



10 GIGABIT ETHERNET

ALTO DESEMPEÑO PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES

HANDRY ALEXANDER PUELLO GAVIRIA

JAIME ALONSO TRUCCO REDONDO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CARTAGENA D. T. Y C.

2004

10 GIGABIT ETHERNET

ALTO DESEMPEÑO PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES

HANDRY ALEXANDER PUELLO GAVIRIA

JAIME ALONSO TRUCCO REDONDO

**Monografía Del Minor De Telecomunicaciones Del Programa De
Ingeniería Electrónica.**

Director

Gonzalo López Vergara

Ing. Electrónico

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CARTAGENA D. T. Y C.

2004

Nota de aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Cartagena, 29 de Noviembre de 2004

Cartagena, Noviembre de 2004

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingeniería Electrónica – UTB.

La Ciudad.

Cordial saludo.

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada “**10 GIGABIT ETHERNET ALTO DESEMPEÑO PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES**”, para su estudio y evaluación, la cual fue realizada por los estudiantes del cual acepto ser su director.

En espera que éste cumpla con las normas pertinentes establecidas por la institución me despido.

Atentamente.

Gonzalo López Vergara.

Cartagena de Indias D. T. y C. Noviembre 2004

Señores:

Departamento de Investigaciones

Universidad Tecnológica de Bolívar

Cartagena D. T. y C.

Respetados Señores:

Presentamos para su consideración la monografía titulada **“10 GIGABIT
ETHERNET ALTO DESEMPEÑO PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES”**
como requisito del modulo del Minor de Telecomunicaciones del Programa de
Ingeniería Electrónica.

Atentamente,

HANDRY A. PUELLO GAVIRIA

JAIME A. TRUCCO REDONDO

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. LA ALIANZA 10 GIGABIT ETHERNET	3
2. EL PROYECTO 10 GIGABIT ETHERNET	4
3. EL ESTÁNDAR 10 GIGABIT ETHERNET	6
4. 10 GIGABIT ETHERNET EN EL MERCADO	8
5. DEMOSTRACIONES DE INTEROPERABILIDAD	12
6. ESCENARIOS LAN, MAN, SAN Y WAN PARA 10GE	14
6.1 10 GIGABIT ETHERNET EN REDES DE ÁREA LOCAL (LAN)	14
6.2 10 GIGABIT ETHERNET EN REDES DE ÁREA METROPOLITANA (MAN)	16
6.3 10 GIGABIT ETHERNET EN REDES DE AREA DE SERVIDORES (SAN)	18
6.4 10 GIGABIT ETHERNET EN REDES DE ÁREA EXTENSA (WAN)	20
7. MEDIOS DE TRANSMISIÓN	21
7.1 CABLEADO ESTRUCTURADO PARA FIBRA Y COBRE	22
7.1.1 10 GIGABIT SOBRE PAR TRENZADO DE COBRE	28
7.1.2 10 GIGABIT SOBRE FIBRA ÓPTICA	32
7.1.2.1 INTERFASES DE FIBRA OPTICA PARA 10GE	34
8. DEPENDENCIA FÍSICA DEL MEDIO	38
9. ARQUITECTURA Y FUNCIONAMIENTO	40
9.1 ESTRUCTURA DEL PROTOCOLO 10GE PARA REDES LAN, MAN Y WAN	40
9.2 FUNCIONAMIENTO	42
10. INTERFASES FISICAS (PHYS) LAN PHY Y WAN PHY	47
10.1 CAPA FISICA (PHY)	47

	Pág
10.1.1 LAN PHY	48
10.1.2 WAN PHY	50
10.1.2.1 INTERFACE ENTRE LAN PHY Y WAN PHY A DWDM	50
10.1.2.2 ETHERNET SOBRE SDH	56
11. BENEFICIOS DE 10GE	65
11.1 BENEFICIOS PARA LANS	65
11.2 BENEFICIOS PARA SANS	66
11.3 BENEFICIOS PARA WAN	66
12. DISPOSITIVOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE 10 GE	67
13. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS Y CONVERGENCIA DE REDES	68

CONCLUSIONES

TERMINOS Y DEFINICIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

	Pág
FIGURAS	
Figura 1. Línea de tiempo del estándar 10 Gigabit Ethernet	5
Figura 1. Topología para 10 Gigabit Ethernet	6
Figura 3. Capas de 10GE comparadas con el modelo OSI	8
Figura 4. Demostración de interoperabilidad de 10 Gigabit Ethernet	13
Figura 5. Implementación de 10GE en ambientes LAN	16
Figura 6. Implementación de 10GE en ambientes MAN	17
Figura 7. Implementación de 10GE en redes de área de servidores (SAN)	19
Figura 8. Implementación de 10GE en ambientes WAN	20
Figura 9. Distancias para cableado horizontal	27
Figura 10. Transmisión de 10GE sobre par trenzado	30
Figura 11. Capa física para medio de fibra óptica	38
Figura 12. Formato de la trama para 10GE	41
Figura 13. Funcionamiento del XAUI entre interfase MAC y PCS	43
Figura 14. Diagrama conceptual de la capa física PHY y PMD	48

Figura 15. Tipos de LAN PHY para 10GE	49
Figura 16. Arquitectura del transponder	51
Figura 17. Costes relativos CWDM Vs DWDM	52
Figura 18. Infraestructura de red DWDM y CWDM	55
Figura 19. Interfase entre LAN PHY y WAN PHY a DWDM	56
Figura 20. Encapsulamiento usando Length, Header Check Sequence (HCS)	61
Figura 21. Unión del encapsulado de con tramas SONET	62
Figura 22 Trama OC-192 de SONET	63
Figura 23. Integración de servicios	69
Figura 24. Implementación del protocolo MPLS para 10GE	70
Figura 25. Futuro del protocolo MPLS para 10GE	71

TABLAS

Tabla 1. Medios de transmisión para 10GbE	21
Tabla 2. Ancho de Banda Modal Mínimo (MHz-Km)	34
Tabla 3 . Interfaces de fibra para 10GE	37
Tabla 4. Especificaciones PMD para 10GE	40
Tabla 5. Comparativa entre tecnologías WDM según el tipo de aplicación	54

INTRODUCCIÓN

Desde su origen, hace más de 25 años, Ethernet ha evolucionado para satisfacer el incremento de demanda de redes de conmutación de paquetes.

Debido a su bajo costo de implementación, su confiabilidad y relativa simplicidad de instalación y mantenimiento, su popularidad ha crecido hasta el punto que hoy casi todo el tráfico en Internet se origina o se termina con una conexión Ethernet. Además, como la demanda de redes aún más rápidas ha crecido, Ethernet ha sido adaptada para manejar velocidades más altas y la oleada de consecuencias del volumen de demanda que las acompaña.

El estándar 1 GIGABIT ETHERNET está siendo desplegado en un gran número de redes tanto públicas como de datos y ha empezado a mover Ethernet desde el dominio de la red de área local para rodear la red de área metropolitana. Mientras tanto en el 2002 la IEEE desarrollaba el estándar 802.3ae o también llamado 10 GIGABIT ETHERNET. Este estándar fue conducido no sólo por el incremento en el tráfico normal de datos sino también por la proliferación de nuevas aplicaciones que demanden un gran ancho de banda.

El estándar para 10 GIGABIT ETHERNET es significativamente diferente en algunos aspectos de los estándares Ethernet antiguos, principalmente en que sólo funciona sobre fibra óptica, y sólo opera en modo full-dúplex, lo que significa que los protocolos de detección de colisión no son necesarios, sin embargo un grupo de IEEE trabaja sobre el estándar de 10GBase-T¹ sobre cobre.

Adicionalmente, 10 GIGABIT ETHERNET no convierte en obsoletas las inversiones actuales en infraestructura de red. El grupo de investigación de la IEEE tomó pasos para asegurar que 10 GIGABIT ETHERNET fuera compatible con otras tecnologías de red como SONET/SDH o ATM. El estándar habilita paquetes Ethernet para viajar a través de vínculos SONET con muy poca ineficiencia.

La expansión de Ethernet para uso en redes MAN puede ser ahora expandida nuevamente sobre redes WAN, tanto en arreglo con SONET como con Ethernet fin-a-fin.

Con el balance actual del tráfico de red, que favorece la conmutación de paquetes de datos sobre voz, se espera que el nuevo estándar 10 GIGABIT ETHERNET ayudará a crear convergencia entre redes diseñadas primeramente para voz, y las nuevas redes céntricas de datos.

¹ Anexo A. arquitectura de 10G-BASE-T

1. LA ALIANZA 10 GIGABIT ETHERNET

La alianza 10 GIGABIT ETHERNET (10GEA) fue establecida para promover estándares basados en la tecnología 10 Gigabit Ethernet y para fomentar la implementación de 10 Gigabit Ethernet como una tecnología de red clave para conectar diversos dispositivos de computación, datos y telecomunicaciones². Esta conformada por un grupo acerca de 100 empresas entre la más importantes están: Cisco System, Hewlett–Packard Company, Intel Corporation, Nortel Network, 3Com, Alcatel, IBM, entre otras.

Los objetivos de la alianza 10 Gigabit Ethernet incluyen:

- Apoyar el esfuerzo de los estándares 10 Gigabit Ethernet conducidos en el grupo de trabajo IEEE 802.3.
- Contribuir con recursos para facilitar la convergencia y el consenso sobre las especificaciones técnicas.
- Promover premiaciones en la industria, aceptación y avance del estándar 10 Gigabit Ethernet

² www.10gea.org, *10 Gigabit Ethernet Alliance*.

- Acelerar la adopción y uso de productos y servicios de 10 Gigabit Ethernet
- Proveer recursos para establecer y demostrar interoperabilidad de múltiples vendedores y generalmente fomentar y promover interoperabilidad y eventos interoperables.
- Promover las comunicaciones entre proveedores y usuarios de tecnología y productos 10 Gigabit Ethernet

2. EL PROYECTO 10 GIGABIT ETHERNET

El propósito del estándar propuesto de 10 Gigabit Ethernet es extender los protocolos 802.3 de Ethernet a una velocidad operativa de 10 Gbps y expandir el espacio de aplicaciones de Ethernet en los ambientes LAN hasta incluir los ambientes MAN y WAN. Esto produjo un incremento significativo en ancho de banda mientras se mantiene una máxima compatibilidad con la base instalada de interfaces 802.3.

En orden de ser adoptado como estándar, el Task Force de IEEE 802.3ae estableció 5 criterios que el nuevo (propuesto) estándar 10 Gigabit Ethernet debía contener:

- Debe tener amplio potencial de mercado, soportado en un amplio grupo de aplicaciones, con soporte de múltiples vendedores y diversas clases de clientes.

- Debe ser compatible con otros protocolos 802.3 estándar que existen, así como con las especificaciones de gestión OSI (Open System Interconnection) y SNMP (Simple Network Management Protocol).
- Debe ser substancialmente diferente de otros estándares 802.3, haciéndolo una solución única para un problema y no una solución alternativa.
- Debe demostrar factibilidad técnica previo a la ratificación final.
- Debe ser económicamente factible para que los clientes la desplieguen, dando un costo razonable, incluyendo costos de instalación y gestión, para el incremento esperado en su rendimiento.

La figura 1, muestra la línea de tiempo del proceso de estandarización de 10GE.

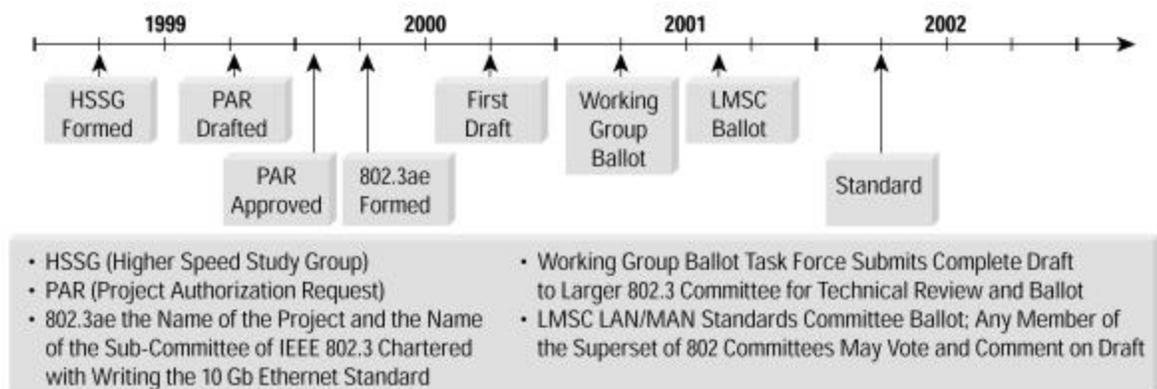


Figura 1. Línea de tiempo del estándar 10 Gigabit Ethernet.

3. EL ESTÁNDAR 10 GIGABIT ETHERNET

Bajo el modelo OSI de la Organización de Estándares Internacionales, Ethernet es fundamentalmente un protocolo de Capa 2. 10 Gigabit Ethernet usa el protocolo de Control de Acceso al Medio de Ethernet de IEEE 802.3, el formato de tramas de Ethernet de IEEE 802.3 y los tamaños mínimo y máximo de tramas de IEEE 802.3.

La figura 2 muestra un ejemplo de la arquitectura de red usando Topología en anillos. Desde la perspectiva de esta tecnología, los switches Ethernet de capa 2 no se encuentran optimizados en la topología de anillo. Esto hace parte de la operación de cobertura de protocolo que es requerida por Ethernet para prevenir la pérdida de información por daños en los enlaces.

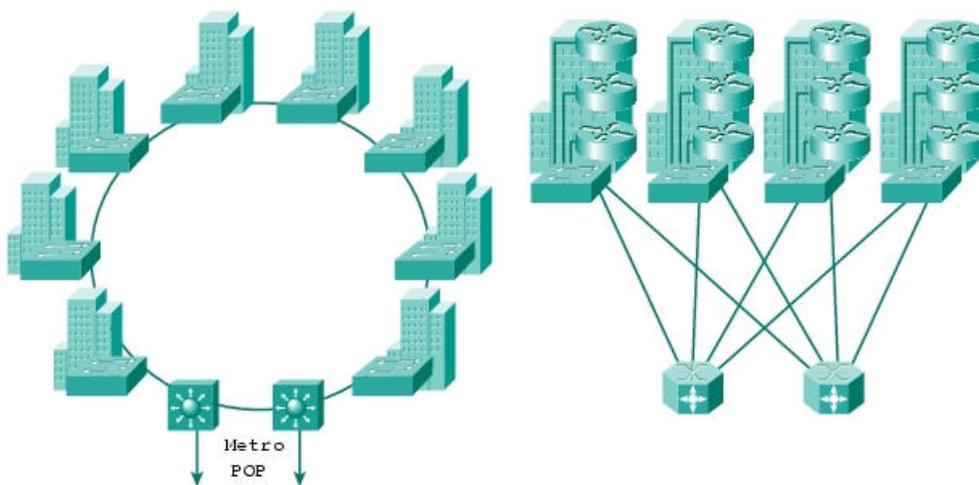


Figura 2. Topologías para 10 Gigabit Ethernet.

Al igual que 1000BASE-X y 1000BASE-T (Gigabit Ethernet) se mantuvieron fieles al modelo Ethernet, 10 Gigabit Ethernet continúa la evolución natural de Ethernet en velocidad y distancia. Debido a que es una tecnología sólo full-dúplex y de sólo fibra, no es necesaria la portadora de acceso (múltiple sensado) con el protocolo de detección de errores (CSMA/CD) que define tecnologías Ethernet más lentas y half-dúplex. En cuanto a este aspecto, 10 Gigabit Ethernet difiere del modelo original Ethernet.

Un dispositivo de Capa Física de Ethernet (PHY), que corresponde a la Capa 1 del modelo OSI, conecta el medio (óptico o cobre) a la capa MAC, que corresponde a la Capa 2 del modelo OSI (Figura 3). La arquitectura Ethernet adicionalmente divide la PHY (Capa 1) en una Dependencia Física del Medio (PMD) y una Subcapa Física de Codificación (PCS). Los transceivers ópticos, por ejemplo, son PMD's. El PCS es inventado para codificación serial o funciones de mutilplexación, el PMA es el medio físico de conexión y la autonegociación es la que define que tipo de fibra óptica es usada³.

³ www.trendcomms.com. *Gigabit Ethernet Layers*

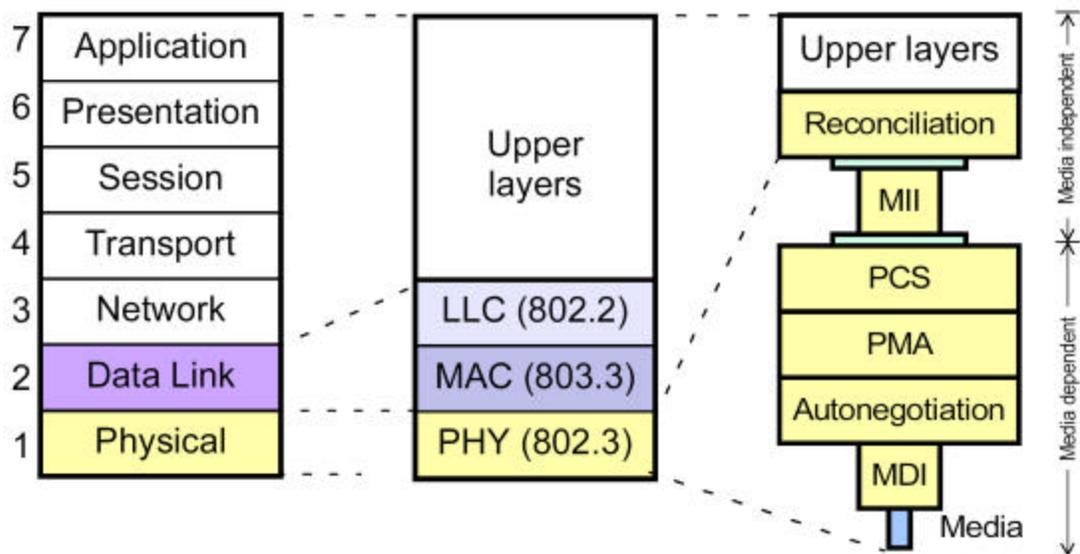


Figura 3. Capas de 10GE comparadas con el modelo OSI

La especificación 802.3ae define dos capas PHY: Capa física de red de área local (LAN PHY) y Capa física de área extensa (WAN PHY).

La WAN PHY tiene un conjunto extendido de características adicionales a las funciones de LAN PHY. Estos PHYs son solamente distinguidos por los PCS. Además habrá un número de tipos de PMD.

4. 10 GIGABIT ETHERNET EN EL MERCADO

El crecimiento acelerado de las redes de tráfico mundial está forzando a los proveedores de servicio, gerentes y arquitectos de las empresas de redes a buscar tecnologías de velocidades más altas en orden de resolver los requerimientos de ancho de banda. Hoy, típicamente utilizan Ethernet como su

tecnología de base. Aunque las redes enfrentan inconvenientes muy diferentes, 10 GIGABIT ETHERNET reúne criterios claves para las redes de alta velocidad, eficiencia y efectividad:

- Fácil migración hacia niveles de más alto rendimiento sin cambiar su infraestructura.
- Costo más bajo de propiedad vs. Tecnologías alternativas corrientes (incluyendo tanto costos de adquisición como de instalación).
- Herramientas familiares de gestión y habilidades con bases comunes.
- Capacidad para apoyar nuevas aplicaciones y tipos de datos.
- Múltiples orígenes de venta e interoperabilidad entre dispositivos.

Los gerentes de empresa y los proveedores de redes deben tomar muchas decisiones cuando diseñan redes. Ellos cuentan con múltiples medios, tecnologías e interfaces entre los cuales escoger para construir las conexiones de campo: Ethernet (10, 100, 1000 y 10000 Mbps), OC - 12 (622 Mbps) y OC - 48

(2,488 Gbps) SONET o equivalente en SDH, Paquete sobre SONET/SDH (POS) y las autorizadas IEEE 802 Task Force (802.17) llamada Resilient Packet Ring.

El diseño topológico y operación de las redes ha sido transformado por la llegada de los Switches multicapas de Gigabit Ethernet inteligente. En las redes LAN, la tecnología de la red está cambiando rápidamente a 10 Gigabit Ethernet y hay una tendencia creciente hacia las redes 10 Gigabit Ethernet que pueden operar sobre distancias de área metropolitana y de área extensa.

El próximo paso para las empresas y los proveedores de servicio de redes es la combinación de ancho de banda multi-Gigabit con servicios inteligentes, liderando a escala, redes multi-Gigabit inteligentes, con apoyo y conexiones de servidor que alcancen los 10Gbps.

En respuesta a las tendencias del mercado, Gigabit Ethernet está siendo desplegada sobre tendidos de kilómetros en redes privadas. Con 10 GIGABIT ETHERNET, la industria ha desarrollado una manera de no sólo incrementar la velocidad de Ethernet a 10 Gbps, sino además extender su distancia de operación y su interconectividad, formando arquitecturas de red que abarcan a las LAN, MAN y WAN usando Ethernet como el método de transporte fin-a-fin de la Capa 2. En

cuanto a la capacidad de transferencia se pueden obtener los siguiente resultados:

- Transferir el contenido de un disco duro de 10 Gigabytes en 8 segundos.
- Hacer un respaldo de 2 Terabytes de una empresa en 27 minutos.
- Transportar simultáneamente 833 señales de video (video digital de 1.5 Megabyte/s) y 150.000 líneas telefónicas simultáneamente.

El ancho de banda de Ethernet puede ser entonces escalado desde 10 Mbps hasta 10 Gbps (una relación de 1 a 1000) sin comprometer los servicios de red inteligente como enrutamiento Capa 3 y la inteligencia de capa 4 a capa 7, incluyendo calidad de servicio (QoS), clase de servicio (CoS), balance de carga de servidor, seguridad y políticas basadas en las capacidades de red. Los servicios pueden ser entregados en tasas de línea sobre la red y soportadas sobre toda la infraestructura física de la red en las LAN, MAN y WAN. En este punto, la convergencia de redes de voz y datos, ambas corriendo sobre Ethernet, y como TCP/IP incorpora servicios y características mejorados, como empaquetamiento de voz y video, la Ethernet fundamental puede además cargar estos servicios sin modificación.

El costo por comunicaciones de 10Gbps tiene el potencial de caer significativamente con el desarrollo de nuevas tecnologías. En contraste con las telecomunicaciones láser de 10Gbps, los enlaces cortos de 10 Gigabit Ethernet (menos de 40 Km sobre fibra mono-modo (SM)) están en capacidad de usar costos bajos, ópticos sin enfriamiento, en algunos casos láser emisores de superficie de cavidad vertical (VCSEL) los cuales tienen el potencial de bajar los costos de PMD. Adicionalmente, la industria está apoyada por un agresivo mercado comercial de chips que proveen soluciones de silicio altamente integrado. Finalmente, el mercado de Ethernet tiende a ser altamente competitivo comenzando con cada nueva generación de tecnología que compite con los vendedores establecidos de Ethernet.

5. DEMOSTRACIONES DE INTEROPERABILIDAD

Una de las claves para el éxito de Ethernet es la amplia interoperabilidad entre vendedores.

Para mantener su misión de proveer recursos para establecer y demostrar la interoperabilidad entre múltiples vendedores de productos de 10 Gigabit Ethernet,

el 10GEA acogió la Red de Interoperabilidad 10 Gigabit Ethernet más grande del mundo en mayo de 2002 como se muestra en la figura 4.

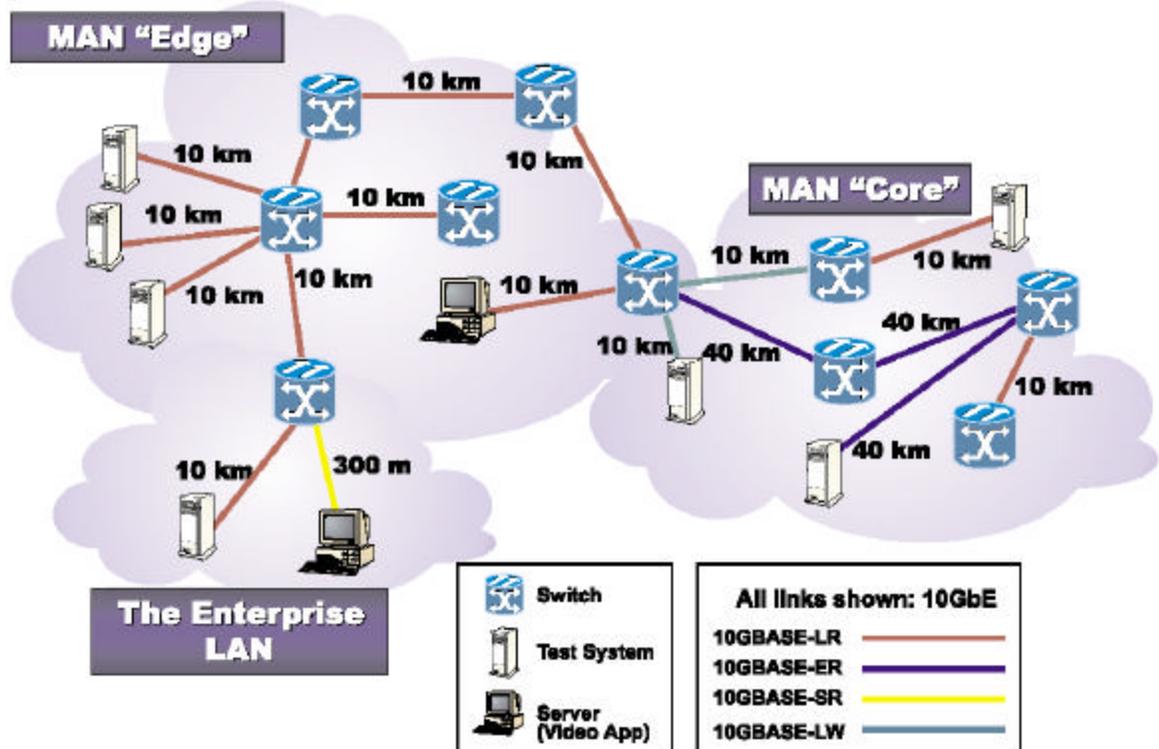


Figura 4. Demostración de interoperabilidad de 10 Gigabit Ethernet.

Abarcando productos de 23 vendedores, la red incluyó un amplio rango de productos: sistemas, equipos de evaluación, componentes y cableado. La red fina-fin 10GbE tenía más de 200 kilómetros de largo y mostraba 5 de los 7 tipos de puertos PMD especificados en el borrador IEEE 802.3ae: 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SR, 10 GBASE-LW y 10GBASE-LX4. La red hizo alarde de 10 saltos de red, 18 vínculos 10GbE, y representó todos los aspectos de

la tecnología: WAN, MAN y LAN. Como parte de la demostración, 12 compañías mostraron comunicación chip-a-chip sobre Interface IEEE 802.3ae XAUI.

6. ESCENARIOS LAN, MAN, SAN Y WAN PARA 10GE

6.1 10 GIGABIT ETHERNET EN REDES DE ÁREA LOCAL (LAN)

La tecnología Ethernet es actualmente la tecnología más desplegada para ambientes LAN de alto rendimiento, Con la extensión de 10 Gigabit Ethernet también llamada LAN física a la familia de tecnologías de Ethernet; las LAN pueden ahora llegar más lejos y soportar las aplicaciones que demanden mayor ancho de banda. Similar a la tecnología Gigabit Ethernet, el estándar propuesto 10 Gigabit Ethernet soporta tanto medios de fibra mono-modo como los de fibra multi-modo. Sin embargo, en 10 Gigabit Ethernet la distancia para fibra mono-modo se ha expandido de 5 Km que soporta Gigabit Ethernet hasta 40 Km en 10 Gigabit Ethernet.

La ventaja para el soporte de distancias más largas es que da a las compañías la oportunidad que gestionan sus propios ambientes LAN, la opción de extender sus centros de datos a locaciones dentro del rango de 40 Km.

Dentro de los centros de datos, aplicaciones conmutador-conmutador, así como las aplicaciones de conmutador a servidor, pueden también ser desplegadas sobre medios de fibra multi-modo, para crear soportes 10 Gigabit Ethernet que apoyen el continuo crecimiento de aplicaciones que requieren ancho de banda.

Con los soportes 10 Gigabit Ethernet instalados, las compañías tendrán la capacidad de empezar a proveer servicios Gigabit Ethernet a estaciones de trabajo y, eventualmente, al escritorio en orden de apoyar aplicaciones como reproducción de videos, imágenes médicas, aplicaciones centralizadas y gráficos de alta resolución. 10 Gigabit Ethernet además proveerá tiempo de ciclo de red más bajo en dirección a la velocidad del enlace y sobre-proveerá ancho de banda para compensar la naturaleza de los datos en las aplicaciones de empresa. En la figura 5 se puede observar su implementación donde los enlaces se hacen directamente entre Switches a distancias máximas de 40Km y entre los centros de datos a velocidades de 10Gbit/s.

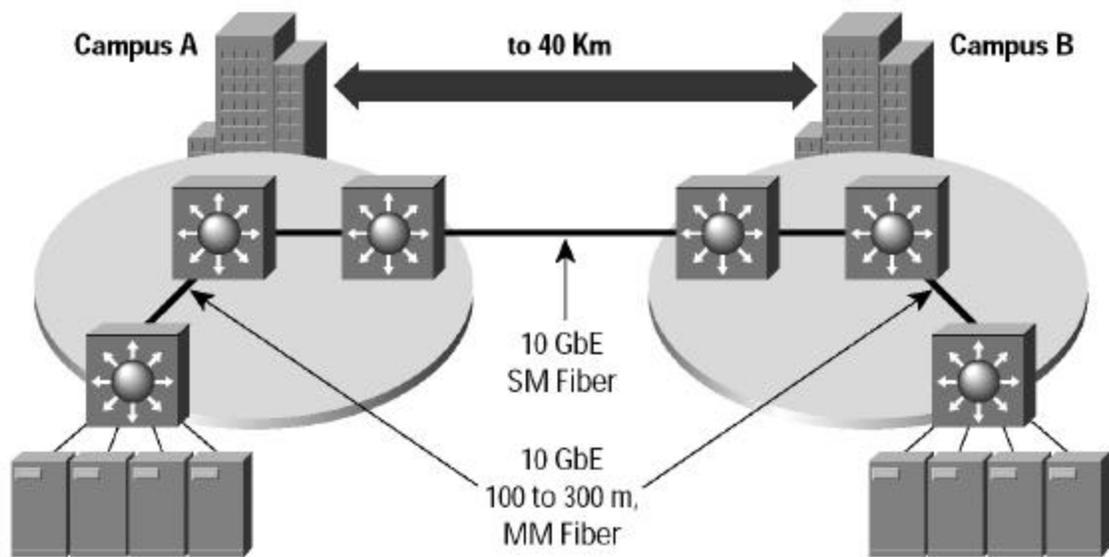


Figura 5. Implementación de 10 GE en ambientes LAN.

6.2 10 GIGABIT ETHERNET EN REDES DE ÁREA METROPOLITANA (MAN)

Los vendedores y usuarios generalmente están de acuerdo en que Ethernet no es costosa, fácil de comprender, desplegada ampliamente y compatible desde Gigabit conmutada hacia atrás; hasta 10 Megabits compartida. Hoy un paquete puede abandonar un servidor sobre un puerto óptico Gigabit Ethernet de transporte corto, moverse cruzando el país vía de una red DWDM (Dense Wave Division Multiplexing) y encontrar su camino para descargar a un PC unido a un conector “thin coax” BNC (Bayonet Nelly Concelman), todo sin ningún re-entramado o conversión de protocolo. Ethernet está literalmente en todos lados, y 10 Gigabit Ethernet mantiene esta migración en funcionalidad.

Con las interfaces 10 Gigabit Ethernet apropiadas, transceivers ópticos y fibra mono-modo, los proveedores de servicio estarán en capacidad de construir enlaces alcanzando los 40 Km o más. En la figura 6 se muestra un ejemplo de la implementación de 10 Gigabit Ethernet en redes de área metropolitana⁴.

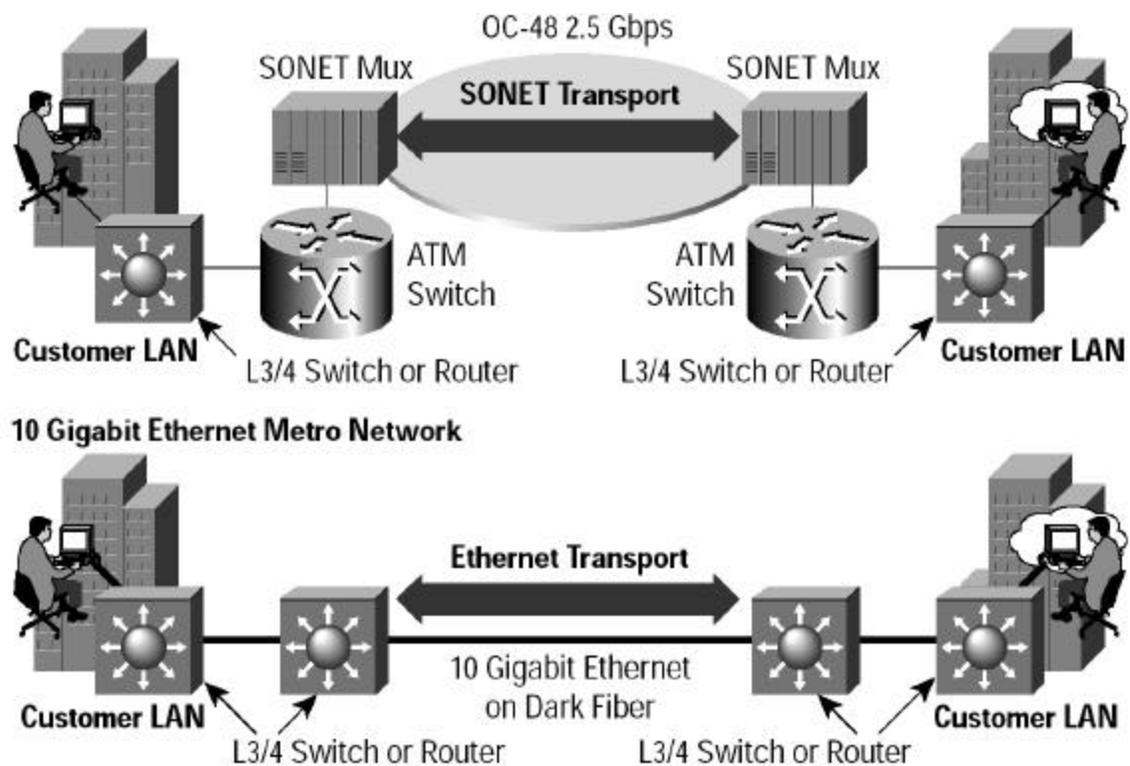


Figura 6. Implementación de 10 GE en ambientes MAN.

⁴ www.cisco.com. Introduction to 10 Gigabit Ethernet

6.3. 10 GIGABIT ETHERNET EN REDES DE AREA DE ALMACENAMIENTO (SAN)

10 Gigabit Ethernet proveerá de una infraestructura para Almacenamiento de Redes Unidas (NAS) y Redes de Área de Servidores (SAN). Antes de la introducción de 10 Gigabit Ethernet, algunos observadores industriales mantenían que Ethernet carecía de suficiente potencia para realizar el trabajo. De Ethernet se decía que no tenía lo que se necesita para mover gran cantidad de datos de interés. 10 Gigabit Ethernet puede ahora ofrecer igual o más capacidad de transporte de datos, a tiempos de ciclo similares a los de otras tecnologías de redes de almacenamiento, incluyendo 1 o 2 Gigabit Fiber Channel, Ultra 160 o 320 SCSI, ATM OC-3, OC12 & OC-192 y HIPPI (High Performance Parallel Interface).

Mientras servidores de almacenamiento Gigabit Ethernet, papelerías de cinta y servidores de computador están ya disponibles, los usuarios deberían buscar la temprana disponibilidad de dispositivos terminales de 10 Gigabit Ethernet.

Hay numerosas aplicaciones para Gigabit Ethernet en las redes de servidores hoy, las cuales se extenderán sin problemas a 10 Gigabit Ethernet. Esto incluye:

- Recuperación de continuidad / desastre de negocios.

- Apoyo remoto.
- Almacenamiento sobre demanda.
- Medio de flujo.

En la figura 7, se muestra un ejemplo de su implementación, donde todos los dispositivos del centro de datos se encuentran interconectados entre si, a velocidades de 10Gbit/s.

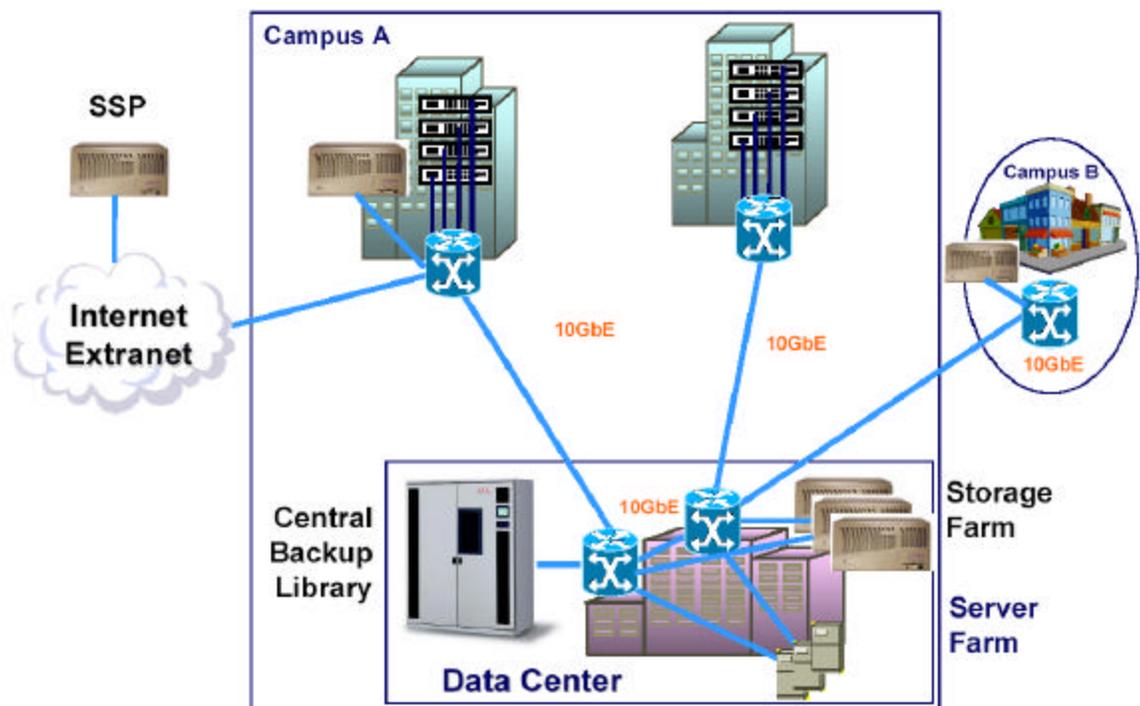


Figura 7. Implementación de 10 GE en redes de área de servidores (SAN)

6.4 10 GIGABIT ETHERNET EN REDES DE ÁREA EXTENSA (WAN)

10 Gigabit Ethernet en redes WAN también llamado WAN PHY habilita a los proveedores de servicio de Internet (ISP) y a los proveedores de servicios de red (NSP) para crear enlaces de muy alta velocidad a muy bajo costo, entre co-localizados, conmutadores y enrutadores, y equipos ópticos que está directamente unido a la nube SONET/SDH⁵. Los enlaces 10 Gigabit Ethernet entre conmutadores de los proveedores de servicio y un dispositivo DWDM o un LTE (Line Termination Equipment) pueden de hecho ser muy cortos (menos de 300 metros) como se muestra en la figura 8.

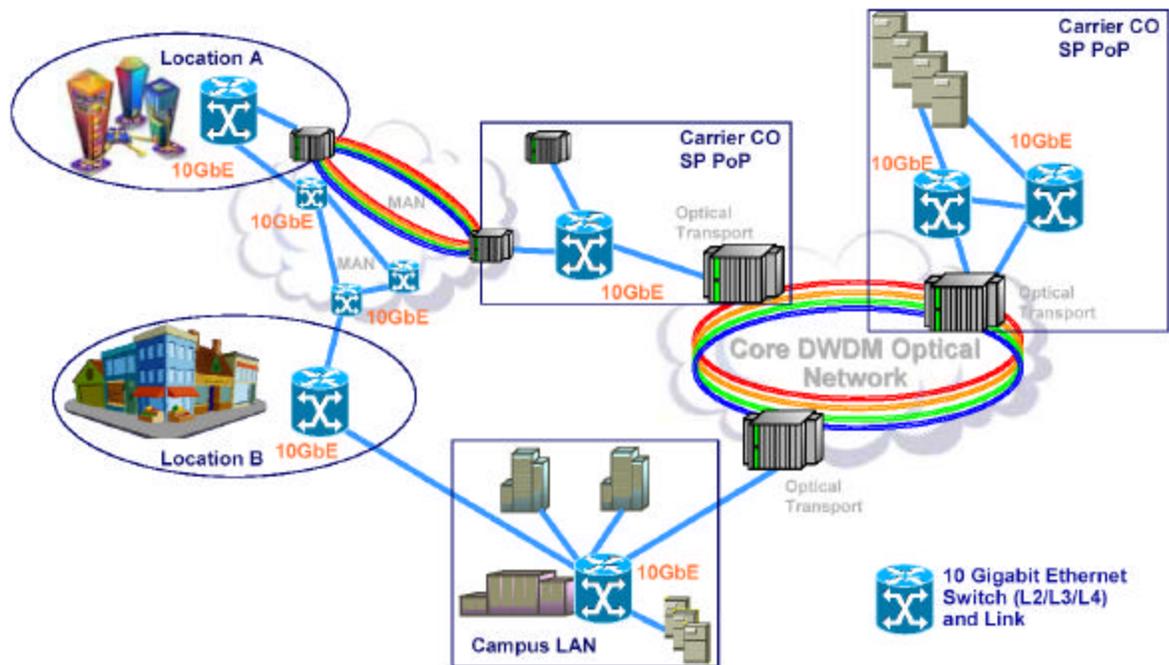


Figura 8. Implementación de 10 GE en ambientes WAN.

⁵ www.10gea.org. 10 Gigabit Ethernet White Paper.

7. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Para velocidades en el orden de 10 Gbps tiene sentido utilizar solo medios que tengan un ancho de banda elevado y bajas pérdidas, que permitan transportar flujos de muy altas velocidades y alcanzar largas distancias, pudiéndose trabajar además técnicas WDM para multiplicar las capacidades de estos medios. Las variantes de fibra Monomodo y Multimodo permiten ocupar los diferentes mercados de distancia como se muestra en la tabla o interoperando con las infraestructuras de redes existentes.

Tabla 1. Medios de transmisión para 10 GbE

Fibra Óptica	Longitud de onda (nm)	Tipo de Láser	Velocidad de línea (Gbps)	Distancia
62.5 μ m MMF	850	VCSEL	12.5	25 m
	850	DFB	4x3.125 WDM	100 m
	850	VCSEL	10x1.25 FO paralelas	300 m
	1300	DFB	12.5	50 m
	1300	DFB	4x3.125 WDM	300 m
50 μ m MMF	850	VCSEL	12.5	65 m
	1300	FP	12.5	65 m
MMF enriquecida	850	VCSEL	12.5	>300 m
	1300	LW-VCSEL	12.5	2 Km.
SMF	1300	FP	12.5	2 Km.
	1300	DFB LW-VCSEL	12.5	10 Km.
	1300	DFB refrigerado	12.5	40 Km.
	1500	DFB refrigerado	12.5	40 Km.

7.1 CABLEADO ESTRUCTURADO PARA FIBRA Y COBRE

Gracias a las normas es posible tener interoperabilidad entre múltiples proveedores, el cliente puede elegir el equipo que mejor satisfaga sus necesidades, influyen en la elección de proveedores y posibilitan la creación de arquitecturas que puedan mejorar con nuevas tecnologías y más funciones a través del tiempo.

Por su misma naturaleza, las normas son complejas, muy detalladas y, a menudo, tienen diferencias o restricciones que pueden pasar inadvertidas o no ser detectadas por los usuarios finales y los consultores, por lo tanto, los fabricantes deben poseer un fuerte compromiso con el cumplimiento de las normas del sector. Múltiples empresas se especializan en diseño y fabricación de cables UTP, fibra óptica y aparatos para soluciones de conectividad para el cableado estructurado, entre ellas Siemon, Systimax, entre otras, estas participan en una amplia gama de normas de comunicación, garantizando que las aplicaciones y redes que los usuarios quieran operar sobre la infraestructura de cableado reciban un soporte confiable, respaldado por el conocimiento de los laboratorios de la IEEE: los científicos e ingenieros de esta compañía participan activamente en las principales organizaciones normalizadoras del mundo y están a la vanguardia del desarrollo de nuevas normas.

En el caso particular del cableado, muchas de estas normas (que no necesariamente se conocen como normas de cableado) interfieren en la infraestructura, ya que el cableado es uno de los principales medios de transmisión a través del cual operarán los sistemas de comunicaciones. Por eso, pertenecer a una de estas organizaciones, participar en ella y obtener información técnica con respecto a la amplia variedad de normas resulta esencial para comprender cabalmente el efecto que tienen sobre la infraestructura de cableado⁶.

El reconocimiento del cableado como el "cuarto servicio público en las construcciones" generó el desarrollo de normas nacionales e internacionales que definen el sistema de cableado genérico dentro de los edificios comerciales privados, para ayudar a los usuarios en el diseño de sus sistemas de cableado estructurado.

Actualmente, las principales normas de cableado estructurado son: ISO/IEC IS11801 (norma internacional que incorpora todas las variantes de los tipos de cableado usados en el mundo), ANSI/TIA/EIA 568B (estadounidense), RETIE e ICONTEC (Colombia) y EN50173 (norma europea, mayormente tomada de la norma IS11801).

⁶ <http://www.siemon.com/us/10Gip>. *Manufacturers structured cabling system for 10 gigabit Ethernet.*

Asimismo, existen normas genéricas para cables y conectores que no deberían ser confundidas con las normas de cableado individual. Estas no deben ser usadas fuera de contexto cuando se trata de una especificación del sistema de cableado.

Además, existen otras normas a tener en cuenta cuando se trata de orientación para instalación e infraestructura: ANSI/TIA/EIA 569 y los documentos IS14763 y EN50174.

A medida que aumentan las velocidades de transmisión y los usuarios cambian sus sistemas por cableados UTP de mayor rendimiento, para garantizar un alto nivel de confiabilidad y eficacia es importante que las propiedades mecánicas y las categorías de transmisión de los componentes usados en el sistema de cableado se encuentren debidamente equiparadas.

Algunas de las categorías de cableado UTP o Fibra reconocidas a nivel internacional son:

a) Categoría 3 (Clase B): comprende cables UTP y hardware de conexión relacionado, con características de transmisión de hasta 16 MHz.

b) Categoría 4 (Clase C): comprende cables UTP y hardware de conexión relacionado, con características de transmisión de hasta 20 MHz (no mencionados en las normas nuevas).

c) Categoría 5 y 5e (Clase D): comprende cables UTP y hardware de conexión relacionado, con características de transmisión de hasta 100 MHz.

d) Categoría 6 (Clase E): comprende cables UTP y hardware de conexión relacionado, con características de transmisión de hasta 250 MHz.

e) Categoría 7 (Clase F): comprende los cables y hardware de conexión relacionado, con características de transmisión de hasta 600 MHz.

Con respecto a la fibra óptica, también fue categorizada en las siguientes normas internacionales:

a) OM1 o OF 300: fibra multimodo cuyo ancho de banda "Over Filled Launch" (OFL) es de 200/500 MHz/km a 850/1.300 nm.

b) OM2 o OF 500: fibra multimodo cuyo ancho de banda "Over Filled Launch" (OFL) es de 500/500 MHz/km a 850/1.300 nm.

c) OM3 o OF 2000: fibra multimodo cuyo ancho de banda "Over Filled Launch" (OFL) es de 1.500/500 MHz/km a 850/1.300 nm y cuyo ancho de banda con láser (usando el método de prueba DMD) es de 2.000 MHz/km a 850 nm.

d) OS1: monofibra genérica estándar.

La categorización del cableado UTP bajo la norma TIA/EIA 568B es similar a lo anterior, con la salvedad de que la norma TIA tiene la definición de la Categoría 5e y no cuenta actualmente con una Categoría 7. Con respecto a la fibra óptica, la norma TIA no tiene la misma categorización que la internacional, pero cuenta con una nueva especificación para el equivalente a la fibra OM3, que es la Fibra Multimodo Optimizada con Láser (Laser Optimized Multimode Fiber o LOMMF).

Un enlace permanente comprende todo el cableado y hardware de conexión entre la salida y el distribuidor de telecomunicaciones como se muestra en la figura 9, excluidos los patch cords (además, un canal está integrado por patch cords, cords de los equipos y cables del área de trabajo). El largo total de los cords de los equipos y patch cords, más el cable del área de trabajo, no debe superar los 10 metros en un mismo canal, las distancias máximas para el cableado horizontal son de 90 metros en la norma internacional, se permite que los cables flexibles tengan

hasta un 50 por ciento más de atenuación que los cables horizontales, debido al soporte de cables blindados.

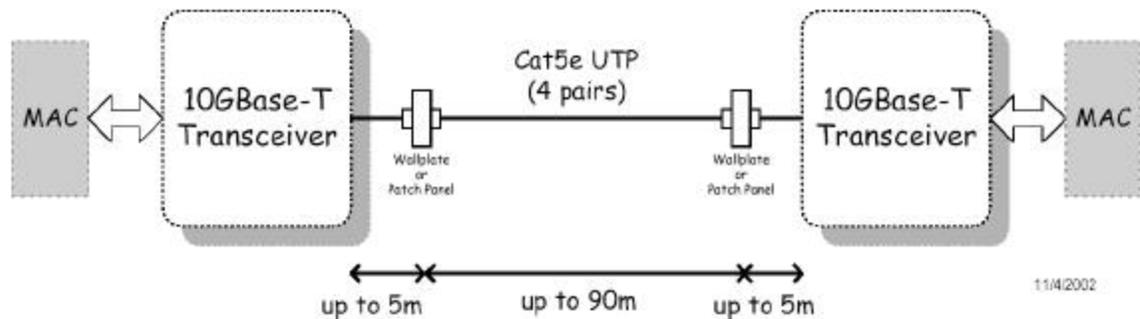


Figura 9. distancias para Cableado Horizontal

Los fundamentos para desarrollar el criterio de desempeño del canal surgieron para facilitar las soluciones de cableado de medida que pueden estar más allá del alcance de la especificación de nivel del componente. Este criterio, además del enlace permanente, constituye la base de las pruebas de conformidad para el cableado recientemente instalado y de las pruebas de verificación de desempeño que convalidan la conveniencia de instalaciones de cableado que dan soporte a las actuales tecnologías de red de alta velocidad, como Ethernet de 10, 100 , 1000 Mbit/s⁷.

⁷ <http://www.anixtersoluciones.com>. **La importancia de las normas.**

7.1.1 10 GIGABIT SOBRE PAR TRENZADO DE COBRE

Con la formación de un grupo de estudio de 10GBase-T, conforme a la norma IEEE 802.3ae⁸, en noviembre de 2003, se puso en marcha el desarrollo de una norma 10 Gigabit Ethernet para cableado de cobre y se espera que este normalizado antes de año 2006 según los expertos. Los objetivos propuestos para este nuevo estándar son los siguientes:

- No deben haber cambios en el formato de la trama de Ethernet o en el tamaño máximo y mínimo de la trama.
- Soportar full duplex para redes LANs tipo estrella cableada con enlaces punto a punto y topologías de cableado estructurado.
- Auto negociación.
- Soportar el estándar 802.3af.
- Soportar las distancias de enlace:

⁸ *Cabling Challenges for 10GBase-T white Paper de Nexans.com*

- Categoría 5e UTP: 20 a 40 m

- Categoría 6 UTP: 55 a 100m

- Categoría 7 STP: 100m

Gran parte de la discusión sobre 10 Gigabit se ha focalizado en la incertidumbre sobre si el UTP tendría la capacidad superar los problemas inherentes a la diafonía, emisiones electromagnéticas, interferencias, PSNEX, NEXT, IL, ELFEXT y PSELFEXT⁹. Por otra parte el conector es RJ45 es una limitante; ya ha sido llevado hasta sus límites con la Categoría 6 a 250 MHz, pero para lograr velocidades 10 Gigabit se necesitan obtener mayores frecuencias.

La transmisión de 10Gbit/s sobre cable UTP se basa en obtener una tasa de transferencia full duplex de 2.5Gbit/s sobre cada uno de los 4 pares, con el fin de obtener la velocidad de 10Gbit/s a una distancia considerable como se ve en la figura 10,

⁹ *Ethernet sobre Cobre: de 10 Mbps a 10 Gbps* por Ramón Sánchez Pérez y Pedro Reviriego Vasallo.

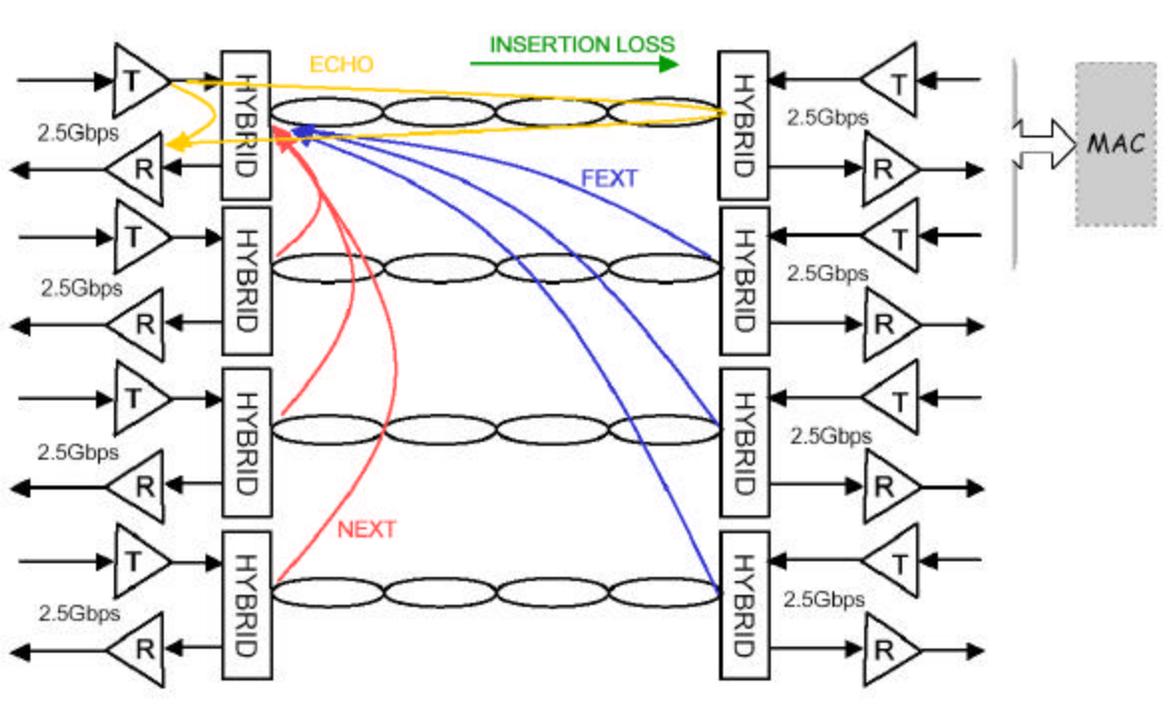


Figura 10. Transmisión de 10GE sobre par trenzado.

En la reunión de marzo de 2003, los laboratorios de prueba demostraron que este recurso mejoraba el desempeño del cableado UTP en 10G. En noviembre se tornó evidente que otros proveedores, conscientes de la preferencia mundial por el cableado no blindado, están mostrando adelantos en el diseño de cables UTP. La mayoría cree que la combinación de mejoras en el diseño de chips y cableado con un margen garantizado sobre la Categoría 6 hará realidad la transmisión de datos a 10 Gb/s a través de un cableado UTP eficaz en función de los costos.

Por su parte, los laboratorios de prueba continuarán desempeñando un rol importante para darles forma a estas decisiones a través del modelado MDM, del análisis e interpretación avanzados de parámetros clave y de los diseños experimentales de productos. Si bien es muy pronto para garantizar el soporte a distancia hasta que se elija el esquema definitivo de codificación, en los laboratorios de prueba se espera que las instalaciones certificadas gocen de soporte a mayor distancia y/o de mayor confiabilidad que las distancias definitivas que acepta la norma IEEE 10GBase-T para el cableado de Categoría 5e, 6 y 7.

Para asegurar la interoperabilidad entre dispositivos, dentro del estándar se define un proceso de negociación entre los transceptores de manera que acuerden la velocidad a utilizar. Este proceso se basa en el envío de una serie de pulsos que codifican las capacidades de cada transceptor. Así acabarán acordando la mayor que soporten ambos, la seleccionará y dará por terminada la negociación. Este proceso se denomina detección paralela ya que es paralelo al proceso normal de negociación. En cualquier caso, previsiblemente la complejidad del transceptor será muy elevada, por ello, para reducirla se sugiere el uso de técnicas de procesamiento de señal basadas en modelado del canal como un sistema de múltiples entradas y salidas (MIMO).

La principal aplicación este estándar para cable UTP esta concentrada en la interconexiones entre Servidores y Swiches en los Data Center, y entre Swiches con dispositivos de trabajo.

7.1.2 10 GIGABIT SOBRE FIBRA ÓPTICA

La evolución de la infraestructura para aplicaciones de alta velocidad (Gigabit) se inició por el uso del VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser), como una alternativa para la fuente de emisión de luz, pues el uso de LED's (Light Emitting Diodes) está limitada para las aplicaciones de hasta 622 Mbps. El VCSEL presenta desempeño en altas velocidades de transmisión similar a los láseres tradiciones, aunque con costo mucho menor. Así mismo hubo una evolución del medio físico con la optimización de las fibras ópticas multimodo para aplicaciones Gigabit y 10 Gigabit, objetivando atender y superar las longitudes del enlace estandarizadas para redes locales y presentar el mejor costo beneficio¹⁰.

La interfaz de transmisión en primera ventana (850nm Serie) será la más económica de todas y de aplicación garantizada para distancias cortas bien sea en supercomputadores, agregaciones de campus y troncales, o instalaciones de centros de datos.

¹⁰ Anexo B. Funcionamiento de Modos de transmisión.

Este punto ya era conocido por el comité de estandarización, que creyó en la necesidad de desarrollar una fibra multimodo capaz de transmitir 10 Gbps en una sola señal serie en primera ventana hasta 300 metros, algo que no cumplen ninguna de las fibras 'tradicionales' OM1 y OM2 del mercado. Los cables de fibra que cumplen dichas especificaciones se conocen como Cables de Fibra de Nueva Generación (NGMMOF en el acrónimo inglés) y se denominan OM3 según la nueva clasificación del estándar ISO 11801. La fibra OM3 presenta un ancho de banda láser a 850nm de 2000 MHz· km (Tabla 2), a diferencia de las fibras OM1 y OM2, que sólo presentan ancho de banda en saturación (200 y 500 MHz· km respectivamente). La Fibra de Nueva Generación cumple los requisitos de las nuevas aplicaciones de 10 Gigabit Ethernet.

La Geometría Óptica y el Perfil de Índice de Refracción son la llave para la obtención de distintas prestaciones y anchos de banda.

Tabla 2 .Ancho de Banda Modal Mínimo (MHz-Km)

Tipo de Fibra Óptica	Diámetro del Núcleo (micras)	Ancho de Banda en Saturación (MHz-Km)		Ancho de Banda Láser Eficaz (MHz-Km)
		850nm	1300nm	850nm
OM1	50 o 62.5	200	500	No especificado
OM2	50 o 62.5	500	500	No especificado
OM3	50	1500	500	2000

7.1.2.1 INTERFACES DE FIBRA OPTICA PARA 10GE

En junio de 2002 el comité de IEEE 802.3ae¹¹, definió siete interfaces para la fibras ópticas, estas interfaces satisfacen un número de objetivos incluyendo soporte para fibra Multimodo (MMF), Fibra Monomodo (SMF) y compatibilidad con SONET 10GBASE-SR, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW, 10GBASE-LW y 10GBASE-EW descritas a continuación:

¹¹En el Anexo C. se encuentra un tabla de la evolución de cableado de fibra y cobre para los estándares de Ethernet.

10GBase-LR

Es una interfaz de nivel físico (PHY) de 10 Gigabit Ethernet para conexiones de área local. Se trata de una interfaz LAN serial 1.310nm para fibra monomodo capaz de alcanzar una distancia de transmisión máxima de 10 kilómetros y probablemente sea la mejor opción para el futuro previsible.

10GBase-ER

Interfaz de nivel físico (PHY) de 10 Gigabit Ethernet para conexiones de área local. Se trata de una interfaz LAN serial 1.550nm para fibra monomodo capaz de alcanzar una distancia de transmisión máxima de 40 kilómetros. Son usados por Ethernet para proveer servicios de conectividad de Inter-POP.

10GBase-SR

Interfaz de capa física (PHY) de 10 Gigabit Ethernet para redes de área local. Se trata de una interfaz LAN serial 850nm para fibra multimodo capaz de alcanzar una distancia de transmisión máxima de 65 metros. Se utilizan en los Data Center para interconectar dos Switches Ethernet o un enlace fin-dispositivo (por ejemplo, para interconectar un servidor con un switche Ethernet).

10GBase-EW

Interfaz PHY de 10 Gigabit Ethernet para conexiones de área amplia. Se trata de una interfaz WAN serial 1.550nm para fibra monomodo capaz de alcanzar una distancia de transmisión máxima de 40 kilómetros.

10GBase-LW

Interfaz PHY de 10 Gigabit Ethernet para conexiones de área amplia. Se trata de una interfaz WAN serial 1.310nm para fibra monomodo capaz de alcanzar una distancia de transmisión máxima de 10 kilómetros.

10GBase-LX4

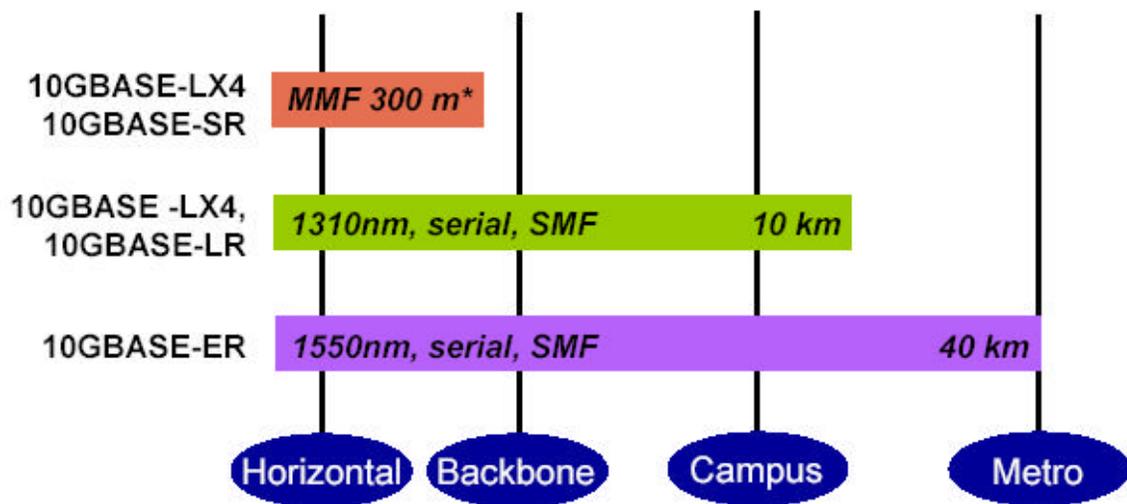
Interfaz PHY de 10 Gigabit Ethernet para conexiones LAN. Se trata de una interfaz LAN WDM 1.310nm para fibra multimodo capaz de alcanzar una distancia de transmisión máxima de 300 metros. Usan 4 láseres en paralelo a diferencia del serie que utiliza un solo láser, es absolutamente demasiado costoso el y complejo producirlos, por lo tanto no es muy comercializada.

10GBase-SW

Interfaz PHY de 10 Gigabit Ethernet para conexiones de área amplia. Se trata de una interfaz WAN serial 850nm para fibra multimodo capaz de alcanzar una distancia de transmisión máxima de 65 metros.

La tabla 3 se muestra una comparación de tipos de fibra óptica con respecto a la distancia que se utilizan en el estándar de 10 Gigabit Ethernet.

Tabla 3 . Interfaces de fibra para 10GE.



De las siete solo se estandarizaron las fibras 10GBASE-SR, 10GBASE-LR y 10GBASE-ER y han sido las más usadas. Las interfaces (SW, LW, EW) fueron diseñadas para establecer la compatibilidad de OC-192/STM-64, entre la WAN PHY y SONET.

8 DEPENDENCIA FÍSICA MEDIA (PMD)

La Task Force de IEEE 802.3ae ha desarrollado un estándar que provee una capa física para medio de fibra óptica como se muestra en la figura 11.

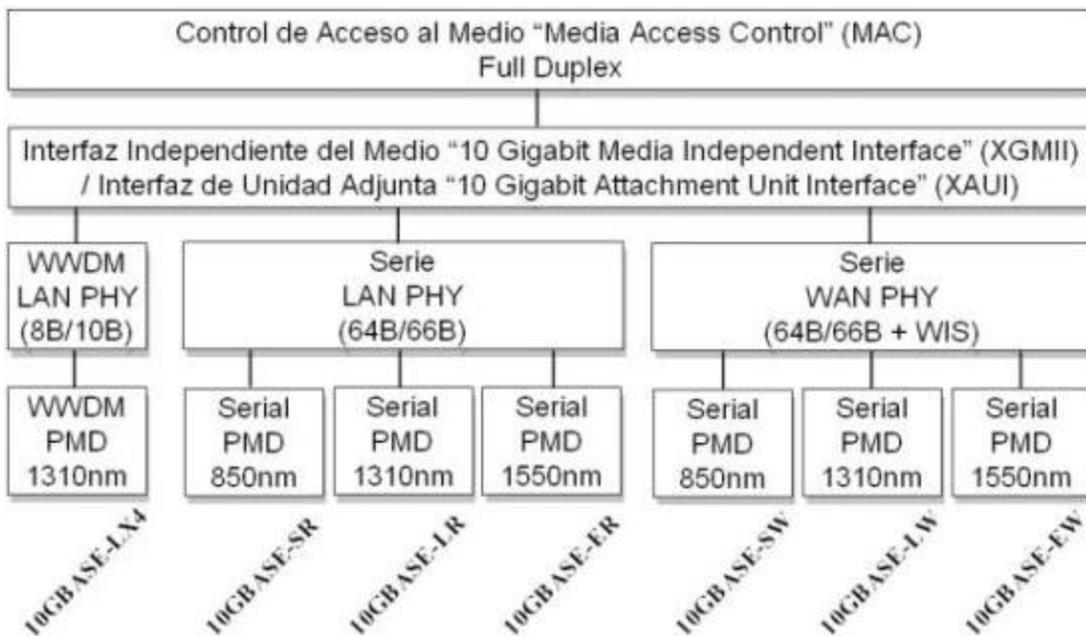


Figura 11. Capa física para medio de fibra óptica.

Para reunir estos objetivos de distancia, se seleccionaron 4 PMD. La Task Force seleccionó un nanómetro serial 1310 PMD para cubrir 2 Km y 10 Km objetivos de fibra mono-modo (SMF). Además se seleccionó una solución serial 1550 para alcanzar o exceder los 40Km objetivo de SMF. Soportando los 40Km, PMD es un reconocimiento de que Gigabit Ethernet aun esta siento satisfactoriamente

desarrollado en áreas metropolitanas y privadas, para aplicaciones de larga distancia. Se especificó un PMD de 850 nanómetros para cubrir con el objetivo de los 65 metros sobre fibra multimodo usando transceivers seriales de 850 nm. Adicionalmente, El Task Force seleccionó dos versiones de la PMD Wide Wave División Multiplexing (WWDM), una versión de 1310 nanómetros sobre fibra monomodo para viajar distancias de 10 Km y una versión de 1310 nanómetros para alcanzar con el objetivo de 300 mts sobre fibra multi- modo (Tabla 4).

El comité IEEE estableció cuatro posibles interfaces PMD para esta tecnología:

- Transmisión serie en primera ventana (SR 850nm Serie) sobre Fibra multimodo de Nueva Generación u OM3.
- Transmisión multiplexada WDM en segunda ventana (LX4 1310 nm WDM) sobre fibra multimodo
- Transmisión serie en segunda ventana (LR 1310 nm) sobre fibra monomodo
- Transmisión serie en tercera ventana (ER 1550 nm) sobre fibra monomodo.

Tabla 4. Especificaciones PMD para 10 Gigabit.

Device	8B/10B PCS	64B/66B PCS	WIS	850nm Serial	1310nm WWDW	1310nm Serial	1550nm Serial
10GBASE-SR		✓		✓			
10GBASE-SW		✓	✓	✓			
10GBASE-LX4	✓				✓		
10GBASE-LR		✓				✓	
10GBASE-LW		✓	✓			✓	
10GBASE-ER		✓					✓
10GBASE-EW		✓	✓				✓

R = Codificación 64b/66b.

W = Codificación de la trama Plus Sonet 64b/66b.

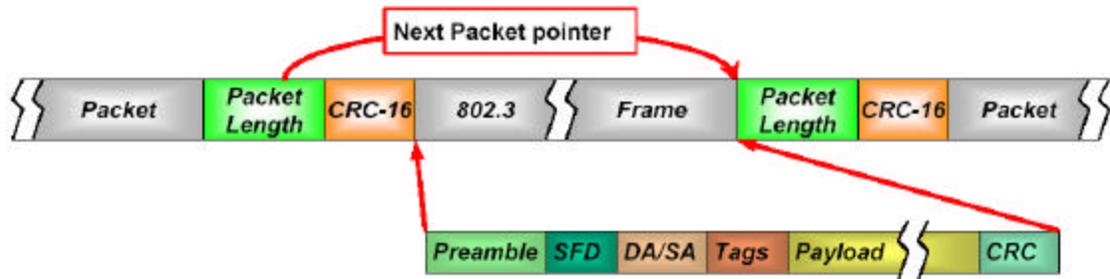
X = Codificación 8b/10b.

9. ARQUITECTURA Y FUNCIONAMIENTO

9.1 ESTRUCTURA DEL PROTOCOLO 10GE PARA REDES LAN, MAN Y WAN

El estándar de 10 Gigabit Ethernet usa el mismo control de acceso al medio (MAC) como el del anterior estándar de Ethernet, a continuación se muestra el formato de la trama.¹²

¹² <http://www.javvin.com/protocol10GigE.html>.



7 bytes	1 Bytes	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46-1500 bytes	4 Bytes
Preámbulo	SFD	DA	SA	Length Type	Data unit + pad (payload)	FCS

Figura 12. Formato de la trama para 10GE.

El formato de la trama, para 10GE está compuesto de la siguiente manera:

- **Preámbulo (PRE):** 7 bytes. El Preámbulo es un modelo alterno de ceros y unos que le dice a la estación receptora que una trama esta por venir; sincronizando la porción de trama de recepción de las capas físicas con el chorro de bit entrante.
- **Start-of-frame delimiter (SFD):** 1 byte. La Delimitación del Inicio de una Trama es un modelo alterno de ceros y unos, que acaba con dos 1-bits consecutivos indicando que el próximo bit es el mas a la izquierda del Primer Byte de la dirección de destino.

- **Destination address (DA):** 6 bytes. La Dirección de Destino en campo identifica cual estación debería recibir la trama.
- **Source addresses (SA):** 6 bytes. La Fuente de Direcciones en campo identifica la estación que envía la trama.
- **Length/Type:** 2 bytes. Este campo indica tanto el número de la MAC-Cliente contenida en un campo de datos de la trama, o la identificación del tipo de trama si esta usa un formato de trama especial.
- **Data:** es una secuencia de n bits ($46 \leq n \leq 1500$) de cualquier valor. (La trama total mínimo es de 64bytes.)
- **Frame check sequence (FCS)** 4 bytes. Esta secuencia se establece en paquetes de 32 bits para control de redundancia cíclica, La cual es creada enviando información a la MAC y recalculada por la MAC para el control en los daños de las tramas.

9.2 FUNCIONAMIENTO

Entre las diversas innovaciones técnicas de 10 Gigabit Ethernet Task Force plantea una interface llamada XAUI (10 Gigabit Attachment Unit Interface) Figura 13. Es una interfaz MAC-PHY, sirviendo como una alternativa a la XGMII (10 Gigabit Media Independent Interface). XAUI es una interface más sencilla, haciendo costos de diseño más bajo para los vendedores de dispositivos.

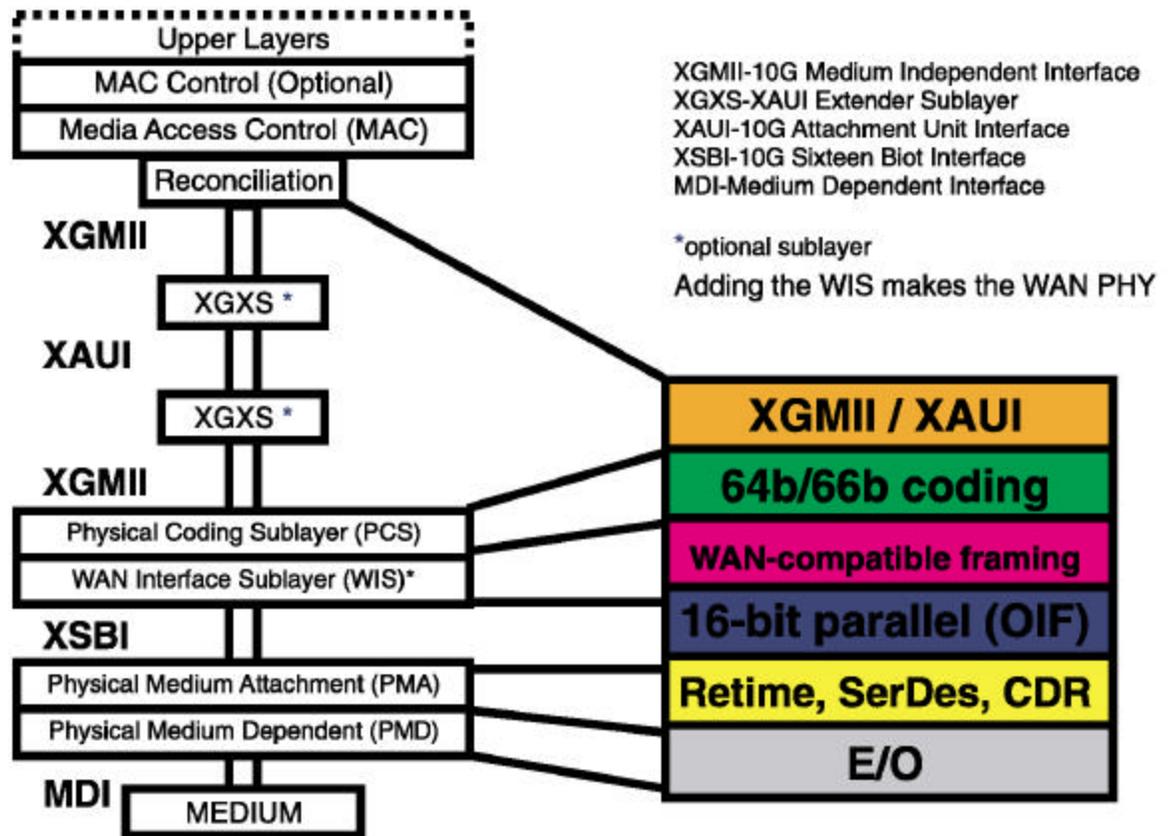


Figura 13. Funcionamiento del XAUI entre interface MAC y PCS.

La XGMII es una interfaz de 74 señales (Caminos de datos de 32 bits para transmisión y recepción) que puede ser usada para unir Ethernet MAC con su capa física PHY. La XAUI puede ser usada en el lugar, o como extensión, de XGMII en aplicaciones chip-a-chip, que son típicas de la mayoría de interconexiones de Ethernet MAC a la capa física PHY¹³.

¹³ En el anexo D se encuentran las tecnologías Básicas de Ethernet

La XAUI es un contador de pin bajo, bus serial auto-reloj que está directamente envuelto desde el la capa física PHY Gigabit Ethernet 1000 BASE-X. La velocidad de la interfaz XAUI es 2.5 veces la de 1000BASE-X. Arreglando 4 líneas seriales, la interfaz XAUI de 4 bits soporta la salida de datos 10 veces, requerido por 10 Gigabit Ethernet. Esta condición se establece para que se pueda obtener la velocidad de 10 Gbps sin desarrollar una nueva tecnología.

Entre las características más importantes que presenta 10GbE es que le permiten ocupar los ambientes LAN, MAN y WAN, el entorno LAN que prefiere velocidades que sean múltiplo exacto del estándar anterior, es decir, que trabajen a 10, 100, 1000 o 10000 Mbit/s y en el entorno MAN/WAN que necesita flujos compatibles SONET/SDH con velocidad de 9.584640 Gbps. Se decide entonces operar en la capa MAC con la velocidad más alta (10 Gbps) que permite trabajar con ambas velocidades, implementándose un mecanismo de demora "pacing" para obtener la velocidad más baja (9.584640 Gbps). Se mantiene la estructura de trama, mínimo y máximo Al igual que en los estándares precedentes se mantiene inalterable la estructura de la trama que garantiza una alta compatibilidad y escalabilidad del estándar. Los tamaños: mínimo y máximo de la trama permanecen igual a los valores definidos originalmente en el estándar Ethernet básico IEEE 802.3. Al no emplearse más el protocolo de acceso al medio CSMA/CD no son necesarias

técnicas para extender la portadora y obtener una trama mínima de colisión superior a la que define el estándar para poder detectar Colisiones¹⁴.

Acceso al medio full-duplex solamente. No CSMA/CD

El protocolo CSMA/CD ("Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection") utilizado en Ethernet. Se basa en que cuando un equipo DTE ("Data Terminal Equipment") conectado a una LAN desea transmitir, se mantiene a la escucha hasta que ningún equipo está transmitiendo (es la parte CS "Carrier Sense" del protocolo a modo Half Duplex); una vez que la red está en silencio, el equipo envía el primer paquete de información¹⁵.

A partir de este momento entra en juego la parte CD ("Collision Detection"), que se encarga de verificar que los paquetes han llegado a su destino sin colisionar con los que pudieran haber sido enviados por otras estaciones por error. En caso de colisión, los DTEs la detectan y suspenden la transmisión; cada DTE esperen un cierto lapso, antes de reiniciar la transmisión.

Los síntomas de una colisión dependen del medio de transmisión utilizado, como 10GE utiliza fibra óptica operando a modo Full Duplex, El modo de transmisión es

¹⁴ <http://www.cujae.edu.cu>. 10 Gigabit Ethernet compite por los escenarios MAN y WAN.

¹⁵ <http://www.zator.com/Hardware/index.htm>. **Mecanismo de colisiones Ethernet.**

altamente eficiente ya que no impone restricciones al tamaño de la trama, no se producen colisiones ni retransmisiones por este motivo, las entidades de la capa MAC pueden transmitir siempre que quieran si su igual en el otro extremo del enlace está listo para recibir y muy importante, las distancias solo están limitadas por las características del medio físico, los dispositivos, la potencia y la modulación empleada, o sea, por la tecnología subyacente en el nivel físico y medio de comunicación, por lo tanto, se elimina por completo la necesidad de usar el protocolo CSMA/CD

Con el estándar anterior 1 GbE se lograba alcanzar una distancia máxima de 5 km sobre fibra óptica Monomodo debido a las limitaciones impuestas por el protocolo CSMA/CD. En la versión de 10GbE la distancia sólo se ve limitada por la tecnología empleada en la capa física y el medio de comunicación, lográndose una distancia máxima de 40 Km. para un enlace punto a punto.

10 INTERFACES FISICAS (PHYS) LAN PHY Y WAN PHY

10.1 CAPA FISICA (PHY)

La LAN PHY y la WAN PHY operaran sobre un PMD común y, además, soportaran las mismas distancias¹⁶. Estas PHY`s son distinguidas solamente por la Subcapa Física de Codificación (PCS). La LAN PHY a 10 Gigabit esta tratando de soportar aplicaciones existentes de Gigabit Ethernet con 10 veces el ancho de banda y la mejor solución costo beneficio. Con el tiempo, se espera que LAN PHY sea usado en ambientes conmutados puramente ópticos extendiéndose hacia todas las distancias de la WAN. De todos modos, para compatibilidad con las redes WAN existentes, 10 Gigabit Ethernet WAN PHY soporta conexiones con la infraestructura SONET/SDH equipos de acceso telefónico a circuitos conmutados existentes y futuros.

La WAN PHY difiere de la LAN PHY por que se ha incluido un simplificador de la trama SONET/SDH en la Subcapa de interface WAN (WIS). Debido a que la tasa de línea de SONET OC-192/SDH STM64, es relativamente simple implementar una MAC que pueda operar con la LAN PHY a 10 Gbps o con la WAN PHY que tiene una tasa de carga útil de aproximadamente 9.58460 Gbps como se puede observar en la figura 14.

¹⁶ <http://www.nortelnetworks.com>. 10 Gigabit Ethernet White Paper

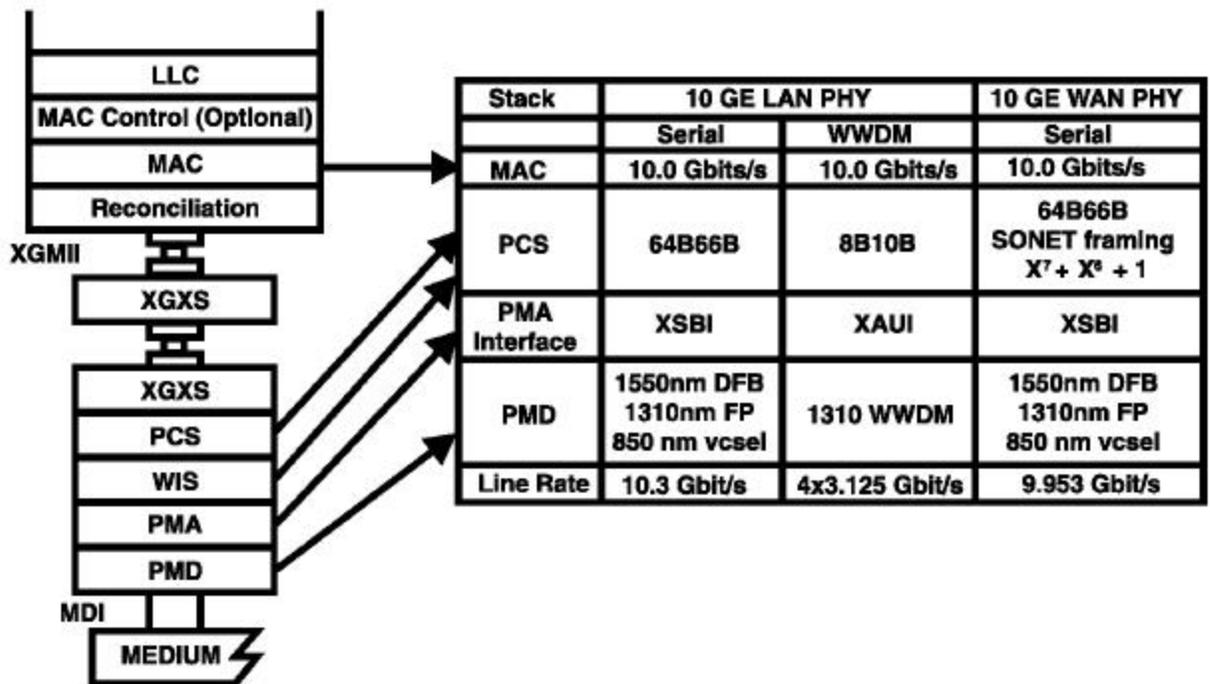


Figura 14. Diagrama conceptual de la capa física PHY y PMDs.

10.1.1 LAN PHY

LAN PHY es compatible con el mercado LAN, Opera a una tasa de datos de 10Gbps, provee conexiones hasta de 40 Kms para campos con redes extendidas. Un reloj MAC a 10 G permite seleccionar entre 1 GbE o 10GbE. Requiere de un sistema simple para su manejo. Permite a Ethernet llevar señales multiplexadas a exactamente 10 o 1 GbE y sus principales características son:

- La PCS provee un paquete para delimitar LAN PHY de WAN PHY.
- WAN PHY usa el mismo paquete para delimitar la carga útil SONET.

- La WAN Interface Sublayer (WIS) agrega tramas, polinomios (X^7+X^6+1) , y encabezado SONET.

TIPOS DE LAN PHY PARA 10 GbE

10 GBASE-R

Utiliza PMD serial

Codificación 64B/66b equivalentes a 10.3 Gbaudios

10 GBASE –X

Utiliza PMD WWDW

Codificación 8B/10B equivalentes a 4x 3.125 Gbaudios

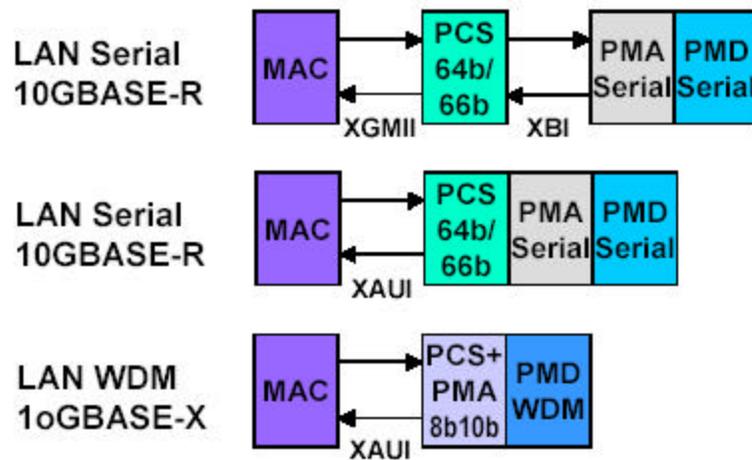


Figura 15. Tipos de LAN PHY para 10GE.

10.1.2 WAN PHY

10.1.2.1 INTERFACE ENTRE LAN PHY Y WAN PHY SOBRE DWDM O CWDM

Durante los años 1990's muchos de los backbone de área extensa fueron actualizados a la tasa de línea OC-192. En esta época nació en este periodo las redes de DWDM (Múltiplexación por división de longitud de onda densa) En esta era de la banda ancha, una nueva clase de equipos nació¹⁷: El traductor o transponder. Este equipo convierte el corto alcance de señales desde las pérdidas de longitud de onda a 1310nm en ópticas de largo alcance. Como se muestra en la figura 16 , desde la entrada del formato SONET en 10GE, El Chipset de un regenerador SONET puede ser usado para DWDM. La diferencia clave entre un regenerador SONET y un transponder es que el regenerador deberá tener entradas ópticas en ambos lados. Una señal de WAN PHY a 10GE puede ser conectada directamente a un transponder. Así como los transponders están basados en regeneradores, la sección de overhead es agregada por defecto. La sección de overhead es usada por el backbone SONET para su manejo. Ahora se puede establecer una conexión fin a fin de Ethernet sin necesidad de la intervención de equipos para mejorar la tasa de datos o los protocolos de investigación y reduciendo el costo de la red.

¹⁷ Anexo E. Se encuentra la estructura de las redes ópticas clásicas.

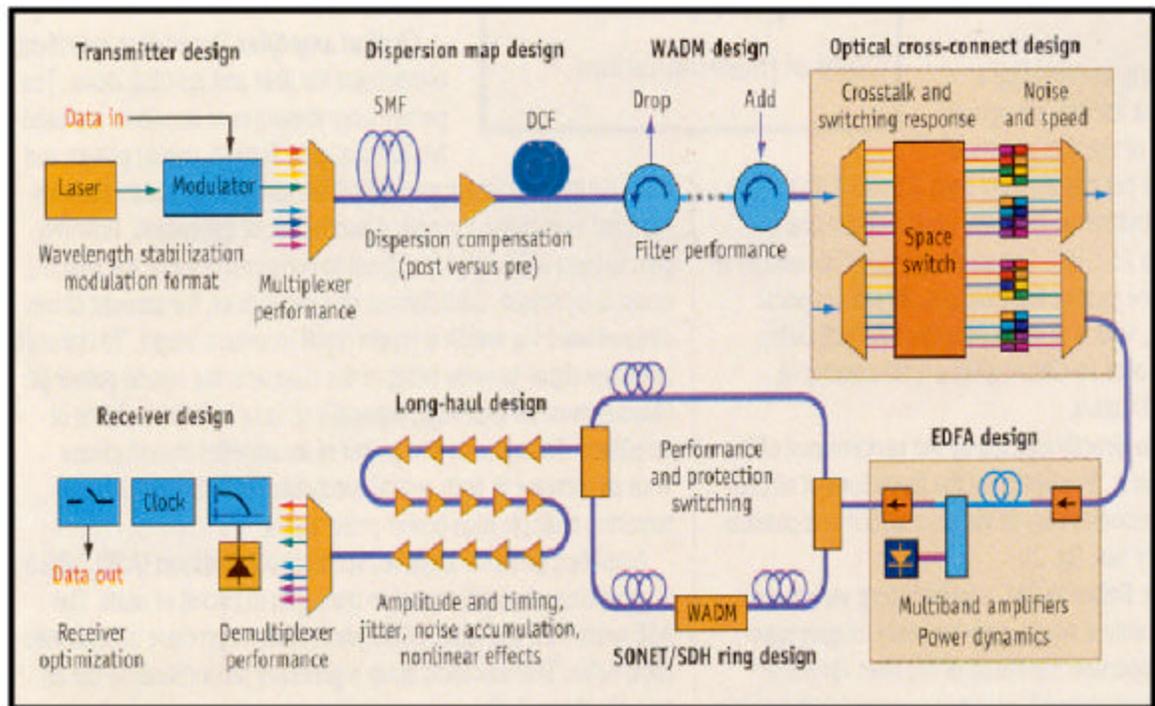


Figura 16 . Arquitectura del transponder.

Migración al CWDM

CWDM es una alternativa de bajo coste que revoluciona el entorno metropolitano y de las redes de empresa. El enorme traspás sufrido por el mercado de telecomunicaciones ha provocado un cambio significativo en el enfoque de los fabricantes de dispositivos y sistemas de comunicaciones ópticas. En la actualidad los esfuerzos de los fabricantes se centran principalmente en el área de las redes metropolitanas, y más concretamente, en la búsqueda de soluciones que permitan abaratar costes.

En comparación con DWDM, los sistemas CWDM proporcionan ahorros del orden de un 35% a 65%. Por ejemplo, en la figura 17 se muestran los costes relativos de ambas tecnologías calculados para un sistema consistente en un anillo protegido de 16 canales, con un Hub y cuatro nodos, cada uno de los cuales manejando 4 longitudes de onda. El ahorro proporcionado por CWDM (hasta un 40% en este caso) se debe a la reducción de costes de los láseres sin necesidad de control de temperatura y al menor precio de los multiplexores y demultiplexores pasivos. Básicamente, la mayor separación entre canales de los sistemas CWDM permite que las longitudes de onda de los láseres DFB puedan sufrir derivas con los cambios de temperatura, evitando de este modo la necesidad de emplear controladores de temperatura. Esto trae consigo un ahorro de espacio, simplifica el empaquetamiento del láser y reduce además el consumo de potencia (un valor medio de 0,5 W para un láser CWDM en comparación con más de 2 W para un transmisor láser DWDM conforme a la rejilla de la UIT).

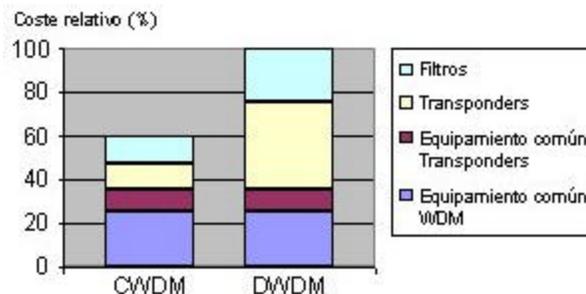


Figura. 17. Costes relativos CWDM vs DWDM.

Existen diversos escenarios, además de las ya comentadas redes metropolitanas, donde CWDM constituye una opción atractiva. El alcance de las transmisiones digitales banda base sobre CWDM es de hasta 75 km, si bien en el caso de retorno analógico se tiene un alcance más reducido debido a los requisitos de relación señal a ruido. La estandarización de esta aplicación está llevándola a cabo en USA la SCTE (Society of Cable Television Engineers). Los sistemas de acceso de bucle de abonado FTTC (fiber to the curb), FTTB (fiber to the building) o FTTH (fiber to the home), caracterizados por alcances de hasta 20 km, constituyen otro campo de aplicación donde CWDM puede ser beneficioso.

Pero además del requisito de acomodar un amplio margen de alcances del sistema, los proveedores de servicio deben ser capaces también de proporcionar múltiples servicios (voz, vídeo y datos) a los usuarios finales a distintas longitudes de onda usando una variedad de protocolos y tasas de bit: SONET/SDH, ATM, OC-3 hasta OC-48, 10 Gigabit Ethernet, etc. En este caso, CWDM se ajusta perfectamente a este paradigma, ya que ofrece ancho de banda escalable de una forma económica. Si en un futuro se necesitara aumentar la capacidad por encima de los 16 canales, entonces podrían colocarse varios canales DWDM en sustitución de uno o dos canales CWDM de la banda C. Esta técnica se conoce como DWDM-sobre-CWDM y permite hacer crecer el sistema de una forma flexible con un coste inicial reducido.

La mayoría de sistemas CWDM que ya se encuentran implantados en la actualidad transportan tráfico de almacenamiento (SAN) de las redes de grandes empresas. Esta aplicación se encuentra en auge últimamente y los sistemas CWDM son un candidato ideal debido a su bajo coste.

Los fabricantes de routers y conmutadores Ethernet están añadiendo capacidades CWDM en sus equipos por medio de GBICs (Gigabit Interface Converters). Por ejemplo, Cisco Systems ha incorporado GBICs en siete de sus productos. De hecho, más de veinte vendedores de sistemas están ofreciendo soluciones CWDM en sus catálogos de productos, un ejemplo de la infraestructura se muestra en la figura 18. Según los analistas, el mercado mundial de sistemas CWDM durante el año pasado se situó en torno a los 100 millones de euros y se espera que en el futuro esta tecnología se convierta en un importante nicho de mercado. Para finalizar, en la tabla 5 se resumen a modo comparativo las características de las diferentes tecnologías WDM existentes¹⁸.

Tabla 5. Comparativa entre tecnologías WDM según el tipo de aplicación.

Aplicación / parámetro	CWDM acceso / MAN	DWDM MAN / WAN	DWDM largo alcance
Canales por fibra	4-16	32-80	80-160
Espectro utilizado	O, E, S, C, L	C, L	C, L, S
Espaciado entre canales	20 nm (2500 GHz)	0,8 nm (100 GHz)	0,4 nm (50 GHz)

¹⁸ http://ttt.upv.es/~framos/Fibra/material_fib.html.

Capacidad por canal	2,5 Gbit/s	10 Gbit/s	10-40 Gbit/s
Capacidad de la fibra	20-40 Gbit/s	100-1000 Gbit/s	>1 Tbit/s
Tipo de láser	Uncooled DFB	Cooled DFB	Cooled DFB
Distancia	Hasta 80 km	Cientos de km	Miles de km
Coste	Bajo	Medio	Alto
Amplificación óptica	Ninguna	EDFA	EDFA, Raman

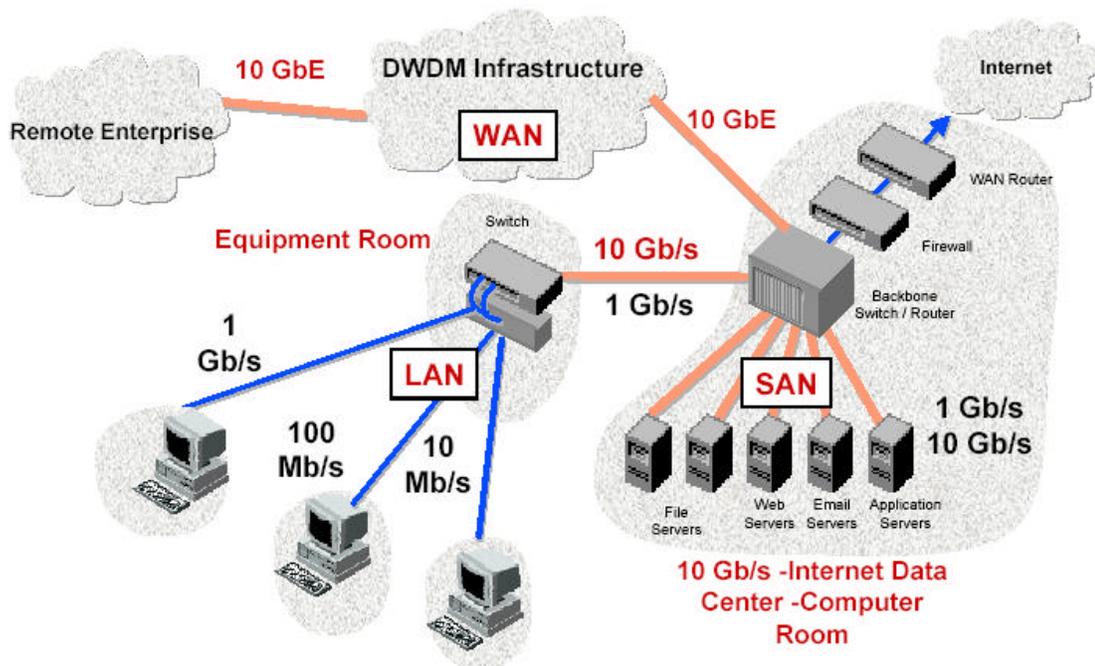


Figura 19. Infraestructura de red DWDM y CWDM

Una misma MAC debe soportar tanto LAN PHY como WAN PHY. Como se puede observar en la figura 19 se necesita un puente o Swctche para la interface LAN

PHY y WAN PHY, luego por medio de un transponder para adaptar la trama a tasa de OC-192, STM 4-64c sobre las redes de transporte DWDM o CWDM¹⁹.

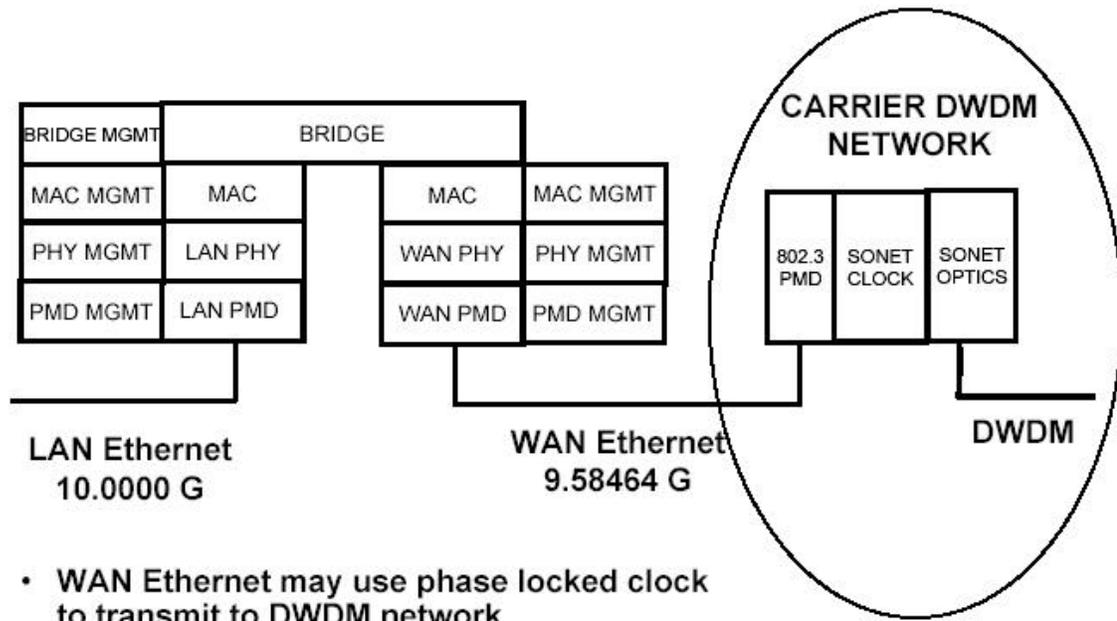


Figura 19. Interfase entre LAN PHY y WAN PHY a DWDM.

10.1.2.2 ETHERNET SOBRE SONET/SDH

Se emplean las variantes de interfaz físicas 10GBASE-SW, 10GBASE-LW y 10GBASE-EW que producen flujos compatibles SONET OC-192c y SDH STM-64c en cuanto a estructura de trama y velocidad. Estas interface permiten alcanzar distancias de 300 m, 10 km y 40 Km respectivamente hasta su conexión a un puerto SONET/SDH.

¹⁹ http://www.ieee802.org/3/10G_study/public/

Al tiempo que 10 Gigabit Ethernet se modifica para cubrir diversas funcionalidades de SONET con el fin de implantar el esquema IP sobre WDM, el estándar SONET también está sufriendo importantes cambios para adaptarlo al tráfico de datos. el principal problema del estándar SONET para la transmisión de señales de datos es su rígida estructura de tramas de tasa fija que son mucho más adecuadas para la transmisión de tráfico de voz que de ráfagas de datos. así pues, algunas limitaciones que presenta son:

- Las tasas de línea son altamente discretas: las únicas disponibles son STS-3c (155 MBit/s), STS-12c (622 MBit/s) y STS-48c (2,4 GBit/s), por lo que para tasas intermedias hay que escoger la tasa superior que puede ser excesivamente grande. adicionalmente, estas tasas no encajan bien con las que se generan habitualmente en las redes de área local Ethernet. por ello, para conectar dos Ethernet LAN a 100 MBit/s se debe tomar STS-3c con el consiguiente desperdicio de un tercio del ancho de banda.
- GE emplea una codificación 8b/10b en la capa física, por lo que para interconectar dos Ethernet LAN's remotas se requieren 2,5 GBit/s. luego por tan sólo 100 MBit/s resulta necesario tomar un canal STS-48c completo para la transmisión de cada flujo GE.

- No se permite la división del tráfico y la transmisión multicamino, por lo que para enviar una señal de 100 MBit/s no se pueden emplear dos rutas de 50 MBit/s o STS-1.
- Dado que el tipo de tráfico que transporta cada trama SONET se indica únicamente con un Bit de la cabecera, no resulta fácil mezclar distintos tipos de tramas en el interior de una trama SONET.

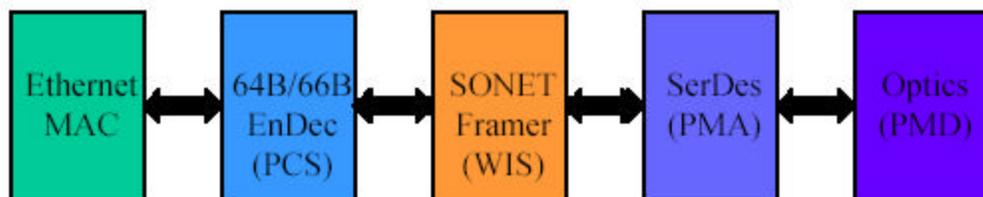
Para resolver en parte todas estas limitaciones y hacerla compatible con el estándar de 10 GE, la nueva generación de SONET plantea las siguientes soluciones:

- Concatenación virtual: permite agrupar cualquier número de señales STS-1s ó 1s como un único flujo SONET. por ejemplo, dos señales STS-1s pueden combinarse para formar una señal STS-1-2v de 102 MBit/s que sí que resulta adecuada para transmitir las tramas Ethernet de 100 MBit/s. al mismo tiempo, también permite que las componentes de un mismo flujo tomen distintas rutas. de este modo, se pueden ofrecer servicios OC-192 mediante cuatro rutas OC-48 paralelas.

- Esquema de ajuste de la capacidad de enlace: el número de señales STS-1s en el flujo SONET concatenado virtualmente puede variar de forma dinámica.
- Protocolo de entramado genérico (generic framing protocol, GFP): permite que cada paquete de la trama SONET tenga su propio tipo de protocolo, por lo que resulta posible transmitir frame relay, fibre channel y Ethernet sobre la misma trama SONET. además, GFP también dispone de un modo transparente que se ha diseñado para comprimir los flujos codificados 8b/10b por un factor 80/65. de este modo, una señal GE requiere sólo 1,02 GBit/s para la conectividad de su capa física y pueden transmitirse dos flujos GE sobre un enlace STS-48c.

WAN PHY es una opción de la capa física que incluye una simple, y poco costosa trama SONET/SDH y opera a una tasa de datos compatible con la carga útil de STS-192c/VC-4-64c. No es una interface SONET/SDH. Es una interface Ethernet asíncrona. La MAC de 10 GbE y la WAN PHY operan juntas para adaptarse a la carga útil de la tasa de datos de SONET OC-192, sus principales características son:

- Habilita a 10 Gb Ethernet para ser transportados en la tasa de datos OC-192 sobre los equipos de transporte SONET/SDH.
- Opera a una tasa de datos compatible con la carga útil de la tasa de OC-192c/SDH VC-4-64c.
- Define un mecanismo para adaptar la tasa de datos de la MAC/PLS con la tasa de datos de la WAN PHY.
- LAN PHY & WAN PHY soportan el mismo conjunto de PMD's seriales (850nm, 1310 nm, 1550 nm).
- WAN PHY soporta encabezados SONET/SDH.
- No existe ninguna relación entre las distancias de enlace LAN o WAN PHY.



- La MAC , mantiene el formato y tamaño de la trama Ethernet 802.3
- Permite solamente operación full duplex.

- LAN PHY usa un mecanismo de codificación simple para transmitir datos sobre Fibra Oscura.

En 10 GbE WAN PHY, El entramado es hecho en dos pasos:

- Encapsulamiento usando Length, Header Check Sequence (HCS). (Figura 20)
- Unión del encapsulado con tramas SONET (Figura 21)
- Trama OC-192 de SONET(Figura 22)

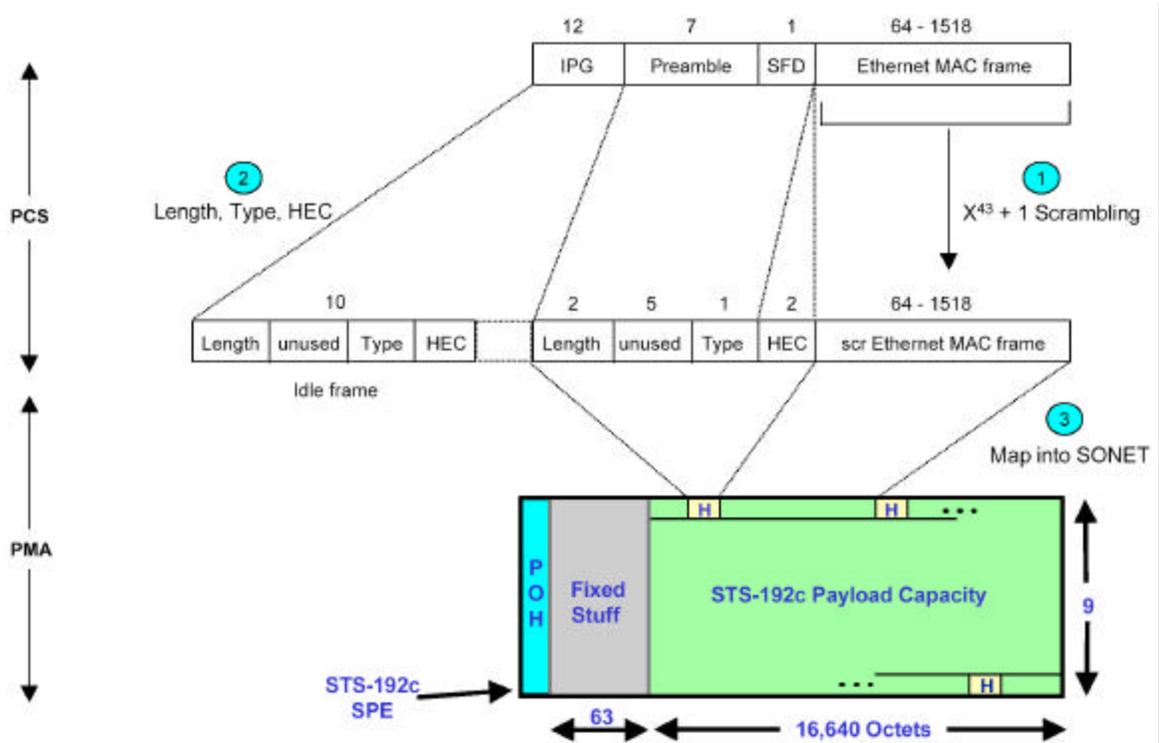


Figura 20. Encapsulamiento usando Length, Header Check Sequence (HCS).

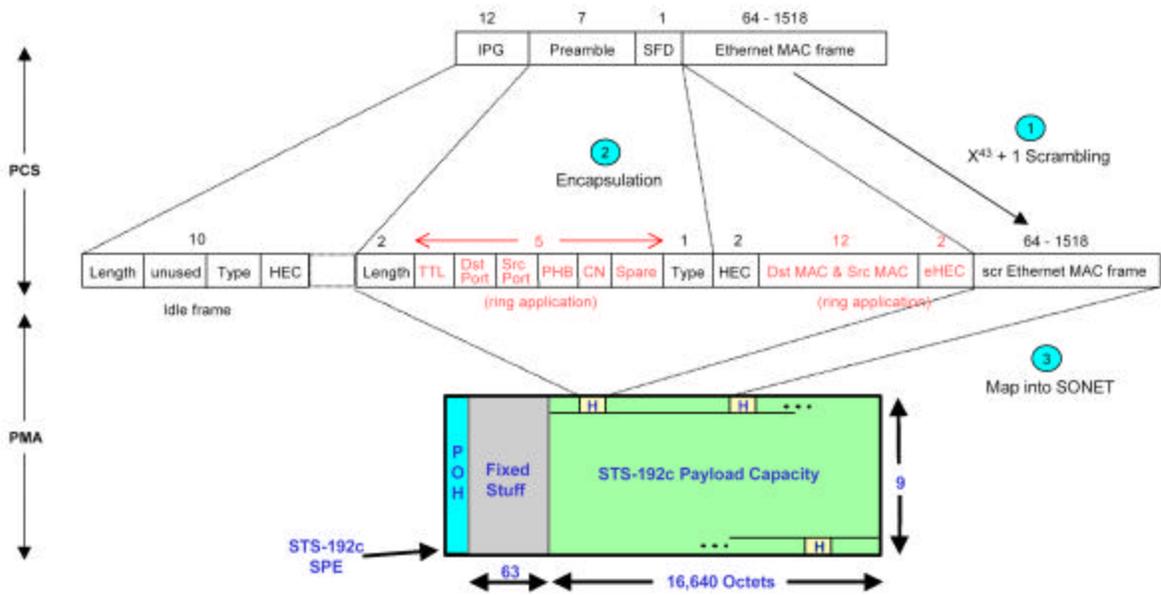


Figura 21. Unión del encapsulado con tramas SONET.

Se analiza el rendimiento de cada paso individual, y entonces, se combinan los resultados para obtener los lineamientos generales del rendimiento a 10 GE WAN PHY.

En orden de posibilitar el bajar los costos de implementación de WAN PHY, el Task Force de 10 GB Ethernet rechazó las especificaciones ópticas de SONET/SDH como son el Jitter, el reloj, etc y básicamente usó la PMD común de Ethernet para proveer acceso a la infraestructura SONET, agregando paquetes basados en la tecnología de los Switches IP/Ethernet y la multiplexación por

división de tiempo TDM²⁰. De esta forma fue posible que Ethernet usara SONET/SDH para la capa 1 de transporte a través de los Backbone de transporte WAN.

A continuación se muestra la estructura del entramado completo de la trama Ethernet de 10 Gigabit sobre la carga útil de la tasa de OC-192c/SDH VC-4-64c.

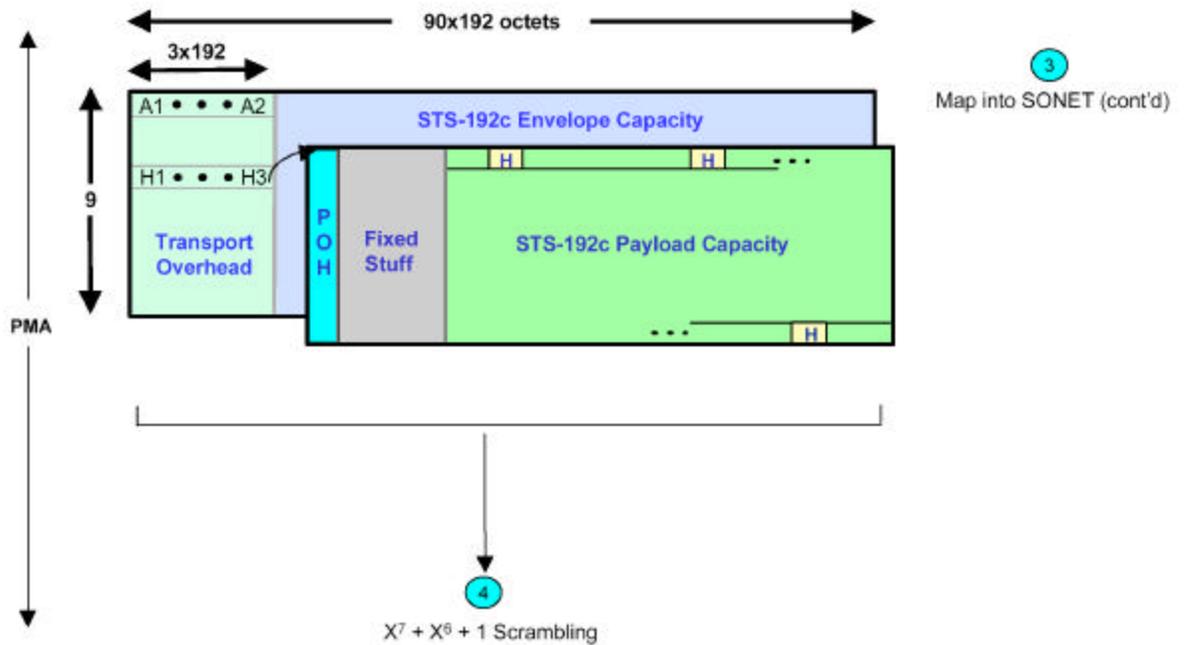


Figura 22. Trama OC-192 de SONET.

También es importante notar que Ethernet es reconocido como un protocolo asíncrono. Como en cada red de Ethernet, La sincronización y temporización de 10 Gigabit deberá ser mantenida en cada carácter, pero el dispositivo receptor ya

²⁰ En el Anexo F se encuentra la arquitectura.

sea un Hub, Switch o Router deberá re-sincronizar y re-temporizar los datos. En contraste, con los protocolos sincronicos, incluyendo SONET/SDH, estos requieren que cada dispositivo comparta el mismo sistema de reloj para evitar perdidas entre el tiempo de transmisión y recepción de equipos y un subsecuente incremento en los errores de la red cuando el tiempo empleado excede los límites.

WAN PHY adjunta datos de equipos como Switches o routers en SONET/SDH o una red óptica. Esto permite una simple extensión de los enlaces de Ethernet sobre estas redes. Sin embargo, dos routers se comportaran como si estuvieran directamente conectados el uno con el otro sobre un simple enlace Ethernet.

Para simplificar el manejo de los enlaces extendidos de 10 Gigabit Ethernet, WAN PHY proporciona la mayor información para que SONET/SDH, permita al administrador de la red ver los enlaces de Ethernet WAN PHY a sabiendas que son enlaces SONET/SDH. Entonces, es posible hacer monitoreo de toda la red, incluyendo los enlaces WAN de 10 Gigabit Ethernet, desde la estación de manejo de SONET/SDH. La información de manejo a SONET/SDH es proporcionada por la subcapa de interface WAN (WIS), la cual incluye además una trama de acoplamiento con SONET/SDH. LA WIS opera entre 64B/66B PCS y PMD seriales comunes con LAN PHY.

11 ENEFICIOS DE 10GE

11.1 BENEFICIOS PARA LANS

- Agregación de múltiples segmentos 1GbE dentro de las troncales corporativas y de campus a 10GbE.
- Enlaces Switch-to-Switch para conexiones de alta velocidad entre Switches dentro del centro de datos.
- Interconexiones de alta velocidad entre agrupaciones de servidores y Switches para aplicaciones cliente-servidor.
- Implementación rentable sobre la nueva fibra multimodo optimizada láser OM3 utilizando tecnología VCSEL de bajo coste.
- Soporte total de la industria: fabricantes de chips, componentes ópticos, sistemas de cableado ? 100 empresas.

11.2 BENEFICIOS PARA SANS

- Infraestructura de alta velocidad para soporte de redes de almacenamiento y backup.
- Acceso más rápido a los servidores de almacenamiento, unidades de cinta y ordenadores de cálculo.
- Posibilidad web de servicios de hosting con acceso rápido a servidores de video.
- Mejor rendimiento del servidor, mayor optimización y una elevada disponibilidad gracias a la incorporación de aplicaciones distribuidas, de balanceo de cargas y tolerancia a fallos de alta velocidad.

11.3 BENEFICIOS PARA WAN

- Respaldo remoto de la información.
- Negocio continuo y recuperación de desastre.
- Almacenamiento en demanda.
- Flujo de media “Streaming media”
- Los ISP y NSP pueden crear enlaces de muy alta velocidad y bajo costo entre conmutadores o enrutadores que pertenecen a los operadores v Con

la interfaz física para WAN (WAN PHY) es posible también construir una red de área amplia que conecte redes LAN dispersas geográficamente sobre redes SONET/SDH/TDM existentes.

12. DISPOSITIVOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE 10 GIGABIT ETHERNET

En el pasado, los radios de transmisión servidor-conmutador estaban limitados debido a los cuellos de botella de la arquitectura del sistema y los límites de la velocidad, pero los nuevos equipos de conmutadores ahora alcanzan los 10 - Gigabits en segundos niveles.

Los conmutadores inteligente conservan escalabilidad y gran variedad de puertos que van desde los 10Mbit/s hasta los 10Gbit/s, son capaces de trabajar en las capas 2, 3 y 4. Poseen Interfaces de fibra óptica como 10GBASE-LR-ER-SR compatibles con ambientes LAN PHY y WAN PHY. Entre las empresas más destacadas en esta área encontramos a Cisco System con variedad de serie equipos específicos para LAN PHY y WAN PHY como: Cisco Catalyst 6500 Series Switch, Cisco SN 5420 Storage Router, Cisco ONS 15540 Metro Optical DWDM Platform, entre otras empresas que hacen parte de la alianza de 10 Gigabit Ethernet, brindando soluciones a nivel WAN compatibles con gran cantidad de protocolos con el fin de garantizar una excelente calidad de servicio.

Los servidores también están evolucionando rápidamente para incluir CPUs múltiples, buses de alta velocidad y diseños de arquitectura de conmutadores que mejoran significativamente la gestión y el envío de datos.

Los adaptadores ópticos para servidores 10-Gigabit Ethernet ayudan a acelerar la implantación de 10-Gigabit Ethernet en los centros de datos reduciendo la congestión y maximizando el rendimiento de los servidores y de las soluciones de almacenamiento.

Medios de transmisión y conectores de fibra óptica, usando tecnología de VSCEL, OM3, las cuales son mucho mas fáciles de fabricar, desarrollados para grandes distancia y alto rendimiento.

Para los usuarios finales, significa más eficacia, menor complejidad en la topología, menor costo y mayor redimiendo de las redes.

13. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS Y CONVERGENCIA DE REDES

La tendencia actual de integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red IP ha puesto de manifiesto las deficiencias que actualmente tienen las soluciones clásicas de este tipo en temas como la capacidad, la calidad de

servicio, la seguridad, la fiabilidad y la escalabilidad. Para solucionar estos problemas han aparecido en el mercado multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera racional pueden permitir la realización de modelos de red que proporcionen todo tipo de servicios multimedia tanto al cliente corporativo como al cliente residencial (Figura 23). Estos modelos son llamados, en el mundo de las telecomunicaciones, modelos de Red de Nueva Generación (RNG)²¹.

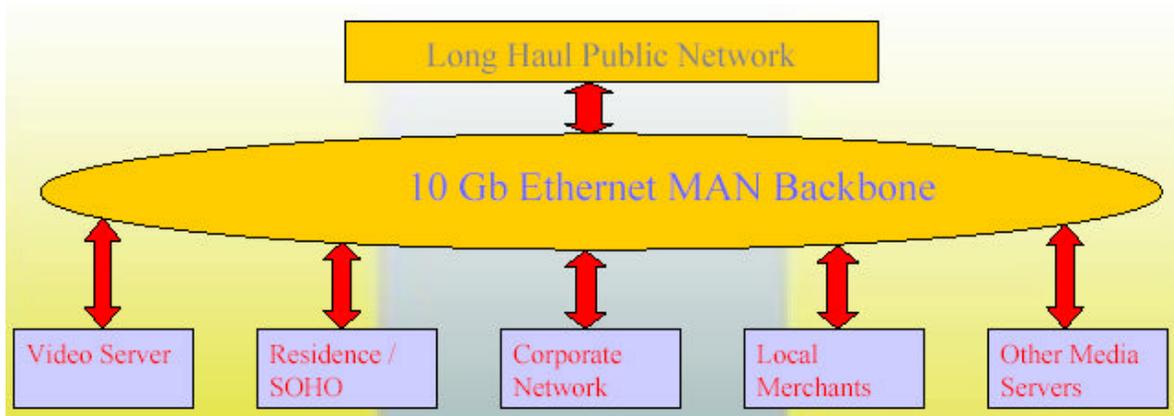


Figura 23. Integración de servicios.

Es importante destacar que las redes Ethernet no implementan de forma inherentes un conjunto de funcionalidades que le permitan lograr beneficios como QoS, ingeniería de tráfico, tolerancia a fallos y otros que son fundamentales para competir en escenarios MAN y WAN, por tanto es necesario complementar esta

²¹ *Redes IP de nueva generación. Jesús Peña Melián, Rafael Alejandro López da Silva, Pedro Aranda Gutiérrez.*

tecnología con otras como MPLS que representa un conjunto de tecnologías basado en estándares, la cual combina enrutamiento capa 3 con conmutación de capa 2, para el envío de paquetes, utilizando etiquetas cortas de longitud fija. Esto pretende resolver problemas presentados en las redes actuales, tales como:

- Velocidad y retardo, escalabilidad
- Manejo de la calidad de servicio
- QoS, e ingeniería de tráfico.

Al ser solucionadas estas deficiencias, hacen que el estándar de 10 Gigabit Ethernet sea una tecnología convergente.

La figura 24, muestra la implementación de protocolo MPLS sobre las principales redes de transporte.

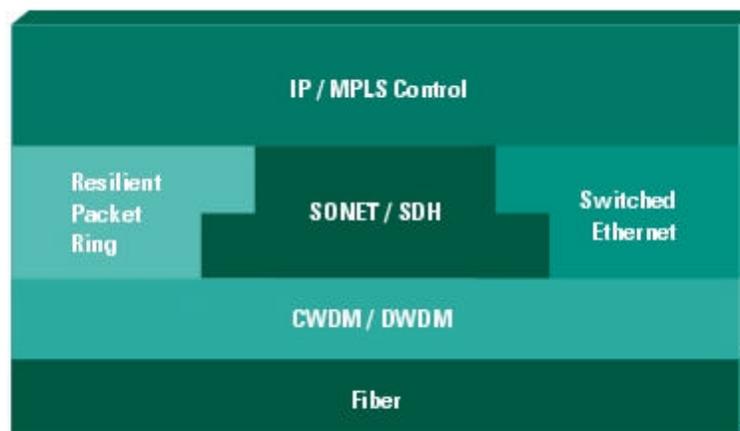


Figura 24. implementación del protocolo MPLS para 10GE.

El futuro del protocolo MPLS es prometedor para la tecnología de 10 Gigabit Ethernet ya que se espera que este protocolo IP viaje directamente sobre las capas del anillo DWDM o CWDM sobre todas las tecnologías de transporte de fibra óptica como se muestra e la figura 25.

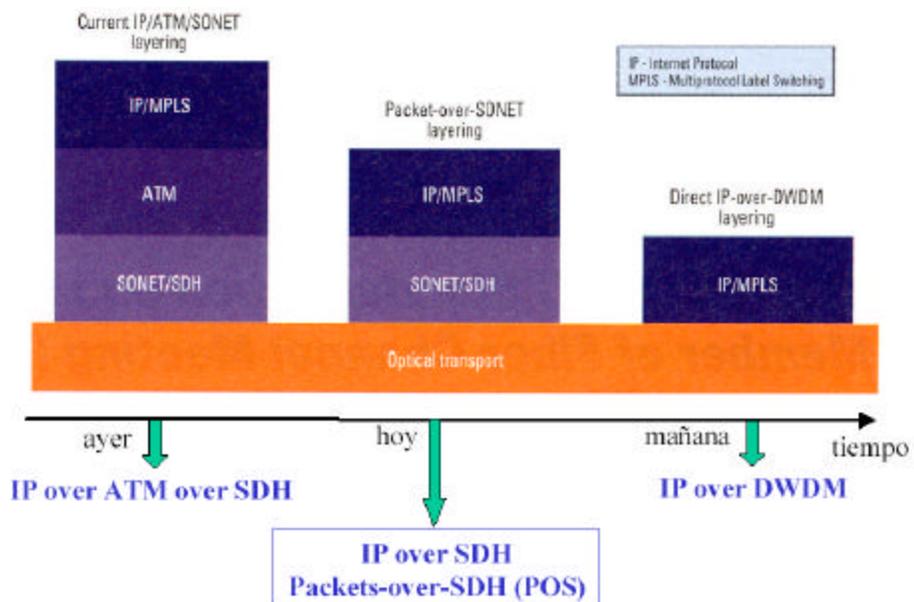


Figura 25. Futuro del protocolo MPLS para 10GE.

CONCLUSIONES

Es un hecho que Ethernet es una tecnología probada y extendida masivamente en prácticamente la totalidad de las redes LAN. Si el tráfico de datos tiene su origen y destino en redes Ethernet resulta lógico pensar que llevar esta tecnología al resto de los escenarios y crear una plataforma que integre sin discontinuidades de los servicios de transporte de datos fin a fin, trayendo beneficios tanto para soluciones de ultimo kilometro como proveedores que van más allá de la simplicidad y costo reducido de la tecnología. Históricamente Ethernet ha estado evolucionando en busca de abarcar los diferentes mercados, pero desde la salida del nuevo estándar IEEE 802.3ae ha conseguido cambios significativos, que le dan posibilidades reales para convertirse en un verdadero medio de transporte, con su acostumbrada eficiencia en la transmisión de los datos.

10 Gigabit Ethernet es compatible hacia atrás con los anteriores estándares de Ethernet. Por supuesto, el desarrollo tecnológico no termina aquí; los nuevos trabajos apuntan a la posibilidad de alcanzar 40, 100 o 160 Gbps.

TERMINOS Y DEFINICIONES

VCSEL: Vertical cavity surface emitting laser. Caso particular de diodo láser. La cavidad láser, que en el diodo convencional está en la capa de unión p-n, consiste aquí en espejos resonantes situados encima y debajo de la capa de unión, de forma que la luz oscila en la cavidad vertical perpendicular a la unión. La tecnología en ellos basada ayudará a robustecer el ancho de banda de la fibra sobre la LAN a menor coste que las alternativas actuales. Dispositivos emisores de luz que emiten radiación desde la superficie del silicio, en lugar de desde las capas activas como ocurre en los diodos fotoemisores convencionales. Como la luz que emite el VCSEL viaja en una sola dirección (una característica propia del láser de semiconductor o diodo láser) , el nivel de acoplamiento a la fibra mejora considerablemente con respecto a los tradicionales LED (Light Emitting Diodes) . Los VCSEL son más fáciles de fabricar y de calibrar que sus homólogos diodos láser, tienen un ancho de banda de modulación muy elevado y una mejor capacidad para acoplarse a la fibra que los LED: el impacto de los VCSEL se debe a la fiabilidad, simplicidad y bajo coste que introducen, unido a la elevada potencia óptica de salida y elevada velocidad de los láseres .

Mbps: 1.024 Kilobytes por segundo. Unidad para medir el ancho de banda por la cantidad de bits que puede ser transferida en un segundo sobre una red específica.

Gbps: Unidad de velocidad de transmisión, igual a mil millones de bits por segundo.

SONET: Red de transporte para señales tributarias multiplexadas síncronamente. Es el equivalente norteamericano a SDH en Europa. El estándar define un conjunto de cuotas de transmisión, señales e interfaces para la transmisión por fibra óptica. Sonet es también un estándar propuesto por Bellcore (Bell Communications Research, la organización de estándares de las compañías telefónicas norteamericanas) para un protocolo de transmisión óptica síncrona. La señal eléctrica básica corre a 51,84 Mbps, aproximadamente, 51 veces el ancho de banda de una línea T1 estándar norteamericana (1,544 Mbps), sobre la que crece en múltiplos.

OC-12—Optical Carrier Level-12. SONET Canal de 622.08 millones de bits por segundo.

OC-48—Optical Carrier Level-48. SONET canal de 2.488 mil millones de bits por segundo (Gbps).

OC-192c—Optical Carrier Level-192. SONET canal de 9.95328 mil millones de bits por segundo (Gbps).

OSI— sistema de interconexiones abierto.

GMII: Gigabit Interface independiente del medio.

LLC: Control de enlace lógico

MAC: Control de acceso al medio.

MDI: Interface dependiente del medio.

MII: Interface Independiente del Medio.

MMF: Fibra Multimodo.

MPLS: *Conmutación por Etiquetas Multiprotocolo*

NEXT: Near – End Crosstalk NEXT. Cuando la señal interferente viaja en dirección opuesta a la de la señal deseada. Dos señales que viajan en direcciones opuestas sobre pares cercanos pueden causarse NEXT entre ellas.

PCS: Código de Subcapa física.

PHY: Capa física.

PMA: Physical Medium Attachment.

PCS: Subcapa Física de Codificación

XAUI: Interfaz de unidad Adjunta de 10 Gigabit

PMD: Dependencia Física del Medio

PSELFEXT: Power Sum SELFEXT.

PSNEX: Power Sum Next.

SMF: Fibra Monomodo.

CSMA/CD: Carrier Sense Acceso Múltiple y Detección de Colisiones.

STP: Par Trenzado Blindado.

UTP: Par Trenzado no Blindado.

WDM: Wave Division Multiplexing. Tecnología óptica basada en la multiplexación de diferentes longitudes de onda generadas por diferentes emisores de luz dentro de una misma fibra óptica. De esta forma, se logra aumentar la capacidad de transmisión o ancho de banda de la fibra más allá de los límites que impone el propio material que la conforma. Cuando el número de longitudes de onda que se multiplexan (también conocidas como canales) es superior a ocho, esta tecnología se denomina DWDM.

WWDM: Multiplexación por División de Longitud del Ancho de Banda.

CWDM: Multiplexación por División de Longitud de Onda Gruesa.

DWDM: Dense wavelength division multiplexing. Tecnología WDM en la que se multiplexan más de ocho longitudes de onda. En DWDM, además de los bloques de emisor, transmisión y recepción (que conforman un sistema de transmisión convencional basado en fibra óptica) hay un cuarto bloque denominado EDFA. Se trata de una tecnología basada en la multiplexación de diferentes longitudes de onda ópticas generadas por diferentes emisores dentro de una misma fibra óptica.

IEC/ISO 11801: Estándar internacional y Europeo para la construcción de cables.

TIA 568: Estándar para la construcción de cables de EEUU.

SNMP: Protocolo para el manejo para redes simples

OSI: Sistema abierto de interconexión

QoS: Calidad de servicio

CoS: Calse de servicio

ISP: Proveedor de Acceso a Internet

NSP: Proveedores de servicios de red

LTE: Equipo de terminación de línea

TCP/IP: Protocolo de control de Transferencia usando el protocolo de Internet IP.

FTTC: fiber to the curb

FTTB: fiber to the building

FTTH: fiber to the home

GBICs: Gigabit Interface Converters

BIBLIOGRAFIA

- Sitio Web Oficial del Grupo de trabajo de la IEEE 802.3ae:
- <http://www.ieee802.org/3/ae/>

- Sitio Web de la Alianza 10 Gigabit Ethernet:
- <http://www.10gea.org/>

- Paginas blancas des Grupo de Alianza de 10GE
- <http://www.10gea.org/Tech-whitepaper.htm>

- Paginas blancas de Nortel Company
- <http://www.nortelnetworks.com>

- Paginas blancas de Intel Company
- [Gigabit Ethernet Technology and Solutions Intel® White Paper](#)

- Intel, "10 Gigabit Ethernet Technology Overview", 2003,
- [http://www.intel.com/english/network/connectivity/resources/%20doc_library/white_papers/10GbE_technology.](http://www.intel.com/english/network/connectivity/resources/%20doc_library/white_papers/10GbE_technology)

- Cableado estructurado de Siemon Company
- www.siemon.com

Anexo C.

EVOLUCIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN PARA ETHERNET

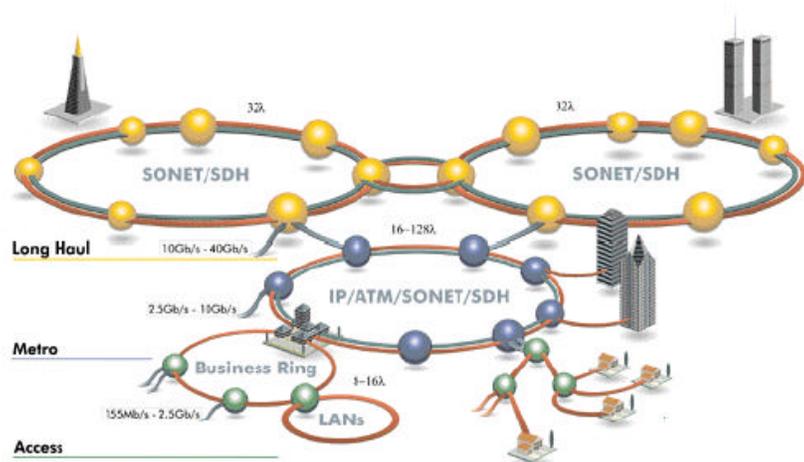
Standard	Version	Media Type	FDX	Encoding			Distance
				Data	Symbol	MFS	
10GEthernet IEEE 802.3ae (clause 48-53) XGMII	10GBASE-ER	Two 8-10 μ m SMF, 1550nm	Yes	64B/66B	NRZ	N/A	2/40Km
	10GBASE-EW	Two 8-10 μ m SMF, 1550nm	Yes	64B/66B	NRZ	N/A	2/40Km
	10GBASE-LX4	Two 8-10 μ m SMF, 1310nm, 4xDWM	Yes	8B/10B	NRZ	N/A	10Km
	10GBASE-LR	Two 8-10 μ m SMF, 1310nm	Yes	64B/66B	NRZ	N/A	10Km
	10GBASE-LW	Two 8-10 μ m SMF, 1310nm	Yes	64B/66B	NRZ	N/A	10Km
	10GBASE-SR	Two 50/125 μ m MMF, 850nm	Yes	64B/66B	NRZ	N/A	2/550m
	10GBASE-SW	Two 62.5/125 μ m MMF, 850nm	Yes	64B/66B	NRZ	N/A	2/33m
	10GBASE-LX4	Two 50/125 μ m MMF, 4xDWM	Yes	8B/10B	NRZ	N/A	300m
	10GBASE-LX4	Two 62.5/125 μ m MMF, 4xDWM	Yes	8B/10B	NRZ	N/A	300m
Gigabit Ethernet IEEE 802.3z/lab (clauses 34-42) GMII	1000BASE-ZX	Two 8-10 μ m SMF, 1310nm	Yes	8B/10B	NRZ	520	80Km
	1000BASE-LX	Two 8-10 μ m SMF, 1310nm	Yes	8B/10B	NRZ	520	5Km
	1000BASE-LX	Two 50/125 μ m MMF, 1310nm	Yes	8B/10B	NRZ	520	550/2000m
	1000BASE-LX	Two 62.5/125 μ m MMF, 1310nm	Yes	8B/10B	NRZ	520	550/1000m
	1000BASE-SX	Two 50/125 μ m MMF, 850nm	Yes	8B/10B	NRZ	520	500/750m
	1000BASE-SX	Two 62.5/125 μ m MMF, 850nm	Yes	8B/10B	NRZ	520	220/400m
	1000BASE-CX	Two pairs 150 Ohm STP (twinax)	Yes	8B/10B	NRZ	520	25m
1000BASE-T	Four pair UTP 5 (or better)	Yes		PAM5	416	100m	
Fast Ethernet IEEE 802.3u (clauses 21-29) MII	100BASE-Fx	Two optical 50/125 μ m SMF	Yes	4B/5B	NRZ	64	40Km
	100BASE-Fx	Two optical 62.5/125 μ m MMF	Yes	4B/5B	NRZ	64	2Km
	100BASE-Tx	Two pairs of STP cables	Yes	4B/5B	MLT3	64	200m
	100BASE-Tx	Two pairs of UTP 5 (or better)	Yes	4B/5B	MLT3	64	100m
	100BASE-T4	Four pairs of UTP 3 (or better)	No	8B/6T	MLT3	64	100m
	100BASE-T2	Two pairs of UTP 3 (or better)	Yes		PAM5	64	100m
Ethernet IEEE 802.3a-t (clauses 1-20) AUI	10BASE-FB	Two optical 62.5/125 μ m MMF sync hub	No		NRZI	64	2000m
	10BASE-FP	Two optical 62.5/125 μ m MMF pass hub	No		NRZI	64	1000m
	10BASE-FL	Two optical 62.5/125 μ m MMF asyn hub	Yes		NRZI	64	2000m
	10BASE-T	Two pairs of UTP 3 (or better)	Yes		Manchester	64	100m
	10Broad36	One 75 Ohm coaxial (CATV)	No		Manchester	64	3600m
	10Base2	One 50 Ohm thin coaxial cable	No		Manchester	64	185m
10Base5	One 50 Ohm thick coaxial cable	No		Manchester	64	500m	

Version de Ethernet IEEE. Capacidad Full Duplex (FDX), en esta configuración el protocolo CSMA/CD no es necesario y la restricción de máximos. La distancias no aplican y dependen de capacidades medias.

Anexo E.

REDES OPTICAS CLÁSICAS

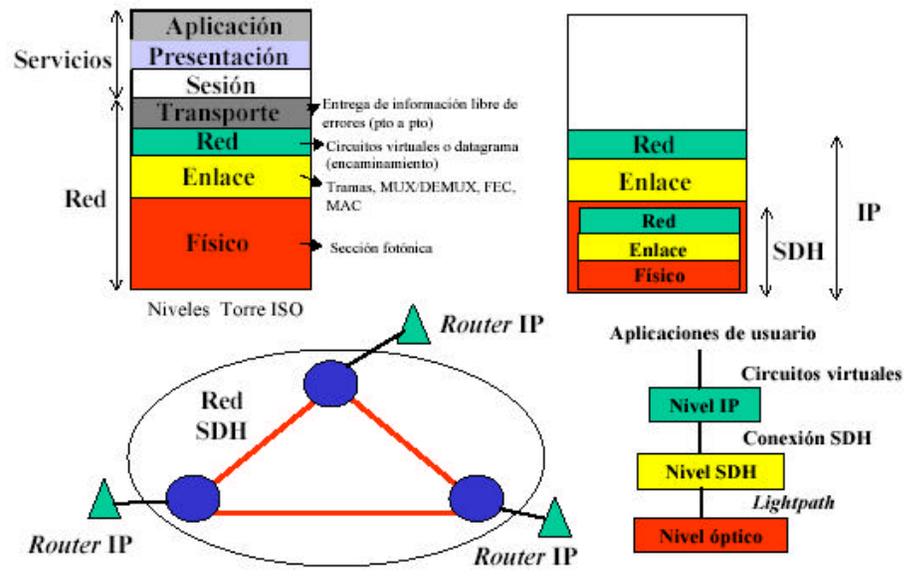
Redes ópticas clásicas



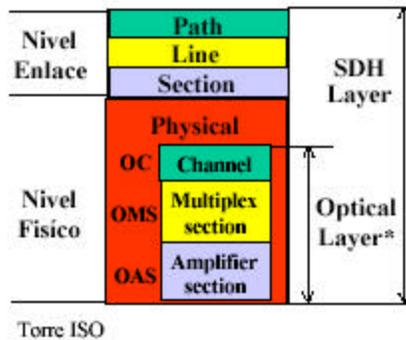
Cualquier arquitectura de una red óptica clásica se puede dividir en un conjunto de:
ENLACES PUNTO A PUNTO

Red óptica DWDM SDH/SONET

→ Para cursar tráfico IP



Red óptica DWDM SDH/SONET

 → estándares


* Nivel definido por la ITU (especialmente adecuado para describir redes DWDM)



Proporciona un *lightpath* a niveles superiores, es decir una conexión entre dos puntos de la red

- Jerarquías SDH

SONET signal	SDH signal	Bit Rate (Mbps)	Optical Channel
STS-3	STM-1	155.52	OC-3
STS-12	STM-4	622.08	OC-12
STS-48	STM-16	2488.32	OC-48
STS-192	STM-64	9953.28	OC-192

- Equipamiento SDH

TM Multiplexor terminal o LTE

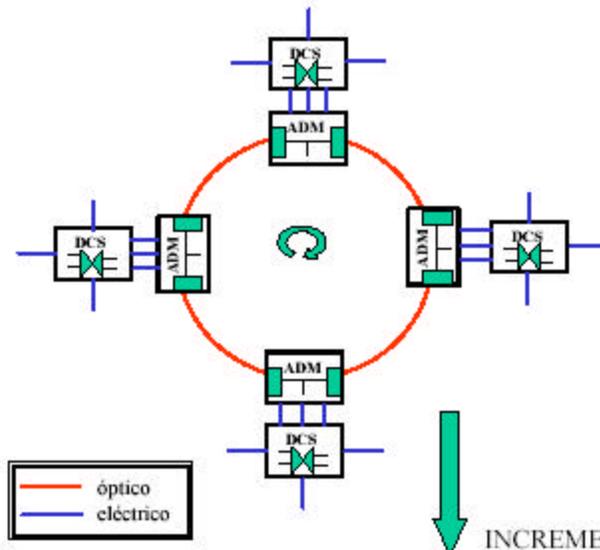
ADM Multiplexor ADD/DROP (cambio de jerarquía SDH)

DCS *Crossconnect* digital (intercambiador de tráfico hasta un cierto nivel de jerarquía SDH)

- OC-N

Define el equipamiento óptico (transmisor: LED, MLM SLM y λ , Fibra: SMF) necesario para cubrir secciones de transmisión (SR/IR/LR/ULR), especificando las pérdidas máximas entre el equipo transmisor y receptor

Infraestructura de Red óptica DWDM SDH/S

 → Ejemplos de arquitecturas (I)


Red óptica SDH clásica:

(OC-48/2.5 Gbps)

Doble anillo con tráfico en direcciones opuestas

Nodos:

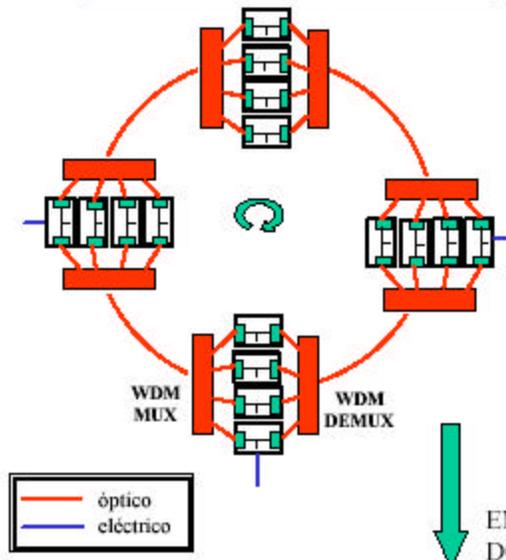
- Incorporan ADM para multiplexar niveles OC-12/622 Mbps y OC-3/155 Mbps.

- DCS extraen niveles de baja velocidad, p.e DS3: 45 Mbps, DS1: 1.5 Mbps

INCREMENTO DE TRAFICO

Infraestructura de Red óptica DWDM SDH/SONET

Ejemplos de arquitecturas (II)



Red óptica SDH DWDM clásica:

(4 λ a OC-48: 10 Gbps)

Subir la capacidad de enlaces punto a punto por DWDM

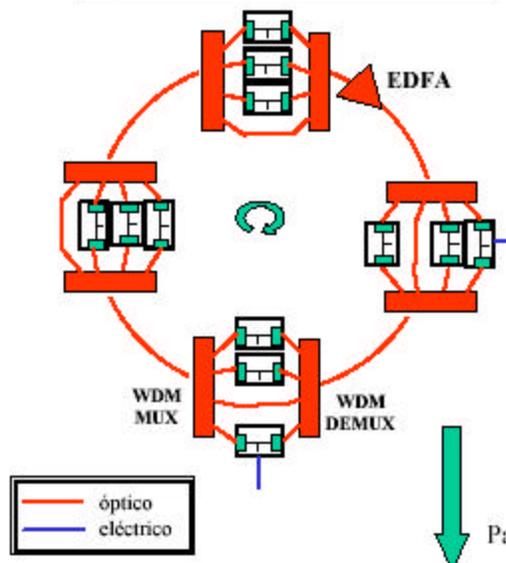
Nodos:

- En cada nodo la señal DWDM es demultiplexada y convertida a señales eléctricas
- La conmutación se lleva a cabo en el dominio eléctrico por ADM y DCS (4 ADM y 4 DCS por nodo)

ENCAMINAMIENTO EN DOMINIO OPTICO

Infraestructura de Red óptica DWDM SDH/SONET

Ejemplos de arquitecturas (III)



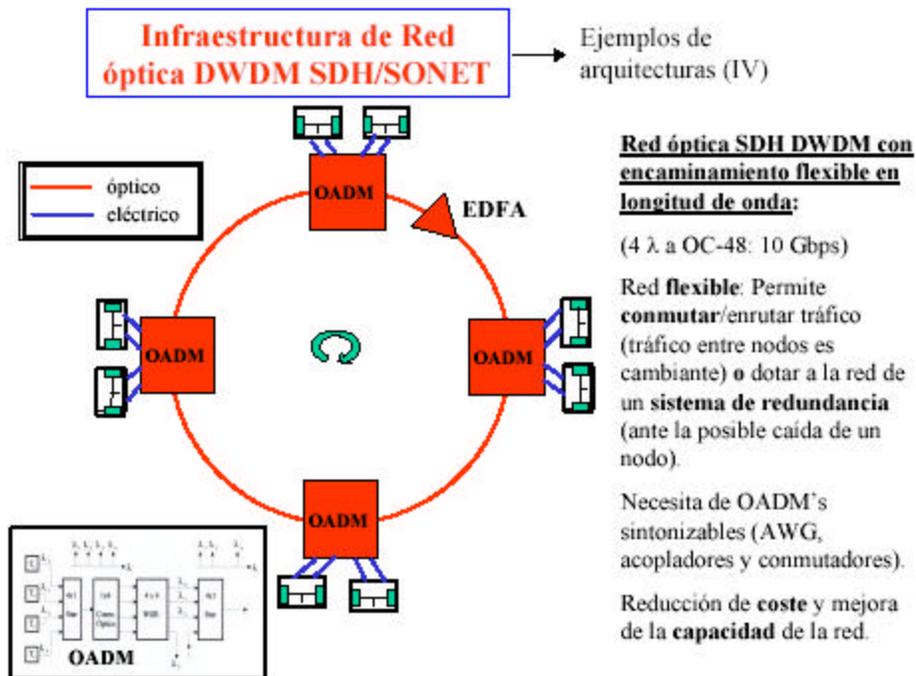
Red óptica SDH DWDM con encaminamiento fijo en longitud de onda:

(4 λ a OC-48: 10 Gbps)

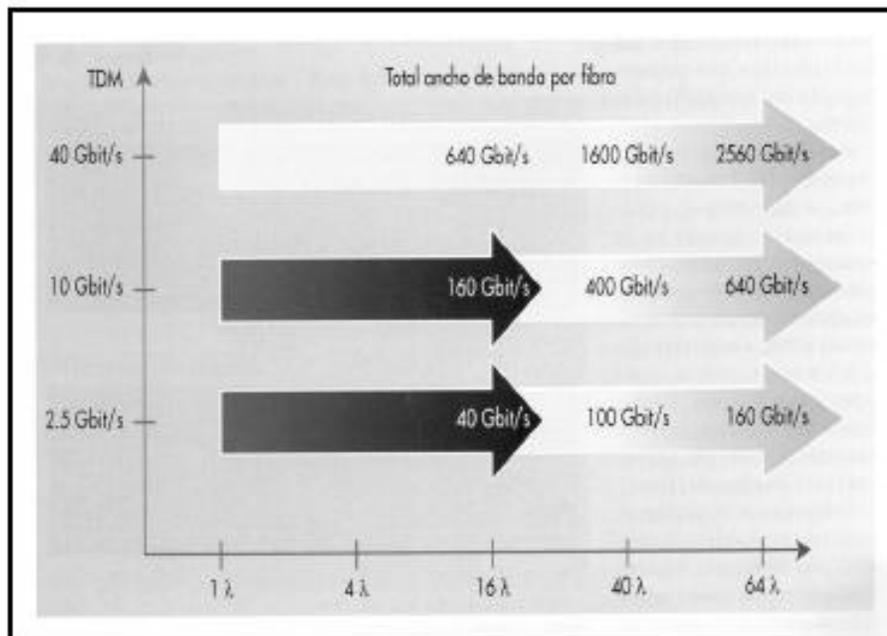
Red fija: Los nodos encaminan directamente las λ 's que deben pasar por él, sin necesidad de terminar en un ADM. Se reduce el número de ADM soportando el mismo tráfico. Enlaces entre el nodo siguiente y el consecutivo.

Solución de menor coste y mas sencilla.

Para dotar de FLEXIBILIDAD a la red

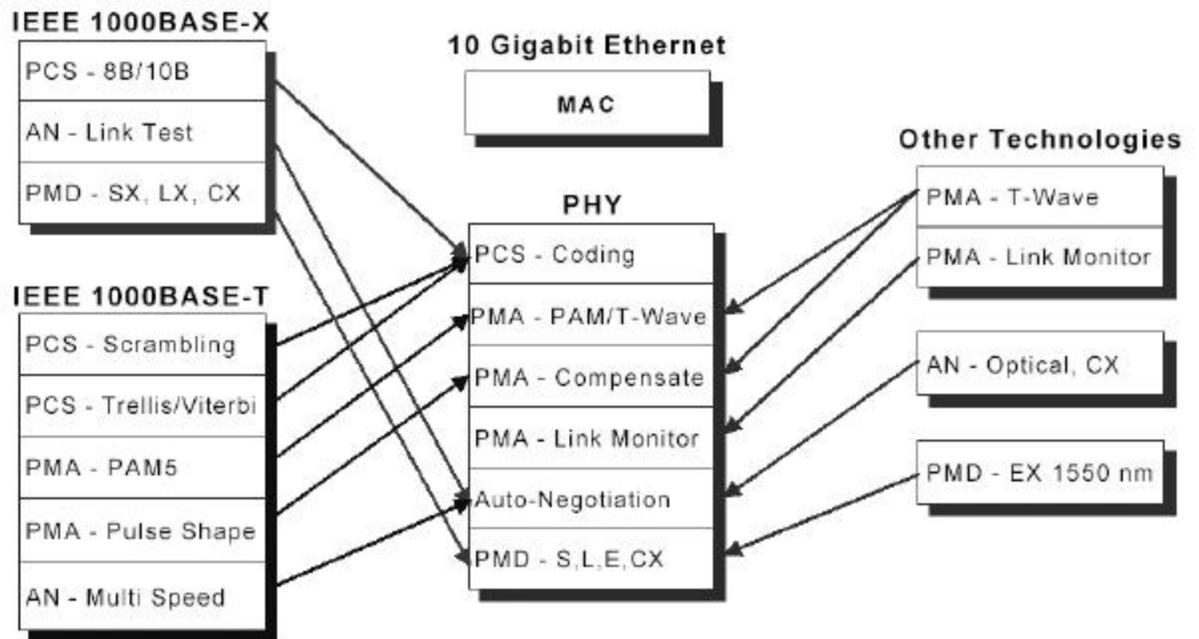


Enlaces punto a punto: Evolución de la capacidad



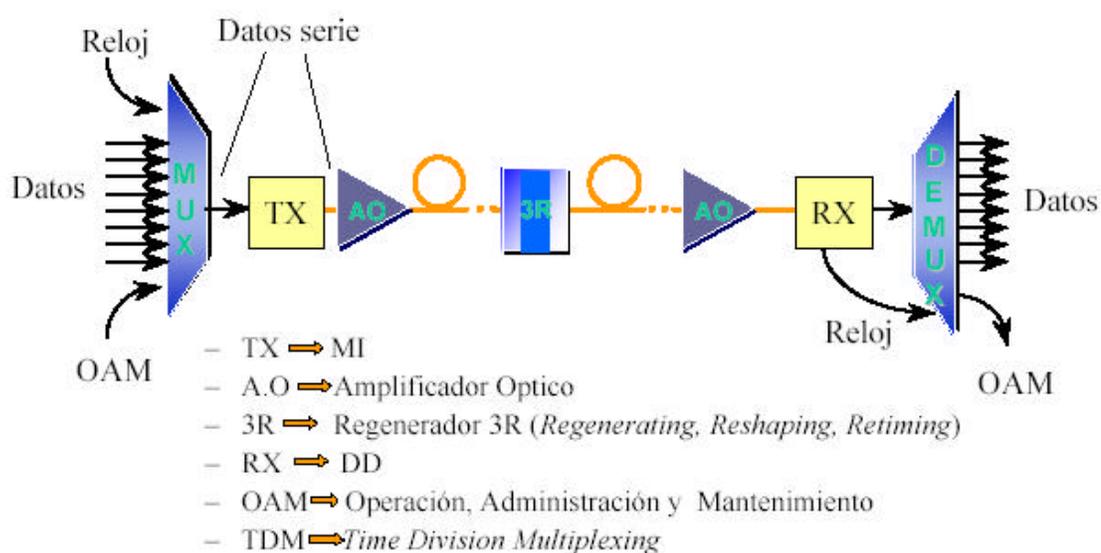
Anexo D.

TECNOLOGÍA BASICA DE ETHERNET



Anexo F.

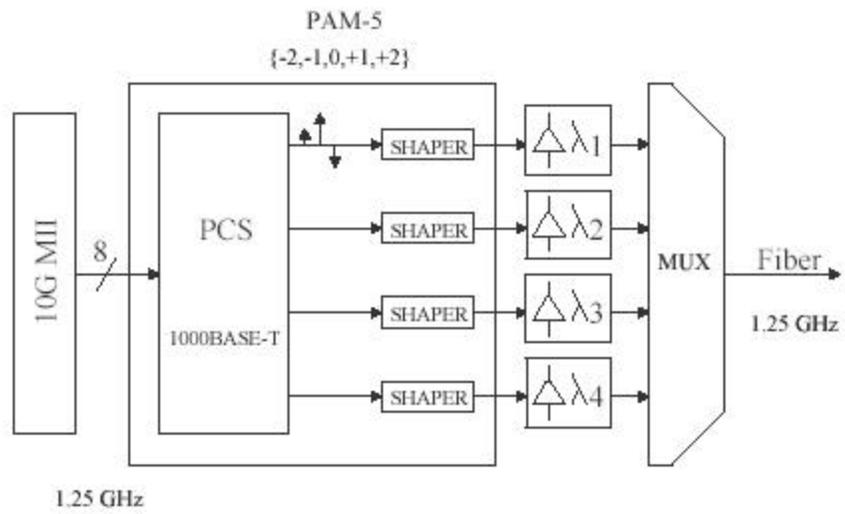
Sistema TDM por fibra óptica



Aumento capacidad → Aumento de la velocidad → Limitaciones tecnológicas.

Anexo A.

10G-BASE-T ARCHITECTURE



Anexo B.

Modos de Transmisión.

1300 nm Monomodo Canal de 10 Gb/s



Precisa un Alineamiento Láser/Núcleo = +/- 1 micra

- Emisores costosos
- Difícil Alineamiento (encapsulado)

CWDM: Cuatro Canales de 2.5 Gb/s

Para fibra multimodo estándar (50 o 62.5 micras)



- 8 láseres, 8 detectores, 2 combinadores, y 2 segregadores por enlace dúplex
- Múltiples componentes. Mayor dificultad de encapsulado