialmente a 100 Mbps y 1000 Mbps, por lo que el uso de *Full-Duplex* es requerido en conexiones *switch* a *switch*, también pueden ser tomadas en cuenta por el incremento de la capacidad en la distribución de tráfico simétrico en el ambiente del *backbone*.

En las conexiones entre un servidor y un *router*, tomarán ventaja por la capacidad incrementada por su naturaleza multitarea, son relativamente pocos en número y, por consiguiente, pueden justificarse (con base a costos) el uso de sus puertos dedicados, a muy altas velocidades. Los patrones de tráfico tienden a estar formados por muchos clientes conectados a un servidor, y el servidor conectado a menudo hacia un puerto de alta velocidad *Full-Duplex* de un *switch*, con clientes conectados hacia el *switch* a baja velocidad, esto previene a tener a los puertos de un servidor en congestión.

En conexiones de larga distancia, a menudo en algunos ambientes se requiere conectar estaciones de trabajo en un particular grupo de trabajo que físicamente está separado y que excede los límites de una operación a Half-Duplex. Para permitir la conexión de estas estaciones remotas, una conexión a Full-Duplex podrá ser utilizado, Full-Duplex elimina las limitaciones de distancia de CSMA/CD. A menudo la fibra óptica es el medio que se utiliza comúnmente para este tipo de aplicaciones. El uso de un puerto dedicado del switch en este tipo de aplicaciones, puede ser justificado por la necesidad de conectividad, no por la necesidad de rendimiento ni desempeño.

2.4 Aplicaciones en modo *Full-Duplex* a *Gigabit Ethernet*

El protocolo *Gigabit Ethernet* toma ventaja en comparación a operaciones *Half-Duplex* por el objetivo en sus aplicaciones, de las cuales se puede mencionar:

- Utilizando CSMA/CD a velocidades *gigabit* resulta en restricciones imprácticas por distancia y reducción innecesaria en el desempeño.
- La capacidad ofrecida por *Gigabit Ethernet* va más allá de los requerimientos de las estaciones de trabajo, al menos por un corto plazo.

La basta mayoría de conexiones de *Gigabit-Ethernet* operarán en el modo *Full-Duplex*, muchas empresas están manufacturando interfaces que solo

soportan operaciones *Full-Duplex*, esto es debido a que el uso del producto no es una limitante y la complejidad del algoritmo *Half-Duplex* puede ser eliminado.

2.5 Control de Flujo en *Ethernet*

Ethernet y virtualmente todas las otras tecnologías LAN, están conectadas en esencia, como tal no hay concepto de un circuito virtual, y no garantiza la llegada de una determinada trama hacia la estación emisora. Las tramas son transferidas con un alto grado de probabilidad que no ocurra error, pero esto no garantiza que la transmisión se realice con éxito. Si se produce un error o el buffer del receptor no esta disponible, un receptor *Ethernet* simplemente descartará la trama sin proveer ninguna notificación de esta acción. Esto hace que las interfaces de *Ethernet* sean construidas a bajo costo. Este sistema es más simple de implementar que un sistema que incluya mecanismos para recuperar errores y flujo de control en la capa de *link* de datos.

La probabilidad que ocurra un error en una LAN es extremadamente baja. *Ethernet* especifica una tasa *bits* de error (BER) de 10^{-8} en el peor de los casos, un *Ethernet* en un ambiente benigno se comportará con una tasa de *bits* de error de 10^{-11} o menos. Esto se traduce a una tasa de pérdida de trama en el orden de 10^{-11} o menos, lo cual es un error cada 10 millones de tramas. Esto es bajo rendimiento para ser ignorado en la capa de *link* de datos, y fatal para los protocolos de capas superiores o aplicaciones que requieren una entrega exacta de datos. La tasa de pérdida de tramas viene dado por:

$$\text{Tasa de pérdida de tramas: } 1 - (1 - \text{BER})^n$$

Donde BER es la tasa de errores de *bit*, y n viene dado por el número de *bits* en la trama. El diseño original de *Ethernet* no provee control de flujo, y sin ningún protocolo que provea control de flujo pérdidas excesivas de tramas se pueden producir, debido a una congestión en el *buffer* del *switch*.

El volumen de tráfico en las trónchales de la red siempre está creciendo, y como resultado los switches de las troncares conectados con enlaces *full-duplex* pueden ser cargados con tráfico muy pesado. Un *switch* típicamente ha sido arreglado con un NET de recursos, en cuanto a ancho de banda del *switch* interno y el *buffer* del paquete, estos mecanismos son repartidos en sus puertos de conmutación. Los recursos como la memoria del *buffer*, es cara, y muchos *switchs* baratos están limitados en estos recursos. Para prevenir que estos recursos limitados en los *switchs* se conviertan en un problema que evite su desarrollo, han sido creados una variedad de mecanismos de control de flujo no estándar han sido desarrollados por los fabricantes de switches para uso en segmentos a *Half-Duplex*. Esto incluye el uso de ráfagas cortas de señal de portadora enviados por *Switchs* que causa que las estaciones operando a *Half-Duplex*, dejar de enviar cuando los buffer o los puertos del *switch* están llenos. Este pequeño mecanismo basado en el modo de operación *Half-Duplex*, esto no trabaja en modo *Full-Duplex*, el cual no utiliza el algoritmo CSMA/CD. Como resultado un *switch* conectado a segmentos *Full-Duplex* necesita un nuevo mecanismo para enviar un mensaje de control de flujo. En tal fin, un mensaje explícito de control de flujo es previsto para el control MAC y Pause, controles especificados en el suplemento 802.x de *Full-Duplex*.

2.6 Control de acceso medio.

La MAC representa la dirección física o de hardware de un dispositivo/adaptador de red. No puede haber dos MAC repetidas, cada fabricante un rango asignado único y es el responsable de su implementación en los dispositivos que fabrique.

Esta dirección se graba en fábrica dentro del chip electrónico del dispositivo, siendo imposible de modificar posteriormente. Los programas pueden acceder a la dirección física para realizar ciertas funciones de red, pero el usuario no puede acceder directamente a la MAC.

Algunos programas como son los analizadores de protocolo, configuran la tarjeta de red en modo promiscuo, a fin de analizar todo el tráfico que circula por el segmento de red donde se encuentra.

El ordenador, desde el nivel de hardware no conoce la estructura lógica de la red: direcciones IP, máscaras, etc. Pero sí que conoce la dirección *hardware* o MAC de la tarjeta de red y puede acceder a ella. Cuando se pide resolver una determinada dirección IP de la intranet, se envía una petición de *broadcast* (a toda la red) donde se incluye la dirección MAC del origen a fin de que el contestatario sepa donde enviar la respuesta. La máquina que tenga la dirección IP solicitada responderá poniendo además su dirección MAC. A este protocolo se le denomina *Address Resolution Protocol* (ARP) que forma parte

de la familia de protocolos del TCP/IP y AppleTalk y que relaciona direcciones IP con la MAC asociada.

Más que definir un protocolo para control de flujo explícito para *Ethernet Full-Duplex*, la IEEE y el estándar 802.3x escogió más que todo una arquitectura más genérica para el control de la estructura de *Ethernet* MAC (control MAC), dentro del cual el control de flujo *Full-Duplex* fue el primero en ser definido. Esto está definido para el futuro:

- La expansión para flujo de control específico para redes *Half-Duplex*
- La definición y la especificación de otras funciones (además el control de flujo)
- Especificaciones para mecanismos de control de flujo alternativos *Full-Duplex*

El control MAC es una capacidad opcional en *Ethernet*. Haciendo esto opcional, permite que se evite la necesidad de declarar dispositivos preexistentes compatibles para *Ethernet* con no compatibles con una última revisión de especificaciones. Claramente el uso de control de flujo provee ventajas significativas a altas velocidades, en redes *Full-Duplex*, pero su implementación y uso es permitido para escoger el desempeño versus el costo. El costo de implementar el protocolo de control MAC, es extremadamente bajo, muchos vendedores de productos *Ethernet* a menudo implementarán esta capacidad, especialmente a tasas de datos a *Gigabit*.

2.7 Arquitectura de control MAC

El control MAC constituye una subcapa de la capa de *link* de datos. Esta es una función opcional insertada entre la tradicional MAC *Ethernet* y el cliente para esa MAC. El cliente puede ser una capa de protocolo de red (por ejemplo IP). Si el cliente de la MAC no conoce acerca de ella, o como usarla, la función provista por el protocolo de control de flujo MAC simplemente desaparece a la subcapa. El control de flujo permite a los clientes, como por ejemplo *switches* que quieren prevenir el sobreflujo de buffer, poder usar estas capacidades adheridas por la subcapa para controlar la operación bajo *Ethernet* MAC, en particular esto se resume a que el dispositivo puede requerir que la MAC en el otro extremo de *link* de un *link Full-Duplex* evite adicionar transmisiones de datos, previniendo el sobreflujo (*overflow*).

Una vez que el cliente ha requerido control MAC, este puede generar tramas de control, las cuales son enviadas sobre *Ethernet* utilizando los estándares bajo MAC. Similarmente un MAC *Ethernet* podrá recibir control de tramas MAC (generado por un control MAC en la otra estación). Antes de la invención del control MAC, cada trama transmitida en *Ethernet* era resultado de un requisito para transmitir datos por un protocolo de capas superiores o una aplicación que requería datos relevantes a esas aplicaciones o protocolos, el control MAC introdujo el concepto de tramas siendo transmitidas y recibidas dentro de la capa de *link* de datos. Este concepto existe en muchos otros protocolos MAC (IEEE 802.5).

La función PAUSE es utilizada para implementar flujo de control operando en modo *Full-Duplex Ethernet*. La operación PAUSE es implementada utilizando arquitectura de control MAC y trama descrita en el anterior punto. La operación es definida comúnmente solo para uso en conexiones simples *Full-Duplex*, no puede ser utilizado en una LAN compartida (*Half-Duplex*). Este control puede ser utilizado para control de tramas de flujo de datos entre:

- Dos estaciones de trabajo
- Un *switch* y una estación de trabajo
- Entre *switch* y *switch*

La función PAUSE es una función que está designada para prevenir de innecesaria eliminación de tramas provocado por el sobreflujo bajo condiciones de sobrecarga de tráfico en un lapso pequeño de tiempo. Por ejemplo, un dispositivo que está diseñado para manejar el tráfico estable en la red, mas permitir cierta cantidad de tráfico que varía en el tiempo. La función *PAUSE*, previene que el dispositivo comience a eliminar tramas cuando en un tiempo pequeño se exceda la carga arriba del nivel establecido por el dispositivo, el dispositivo puede prevenir el sobreflujo de *buffer* enviando tramas *PAUSE*, la recepción de estas en el otro extremo del canal de comunicación, parará el envío de tramas de datos, esto prevendrá al primer dispositivo de sobrecarga de *buffer*, procesando tramas de acuerdo a su diseño. Cuando una estación recibe una trama *PAUSE* esta estación para de enviar datos por un período específico. Cuando este tiempo expira, la estación comienza a reenviar tramas donde se dejó de enviar tramas.

Cabe mencionar que la función *PAUSE* no resolverá los siguientes problemas de red:

- Congestión de estado estable, el protocolo es designado para aliviar temporalmente la condiciones de sobrecarga reduciendo el tráfico entrante. Si este volumen de tráfico es sostenido, los niveles pueden ser excedidos para los cuales el dispositivo fue fabricado, y se deberá considerar un error de configuración no problema de control de flujo.
- Dicha función esta definida para un enlace *Full-Duplex* simple, de extremo a extremo, no es un mecanismo el cual pueda hacer una coordinación defunciones *PAUSE* en múltiples enlaces.

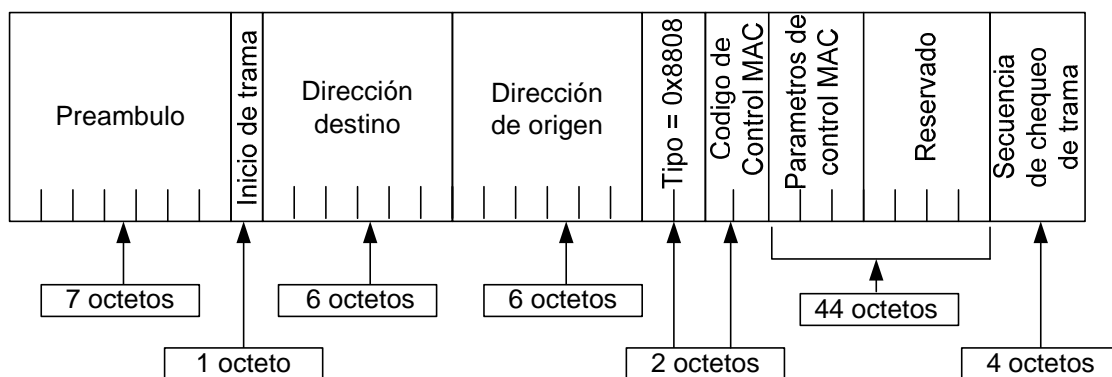
La función *PAUSE* no es una garantía que las tramas llegarán a su correspondiente estación, las tramas *PAUSE* podrán ser corruptas por errores y el receptor no sabrá cual de estas tramas fueron enviadas con error.

La función *PAUSE* implementa un control de flujo simple “comienzo-parada”, un dispositivo que necesite temporalmente parar datos entrantes mandará una trama *PAUSE*, que indicará un parámetro de la cantidad de tiempo que la comunicación *Full-Duplex* deberá esperar para continuar enviando tramas de datos.

2.8 Formato de la trama de control MAC

La trama de control MAC es normal y válida para tramas *Ethernet*, y son enviados utilizando el estándar *Ethernet*. Existe un único tipo de campo de identificación dentro de la trama, utilizado para todas las tramas utilizadas para control, esto los define como tales. Dentro de el campo de datos de la trama, los primeros dos octetos identifican el código de operación del control MAC. Todas las tramas de control son de exactamente 64 *Bytes*, el mínimo tamaño de la trama *Ethernet*.

Figura 5: Formato de trama MAC



El preámbulo, el inicio de trama, y el chequeo de control de trama son los mismos para todas las tramas *Ethernet*. La dirección de origen contiene una dirección única que está enviando la trama *PAUSE*.

El campo tipo, contiene un valor utilizado para todas las tramas de control MAC (0x8808).

El campo de código de control MAC para una función *PAUSE* por ejemplo es 0x0001. La trama *PAUSE* toma un parámetro simple llamado tiempo de pausa, el cual es un entero de 2 bytes el cual indica la cantidad de tiempo que está requiriendo una estación que pare de enviar tramas. El tiempo es medido en incrementos de 512 tiempos de bit.

2.9 Simetría de control de flujo

El control de flujo puede ser simétrico o asimétrico, en algunas configuraciones de red esto es aconsejable para que el control de flujo se administre en una sola dirección.

2.9.1 Control simétrico

El control de flujo simétrico tendrá lógica en las circunstancias siguientes:

- Los dispositivos deberán tener establecido una variación estadística de arribo de tramas, esto es, sobrecarga en un lapso pequeño de tiempo, cuando se tiene bajo promedio de tráfico.
- Ambos dispositivos tendrán similares cantidades de memoria de *buffer*.

- Los patrones de tráfico sean uniformes
- Ninguno de los dispositivos es fuente o sumidero del volumen total de tráfico en la red

2.9.2 Control asimétrico

En algunos casos resulta mejor tener una interfaz operando al máximo, pero no viceversa, el escenario más común para este caso son las estaciones de trabajo, que están conectadas a un *switch*. Existen dos posibles direcciones de control de flujo asimétrico, y las dos tienen su respectivo uso.

El *switch* puede saturar a la estación pero no viceversa: Esta es la más importante aplicación de control de flujo asimétrico. Esto permite a un *switch* mantener el control de una estación de trabajo cuando la congestión de red se hace presente lo que causa el sobreflujo de *buffer* (o cerca del sobreflujo). Desde que las estaciones son la fuente del tráfico de la red, mantener el control sobre estas reduce la fuente de congestión.

La estación puede saturar al *switch* pero no viceversa: Si la capacidad del enlace, es más grande que la habilidad de procesar los datos por la interfaz, podría producirse pérdida de tramas en la terminación de la estación, seguido de un sobreflujo de *buffer*. Esta situación es improbable que ocurra con una velocidad de 10 Mbps, pero a nivel de Gigabit-Ethernet si puede convertirse en un problema real, los datos pueden llegar de múltiples fuentes (en el caso de un servidor) a muy altas velocidades más grandes de las que el puede procesar.

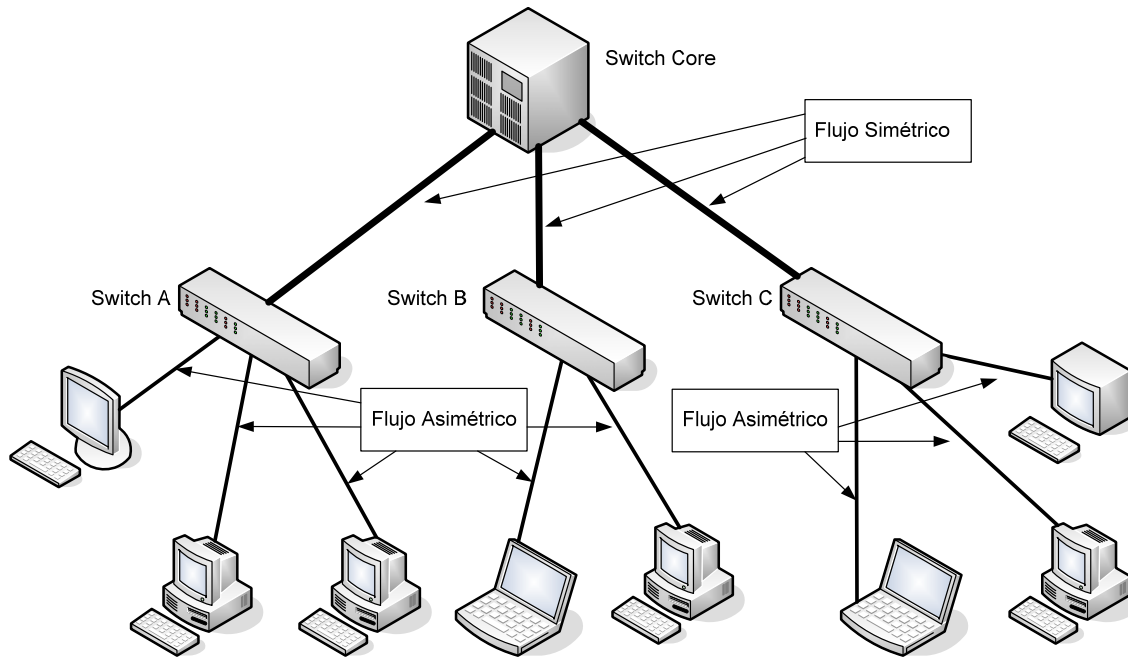
El mecanismo de control de flujo, punta a punta, como las ventanas de advertencia en TCP, puede prevenir sobre-flujo de *buffer* para una tasa simple de datos, pero necesariamente no pueden prevenir sobreflujo de *buffer* para múltiples y no estables tasas de datos en la red. El control de flujo asimétrico puede permitir a la estación de saturar al switch para prevenir pérdida de tramas en esta situación, de esta forma, la estación requiere capacidad de *buffer* al *switch* para su propio uso.

Un enlace puede ser configurado para utilizarse como sigue:

- Sin flujo de control
- Control de flujo asimétrico
- Control de flujo simétrico.

Las especificaciones originales para la autonegociación del control de flujo (en 10 Mbps y 100Mbps) permitían configuración automática solo para control de flujo simétrico. La configuración del flujo de control asimétrica requiere de configuración manual en todos los casos.

Figura 6. Flujos de control



3. GIGABIT ETHERNET

3.1 Redes de área metropolitana (MAN)

Una red de área metropolitana (MAN) está basada en paquetes, de una amplia área de datos, está diseñada específicamente para interconectar LANs aisladas, alrededor de un área geográfica limitada. El área puede ser pequeña como un centro financiero, o grande como la red dentro de una ciudad, pero no es designada para ser internacional. El núcleo de una red MAN (core) es la red dentro de la red conectando hoteles, puntos de presencia (POP's) en un área urbana. La parte de acceso consiste en los *links* de última milla conectados a los usuarios hacia el núcleo, no hay que cometer el error de pensar que esta última milla, es pequeña ya que la última milla puede tener mucha distancia de por medio.

Los proveedores de red encaran una variedad de cambios para ser capaces de capitalizar las oportunidades de tecnologías nuevas o emergentes, avances en los estándares, o más demandas y requerimientos. La industria de las telecomunicaciones, la no regulación ha resultado en el incremento en la competencia, ha estimulado la innovación, y ha colaborado a reducir los precios en los servicios. Al nivel de una red MAN, existe una tremenda presión por expandir la capacidad del acceso a banda ancha local y alta velocidad hacia redes de área amplia (WAN's) especialmente Internet. Todos estos factores han contribuido, a que una flexible y probada arquitectura MAN combinada con la

compatibilidad entre proveedores es urgente que sea introducida hacia los proveedores de soluciones de transporte.

Las redes de área metropolitana están sufriendo transformaciones radicales, combinado con la demanda de nuevas aplicaciones, nuevos equipos en la última milla, y las tecnologías de fibra óptica ponen presión hacia la infraestructura existente para que mejoren sus servicios y estén a la vanguardia. Desde finales de los 90's las redes MAN surgido una respuesta dinámica y critica en cuanto a demandas de infraestructura MAN. No solo el tráfico en redes MAN demanda rápida escalabilidad, sino que también las arquitecturas de red, protocolos y tecnologías también experimentan esta escalabilidad.

La aparición de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), el aumento de mayor velocidad de las conexiones ópticas, y el impulso hacia la convergencia de voz y datos son la combinación para ejercer presión sobre las arquitecturas de red para mantener el paralelismo con las explosiones en la demanda y la capacidad. Además, el panorama competitivo para los proveedores de servicios de MAN está cambiando con la llegada de nuevos transportistas que no llevan el legado anterior, como lo son la Red Óptica de Sincronía (SONET) y la Jerarquía Digital Sincrónica (SDH).

El mundo actual con una constante demanda en ancho de banda, y con proveedores de servicios con protocolo-múltiple proveen una basta oportunidad para las empresas que dan el servicio de transporte de red, servicios como videoconferencia, telefonía IP, televisión por Internet (IP-TV) y telecomunicaciones. Aunque los servicios locales tales como acceso a *Internet* consumen cada vez más ancho de banda, de núcleos para MAN y WAN, la

tecnología demanda mejoras como por ejemplo en el la eficiencia del ancho de banda como el advenimiento de tecnologías como WDM, concretamente, multiplexado por división (DWDM), hoy la tecnología de fibra óptica pueden ofrecer en exceso de 1 petabit por segundo (PBPs) en una sola fibra óptica. Un petabit es 1 cuatrillones de *bits*, o el equivalente de 1000 terabits (Tb), con lo que se ha logrado cumplir con la demanda de tráfico y tener proyecciones para los años venideros.

3.1.1 Demanda en crecimiento

El ancho de banda también fue un factor en el crecimiento explosivo en las LAN, impulsada por la disponibilidad y el despliegue de *Gigabit-Ethernet* en 1998. Las redes WAN desde la capacidad de la red también explotaron, impulsada por el 300% de crecimiento anual del tráfico de Internet. El resto ha sido enlace de red entre las redes LAN y WAN: las redes MAN.

En adición, los millones de nuevos usuarios los cuales están a diario en línea, la naturaleza de las aplicaciones de Internet están cada día demandando mas ancho de banda, el incremento de ambiente gráfico en *Internet* así como cada vez más contenido de multimedia ha sido mas generalizado. Para los usuarios el inicio de conectividad de banda ancha en forma de MÓDEM y ADSL (línea de abonado digital asimétrica) ha ampliado de manera significativa la capacidad del último tramo para los productos de última milla, dándoles acceso más rápido y una mayor aceptación en cuanto a hacer un uso más intensivo del ancho de banda en *Internet*.

Para entender la evolución dramática del las redes MAN, actualmente consideremos las siguientes proyecciones de analistas e investigadores en cuanto al mercado de redes MAN.

- La cantidad promedio de circuitos está creciendo aproximadamente 65%, alimentada por el crecimiento de centros de datos, centros de llamadas, y hoteles.
- La siguiente generación de tecnología SONET(como SONET-lite, metro DWDM, y *Ethernet* sobre SONET) es de 30 a 70% más rentable que las redes anteriores (TDM y ATM).
- Los centros de llamadas están creciendo a un promedio anual de 100% lo cual consume el 40% del total ancho de banda a nivel metropolitano. En efecto los cuatro mercados más altos constituyen aproximadamente el 40% de todo el tráfico MAN.

3.1.2 Consolidación tecnológica y servicios

La convergencia de servicios es otro factor clave que impulsan la evolución de las redes MANs. Históricamente, las infraestructuras de comunicaciones metropolitanas han sido creadas y optimizados para tráfico de voz, mientras que los requisitos de datos han surgido de una idea de último momento. Sin embargo desde 1995, "El año del Internet" el crecimiento del Internet ha comenzado a dispararse y las infraestructuras de red de datos se hicieron mas importantes con el correr de los años. Desde las redes de cobre, conexiones entre usuarios y las infraestructuras TDM a través de las redes WAN, todos los aspectos de la red pública de telefonía conmutada (PSTN) han sido diseñados para tráfico de voz en lugar de conexión para tráfico de datos. Ahora ya que los datos son el principal tipo de tráfico, ha surgido una perfecta

convergencia de datos, llamada de voz de calidad, y calidad de transmisión de vídeo dentro de una red optimizada mutuamente.

Durante los años 90's, se sembraron las semillas de cambio, que afectan la forma actual en la cual se entregan los servicios por parte de los proveedores, estos cambios significativos son:

- Se logró madures y relevancia en ruteo IP y en los protocolos *Ethernet* LAN, resultando en *switcheo* de paquetes a bajo costo.
- Alrededor del mundo la no regulación de los mercados de telecomunicaciones resultó en la llegada de mas opciones de servicio.
- La creación de navegadores amigables al usuario, resultando en nuevos servicios para las masas.
- La llegada de la segunda generación de componentes fotónicos en redes, resultando en bajo costo de acceso al ancho de banda.
- El incremento en la demanda de servicios de paquetes de datos que no excede la demanda de los servicios de telefonía de voz.

La mayoría de estos cambios ocurrieron en un plazo muy breve en comparación con la lentitud e inercia tradicional de desarrollo en las telecomunicaciones, como es la multiplexación, la conmutación, y las redes de transmisión. En 1993, SONET y ATM fueron vistos por primera vez como futuros portadores y como elementos en la red como integradores de los elementos básicos de las necesidades vistas para video, datos y redes.

Empresas grandes generalmente generan el 40% del tráfico a nivel metropolitano. Con este rápido crecimiento en aplicaciones basadas en *Internet*, y en aplicaciones con tráfico *Host-to-Host*, transportado por redes privadas, muchas empresas han visto que sus requisitos de capacidad de datos crece rápidamente en un promedio de 40% por año.

En los años recientes, los centros corporativos de datos, los sitios *Web-Hosting*, los proveedores de servicios de aplicación (ASPs), firmas especializadas en almacenaje de información y otros participantes del borde de red, están generando alto crecimiento en el ancho de banda, tráfico de datos capa 2 (*Ethernet Traffic*). Desde que este tipo de tráfico requiere interconexión con redes *backbone*, otros centros de datos, y redes de acceso sirviendo al usuario final, la continuidad de este crecimiento de este segmento presiona a la actual capacidad del legado de una red metropolitana (sistemas basados en TDM/SONET)

3.1.3 Evolución del requerimiento de una red WAN

El concepto de una red MAN no es nuevo, este tipo de redes han estado presentes desde los inicios de los años 90's, en los primeros días, los anillos TDM y amplificadores ópticos cumpliendo con los objetivos de la distancia constituyeron las redes MAN. A mediados de los años 90's, ATM vino a ser la tecnología predominante en la construcción de las redes MAN (ATM sobre SONET).

La promesa de la tecnología ATM como tecnología de convergencia de datos, voz y video, fue responsable de su llamamiento. Más importante aun fue la inherente capacidad de ATM a intercalarse en los anillos SONET/SDH, haciendo una primera opción para transporte, sin embargo mucho de esto ha pasado desde mediados de los noventas:

- La infraestructura SONET/SDH continua siendo cara, complicado de implementar y mantener.
- ATM ha hecho poco para mejorar la alta velocidad, basada en paquetes de conectividad.
- SONET/SDH basado en fragmentación de ancho de banda no es efectiva para conectar a un simple usuario.

A los proveedores de servicio implementando redes MAN, se les está presentando muchas oportunidades en explotar las capacidades de las redes LAN, por la habilidad de bajos costos en equipo *Gigabit-Ethernet*. Al mismo tiempo, la tecnología DWDM ha venido a incrementar el ancho de banda disponible en las troncales de larga distancia. Los proveedores de servicios de redes MAN, ahora pueden reducir la brecha entre las redes LAN y el *back-bone* de una red con nueva tecnología para soportar servicios y aplicaciones que requieren mas ancho de banda. Bastas cantidades de fibra son a menudo siendo implementadas en anillos metropolitanos, muchos nuevos productos están siendo desarrollados para el aprovechamiento de esta fibra par cubrir los requerimientos en dirección a la próxima generación de mercado de redes MAN. Los requerimientos siguientes para optimizar hoy en día las redes MAN están siendo comunes para proveedores grandes y pequeños. Expandiendo la

capacidad de las demandas conocidas de tráfico es solo uno de los requerimientos del mercado.

Para conocer las necesidades en el futuro, las redes metro deberán tener las características siguientes:

Núcleo de anillos metropolitanos (core):

- Escalabilidad, la cual se refiere a la capacidad de incrementar la capacidad en costo efectivo, como las necesidades se vayan dando, también podemos agregar la habilidad de escalar los anchos de banda en y muchos nodos, muchos mas que 16 como es el límite tradicional de SONET o SDH.
- Simplicidad, las redes multiservicios o multifunción pueden reducir la inversión en costos de operación, manteniendo la red y manteniendo la transparencia de los protocolos son las características más importantes en las nuevas redes MAN.
- Soporte para servicios de voz tradicional, el legado de los circuitos basados en voz, sigue siendo una importante fuente generadora de ingresos, a pesar del decremento en cuantías por el decremento en el porcentaje del ancho de banda total.
- Manejo de red, el manejo de la red deberá proveer control extenso y facilidad de monitorear y ser fácil de provisionar y operar. También deberá ser capaz de proveer protección de fallas causadas por problemas de rendimiento y cortes de *links*. El manejo de la red deberá ser fácil y ser amigable para el encargado de la red, con unos pocos

clicks de *Mouse*, se podrá tener a los elementos de red, hacer cambios en su configuración, capacidades y servicios.

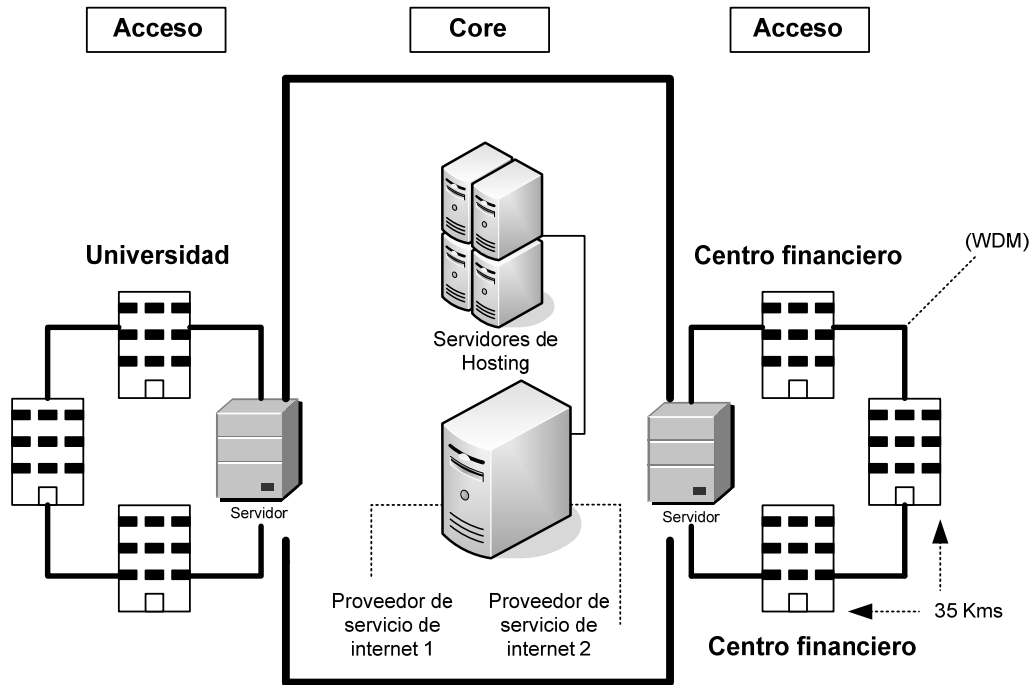
- Soporte multiservicio, las redes metro deberán soportar la variedad de servicios que se pueden encontrar en los usuarios, desde el tradicional ancho de banda utilizado para voz, demanda de video, VPN's, la red metro también deberá soportar muchos protocolos como TDM, ATM, *Frame Relay*, *Ethernet* e IP, y ser compatible con SDH y tecnología SONET. Reducir el tiempo al mercado para nuevos servicios es también factor de éxito.
- Robustez y fiabilidad, las redes metro deberán ser hábiles de soportar fallas múltiples simultaneas, protección de *switches*, *link* y restauración de ruta, y diversidad de rutas deberán ser implementadas alrededor de la red.
- Calidad de servicio (QoS), variedad de niveles de servicio deberán ser ofrecidos para voz, ATM, *Frame Relay*, y servicios basados en IP.
- Arquitectura de red sólida, los proveedores de servicio quieren un mecanismo de convergencia robusto y rápido de capa 3, además de la protección pasiva de falla de fibra sí existiera un error o una ruptura en el servicio.
- Flexibilidad, la necesidad de interoperabilidad con los existentes equipos en todas las locaciones, en adición con la habilidad de fragmentar el ancho de banda existente hacia un usuario, habilita a los proveedores de servicio para satisfacer las necesidades cada vez más exigentes de los clientes.

- Bajo costo, el modelo de costo para implementar una red MAN es menor que el costo de implementar una red SONET/SDH. Esto no está solo limitado a los costos de adquisición del equipo, esto también incluye el costo del mantenimiento día a día, el costo en la implementación de un centro de operaciones de red (NOC).

Anillos de servicios metropolitanos:

- Aprovechamiento rápido y efectivo, los proveedores de servicios, generalmente ofrecen servicios de solo datos, datos y voz, o servicios de datos, voz y video. La clave está en ofrecer servicios de 1 a 10 Mbps con incrementos que son configurables por *software*, desde una estación central de manejo del ancho de banda.
- Calidad de servicio (QoS), se considera la única herramienta disponible para diferenciar servicios, la calidad de servicio debe extenderse a cada usuario y basado en la asignación de ancho de banda.
- Flexibilidad de proveedores de servicios de Internet, desde la perspectiva de una red MAN, es muy importante tener la capacidad de estar conectado con al menos dos proveedores de servicio de *Internet*, esto no solo asegura tener redundancia, sino que también habilita al usuario a escoger servicios de mas bajo precio para tráfico que no es crítico.
- Facturación, el mas importante pensamiento de todos es el ofrecer y facturar a varios niveles de servicio, y el cual incluye varios escenarios.

Figura 7. Diferencia entre anillo de acceso y core



3.2 Perspectiva de los proveedores de servicios

Las redes metropolitanas prestan servicio mayoritariamente como un intermediario para otras redes, sin embargo esto implica considerablemente que es más que servicios de conectividad de alta velocidad. Los servicios de valor agregado y las características que brindan son los elementos para diferenciar un proveedor de red metropolitano de otro. Una plataforma de servicios robusta deberá tener:

Apalancamiento de la infraestructura existente: El proveedor de servicios deberá ofrecer características adelantadas para soportar los servicios dados sobre la red metro. Por ejemplo, el contenido y aplicaciones de *Host* requieren distribución de carga y particionamiento seguro de servicios sin pérdida de desempeño. Al mismo tiempo, los proveedores de red de acceso requieren de provisionamiento dinámico, adicionar un nuevo cliente no deberá requerir revisar la planta física de la red. Esta característica mantendrá los costos bajos y mantendrá la satisfacción del cliente.

Control de ancho de banda y provisionamiento de servicios: Los proveedores de servicio tendrán que hacer uso óptimo de sus recursos y las opciones con más beneficios para ellos. El control del ancho de banda y provisionamiento rápido de servicio es de las más importantes funciones que el equipo de red deberá enfrentar, dando múltiples oportunidades de intercambiar varios niveles de servicio. Manejando flujo de datos, mezclando varias velocidades bajas de tráfico y limitando la accesibilidad a la red, son funciones que manejan el consumo del ancho de banda de la red.

La habilidad de manejar los enlaces y provisionar el ancho de banda óptico en incremento de niveles de *bit* con mínimo tiempo y esfuerzo reduce los costos y retiene a los consumidores. Esta habilidad también habilita a los proveedores de servicio a escalar y autoprovisionar su ancho de banda óptico acorde a sus métricas comerciales, de negocios, así creando ganancias por servicios mensuales que de otra manera se perderá en otro tipo de contrato.

La ingeniería de tráfico, como las redes ópticas están llegando a la capacidad de proveer un ancho de banda ilimitado hacia los usuarios, los

proveedores de servicio deberán proveer diferencia de servicios dinámicamente, según sea la necesidad. Varias funciones pueden ser aplicadas a utilizarse en tráfico entrante y en flujos de tráfico, para que se mejore el desempeño global de la red. Los proveedores de servicio deberán utilizar ingeniería de tráfico para ofrecer diferentes niveles de servicio o asegurar la calidad de servicio para tráfico sensitivo como voz o video. A través de uso de ruteo, protocolos como MPLS, GMPLS, VPN's y las diferencias de niveles en los servicios, la siguiente generación de *routers* deberán ser hábiles en la configuración de prioridades y ofrecer ingeniería de tráfico avanzada. Estas capacidades están especialmente críticas en un mundo que está lentamente virando de SONET.

Facturación en tiempo real: se deberá monitorear uso de ancho de banda asegurar que los clientes, obtienen el ancho de banda contratado, y han pagado, y luego puedan de fuente fidedigna llevar las cuentas y facturar en tiempo real.

Facturación en tiempo real: la transición entre la venta de ancho de banda y la venta de servicios requiere a las empresas que prestan el servicio de transporte y proveedores de servicio construir una infraestructura que habilite posibilidades de ingeniería y saque ventaja en el tráfico comercial. Se deberá poder monitorear uso de ancho de banda asegurar que los clientes, obtienen sus servicios y han pagado para, y luego puedan de fuente fidedigna llevar las cuentas y facturar para estas facturaciones en el tiempo real.

Compatibilidad, los legados de las redes antiguas, deberán ser acomodadas cuando se realice el diseño e implementación en las nuevas redes

MAN, para evitar el rediseño de redes locales. Como muchas redes migraron a IP, la interoperabilidad entre IP y otras tecnologías de telecomunicación deberán ser la mayor preocupación para los proveedores de servicio. El soporte deberá estar disponible para cualquier infraestructura mayor, incluyendo ATM, paquetes sobre SONET (PoS), DWDM, *Gigabit Ethernet*, T1.

3.3 *Ethernet* óptico en redes WAN

Ethernet comenzó como una alternativa alta velocidad de red, y enfocada a prestar servicio aplicaciones locales. Sobre el tiempo *Ethernet* se fue transformando en una tecnología genérica para redes locales, metropolitanas, y redes de área amplia. Esta ha sido provista para ser:

- Escalable de 100 Mb a 1 Gb y más alto
- Flexible (medios multiples, *Full-Duplex/Half-Duplex*, modos compartidos y *switchheado*)
- Fácil de instalar
- Generalmente muy robusto.

El *Ethernet* óptico es el utilizado para paquetes *Ethernet* transportados sobre fibra óptica, dentro o como vía de acceso para alcanzar la red de proveedor de servicios. Como resultado la conexión puede correr al estándar de *Ethernet*, como lo es 10, 100, 1000 Mb, o aún más.

Los factores que manejan la actual demanda de puertos *Ethernet* son similares a los factores que manejan otros servicios de datos metropolitanos, entro de los cuales podemos enumerar:

- Incremento del uso corporativo del *Internet*
- Aplicaciones de multimedia con alto ancho de banda
- La necesidad de conectar LAN's dentro del área metro
- La necesidad de conectar centros de datos, con áreas metro.

La ventaja que toma *Ethernet* sobre otras tecnologías es el precio. Esto se puede reflejar en el costo de 2 a 4 veces menos para *Ethernet* en comparación con otras tecnologías. Los sistemas de *Ethernet* ópticos están evolucionando mas allá de los enlaces que interconectan diferentes LAN's. Son sistemas adecuados en ellos mismos, proveyendo escalabilidad y funcionalidad que no simplemente son compatibles con sistemas basados en *Ethernet* de cobre, incluyendo aquellas interfaces conectadas por ruteadores.

3.3.1 Aspectos operacionales del *Ethernet* óptico

Ethernet óptico es la cuarta generación de capa 2 de tecnologías para redes WAN y MAN. A diferencia de sus predecesores, X.25 (primera generación), *Frame Relay* (segunda generación), y ATM (tercera generación), el *Ethernet* óptico es una tecnología de paquetes sin conexión. Cuando se refiere a *Ethernet*, usualmente se refieren a *Ethernet Gigabit* óptico, esto no quiere decir que no pueda existir *Ethernet* óptico formato de 10 Mbps y 100 Mbps.

El *Ethernet* óptico puede operar en fibra no utilizada todavía (*darkfiber*), con longitudes de onda ópticas, SONET, y anillos ópticos, junto con soluciones basadas en cobre, el *Ethernet* óptico define una arquitectura unificada de capa 2, para redes MAN, WAN.

El *Ethernet* óptico puede ser configurado en una base punto a punto, punto a multipunto o de multipuntos a multipuntos. El *Ethernet* óptico es interoperable con todos los legados de protocolos de red y arquitecturas. Esto es parte de los requerimientos que se estimaron de dicho protocolo, esto es ser transparente para la capa 3 de transporte y para protocolos de ruteo, así como para el sistema de nombre de dominio (DNS), para el protocolo dinámico de configuración de Host (DHCP) y herramientas parecidas, así como legados de protocolos como IPX.

3.3.2 Redes *Ethernet* ópticas

Las redes grandes de *Ethernet* están cambiando la definición de una red de área local, podría convertirse en global. Las limitaciones originales de *Ethernet* en una red de área local, se limitaban a 3 kms, 1023 nodos, y un repetidor óptico, han quedado obsoletas. Hoy en día, los límites prácticos están manejados por la necesidad de terminar tráfico que está haciendo *broadcast*, o en proveer seguridad entre la gestión de dominios, o por los límites del número de direcciones MAC que un *switch* puede soportar. Al día de hoy, los límites prácticos para la implementación de una red con *Ethernet* óptico no son solo limitaciones geográficas, esto envuelve ancho de banda, número de nodos, y los protocolos de capa superior en uso.

En las redes LAN, pocos son los enlaces implementados en una pequeña empresa u oficina, Sin embargo, hay excepciones para ambientes eléctricamente ruidosos que crean interferencia y transmisiones altamente seguras. Aún así será mas fácil en pequeñas construcciones colocar un conducto de fibra que cables eléctricos, es importante mencionar que *Gigabit Ethernet* sobre cable está limitado a distancias de 30 mts, y para velocidades superiores esto caerá aún mas, por lo que el uso de fibra será menester.

En las redes de área de campus, el advenimiento del puente (*bridge*), ahora llamado *Ethernet Switch*, cambio la naturaleza de las redes de área local *Ethernet*. El propósito del puente *Ethernet* es conectar dos diferentes redes LAN, y el término *switch* denota la interconexión de mas de dos LAN's. El puenteo ocurre en la capa MAC, en la capa 2 del protocolo del modelo OSI, y tiene dos funciones, la primera es que no todo el tráfico en el extremo es trasportado, solo el tráfico destinado para el otro segmento de la LAN es trasportado, y como segundo punto importante, las colisiones, no son transportadas entre LAN's, cada lado del puente es básicamente una propia LAN. Estas cualidades juntas vienen a proveer mejoras importantes para el desempeño de la red por aislar segmentos de LAN.

Las redes ópticas *Ethernet MAN*, su desarrollo es reciente, luego del la estandarización del protocolo *Gigabit Ethernet*. *Gigabit Ethernet* óptico tiene la capacidad de proveer servicios directa y nativamente como el transportista esté ofreciendo, con equipo de servicio que limita el ancho de banda como sea necesario. Múltiples proveedores de servició ahora ofrecen servicios *Ethernet* a sus usuarios, solo con unos pocos *routers* de *core*, y se estará logrando la interconexión.

El servicio de *Ethernet* no es la primera razón para implementar una red *MAN Ethernet*. El deseo de reducir el número de *routers* en la red es la principal razón mas competitiva para utilizar tecnología de capa 2 (*Ethernet*) en las áreas metro. Las razones son simples:

- Los *routers* de gran capacidad son muy caros
- Los *routers* de gran capacidad agregan costos a la red

- Cada *router* de una ruta de un circuito, agrega retraso al paquete transportado por el proceso de enlutar el mismo.

Los *routers* usualmente proveen un punto de control de acceso hacia la red, manteniendo la seguridad utilizando firewalls y manejando las direcciones IP. De cualquier modo, en la gestión de dominio de una red MAN-WAN, las capas de ruteo generan complejidad adicional y requiere de varios administradores de red WAN. La red ruteadas, es mas efectiva y todos los routers de la red están interconectados, lo cual es fácilmente de hacer utilizando Ethernet óptico.

3.3.3 Ventajas del *Ethernet* óptico

Ethernet es visto como un medio ideal, desde que sus interfaces transparentemente incluyen varios tipos de medios de transmisión, incluyendo cable de cobre, cable, muchos tipos de fibra óptica y sistemas inalámbricos (*wireless*). Esta habilidad de mezclar y enlazar a los medios evita el costo significativo de volver a cablear, lo cual evita costos que de otra manera serían innecesarios.

Las redes *Ethernet* están siendo insensibles hacia el factor de distancia, y por lo cual hay reducción de costos, simplificación de arquitecturas y operación, y un incremento en el desempeño, todo esto sin afectar de alguna manera las aplicaciones existentes.

- Dentro de las principales ventajas de la tecnología *Gigabit Ethernet* óptico podemos mencionar:
- Es escalable y maneja alto desempeño (10 a 100 Mbps, 1000 a 10000 Mbps)

- Es *Full-Duplex*, simétrico y *switcheado*.
- Tiene capacidad de larga distancia (arriba de 150 Km.)
- *Ethernet* tiene la capacidad de llevar servicio a tasas granulares
- La simplicidad en el diseño de red, reduce el tiempo de retardo de paquete.
- Minimiza la infraestructura de la red, previniendo el uso de protocolos para WAN y capas en la topología de red, con lo cual se baja la inversión.
- *Ethernet* reduce el costo de operación, el escoger un modelo homogéneo como *Ethernet* permite simplicidad y consistencia en la gestión de red, calidad de servicio y procesos.
- La tecnología es estable, madura y probada, con más de dos décadas de evolución.
- Está rápidamente capacidades de calidad de servicio (QoS)
- Ha creado una variedad de estándar suplementarios, como lo son el *Standard* 802.1p para priorizar el soporte de calidad de servicio, el 802.1q para el manejo de etiquetas para simplificar configuraciones para redes privadas virtuales (VLAN), y otros más.

3.3.4 Desventajas del *Ethernet* óptico

Es menester presentar un cuadro simétrico y real, para evaluar las capacidades y desventajas de *Ethernet* óptico, no podemos pensar que *Ethernet* óptico es la solución hacia todos nuestros problemas de red, y los problemas derivados del ancho de banda en constante demanda.

De hecho existen muchas tecnologías y empresas que buscan ser el corazón y mente de sus administradores de red, mientras que la tecnología de las telecomunicaciones sigue evolucionando, por lo que cabe mencionar las siguientes desventajas del *Ethernet* óptico:

- El equipo que *Ethernet* utiliza fue históricamente diseñado para redes de empresas, más que para redes de telecomunicaciones públicas, como sea, este es un rápido cambio para mover tecnología *Ethernet* hacia ambientes de transporte.
- *Ethernet* falla en compatibilidad multiservicio.
- No ofrece calidad de servicio requerido para aplicaciones sensitivas como voz y video.
- *Ethernet* falla las capacidades de manejo de red de SONET.
- No opera sobre configuraciones en anillo, por el momento.
- La mayoría del mercado *Ethernet* ofrece soluciones punto a punto.

- Aunque *Gigabit Ethernet* está diseñada para mover grandes cantidades de datos por una red en malla, pasa por alto la complejidad de transportar servicios de tráfico sensible, hasta que se definan estándares, el provisionamiento de calidad de servicio, y mejor control del desfase en la trama (*Jitter*) y retraso, *Gigabit Ethernet* podrá dominar el mercado de las redes de datos a nivel de *core*.

3.3.5 Desarrollo del *Ethernet* óptico.

Muchos son los factores que han ayudado a hacer a la tecnología *Ethernet* a ser una vía viable de transporte en áreas metro. El primer factor es la capacidad manejar equipo *Ethernet* a velocidades que van desde 1 *Gigabit* en una interfaz de red (NIC) y módulos de *switch*. Previamente la tecnología estaba limitada a velocidades de 100 Mbps. Pero luego con la llegada del protocolo *Gigabit Ethernet* fue una alternativa viable para líneas privadas para interconectar LAN's corporativas en áreas metro. *Gigabit Ethernet* es usado para conectar centros de datos, granjas de servidores hacia áreas metro.

El segundo factor que ha motivado a *Ethernet* a ganar espacio en el mercado de las redes es la construcción de redes de fibra en áreas metropolitanas. Aunque 10 y 100 *Gigabit Ethernet* puede viajar por medio de cobre, la fibra óptica es requerida para 1000 Mb y 10 *Gigabit Ethernet*. Solo en los últimos años ha sido suficiente el número de redes en construcciones en edificios, y otros, que han hecho que el acceso a la fibra no sea tan limitado, aunque la mayoría de construcciones todavía permanecen sin conectarse.

Tres tecnologías fueron la clave para el crecimiento del *Ethernet* óptico, y cada una puede ser utilizada para conectar sitios empresariales o para acceder al transporte, o ser utilizado como *core* de la red, en redes privadas o como

proveedor de servicios de red. Estas tecnologías son 10 *Gigabit Ethernet*, Multiplexación densa por longitud de onda (DWDM) y RPR.

Gigabit Ethernet, el estándar fue completado para la velocidad de 10 Gbps en junio de 2002. El estándar de 10 *Gigabit Ethernet* conserva el formato de la trama *Ethernet*, y soporte para operaciones a *Full-Duplex*. Múltiples protocolos de capa física (PHY) están siendo definidos para diferentes distancias de enlace, para redes en áreas dentro de edificios o aplicaciones para redes WAN, incluyendo soporte para trayectos de 10 y 40 Km.

Una clave para diferencia entre la versión anterior de *Ethernet* es que 10 *Gigabit Ethernet* soporta dos interfaces PHY, una optimizada para las LAN, y la otra para el desarrollo de WAN.

La multiplexación por longitud de onda densa, es una técnica que está siendo empleada para redes de transporte, habilita varias longitudes de onda (cada una con 2.5 Gbps o mas capacidad) para ser soportada en un par de fibra simple. Puede ser configurado para redes punto a punto o en topología en anillo. Redes DWDM están siendo implementadas para proveer servicios como redes de almacenaje, ATM y transporte de video.

El uso de (D)WDM permite a los propietarios de infraestructuras dotar a la fibra ya instalada de más capacidad, casi de manera inmediata, y a los proveedores de servicios ofrecer cualquier tipo de tráfico de voz, datos y/o multimedia, tanto sobre IP como ATM con transmisión síncrona JDS o SONET, todo ello sobre una infraestructura de transporte sobre capa óptica, con una estructura unificada de gestión haciendo uso de los OXC (*Optical Cross Connect*) y ADM (*Add Dropp Multiplexer*) para la gestión del ancho de banda.

El uso de RPR (*Resilient Packet Ring*) es una técnica emergente MAC (capa 2) que habilita a los *switch Ethernet* distribuidos sobre los anillos de fibra, funcionar en longitudes de onda (λ) o en SONET. Esto puede ser implementado en routers, *switchs Ethernet*, y plataformas ópticas. La tecnología RPR también conocida como IEEE 802.17, es el estándar designado para optimizar el transporte de datos sobre redes de fibra óptica. Este estándar designó la versatilidad encontrada en redes SONET/SDH (50 ms de protección) pero, en lugar de estar orientado a las conexiones, provee una transmisión basada en paquetes, en orden para incrementar la eficiencia de servicios IP y *Ethernet*.

3.4 Gigabit Ethernet

El estándar 802.3z de *Gigabit Ethernet* describe múltiples especificaciones ópticas para Gigabit Ethernet, 1000Base-SX describe una pequeña longitud de onda (850 nm) para la transmisión utilizando fibra óptica multimodo, con un rango máximo de 550 mts, o 220 mts en fibra anterior con baja calidad en características de dispersión. 1000 Base – LX describe una longitud mas alta (1310 nm) utilizando fibra multimodo (con un rango de 550 mts) y con fibra de simple modo (5 km.). Similar a los estándares creados para *Fast Ethernet*, se aprovecharon los estándares existentes, y se transmitió para el estándar del canal óptico. El formato de codificación (8B/10B) fue usado, el cual especifica el tiempo de trama y mecanismo de recuperación de reloj. Otro cambio significativo fue la tasa de señalización, la cual fue incrementada de 1.25 Gbps para canales de fibra. El contenido de la trama y tamaño es el mismo que el de implementaciones *Ethernet* (10 Base T y 100 Base T).

Tal como sucedió en el desarrollo de *Fast Ethernet*, el rango comercial disponible de interfaces ópticas *Gigabit Ethernet*, se excedieron los límites derivados por el estándar IEEE 802.3z. Dispositivos que operaban a 1550 nm operaban a más distancia que 5 km. De hecho distancias de 150 km. son posibles sin repetidores ni amplificadores, dependiendo del equipo utilizado. Nuevamente, como en la implementación de *Fast Ethernet*, las capacidades de distancia de *Gigabit Ethernet* están siendo habilitadas por la separación entre la lógica de control *Ethernet* y de la lógica de control de medio, el cual ha sido formalizado en un nuevo método. Esto es un nuevo estándar para los convertidores de interfaz *gigabit (tranceivers)*.

3.4 El crecimiento de *Gigabit Ethernet*

Las bases del estándar 1000Base T de *Gigabit Ethernet* fueron publicadas en 1998, y ahora conocido como el estándar 802.3z. El intenso crecimiento de demanda de ancho de banda en el mundo empresarial de las redes actuales, comenzó a crear grandes volúmenes de tráfico. Esto causó un incremento más alto del esperado, y a mediados de los años 90's luego de la implementación de *Ethernet* y *Fast Ethernet* (el cual fue estandarizado en 1995), la industria creyó que ATM podría cumplir esa demanda, sin embargo, debido a los desarrollos que comenzaron alrededor de 1994, esto no fue necesariamente el caso además:

- La ubicación de la tecnología en el mercado del *Ethernet* ha traído reducciones enormes de economía de escala en el costo de su *hardware*.
- El precio por puerto de todos los tipos de *Ethernet* ha permanecido siempre cayendo. La clave fue el factor costo, entre las diferentes velocidades es un factor de 2 en cuanto se implementa un incremento en desempeño de 10.

3.4.1.1 Arquitectura estándar del *Gigabit Ethernet*

La operación de *Gigabit Ethernet* representa una evolución más que una revolución, en la tecnología *Ethernet*. Cambios incrementales han sido continuamente hechos desde el original cable coaxial, 10 Base T, luego hacia *Fast Ethernet* y ahora hacia *Gigabit Ethernet*. *Gigabit Ethernet* es un link de datos y tecnología de capa física solamente. Como no requiere cambios hacia protocolos de capas superiores o aplicaciones, las aplicaciones existentes deberán ser hábiles de funcionar idénticamente sobre *Ethernet*, 10 Mbps, 100 Mbps y 1000 Mbps.

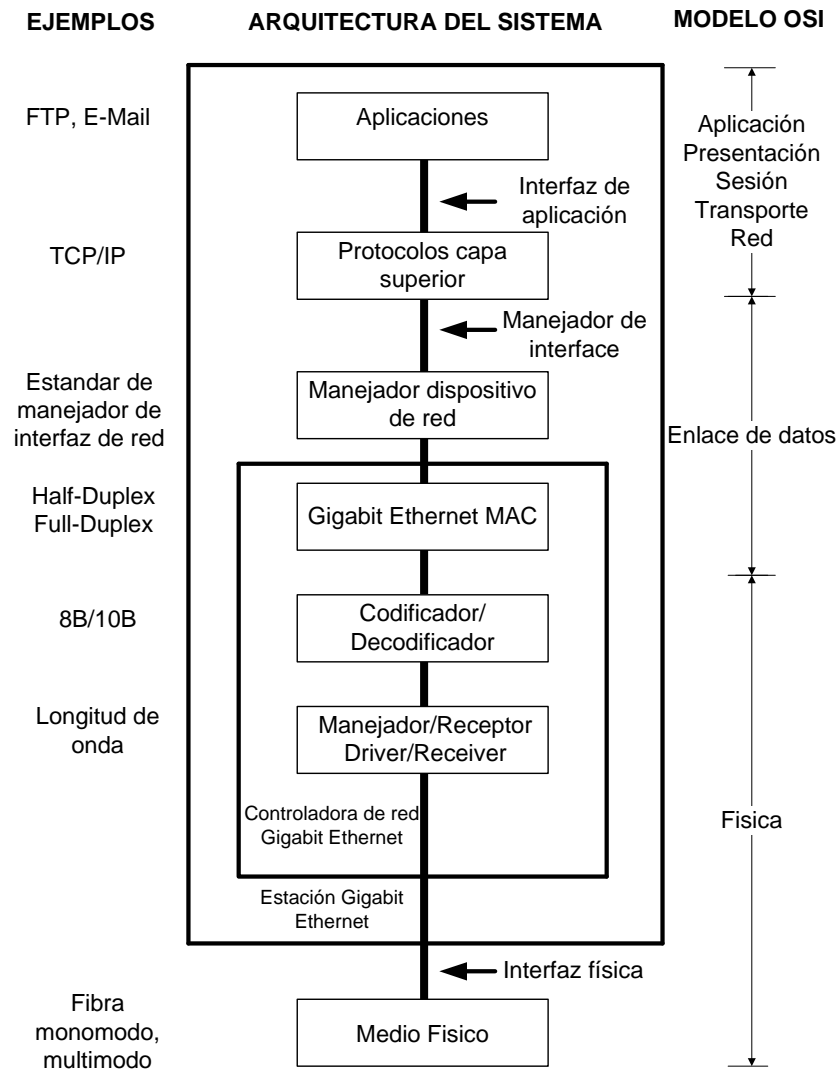
Un estándar escrito a una especificación de dispositivo aislara los protocolos y aplicaciones de capas superiores de las especificaciones estando bajo una LAN.

La tarjeta de interfaz de red (NIC) deberá comprender:

- Una entrada MAC, comúnmente referida como controladora *Ethernet*.

- Un decodificador-codificador el cual convertirá los datos de o hacia el formato necesario para la transmisión en el medio físico
- Una variedad de transmisores y receptores, como sea necesario, para un su uso en un medio en particular, estos podrán ser circuitos electrónicos (para medios de cobre) o láser y foto detectores para el uso de dispositivos ópticos.
- El medio físico utilizado para la comunicación.

Figura 8. Arquitectura de Gigabit Ethernet



Gigabit Ethernet, como todas las tecnologías *Ethernet*, provee un sistema sin conexión (data grams) como sistema de enviar los datos. Las tramas pueden ser enviadas con una dirección hacia una red o hacia todas (*multicast*), una simple trama puede contener de 46 a 1500 *bytes* de data.

Los sistemas *Gigabit Ethernet*, como sus contrapartes de mas baja velocidad, al utilizar flujos de control, previenen pérdida de tramas en un congestión de *buffer*. Con tramas arribando a velocidades de *Gigabit*, la posibilidad de sobre flujo es mas grande, por lo que el control de flujo es la herramienta que viene a solventar este problema. En el tiempo que *Ethernet* llena 16 KB de memoria de *buffer*, una interfaz *Gigabit Ethernet* puede llenar 1.6 Mb.

En redes de alta velocidad, es necesario codificar los datos a ser transmitidos en una trama sincronizable. Para que se pueda interpretar adecuadamente los dato, se necesita saber la frecuencia precisa y la fase del reloj utilizado para generar dicha señal. Es generalmente impráctico enviar el reloj separadamente de los datos, ya que se necesitan dos canales, uno para los datos y otro para el reloj, es por ello que se necesita un codificador, el cual mezcla los datos con la información de reloj. La codificación inicial para 10 Mbps fue la Manchester, la cual tiene dos importantes características:

- Es perfectamente balanceada para corriente directa, la cantidad de tiempo que esta en estado alto es el mismo tiempo que cuando esta en bajo, esto permite que la señal pase cerca de transformadores sin que exista distorsión.
- Es fácil de generar y de decodificar.

Por el otro lado, la codificación Manchester es ineficiente por que necesita 2 baudios por *bit*, lo que para una señal de 10 Mbps genera 20 Mega baudios cuando se decodifica en sistema Manchester. Esto era práctico para cable coaxial, pero a niveles de de *Fast Ethernet* no era práctico.

Sistemas de codificación como 4B/5B y otros fueron utilizados para *Fast-Ethernet*, este esquema denota que se está codificando 4 *bits* en 5 baudios, cuantos mas *bits* son codificados en menos baudios, el código será mas eficiente en cuanto a ancho de banda. Códigos mas eficientes requieren codificadores mas complicados y por lo tanto mas caros.

Operando *Ethernet* a tasas de *gigabit* no reduce la carga de codificación. Cuando se está operando sobre fibra óptica y especialmente en cables de cobre cortos, las tasas de datos y factores económicos se combinan para hacer utilizar un código eficiente. *Gigabit Ethernet* utiliza el sistema 8B/10B, creado para canal de fibra óptica, fue patentado por IBM, lo que quiere decir que codifica 1 *byte* de datos en 10 baudios, logrando una eficiencia de codificación de 1.25 baudios por *bit*. Esta codificación consiste en transformar cada cadena de 8 *bits* en una cadena de 10 *bits* antes de transmitirla por la línea, teniendo en cuenta que no puede haber más de cinco ceros o cinco unos seguidos.

La transformación de la cadena de 8 *bits* en 10 *bits* se realiza mediante tablas de conversión, que simplemente buscan el nuevo valor de la cadena a transmitir. 8b/10b surgió debido a la alta velocidad de transferencia de datos, que hace que los *bits* transmitidos se mantengan durante muy poco tiempo en la línea, siendo necesario disponer de relojes muy precisos para sincronizar el conjunto emisor/receptor. Sin embargo, emisor y receptor se pueden sincronizar fácilmente cuando los bits que llegan por la línea cambian rápidamente. Atendiendo a este hecho, la codificación 8b10b transforma las cadenas de 8

bits (hasta 256 valores) en cadenas de 10 bits (hasta 1024 valores) con la restricción de no tener más de cinco ceros o cinco unos seguidos. Gracias a esta codificación, no es necesario disponer de un reloj tan preciso, ya que la sincronización entre emisor y receptor se realiza ayudándose de los *bits* que son transmitidos entre ellos. Gracias a los 1024 valores posibles con 10 *bits*, el sistema sólo utiliza aquellos que tienen un número similar de ceros y unos, existiendo estas tres posibilidades:

- unos y 5 ceros: código con disparidad neutra
- unos y 4 ceros: código con disparidad positiva
- 4 unos y 6 ceros: código con disparidad negativa

El objetivo es que se cancele la disparidad, de esta forma, el nivel de la componente continua de la señal eléctrica es nulo permanentemente.

Ésta codificación permite:

- Sincronizar los relojes del emisor-receptor continuamente (mínimo cada 5 *bits* transmitidos).
- Permitir la transmisión de cadenas especiales de control (patrones coma)
- Facilitar la detección y corrección de errores.
-

Gigabit Ethernet en la actualidad es soportado sobre fibra óptica (multimodo y monomodo), utilizando 1000Base-X codificación 8B/10B. En el futuro se espera que el protocolo soporte cuatro pares de cable categoría 5 UTP (1000 Base-T).

Para el estándar 1000Base.X soporta las siguientes tipos de fibra óptica:

- 50 micrómetros en multimodo
- 62.5 micrómetros en multimodo
- 10 micrómetros en single modo

Y dos longitudes de onda para lasers:

- Onda corta 850 nanómetros llamada 1000Base-SX
- Onda larga 1300 nanómetros llamada 1000Base-LX

Para distancias muy cortas, otra opción es provista, *Gigabit Ethernet* soporta el uso de 2 pares de cobre de 150 ohms para interconexiones cortas. Este cable es similar pero no idéntico al utilizado en sistemas *Token Ring*, este medio utiliza 1000Base-X señalización sobre alambre de cobre y es llamado 1000Base-CX, las distancia máxima son 25 mts. También para este cable se tienen dos tipos de conectores como alternativas:

- El conector serial de alta velocidad para canal de fibra (HSSDC)
- El DB-9 (nueve pines) utilizado en sistemas 100Base-TX.

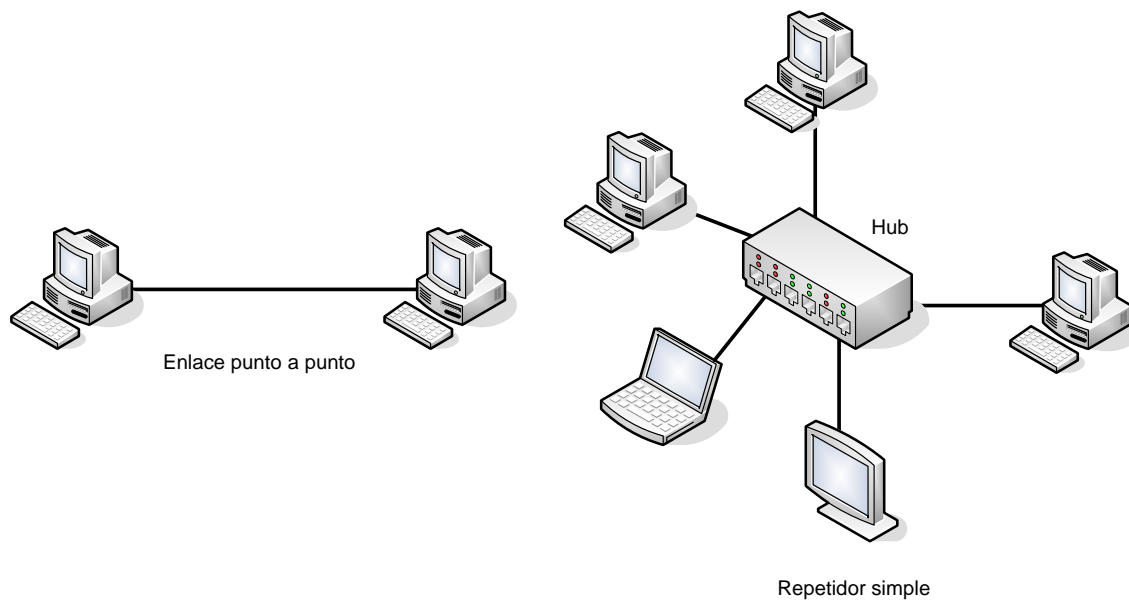
Gigabit Ethernet soporta configuraciones de redes compartidas y switcheadas. Por la tendencia moderna de utilizar topología estrella, el rango de redes compartidas ha sido reducido grandemente, comparado con *Ethernet* a bajas velocidades.

Gigabit Ethernet restringe las topologías disponibles a:

- Punto a punto exactamente entre dos estaciones
- Un repetidor simple con fibra óptica o cobre utilizando un método único de codificación

El único trabajo para el diseño es asegurarse que se cumplan las distancias de especificaciones de los enlaces y no sean excedidos. Repetidores no pueden ser conectados en un dominio simple de colisión por las restricciones de reloj impuestas por la tasa de datos.

Figura 9. Topología *Gigabit Ethernet* compartida



Por supuesto que pueden utilizarse mas topologías utilizando puentes para aislar los dominios de colisión. *Gigabit Ethernet* no reduce las topologías permitidas para redes LAN. La única restricción para *Gigabit Ethernet* switchado es que el diseño cumpla con las distancias máximas permitidas entre los enlaces por el medio físico. El uso de modo *Full-Duplex* permite extender lo más posible a las redes, desde que no hay restricciones impuestas por MAC en cuanto a distancias.

4. APLICACIONES DEL PROTOCOLO *GIGABIT-ETHERNET*

4.1 Aplicaciones comunes del protocolo *Gigabit Ethernet*

Las aplicaciones comprenden diferentes vías para el área metro de *Ethernet*, estas aplicaciones incluyen comercio electrónico, audio y video *streaming*, conectividad a páginas de servidor activas (ASP), aprendizaje a distancia, video conferencias, distribución de contenido, redes de almacenaje (SAN), continuidad de negocios, extensión de LAN (TLAN), *Ethernet* virtual, y transmisiones *e-mail*.

La mayoría de estas aplicaciones tienen en común lo siguiente:

Demandas de gran ancho de banda, los requerimientos para el ancho de banda en áreas metro se ha expandido rápidamente como un resultado de aplicaciones, conexiones, y en general el crecimiento general de *Internet*. Las nuevas soluciones de ultima milla (como xDSL, banda ancha de *wireless*) lo que fuerza a los proveedores de red metro de hacer mejoras al core de red, para mantener a los clientes provistos de servicios de gran ancho de banda.

Provisionamiento de características altas en servicios, aunque tener largos volúmenes de ancho de banda, es fundamental, la llave real como éxito

competitivo está en crear servicios de valor agregado. El provisionamiento rápido en servicios, prioridad de servicios, la gestión integrada son ejemplos de características que se necesitan para construir una red inteligente. Las características de servicio deberán ser transparentes y consistentes a través de ambientes de redes LAN, MAN, y WAN.

Integración y convergencia, la mezcla y naturaleza del tráfico en la red podría cambiar como resultado de la convergencia de voz datos y video. Aplicaciones como las basadas en IP, telefonía y video *streaming* están ganando aceptación lentamente, y están siendo combinadas con transferencia de datos. La convergencia de una red depende generalmente de la capacidad de manejar y controlar la calidad de servicio. La convergencia incrementa los requerimientos ingeniería de tráfico para LAN y MAN.

Accesibilidad y conectividad, los patrones de tráfico han cambiado de LAN's centralizadas (donde el servidor y el cliente son usualmente en el mismo segmento de LAN). Por ejemplo, la emergencia de ASP's, habla de que todo el tráfico empresarial deberá fluir hacia una locación externa. La conectividad no se enfoca primordialmente en un grupo de trabajo local, esto incluye ahora mucho más énfasis a redes regionales.

La calidad y fiabilidad, la calidad y fiabilidad en la red es importante, tanto para los proveedores de servicio como para los usuarios. La fiabilidad puede ser definida para elementos de red (que pueden fallar) y para los servicios de red (los cuales pueden degradarse o volverse no disponibles) muchos sistemas, tanto en los empresariales como en los ASP's ahora dependen de tener una red que opera específicamente con una base de parámetros 24 – 7.

4.1.1 Aplicaciones en redes transparentes

Los servicios de TLAN (LAN transparentes) están basados en paquetes (*Ethernet*), es un servicio de datos de área amplia, designado para interconectar geográficamente redes separadas LAN, a una tasa de datos suficiente para llevar todo el ancho de banda de la LAN que está conectada. Por ejemplo un servicio de TLAN deberá tener una conexión a 10 Mbps en modo *Full-Duplex*, para transportar la máxima tasa de datos *Ethernet* en una dirección. Las redes TLAN son populares desde que *Ethernet* trajo la opción de puentear múltiples LAN en una base punto a punto a altas velocidades. Las redes TLAN habilita a las empresas de conectar sus oficinas dentro de un área metropolitana, y que estos sitios son conectados como si fueran segmentos de la misma LAN. La ventaja es remover para el usuario de tener que subir costos en equipos para hacer esto vía ATM o *Frame Relay*.

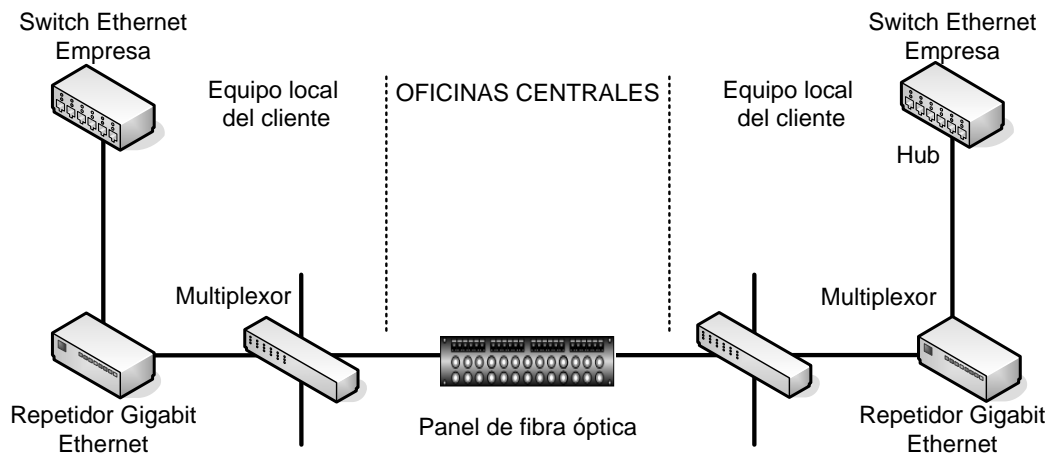
El consumidor implementa una conexión *Ethernet* LAN hacia el proveedor de servicio, con lo cual el consumidor puede evitar el aprender como manejar una red *Frame Relay* o ATM, la interconexión normalmente toma lugar a velocidades de de 10/100/1000 Mbps. Los servicios TLAN son usualmente son enlaces punto a punto, *Full-Duplex*.

Muchos centros de datos están buscando ofrecer servicios que soporte cantidad de flujo de trabajo sobre sus empresas. La solución del servicio TLAN es una solución conocida también como enlace virtual de fibra. Las responsabilidades para la implementación y mantenimiento del sistema de red óptico, y el costo que esto conlleva residen con la empresa que realiza el transporte de datos, no con la empresa. Las empresas gastan menos tiempo y el dinero entrenándose y destacando empleados del soporte de la red y más tiempo concentrándose en sus negocios de fondo. Las preocupaciones sobre la depreciación del equipo son eliminadas. El funcionamiento en red se vuelve casi invisible para la empresa, evolucionando en una herramienta integrada, energética que quedamente posibilita empleados para operar más productivamente. Abreviadamente, las empresas toman prestaciones mayores de sus infraestructuras de la red.

El servicio de TLAN's está dirigido a empresas gubernamentales, educación, bancos e instituciones u organizaciones las cuales deseen extender sus múltiples redes LAN hacia áreas metro. Para la mayoría de usuarios, los beneficios en los servicios comparados con la línea privada, *Frame Relay* o ATM es una combinación de bajo costo y fácil de utilizar. TLAN es sin duda más económico que ATM o soluciones de línea privada, especialmente si muchos números de sitios están requeridos. Los consumidores finales del servicio no necesitan invertir en mucho, desde que los proveedores de servicio manejan y mantienen los puntos de presencia, el equipo de core, y los equipos de acceso.

El servicio de TLAN dentro de redes MAN es visto como uno de los más fuertes mercados para equipo óptico *Ethernet*, sin embargo los servicios a tasas variables son más populares, ya que pocas empresas requieren tener alto ancho de banda operando las 24 horas al día.

Figura 10. Topología TLAN



4.1.2 Altas velocidades al acceder a *Internet*

Luego de los servicios TLAN, el acceso a *Internet* sobre *Ethernet* es la segunda aplicación más grande por renta. El acceso a *Internet* basado en *Ethernet* es un servicio compartido y de mejor desempeño (*best-effort*) el cual provee soporte de acceso a *Internet* que escala de 64 kbps a 1 Gbps con opciones de manejo de ratas de transmisión. Los proveedores de servicio pueden generar rentas mas altas para la empresa con costos significativamente reducidos y con menos complejidad de al dar el servicio. El servicio de acceso a *Internet* ofrece reventa hacia empresas, colegios y empresas gubernamentales sobre redes *Ethernet* metro. Mucho del mercado de acceso IP está desplazando a los accesos por DSL y T1.

4.1.3 Conectividad entre los puntos de presencia

Dentro de las aplicaciones mas grandes del protocolo *Gigabit Ethernet*, está dirigido hacia las redes proveedoras de servicios, las cuales pueden crear a las empresas la estructura que soportará el transporte de tráfico (*core*), interconectando redes de cable módems, o redes DSL. Esto habla de interconectar centros de datos, colocar facilidades, operadores multiservicio y transporte de puntos de presencia (POP). Esto hace efectiva esta aplicación como una forma de servicio TLAN.

Similarmente, las redes VLAN seguras pueden también tomar función en el área metro, previendo la seguridad de acuerdo a los estándares, provisionando a los consumidores la flexibilidad hacia requerimientos, un simple anillo puede soportar miles de VLAN's, lo cual simplifica al ancho de banda del transportista, las priorizaciones y fijación del mismo.

Gigabit Ethernet actualmente extiende las redes LAN en redes MAN, y WAN. Por consiguiente, cualquier servicio LAN deberá ser hábil de ser duplicado dentro de la red WAN. Esto posibilita que aplicaciones como el alojamiento Web (*hosting*), la recuperación de desastre (*disaster recovery*), almacenaje de copias de seguridad (*backup storage*) y opciones de *streaming* existan sobre una red WAN. La flexibilidad de GigE es bien vista en la lucha en el mercado ASP, el cual parcialmente culpa a los consumidores en la necesidad de una red más flexible en altas velocidades, una red que responda rápidamente para cambiar los patrones de uso del consumidor. Al día de hoy

las líneas dedicadas no pueden coincidir con las prestaciones de GigE para provisionar rápidamente incrementos por fragmentos o granulares (1 Mb a la vez).

4.1.4 Redes de almacenaje de datos

Para muchas empresas y para proveedores de servicios de *Internet*, las telecomunicaciones y la disponibilidad de datos son factores comerciales estratégicos que son tan importantes para una compañía como la fuerza laboral y financiera. Las infraestructuras de telecomunicación y los datos de compañía ejecutan aplicaciones críticas para la misión como facturar y contando con sistemas robustos o instalaciones clientes servidores en centros de datos. El hacer copias de seguridad, o contra con procesamientos de datos no centralizados han venido a ser componentes esenciales de la infraestructura de negocios actualmente.

Una red de almacenaje de datos de alta velocidad tiene un propósito único, el cual es el de interconectar varios dispositivos de almacenamiento, con servidores de datos en una red. Las redes SAN soportan el sacar espejos de discos, el servicio de hacer copia de seguridad y restauración, guardar archivos y su recuperación, migración de datos de un dispositivo de almacenamiento para otro, y el uso compartido de datos entre servidores diferentes en una red. Las redes SANs generalmente constan de una interfaz de canal de fibra conectado hacia servidores y para un rango de dispositivos de almacenamiento como los arreglos de discos (RAID) o las bibliotecas de cintas.

La mayoría de SAN's en la actualidad se extienden a locaciones remotas para hacer copias de seguridad o guardar datos, utilizando tecnologías de transporte para WAN como ATM o SONET, y ahora *Gigabit Ethernet*. Mas reciente es el diseño de SAN's utilizando *Gigabit Ethernet* sobre canal de fibra, por todas las mismas razones que *Gigabit Ethernet* esta tomando espacio en otras áreas de las redes empresariales y públicas, la simplicidad en extensión de redes LAN, menos equipo para adquirir y administrar y el reducido número de protocolos y tecnologías para desplegar y manejar.

Los esquemas de almacenamiento centralmente manejados se han puesto más económicos, y la demanda pues la conectividad de banda ancha se ha levantado consecuentemente. Esto es especialmente cierto en el nivel de la Red de Área Metropolitana, donde la mayor parte de redes SAN están presentes. El avance implacable de comercio electrónico y otras aplicaciones de datos está propulsando una necesidad para el almacenamiento de los datos causando un incremento en la demanda para el almacenamiento.

Mucha de la demanda para el almacenamiento será el almacenamiento distribuido; por consiguiente, precisará conectividad a altas velocidades, este requisito resulta de simple física, mas territorio requiere mas distancia de transporte, mas distancia de transporte es igual a mas tiempo de latencia, las altas velocidades compensan este potencial tiempo de latencia.

4.1.5 Línea privada *Ethernet* (EPL)

Una línea privada de *Ethernet* es un servicio punto a punto, con ancho de banda dedicado donde el ancho de banda puede ser implementado *software* en fragmentos que van de 1 Mbps a 10 Gbps. En consecuencia el bajo costo y la

escala de *Ethernet*, esta solución crea una urgente estrategia para migración de servicios para servicios, y líneas privadas de alta tasa de datos. Líneas privadas de *Ethernet* reemplazarán el estándar basado en TDM para líneas, con *Ethernet*. El truco es de combinar *Ethernet* con alta velocidad y ancho de banda fragmentado con la tecnología la seguridad y fiabilidad de SONET, no exactamente el fuerte de *Ethernet*. El resultado debería ser menos costoso y con ancho de banda de acuerdo a la demanda.

Para que las líneas privadas *Ethernet* puedan despegar, deberán ofrecer redes de almacenaje de datos sobre las redes WAN, no solo para redes metro. Por ejemplo, el *Internet best effort* sobre una red WAN no provee calidad de servicio una vez que el tráfico pasa mas allá de la red metro. Por lo pronto, eso significa que la utilización de SONET puede ser más conveniente en algunos casos porque es omnipresente. Si las EPL evolucionan hacia donde tengan un alcance global (o se acerca global), entonces el mercado podrá abrir muchas posibilidades.

4.1.6 Líneas privadas virtuales *Ethernet*

Las líneas privadas virtuales *Ethernet* (EPL), es un servicio o aplicación, servicio de valor agregado, flexible, punto a punto o servicio multipunto que está designado para habilitar muchos usuarios de compartir una simple ruta para la eficiencia del ancho de banda y bajo costo para el propietario. Las aplicaciones podrían incluir ampliamente servicios TLAN y accesos más efectivos para *Frame Relay*.

Los servicios listados previamente pueden extenderse mas allá del área metro hacia áreas mas amplias por el apalancamiento de infraestructura SONET/SDH, para lograr dimensionalidad global, manejabilidad en los extremos, y elasticidad. Esto será mas probable cuando el estándar Gigabit Ethernet sea mas comercial. Las empresas de transporte ganarán beneficio al bajar costos y apresurar el tiempo al mercado para integrar de estos servicios ópticos *Ethernet* dentro del legado existente de infraestructura global.

4.1.7 Redes privadas virtuales *Ethernet*

Una aplicación que se divisa en el horizonte es las redes privadas virtuales *Ethernet* (EVPN). El mercado las define como un servicio multipunto-multipunto ca puede ser completamente seguro (servicio superior) o un servicio compartido (bajo costo), para consumidores empresariales, industrias, comunidades y otras aplicaciones, y otros grupos los cuales tienen tres o más sitios de área metro requiriendo conectividad de alta velocidad.

Este servicio podría diferir de la TLAN en que la capacidad del ancho de banda puede ser compartido con seguridad sobre los nodos de los usuarios. Cada nodo de usuario puede utilizar ancho de banda flexible *Ethernet* provisionado para diferentes niveles de servicio.

4.1.8 *Ethernet* privado virtual

Un importante punto de venta de *Ethernet* es la seguridad que ofrece a través de el uso de redes de área local virtuales (VPN's). las VLAN's asociadas a un puerto de *switch Ethernet* individual con una específica LAN, divide los dominios de *broadcast* en mas pequeños, fácil de manejar lo que se conoce como sub-LAN's. Pero que proveedor de servicio realmente como es la VLAN puede funcionar sobre troncales, entre *switches* para asociar etiquetas con puertos. Cuando se extiende la red hacia una MAN, los usuarios pueden estar en la misma VLAN, como asociados entre una ciudad, y el transportista de datos puede crear un servicio de valor agregado que garantice que no exista problemas de corrupción de datos o personas no autorizadas puedan unirse el grupo, por que el transportista maneja los puertos del *switch* que soporta la VLAN. Departamentos de ventas de equipo han cambiado esta única tecnología ordinaria en un nuevo concepto llamado *Ethernet* privado virtual.

4.1.9 Anillos virtuales *Ethernet*

Conceptualmente un anillo *Ethernet* virtual extiende las ventajas de una VLAN sobre una amplia área de infraestructura SONET, para incluir *broadcast*, y capacidades multipunto. Basado en la habilidad estadística de compartir una ruta SONET sobre múltiples usuarios, el anillo virtual *Ethernet* puede estar dirigido a un específico ancho de banda, escalando de 1 Mbps hacia 1 Gbps. Un usuario podría también tener el servicio privilegiado, el cual está construido como físicamente seguro, tiempos de trama dedicados a través de la red, mas que una estándar línea privada o un túnel VPN. Esta topología ofrece:

- Habilidad de asegurar segregación de tráfico de un cliente de otro cliente
- Habilidad de asegurar garantías en anchos de banda específicos
- Extensión de WAN para servicios para anillos de paquetes dinámicos
- Provisionamiento de servicio centralizado, y basado en *software*

Un anillo *Ethernet* virtual está aprovisionado de tal forma de que una serie de rutas SONET interconectan los sitios en una configuración lógica de anillo. La herramienta de provisionamiento puede ser integrada en el sistema operativo del transportista de datos lo que podría simplificar y automatizar el proceso. Una vez que la ruta ha sido establecida, todos los transportistas tienen que definir a cada miembro dentro del anillo virtual *Ethernet* por medio de puerto e identificación de servicios.

Cada sitio del cliente corporativo entra al anillo a través de interfaces *Ethernet*. Esto hace fácil de remover, modificar o cambiar la cantidad de ancho de banda disponible. Con un anillo virtual *Ethernet*, los clientes reciben su propio dominio de broadcast *Ethernet* que está disponible en su totalidad para prestaciones multipunto. No tendrán que comprar una costosa malla de circuitos para enlazar sus sitios. En lugar de eso, se deberá adquirir un anillo que está actualmente construido como una serie de rutas SONET que habilitan y conectan en su totalidad sobre la WAN. Esta aplicación es esencial para punto a punto en *Ethernet* sobre SONET (EoS).

4.1.10 Telemedicina

La medicina a distancia, como la radiología a distancia es otra aplicación especializada que es soportada por las velocidades en la fibra óptica. La radiología a distancia demanda un ancho de banda grande por la regla de que los rayos-X no pueden ser comprimidos. Una imagen medica típica como una toma de rayos-X, una tomografía axial computarizada o una resonancia magnética es de 50 Mb, esto automáticamente nos dice cuanto ancho de banda es requerido para transportar imágenes médicas.

Aunque se pueden comprimir las imágenes y video, las imágenes regularmente excede los miles de mega bytes, tal ve no los giga bits, por lo que la compresión no puede hacer mucho para reducir la necesidad de ancho de banda. Lo que agrega problemas es también la necesidad de canales simultáneos que pueden transportar comunicación de video entre médicos o profesionales de imágenes cuando se necesita discutir el material transmitido.

Todo lo anterior requiere una considerable cantidad de ancho de banda a nivel metro, especialmente sobre aplicaciones en ultima milla. Cualquier punto de congestión sobre la red puede impedir el desarrollo de estas aplicaciones, limitando estos nuevos servicios, reduciendo la productividad. Cada percepción de ancho de banda pequeño afecta a los creadores de aplicaciones en la decisión de crear y producir nuevos productos y aplicaciones.

4.2 Sumario de aplicaciones

Las aplicaciones y segmentos del mercado, que son los cruciales para las aplicaciones del día de hoy son aplicaciones que requieren gran ancho de banda, y son los habilitadores en el mercado de *Gigabit Ethernet*, las aplicaciones de banda ancha quedan son el centro de las aplicaciones al día de hoy.

Figura 11. Aplicaciones *Gigabit Ethernet*



CONCLUSIONES

1. El protocolo *Gigabit Ethernet* nació del estándar *Ethernet*, tiene la generalmente la misma estructura de la trama *Ethernet*, por lo que las mismas ventajas del protocolo *Ethernet* se aplican para el protocolo *Gigabit Ethernet*, que es un protocolo evolucionado del protocolo *Ethernet*.
2. *Gigabit Ethernet* puede operar en velocidades de 1, 10 y 100 Gbps, sobre fibra óptica monomodo y multimodo, también puede operar sobre cable UTP con menor distancia de enlace, y las distancias de las cuales se puede transmitir se ven solamente limitadas por el medio con el que se está operando. Los estándares para 100 Gbps están todavía en proceso de revisión.
3. El protocolo *Gigabit Ethernet* al ser un protocolo desarrollado a partir del protocolo *Ethernet*, funciona interconectado con terminales operando con velocidades inferiores, en una infraestructura *Gigabit Ethernet*, por lo que en un segmento de la red, puede haber un equipo o Terminal, operando con velocidades de 10 y 100 Mbps y las tarjetas al hacer la auto negociación, con ello el enlace logrará determinar la capacidad a la que el enlace va operar.

4. La implementación del protocolo *Gigabit* se presenta como una opción para resolver los problemas de red, como ancho de banda y velocidad de los enlaces, no se presenta como una solución sin desventajas, ya que cualquier sistema y máximo en el campo de las telecomunicaciones tienen sus ventajas y desventajas, por que muchas veces los protocolos sopesan ciertas prestaciones con otras, y esto es lo que hace este protocolo.

5. La demanda de ancho de banda, aplicaciones, procesadores cada vez más potentes, y un incremento de desempeño y requerimientos en sistemas operativos, requieren conexiones más veloces. Como históricamente se ha movido las velocidades de las redes por etapas, las redes individuales también adoptaron este método, y la siguientes etapas que luego de *Fast Ethernet* a 100 Mbps, fueron las del protocolo *Gigabit Ethernet* de 1, 10 y en el futuro 100 Gbps.

6. Lo que hoy en día es una gran velocidad, un enlace a 10 Gbps y en el futuro los estándares que saldrán para 100 Gbps, se quedarán muy cortos para la gran demanda de ancho de banda que existirá en el futuro, por lo que se necesitarán nuevos materiales para no tener la barrera del medio utilizado como en la actualidad es el cobre, fibra óptica, y el abarrotado espectro radioeléctrico, y así también se necesitarán nuevos protocolos para manejar capacidades más grandes.

RECOMENDACIONES

1. Se deben evaluar las necesidades para la red que se va implementar, para lograr la mejor inversión, y los mejores resultados, por lo que se debe de efectuar un estudio de sitio de la red que se implementará tomando en cuenta la aplicación que tendrá la red, que tipo de tráfico soportará, y la visión hacia el futuro, para no tener que volver a invertir en un corto período de tiempo donde todavía no se había aprovechado la inversión inicial.
2. Al hacer la implementación se debe tomar en cuenta la siguiente forma, hacer copias de seguridad de todas las unidades a implementar, hacer un inventario de los equipos a implementar, hacer una pre-configuración de los equipos, y en el cual se pueden hacer pruebas, luego se procede a realizar la migración desde el *Core*, haciendo esto en ventana, para que el impacto en el tráfico sea mínimo, luego tener un tiempo de sincronización y estabilización con lo que se establece el sistema ya operando, esperando por último las pruebas correspondientes y tener un plan que cubra las contingencias en dado caso no se encuentren los resultados deseados.
3. *Gigabit Ethernet* no es un protocolo que viene a resolver todos los problemas de red, es una herramienta que puede ser utilizada para aliviar la demanda de ancho de banda y las altas velocidades en los enlaces, por lo que se recomienda hacer un estudio de las necesidades y la aplicación que se necesita para evaluar las opciones que se tiene, y si la respuesta es la utilización del protocolo *Gigabit Ethernet*, se

deberá evaluar las ventajas y desventajas al utilizar el protocolo, ya que todos los sistemas cuentan con ventajas y desventajas, así como evaluar su crecimiento dentro de los años para lograr realizar una implementación adecuada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Charles, Spurgeon. ***Ethernet: La guía definitiva.*** Estados Unidos de América. O'Reilly Media, Inc. 2000.
2. Cunningham, David G. ***Redes Gigabit Ethernet.*** Estados Unidos de América. Sams. 1999.
3. Norris, Mark. ***Tecnología y aplicaciones Gigabit Ethernet.*** Reino Unido. *Artech House Telecommunications Library.* 2003.
4. Riley, Sean. ***Switchhead, Rapido, Gigabit Ethernet.*** Estados Unidos de América. Editorial Sams. 1999.
5. Seifert, Rich. ***Gigabit Ethernet: Tecnología y aplicaciones para LAN's de alta velocidad.*** Estados Unidos de América. Addison-Wesley Professional. 1998.