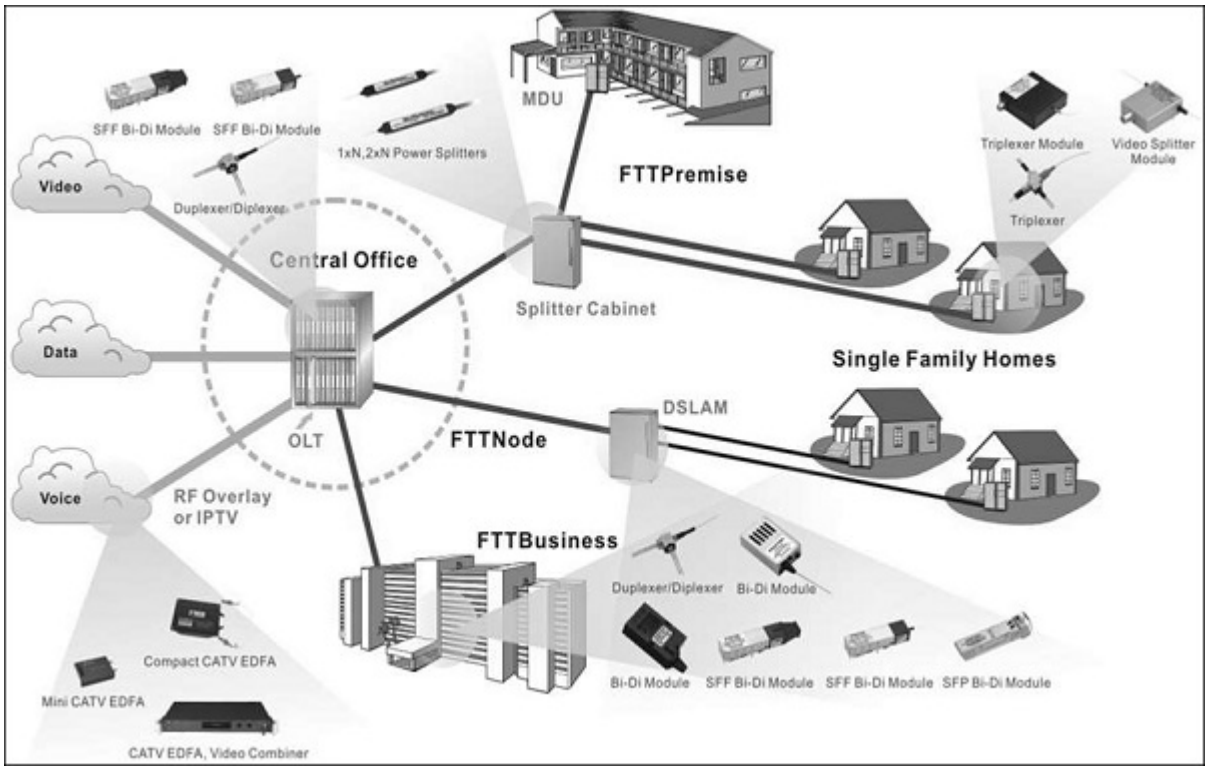
FTTH - Guía rápida

FTTH - Introducción

Para el acceso a las tecnologías de red, normalmente hay dos formas, es decir, **fija** y la segunda es la forma **inalámbrica** . En este tutorial, discutiremos el método 'fijo', técnicamente llamado tecnología **FTTH** .

¿Qué es FTTH?

Fiber to the Home o simplemente **FTTH** es una tecnología que utiliza fibra óptica directamente desde el punto central hasta el local residencial (como se muestra en la siguiente imagen). Proporciona un servicio de Internet de alta velocidad ininterrumpido. Aquí, "H" incluye tanto el hogar como la pequeña empresa.



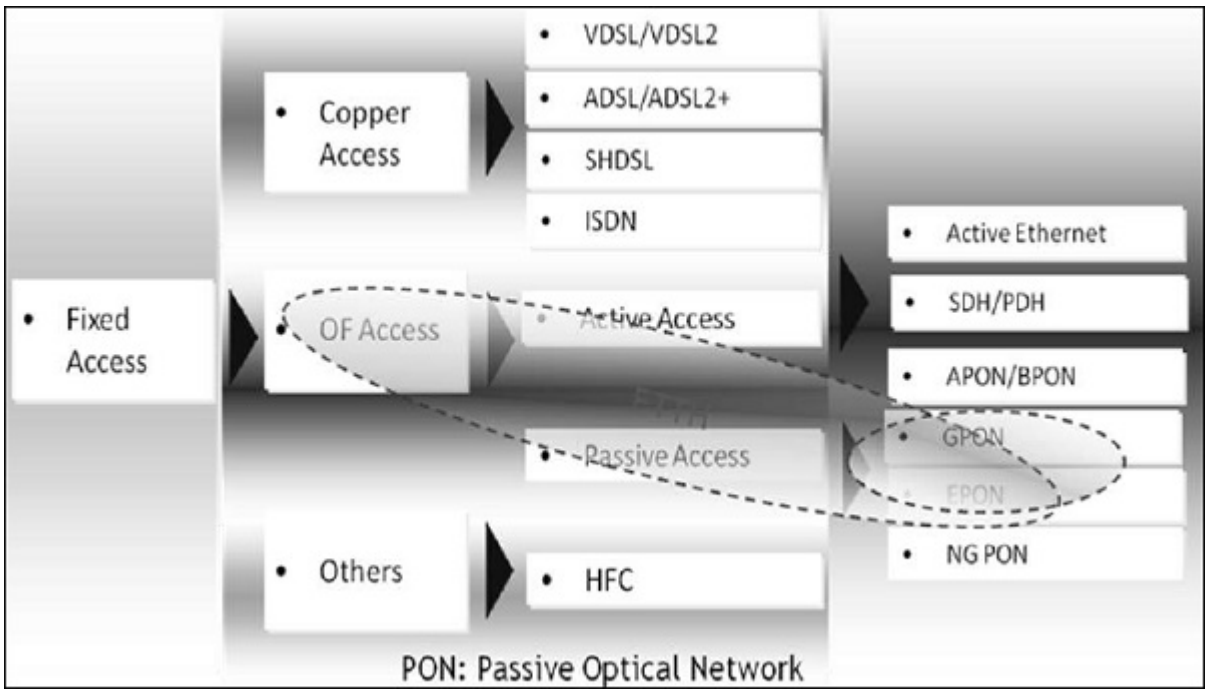
FTTH es la solución de acceso de fibra definitiva en la que cada suscriptor está conectado a una fibra óptica. Las opciones de implementación discutidas en este tutorial se basan en una ruta de fibra óptica completa desde la **terminación de línea óptica** (OLT) hasta las instalaciones del suscriptor.

Esta elección facilita los servicios y el contenido de gran ancho de banda para cada cliente y garantiza el máximo ancho de banda para futuras demandas de nuevos servicios. Por lo tanto, no se incluyen las opciones híbridas que involucran redes de infraestructura de "parte" de fibra y "parte" de cobre.

Como acceso al hogar a través de fibra, el escenario de Fibra hasta el hogar (FTTH) es principalmente para la unidad unifamiliar (SFU), que proporciona una cantidad comparativamente pequeña de puertos, incluidos los siguientes tipos: POTS, 10/100/1000 BASE- T y RF (18dBmV).

El método de fibra óptica se puede implementar de dos formas: método activo y método pasivo. El despliegue actual de FTTH masivo se basa en el método pasivo. Por lo tanto, analicemos el método pasivo en detalle.

Método pasivo : las dos tecnologías típicas que se utilizan en este método son la **red óptica pasiva Ethernet** (EPON) y las **redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit** (GPON). Consulte la siguiente imagen.



- **El bucle de abonado digital** (VDSL) de **tasa de bits muy alta** admite una tasa de bits máxima de 55 bps. VDSL2 tiene mejor QoS y mejor SNR.
- ADSL (línea de abonado digital asimétrica) admite una tasa de bits máxima de 8 Mbps, sin embargo, ADSL2 puede llegar hasta 12 Mbps.
- SHDSL significa **línea de abonado digital simétrica de alta velocidad de bits** . Cuanto mayor sea el diámetro del teléfono, mayor será la distancia que podría alcanzar. La velocidad de transmisión depende del diámetro del cable telefónico.
- **La red digital de servicios integrados** (ISDN) se basa en una red de conmutación de circuitos.

¿Por qué FTTH?

La fibra ofrece una serie de ventajas sobre las tecnologías anteriores (cobre). Los más importantes son los siguientes:

- Gran capacidad de transporte de información
- Fácilmente actualizable
- Fácil de instalar
- Permite servicios totalmente simétricos
- Reduce los costos de operación y mantenimiento
- Cubre distancias muy largas
- Fuerte, flexible y confiable
- Permite cables ligeros y de pequeño diámetro
- Seguro y a salvo
- Inmune a interferencias electromagnéticas (EMI)
- Costo más bajo

La siguiente tabla enumera los servicios avanzados que se pueden proporcionar a través de FTTH junto con su ancho de banda.

Servicios	Banda ancha
Descarga de datos	10 Mbps
VoIP y videoconferencia	1 Mbps
Música a la carta, contenidos multimedia	2 Mbps
Juego en linea	1 Mbps
Televisión digital SD	3 Mbps
Televisión digital HD	8 Mbps
Canales de TV adicionales	16 Mbps

FTTH frente a xDSL

La siguiente tabla muestra una comparación típica entre dispositivos FTTH y xDSL en términos de ancho de banda y distancia (alcance máximo):

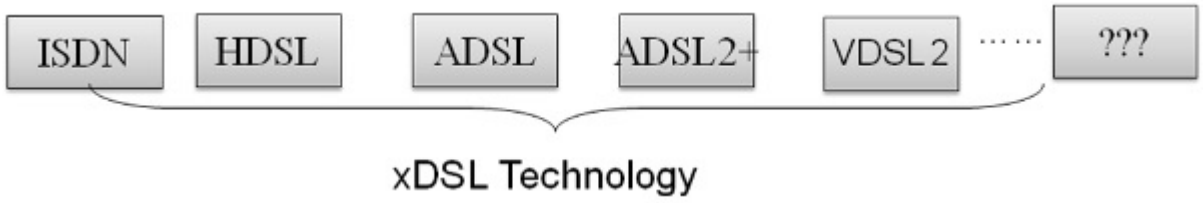
Transporte	ADSL	ADSL2	ADSL2+	VDSL	VDSL2	FTTH PON
el ancho de banda máximo	D: los 8M	12M	24M	55M	100 millones	100+
	U: 1 M	3,5 millones	1 M	19M	100 millones	100+
Distancia	3-5 KM			<= 1,3 KM		<= 100 KM

- La distancia afecta profundamente el rendimiento de xDSL.
- La distancia no es un problema para FTTH, ya que el alcance máximo es de más de 20 kms.
- FTTH admite todos los servicios disponibles.

Distancia y ancho de banda

Los siguientes puntos explican los parámetros de distancia y ancho de banda:

- ISDN - 2B + D = 2 × 64 + 16 = 144 Kbps
- HDSDN: estándar estadounidense de 0,51 mm, 2 M máx. A 5 km.
- ADSL - 3-5 km 8 Mbps
- ADSL2 - 3-5 km 12 Mbps
- ADSL2 + - 3-5 km 24 Mbps
- VDSL - ≤ 1,3 km, 55 Mbps; VDSL2 ascendente / descendente 100 Mbps



Terminologías FTTH

Analicemos ahora brevemente las terminologías normalmente asociadas con FTTH.

Distancia de fibra diferencial

Una OLT está conectada a varias ONU / ONT. La distancia diferencial de fibra es la diferencia en la distancia entre la ONU / ONT más cercana y la más lejana del OLT. En GPON, la **distancia máxima diferencial de fibra es de 20 kms** . Esto afecta el tamaño de la ventana de determinación de distancia y está de acuerdo con UIT-T G.983.1.

Alcance lógico

El alcance lógico se define como la distancia máxima que se puede cubrir para un sistema de transmisión en particular, independientemente del presupuesto óptico. Dado que el alcance lógico es la distancia máxima entre ONU / ONT y OLT, excepto por la limitación de la capa física, en GPON, el **alcance lógico máximo se define como 60 kms** .

Retraso de transferencia de señal media

El retardo medio de transferencia de señal es el promedio de los valores de retardo ascendente y descendente entre puntos de referencia. Este valor se determina midiendo el retardo de ida y vuelta y luego dividiéndolo por 2. GPON debe acomodar los servicios que requieren un retardo de transferencia de señal medio máximo de 1,5 Sra. Específicamente, el sistema GPON debe tener un retardo de transferencia de señal medio máximo de menos de 1,5 Ms entre puntos de referencia de TV.

Red de acceso óptico (OAN)

La red de acceso óptico es una red de acceso hacia el lado de la red, también se conoce como SNI (interfaz de red de servicio). Los puertos de enlace ascendente de OLT se conectan con el anillo de conmutador L2 de la red de acceso. Todos los demás componentes intermedios, como ODF / FDMS conectados a SNI, pertenecen a la red de acceso óptico.

Red de distribución óptica (ODN)

En una tecnología PON hacia el lado descendente, todos los componentes pasivos desde el puerto PON de OLT hasta el puerto PON de ONT se encuentran bajo la red de distribución óptica. Normalmente, Splitter y ODF / FDMS se incluyen en esta categoría.

Terminación de línea óptica (OLT)

Un equipo de oficina central (CO) proporciona a PON las diversas interfaces de red. Una OLT da servicio a múltiples ONT a través de PON Transmisión descendente, es decir, de OLT a ONT suele ser TDM. El tráfico ascendente, es decir, de ONT a OLT, suele ser TDMA. El sistema PON puede ser simétrico o asimétrico.

Terminación de red óptica (ONT) / Unidad de red óptica (ONU)

Una terminación de red óptica es un equipo en las instalaciones del cliente que proporciona interfaces de usuario al cliente.

Alcance físico

El alcance físico se define como la distancia física máxima que se puede alcanzar para un sistema de transmisión en particular. El 'alcance físico' es la distancia física máxima entre la ONU / ONT y la OLT. En GPON se definen dos opciones para el alcance físico: 10 km y 20 km.

Servicio

El servicio se define como un servicio de red requerido por los operadores. El servicio se describe con un nombre que todos reconocen claramente, independientemente de si es un nombre de estructura de marco o un nombre general.

Tasa de bits

GPON tiene como objetivo velocidades de transmisión superiores o iguales a 1,2 Gbps. En consecuencia, GPON identifica dos combinaciones de velocidades de transmisión de la siguiente manera:

- 1.2 Gbps arriba, 2.4 Gbps abajo
- 2.4 Gbps arriba, 2.4 Gbps abajo

La tasa de bits más importante es de 1,2 Gbps en sentido ascendente y 2,4 Gbps en sentido descendente, lo que constituye casi todo el despliegue implementado y planificado de los sistemas GPON.

Proporción de división

Cuanto mayor sea la relación de división para GPON, más económico será desde la perspectiva de los costos. Sin embargo, una relación de división mayor implica una mayor división de potencia óptica y ancho de banda, lo que crea la necesidad de un mayor presupuesto de energía para soportar el alcance físico.

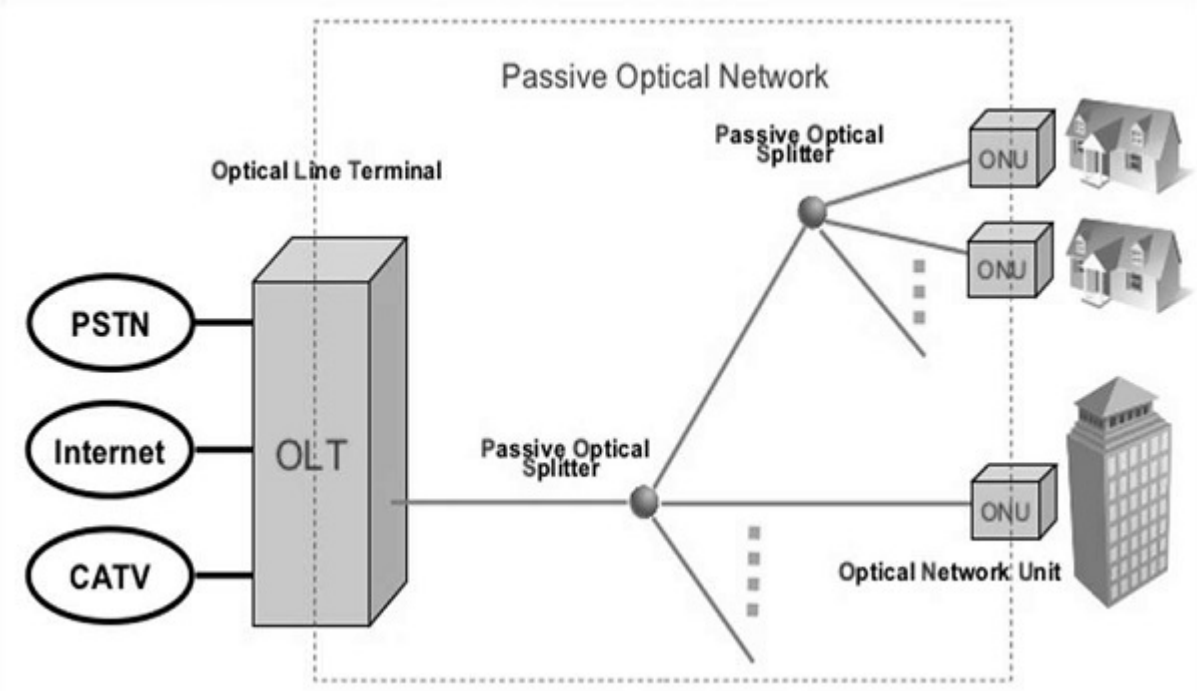
Las relaciones de división de hasta 1:64 son realistas para la capa física, dada la tecnología actual. Sin embargo, anticipando la evolución continua de los módulos ópticos, la capa TC debe considerar relaciones divididas de hasta 1: 128.

Tasas de transferencia de datos

PON	DS (Mbps)	Estados Unidos (Mbps)
BPON	155,52	155,52
Amd 1	622.08	155,52
	622.08	622.08
Amd 2	1244.16	155,52
	1244.16	622.08
GPON	1244.16	155,52
	1244.16	622.08
	1244.16	1244.16
	2488.32	155,52
	2488.32	622.08
	2488.32	1244.16
	2488.32	2488.32
EPON	1250	1250
10GEPON +	10312.5	10312.5

FTTH - PON

PON es una **red óptica pasiva** con arquitectura de uno a varios puntos. Como se muestra en la siguiente imagen, se compone de un terminal de línea óptica (OLT), una unidad de red óptica y un divisor óptico pasivo.

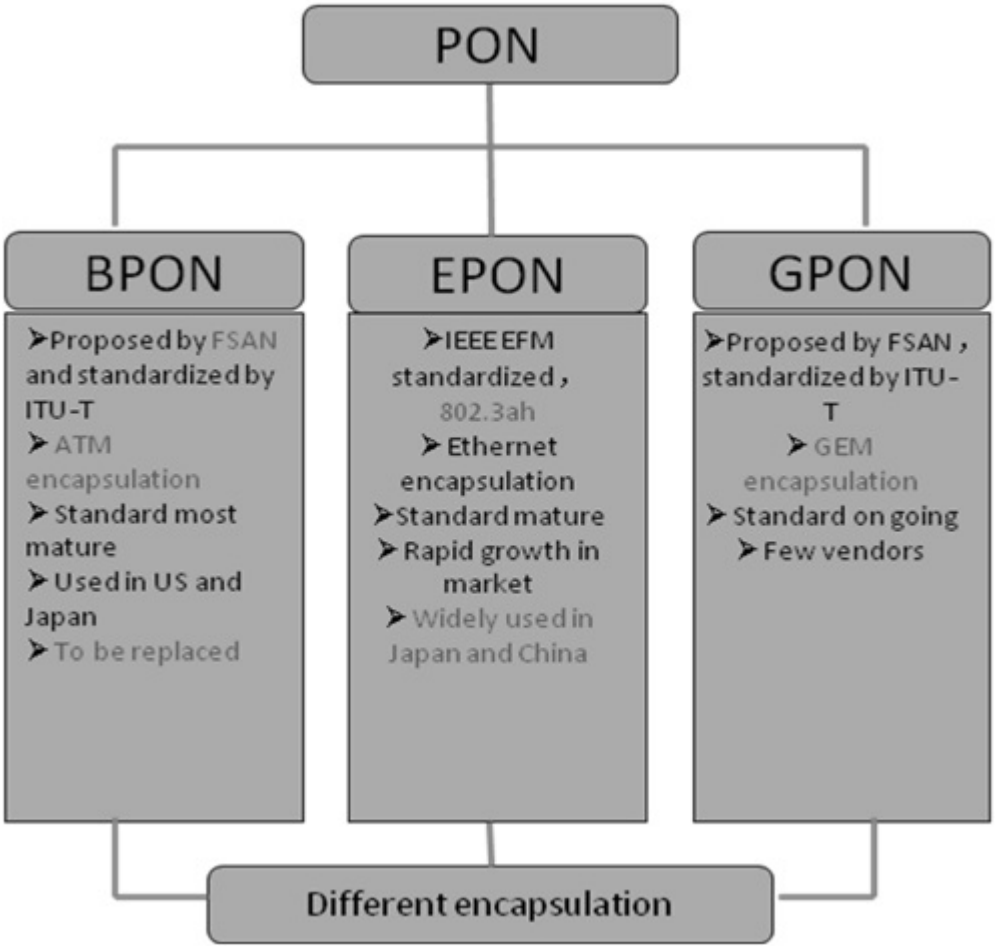


Historia de PON

La primera actividad de Red Óptica Pasiva (PON) fue iniciada por el grupo FSAN a mediados de la década de 1990. El estándar inicial cubría la transmisión de 155 Mbps basada en ATM conocido como el estándar **APON / BPON** . Posteriormente, el estándar se mejoró para cubrir 622 Mbps.

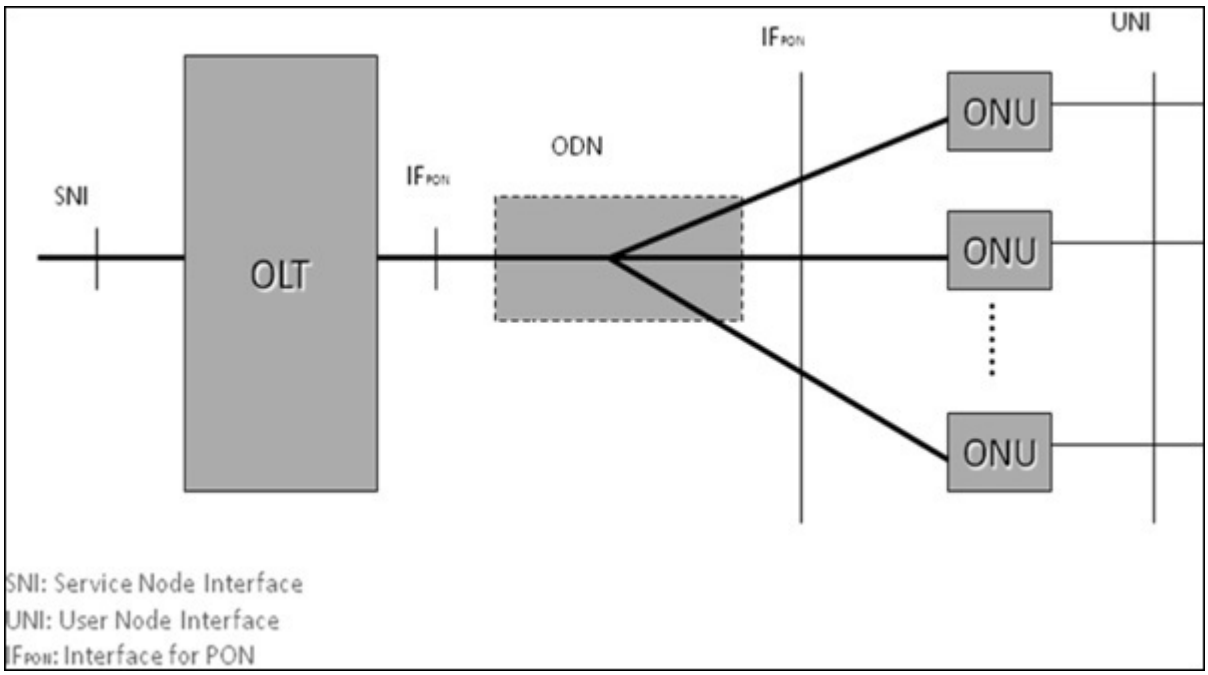
En 2001, el IEEE inició el desarrollo de un estándar basado en Ethernet conocido como **EPON** .

En 2001, el grupo FSAN inició el desarrollo de un estándar de velocidad gigabit, es decir, **GPON** , que será ratificado por el UIT-T.



Arquitectura de red PON

La siguiente ilustración muestra la arquitectura de red de PON:



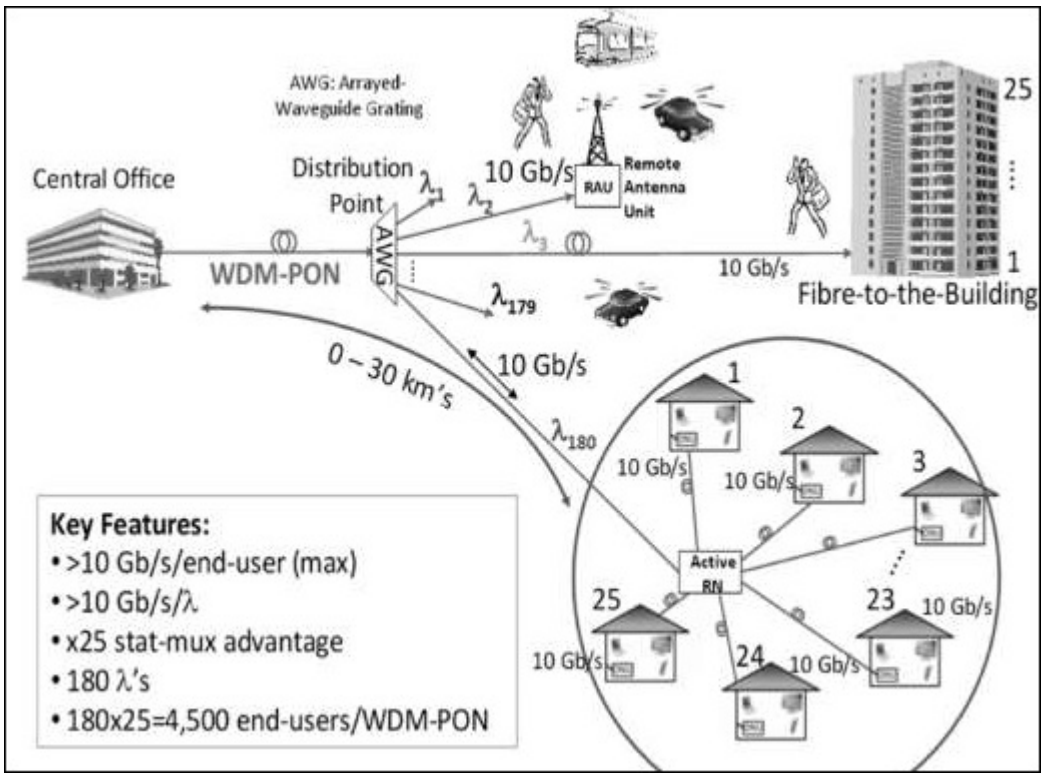
Dónde,

- **SNI** : interfaz de nodo de servicio
- **IFPON** - Interfaz para PON
- **UNI** - Interfaz de nodo de usuario

Como se muestra en la ilustración anterior, el ODN se puede configurar con uno o varios divisores con varias cascadas.

PON - Multiplexación

PON utiliza WDM para realizar transporte bidireccional en una sola fibra (consulte la ilustración que se muestra a continuación) -

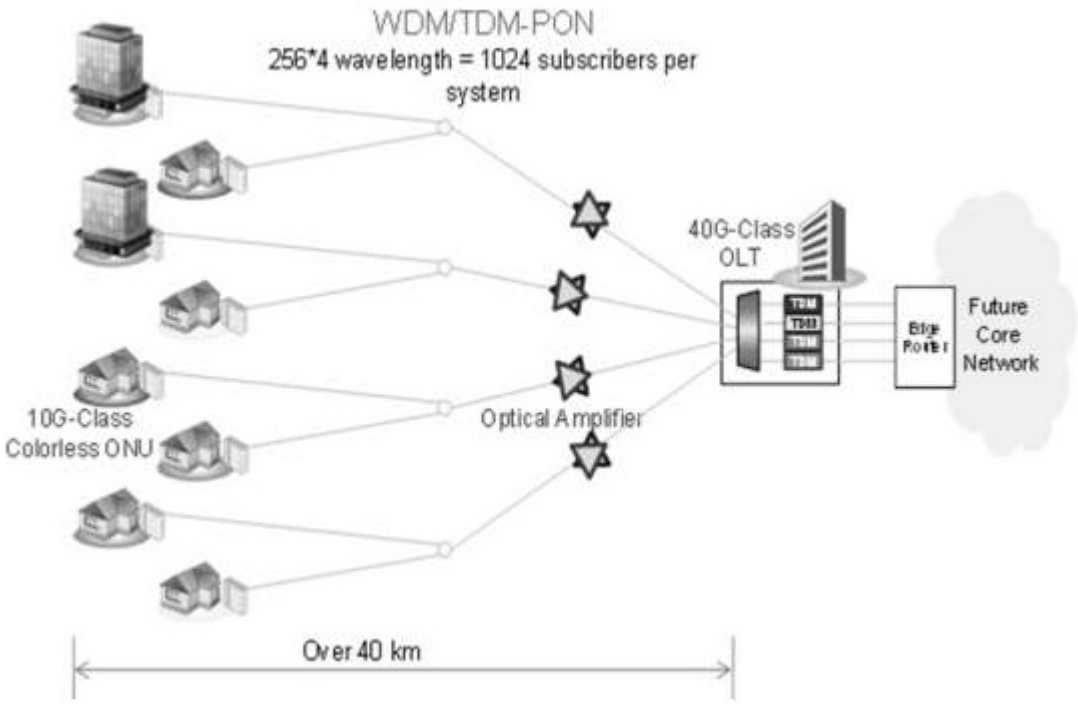


Para distinguir las señales en dos direcciones diferentes, se adoptan dos tecnologías de multiplexación, que son:

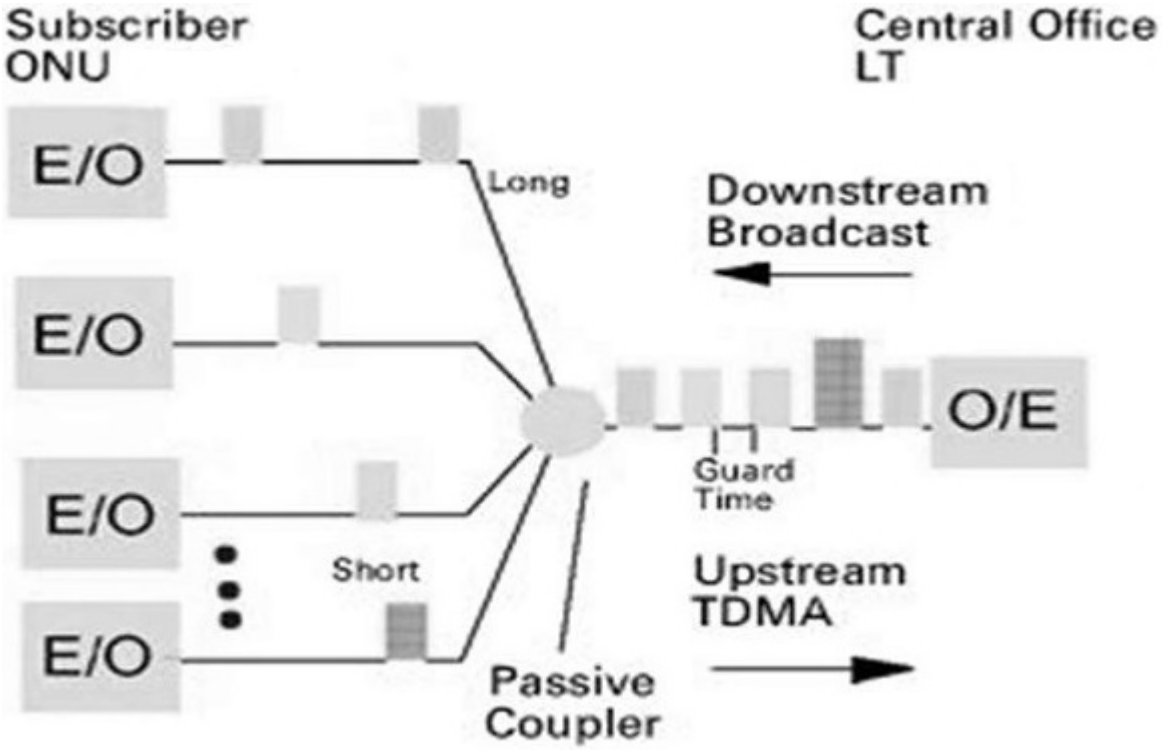
- **TDM**
- **TDMA**

Discutámoslos en detalle:

Multiplexación por división de tiempo (TDM) para flujo descendente: es una técnica de transmisión y recepción de señales separadas a través de una ruta de señal común. Para ello, utiliza conmutadores sincronizados en cada extremo de la línea de transmisión; como resultado, cada señal aparece en la línea solo una fracción de tiempo en un patrón alterno.

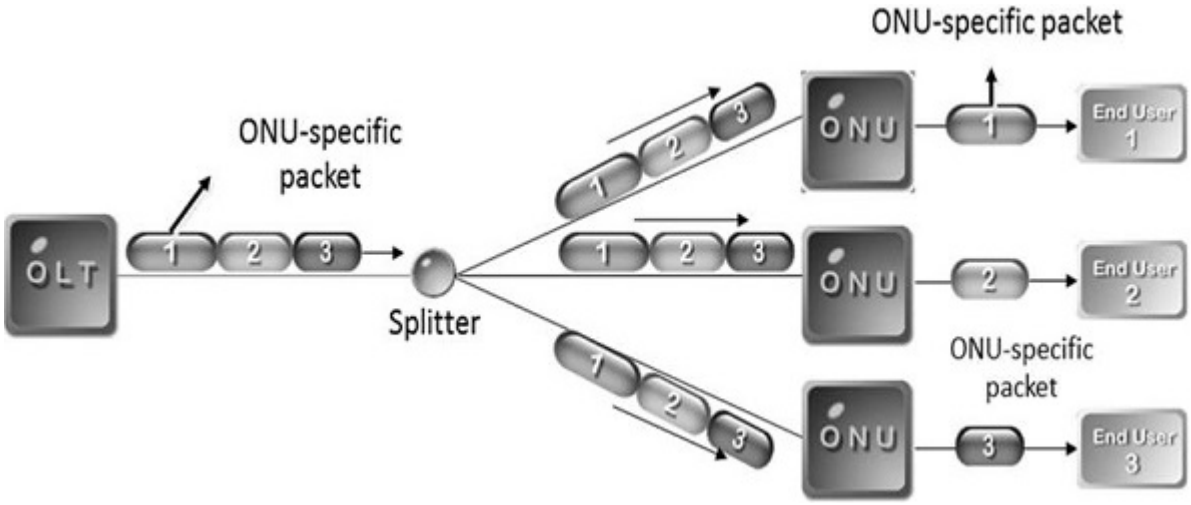


Acceso múltiple por división de tiempo () para upstream: esta técnica facilita que muchos usuarios compartan el mismo canal de frecuencia dividiendo la señal en diferentes intervalos de tiempo.



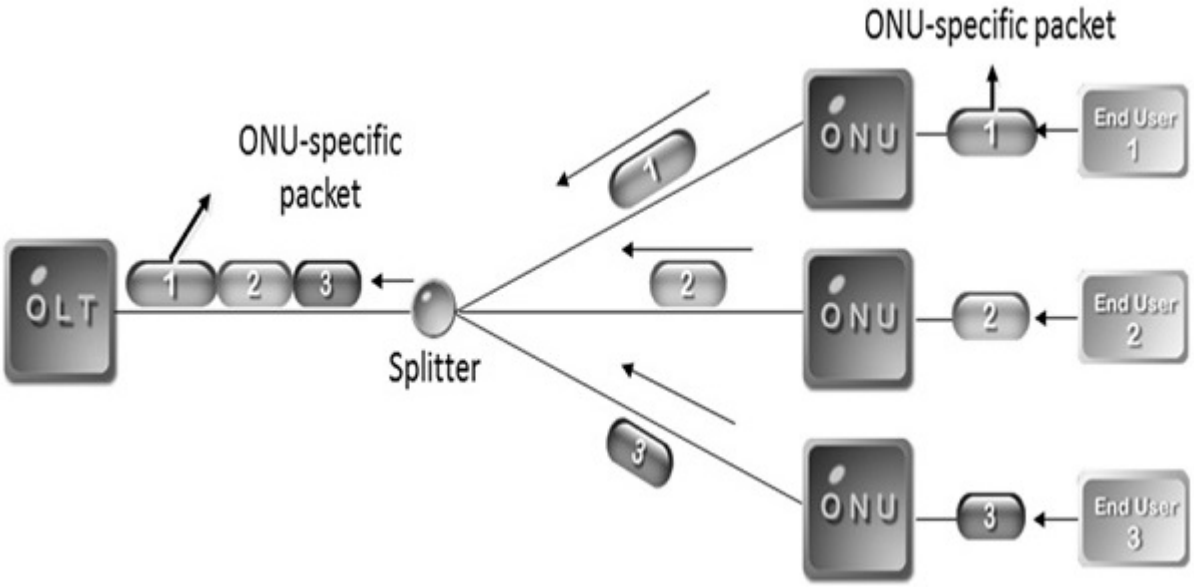
PON: Aguas abajo

Modo de transmisión : los datos en sentido descendente se transmiten a todas las ONU. Pero, en la ONU, solo se procesa el paquete específico y el resto de los paquetes se descartan.

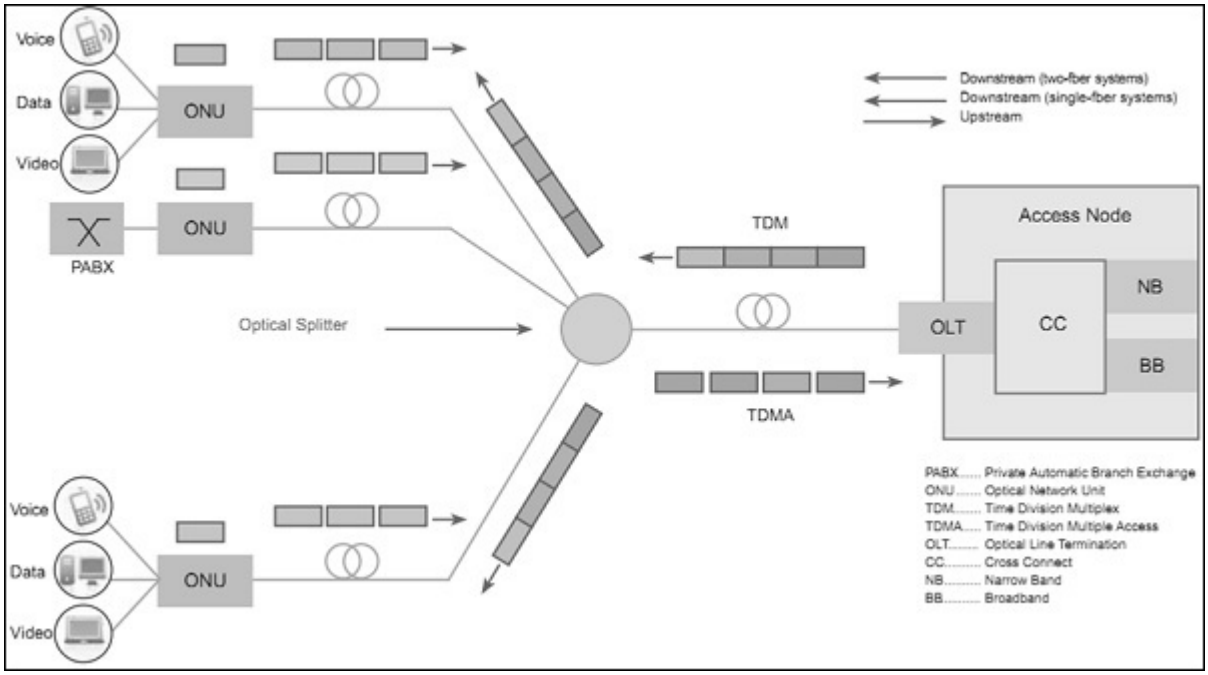


PON: Upstream (modo TDMA)

La siguiente ilustración muestra el modo TDMA.



La siguiente ilustración muestra ambas tecnologías juntas:



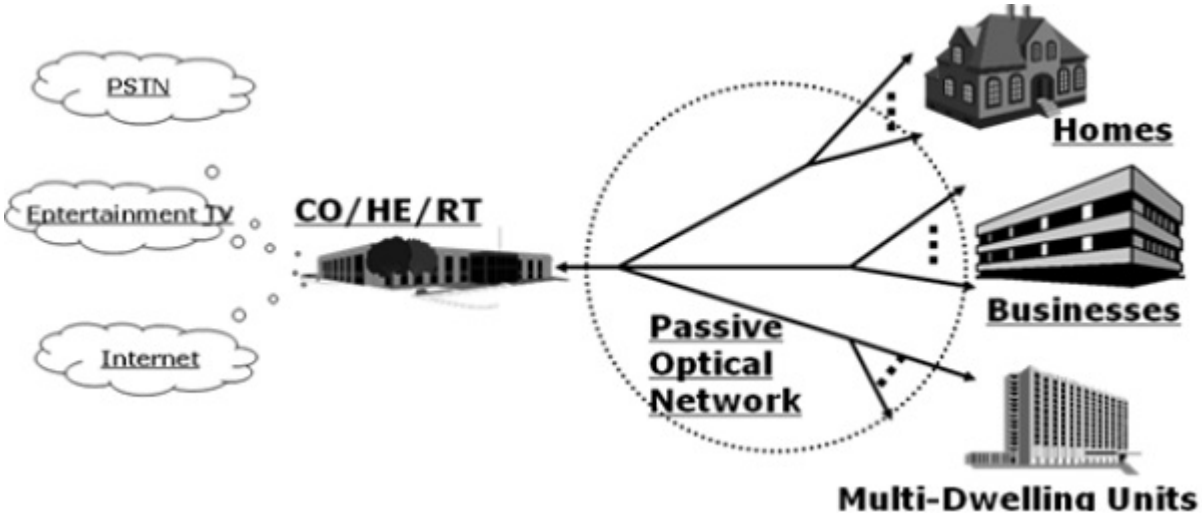
Terminologías PON

A continuación se muestran las terminologías de PON:

- **ODN** (Red de distribución óptica): una ODN realiza la transmisión óptica desde la OLT hacia los usuarios y viceversa. Utiliza componentes ópticos pasivos.
- **OLT** (terminación de línea óptica): una OLT es el punto final del proveedor de servicios de una PON y se coloca en una CO o un extremo de cabecera.
- **ONT / ONU** (terminación de red óptica): un ONT es un dispositivo que termina la PON y presenta interfaces de servicio nativas al usuario. Normalmente, una ONT se encuentra en las instalaciones del cliente.

Red de acceso PON

La red óptica pasiva (PON) es esencialmente un sistema de acceso basado en fibra óptica rentable que brinda servicios de triple reproducción (voz, video y datos) tanto para los clientes comerciales como residenciales. Además, la topología simple que se muestra en la siguiente ilustración, PON puede funcionar en otras topologías. Por ejemplo: bus o lineal, división distribuida, etc.



Los diferentes tipos de topología que se utilizan dependen del perfil de distribución del cliente.

Un ONT se puede conectar a PON de cualquier manera siempre que:

- Se cumple el presupuesto óptico de ONT a OLT y viceversa.
- Se cumple la especificación de distancia diferencial máxima entre diferentes ONT.
- La longitud de la fibra de ONT a OLT está dentro del rango permitido.
- No se excede el límite del número máximo de ONT que puede admitir el sistema PON.

Módulos pasivos en PON

Los siguientes son los módulos pasivos en el sistema PON:

- Acoplador WDM
- 1 × divisor N
- Fibra óptica y cable
- Conector
- ODF / gabinete / subrack

Módulos activos en PON

A continuación se muestran los módulos activos en el sistema PON:

En OLT -

- Transmisor láser (1490 nm)
- Receptores láser (1310 nm)
- Para aplicación CATV
- Amplificador láser (1550 nm)
- EDFA para amplificar la señal de video

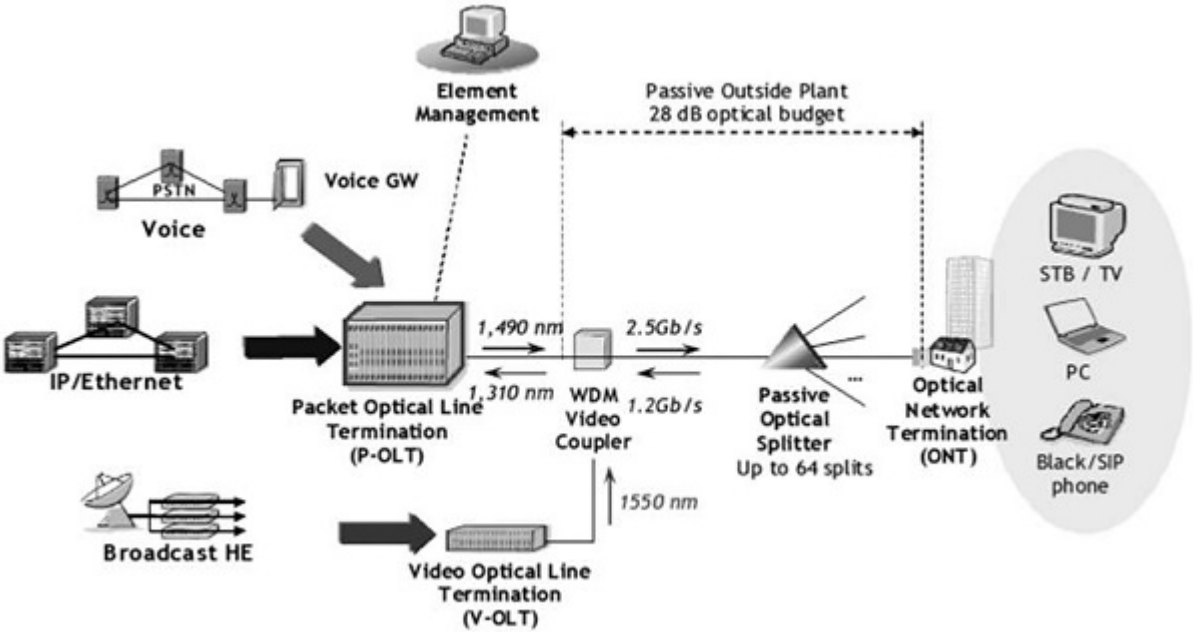
En ONU -

- X`Power / Batería para ONU
- Transmisor láser (1310 nm)
- Receptores láser (1490 nm)
- Receptores de señal CATV (1550 nm)

En el próximo capítulo, entenderemos qué son las redes ópticas pasivas Gigabit.

FTTH - GPON

GPON (Gigabit Passive Optical Networks) es un sistema óptico para las redes de acceso, basado en las especificaciones ITU-T serie **G.984** . Puede proporcionar un alcance de 20 km con un presupuesto óptico de 28 dB (que se muestra en la siguiente ilustración) mediante el uso de ópticas de clase B + con una relación de división de 1:32.



El sistema GPON admite las siguientes tasas:

- 155 Mbps de subida, 1.24416 Gbps de bajada
- 622 Mbps en sentido ascendente, 1.24416 Gbps en sentido descendente
- 1.24416 Gbps en sentido ascendente, 1.24416 Gbps en sentido descendente
- 155 Mbps hacia arriba, 2.48832 Gbps hacia abajo
- 622 Mbps hacia arriba, 2.48832 Gbps hacia abajo
- 1.24416 Gbps hacia arriba, 2.48832 Gbps hacia abajo
- 2.48832 Gbps hacia arriba, 2.48832 Gbps hacia abajo

GPON admite la encapsulación ATM y GEM. GEM (método de encapsulación GPON) admite TDM y datos nativos.

Funciones GPON

Esta tecnología evolutiva se basa en BPON GEM. A continuación se muestran sus características:

Transmisión aguas abajo

- 2,4 Gbps
- BW para un ONT es suficiente para suministrar múltiples señales HDTV
- QOS permite retrasar el tráfico sensible (voz)

Transmisión aguas arriba

- 1,24 Gbps
- Se puede garantizar un ancho de banda mínimo
- Los intervalos de tiempo no utilizados se pueden asignar a usuarios intensivos
- QoS permite retrasar el tráfico sensible (voz)

¿Por qué GPON?

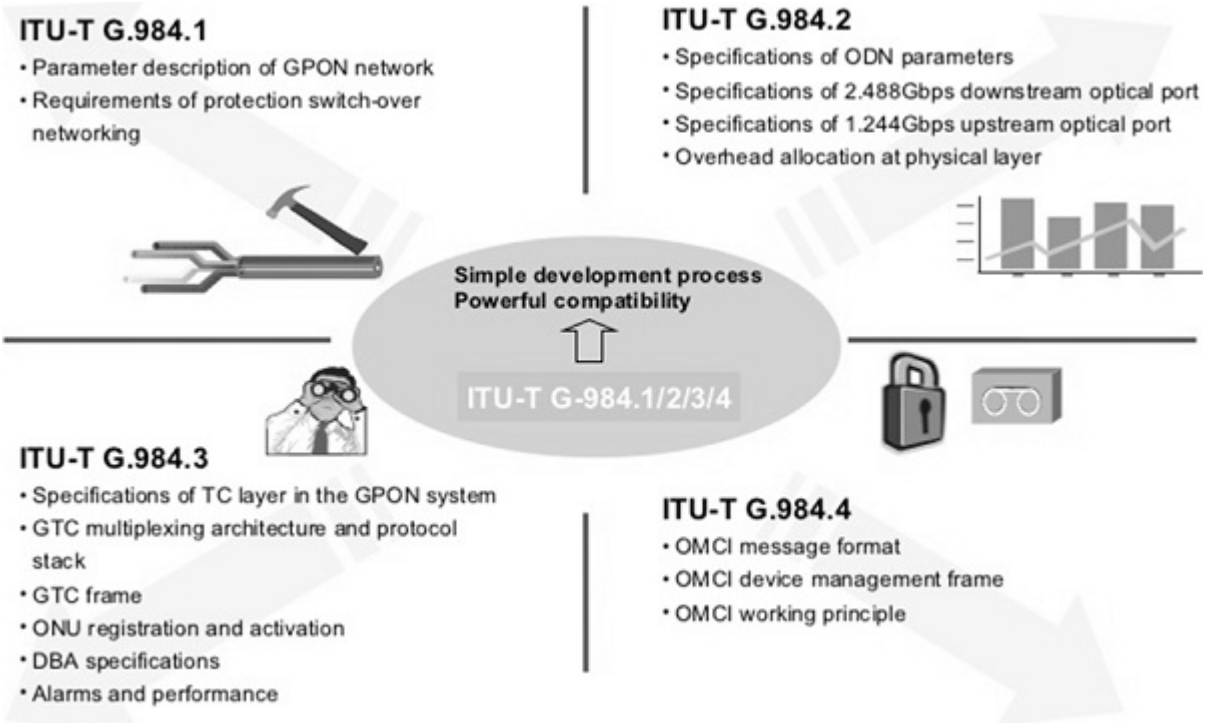
GPON proporciona una solución de servicios integrados como:

- Es compatible con los servicios Triple Play.
- Para eliminar el obstáculo del ancho de banda del acceso a través de cables de par trenzado, admite la transmisión de ancho de banda alto.
- Reduce los nodos de la red.
- Admite una cobertura de servicio de hasta 20 km.

Estándares GPON

Los estándares GPON se basan en las especificaciones BPON anteriores. Las especificaciones son:

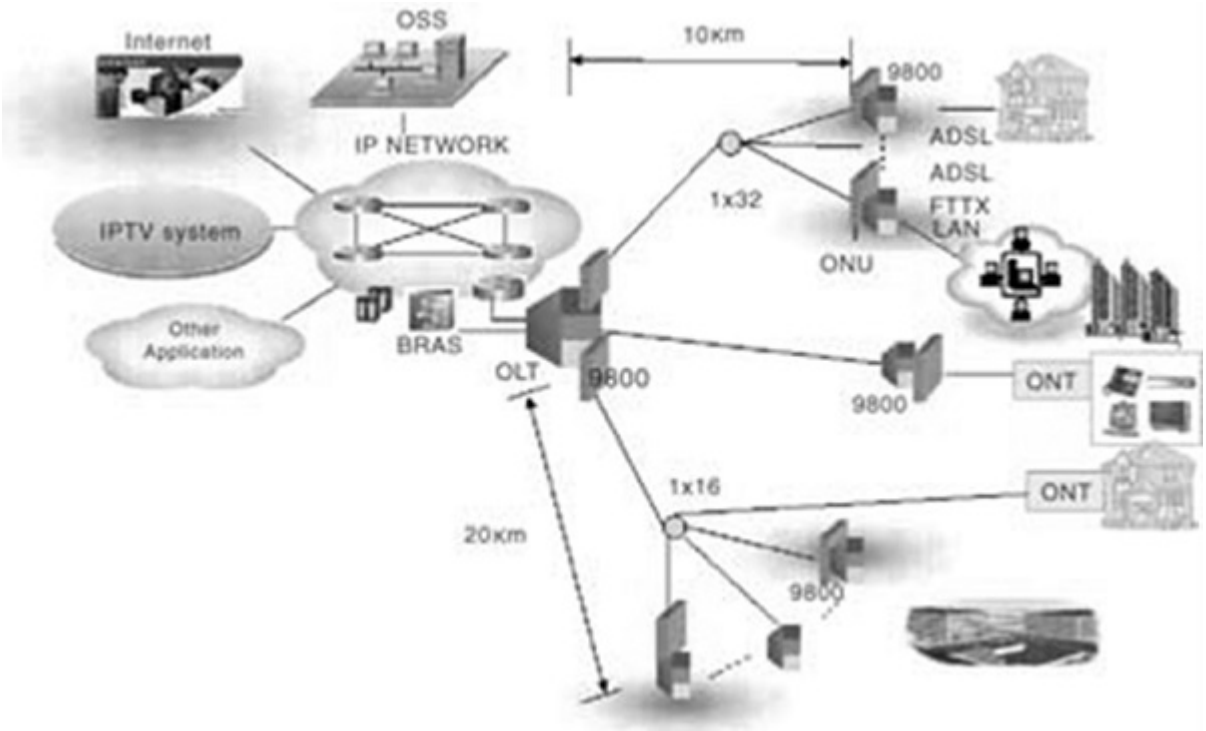
- **G.984.1** - Este documento describe las características generales de la red óptica pasiva con capacidad Gigabit.
- **G.984.2** - Este documento describe la especificación de la capa dependiente de los medios físicos de la red óptica pasiva con capacidad de gigabit.



- **G.984.3** - Este documento describe la especificación de la capa de convergencia de transmisión de la red óptica pasiva con capacidad de gigabit.
- **G.984.4** - Este documento describe la Especificación de interfaz de control y gestión ONT de red óptica pasiva con capacidad Gigabit (OMCI).

Arquitectura GPON

GPON OLT sirve múltiples ONT a través del puerto PON. La transmisión descendente, es decir, de OLT a ONT, suele ser TDM; mientras que el tráfico ascendente, es decir, de ONT a OLT, suele ser TDMA.



El sistema PON puede ser simétrico o asimétrico. La infraestructura de fibra y PON también se puede utilizar para respaldar cualquier servicio de distribución unidireccional. Por ejemplo: vídeo en una longitud de onda diferente.

Capa dependiente de medios físicos GPON

G.984.2 es la especificación de la capa física del sistema GPON. La capa física aborda áreas como:

- Rendimiento óptico en términos de velocidad de datos.
- La clase de componentes de fibra óptica.
- La sincronización y el control de la potencia óptica.
- Corrección de errores hacia adelante.

Uno de los requisitos básicos de un sistema óptico es proporcionar componentes con capacidad suficiente para extender la señal óptica al rango esperado. Hay tres categorías o clases de componentes, que se basan en la potencia y la sensibilidad. Las clases de componentes son:

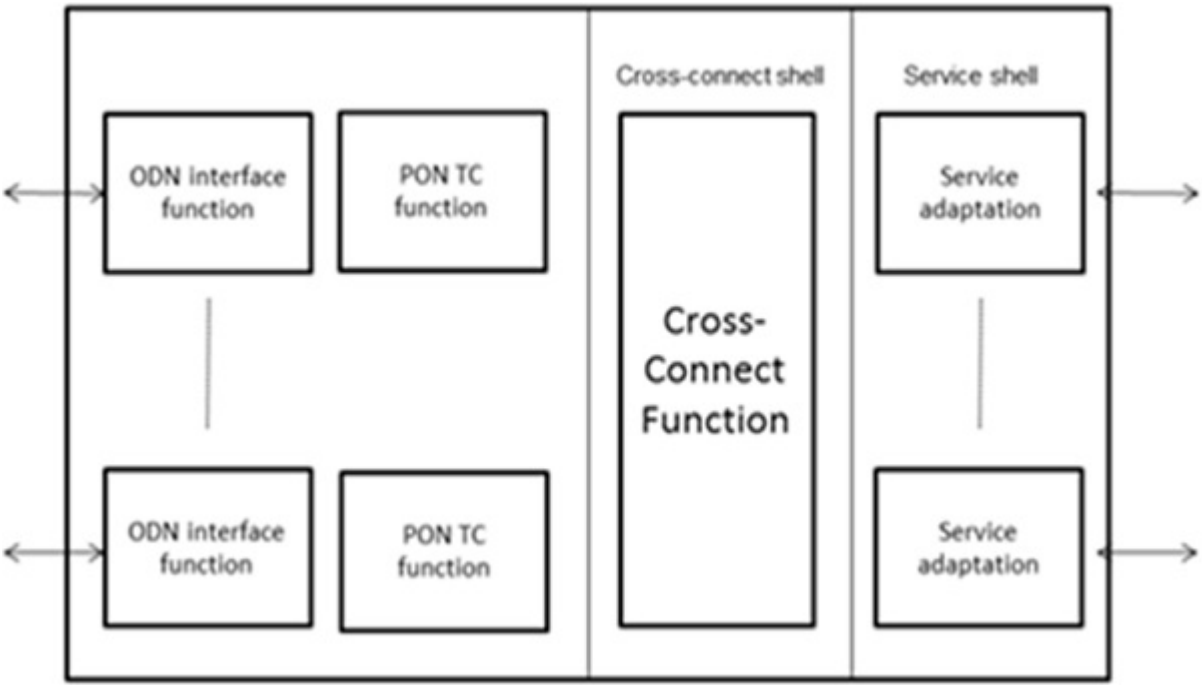
- Óptica clase A: 5 a 20dB
- Óptica clase B: 10 a 25dB
- Óptica clase C: 15 a 30dB

Terminal de línea óptica (OLT)

La OLT proporciona la interfaz de nodo de servicio (SNI) (normalmente interfaces LAN Ethernet de 1 Gbps y / o 10 Gbps) hacia la red central y controla la GPON. El OLT consta de tres partes principales:

- Función de interfaz de puerto de servicio
- Función de conexión cruzada
- Interfaz de red de distribución óptica (ODN)

La siguiente ilustración muestra el diagrama de bloques funcional típico de OLT.



Carcasa de núcleo PON

La carcasa PON Core consta de dos partes. La primera parte es la **función de interfaz ODN** y la parte es la **función PON TC** . La función PON TC incluye OAM, control de acceso a medios, entramado, DBA, delimitación de la unidad de datos de protocolo (PDU) para la función de conexión cruzada y para la gestión de ONU.

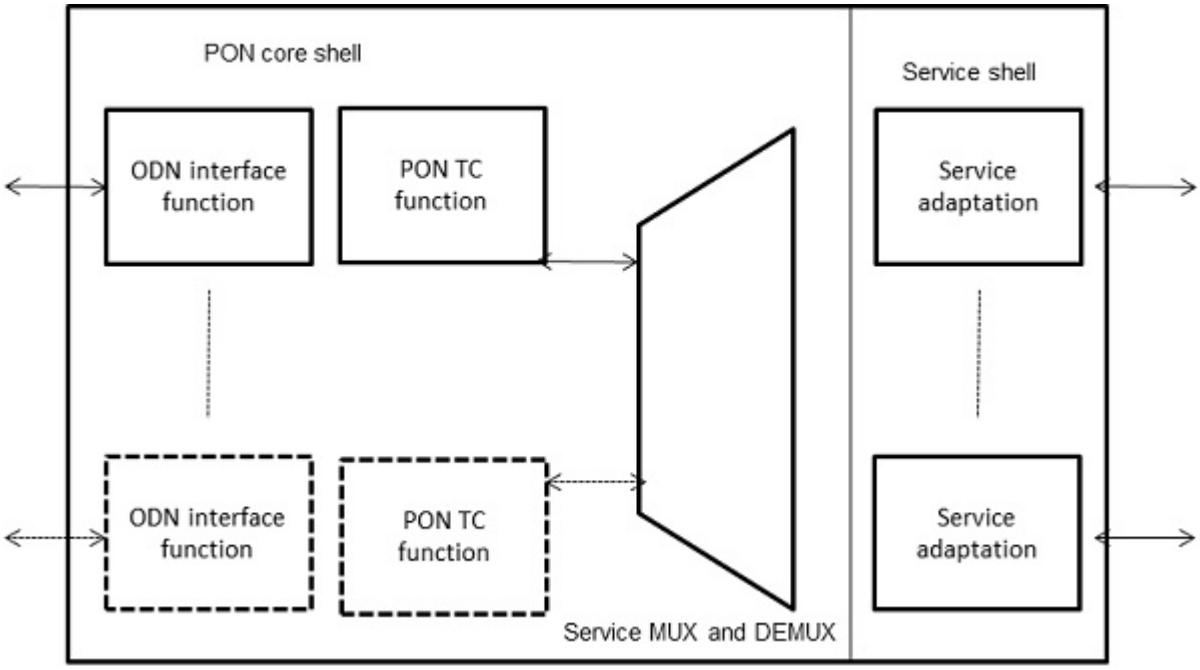
- **Shell de conexión cruzada** : este shell proporciona una ruta de comunicación entre el shell del núcleo de PON y el shell de servicio.
- **Shell de servicio** : este shell es para la traducción entre las interfaces de servicio y la interfaz de trama TC de la sección PON.

ONU / ONT

La **unidad de red óptica** (ONU) funciona con una única interfaz PON o un máximo de dos interfaces para proteger el enlace. En caso de que se corte alguna fibra de estas dos fibras, se puede acceder a la ONU a través de otra fibra. Esto se denomina protección PON o protección de enlace. La protección de enlaces también se conoce como **agregación de enlaces** , que puede proteger el enlace y, al mismo tiempo, también puede agregar el tráfico.

La función de servicio **MUX** y **DEMUX** conecta los dispositivos del Cliente al lado PON. La Terminal de red óptica (ONT) está diseñada para uso de un solo suscriptor, mientras que la ONU

(Unidad de red óptica) está diseñada para uso de múltiples suscriptores. Los divisores permiten que la PON sea compartida por hasta 128 ONT o ONU.



Interfaces ONT / ONU

El terminal de red óptica (ONT), que está conectado al OLT en el lado del enlace ascendente para la interfaz de red de servicio, tiene muchos puertos de interfaz de usuario-red. Normalmente, habrá cuatro puertos FE / GE hacia UNI.

- **Puertos UNI para ONT residencial** : normalmente, las interfaces de servicio de suscriptor como Internet de alta velocidad (HSI) 10 / 100Base-T y video sobre IP, RF coaxial para sistemas de superposición de video RF e interfaces telefónicas FXS analógicas para voz VoIP PSTN.
- **Puertos UNI para una ONT empresarial** : además de lo anterior, también pueden incluir enrutadores 10/100 / 100Base-T e interfaces de conmutadores L2 / L3 y PBX DS1 / E1 para sistemas clave.

La unidad de red óptica (ONU) termina la fibra GPON y tiene mucha más interfaz de red de usuario (UNI) para múltiples suscriptores. La interfaz UNI puede ser **ADSL2 +, VDSL2, Power Line, MoCA** o **HPNA** , y la distancia al suscriptor (10/100 Base-T está limitado a 100 m, que es 330 pies).

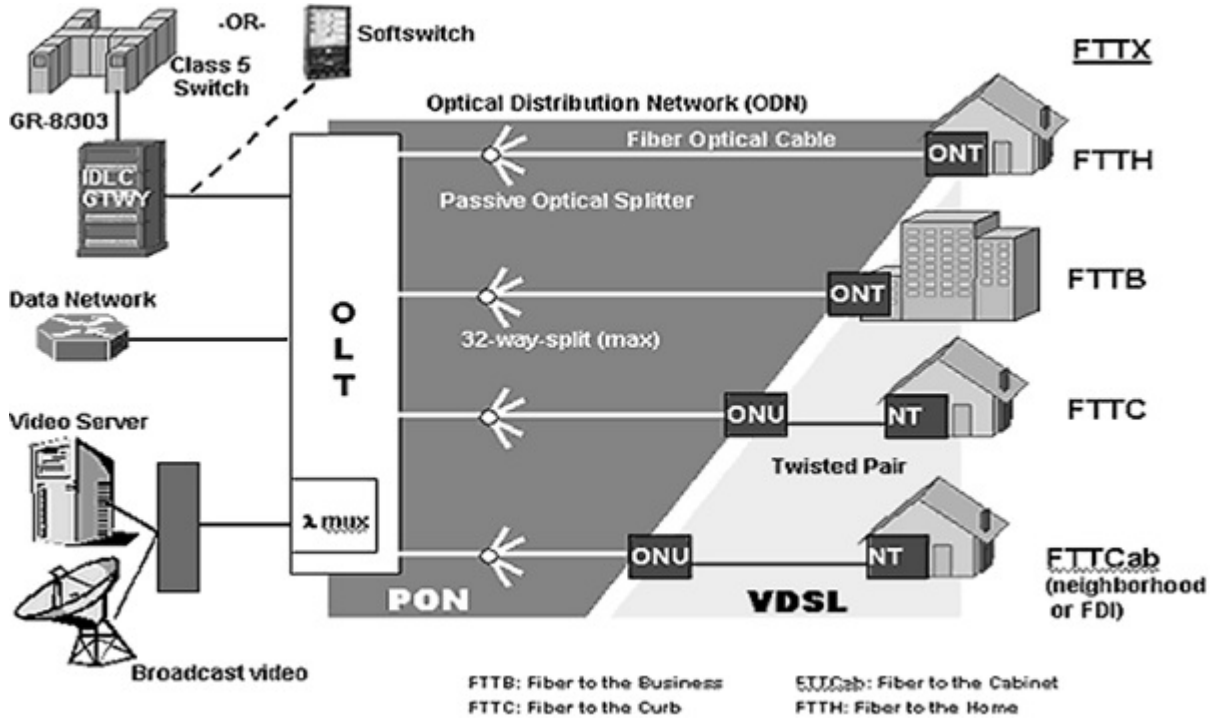
Según el tipo de puertos de interfaz, es posible que **UN UNI** no pueda conectarse directamente a un equipo CPE de suscriptor. En este caso, la UNI se conecta a una terminación de red (NT), que se coloca en la ubicación final del suscriptor. NT termina el equipo CPE del suscriptor, como una PC, enrutador inalámbrico, teléfono, decodificador de video IP o decodificador, video de RF, etc.

Básicamente, una ONT combina la función de una ONU y una NT en un solo dispositivo. Esta combinación de los dos; juntos hacen de la ONT la solución más rentable para proporcionar servicios GPON a empresas locales y unifamiliares, pequeñas y medianas. Sin embargo, si un

cliente en el campus como estudiantes, albergues, escuelas, universidades, hospitales u oficinas corporativas, donde ya hay cable de cobre CAT-5 está tendido, la ONU puede servir como una solución más adecuada.

Red de distribución óptica

El GPON ODN, que consta de un cable y fibra óptica monomodo; los cables de cinta de fibra óptica, empalmes, conectores ópticos, divisores ópticos pasivos y componentes de ramificación pasivos son muy pasivos.



Los divisores ópticos ODN dividen la fibra única en múltiples fibras que van a diferentes edificios y hogares individuales. Los divisores se pueden colocar en cualquier lugar de la ODN, desde la Oficina Central (CO) / Intercambio Local (LE) hasta las instalaciones del cliente y pueden ser de cualquier tamaño. Los divisores se designan como [n: m], donde 'n' es el número de entrada (hacia OLT) = 1 o 2, y 'm' es el número de salidas (hacia ONT) = 2,4,8,16 , 32,64.

Multiplexación / encuadre GPON

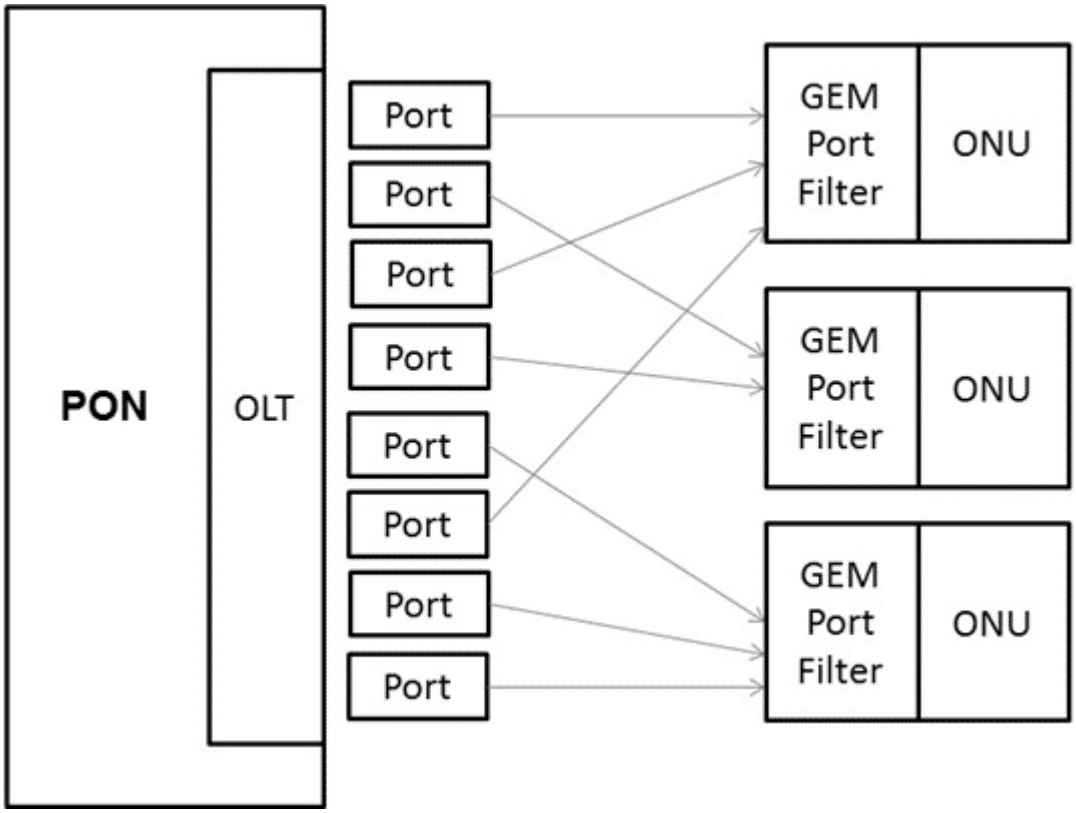
La multiplexación o encuadre GPON se explica con los siguientes factores.

Método de encapsulación GPON (GEM)

Es el esquema de transporte de datos en la capa de convergencia de transmisión GPON especificada. GEM proporciona un mecanismo de entramado de longitud variable y orientado a la conexión para el transporte de servicios de datos a través de la red óptica pasiva (PON). GEM está diseñado para ser independiente del tipo de interfaz del nodo de servicio en la OLT, así como de los tipos de interfaces UNI en las ONU.

Tráfico descendente (OLT hacia ONU / ONT)

Para el **tráfico descendente** , las funciones de multiplexación de tráfico están centralizadas en OLT. Un ID de puerto GEM, en forma de un número de 12 bits asignado por la OLT a las conexiones lógicas individuales, identifica las tramas GEM que pertenecen a diferentes conexiones lógicas descendentes. Cada ONU filtra las tramas GEM descendentes en función de sus ID de puerto GEM y procesa solo las tramas GEM que pertenecen a la ONU.



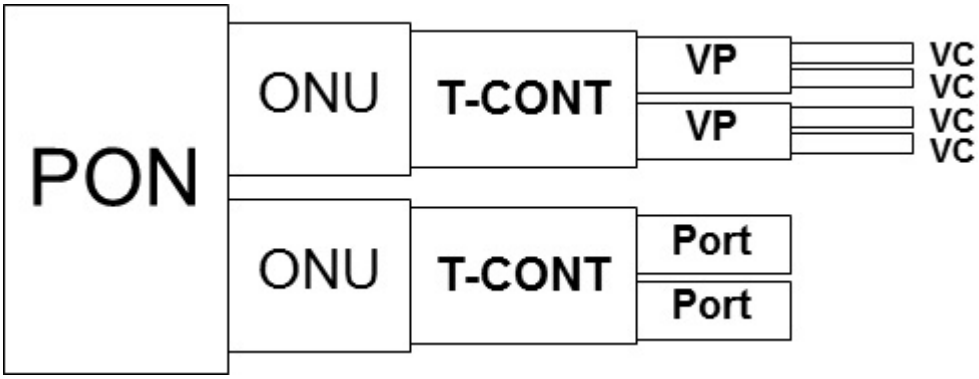
Tráfico ascendente (ONU / ONT hacia OLT)

La OLT otorga a las entidades portadoras de tráfico dentro de la ONU la oportunidad de transmisión ascendente (o asignación de ancho de banda). Estas entidades portadoras de tráfico se identifican mediante los **ID de asignación** (Alloc-ID). El identificador de asignación (Alloc-ID) es un número de 12 bits que la OLT asigna a una ONU para identificar una entidad portadora de tráfico. Recibe asignaciones de ancho de banda en sentido ascendente dentro de la ONU.

Las asignaciones de ancho de banda a diferentes Alloc-ID se multiplexan en el tiempo según lo especificado por la OLT en los mapas de ancho de banda transmitidos en sentido descendente. Dentro de cada asignación de ancho de banda, la ONU utiliza el ID de puerto GEM como clave de multiplexación para identificar las tramas GEM que pertenecen a diferentes conexiones lógicas ascendentes.

Un **contenedor de transmisión** (T-CONT) es un objeto ONU que representa un grupo de conexiones lógicas. Aparece como una entidad única a los efectos de la asignación de ancho de banda ascendente en la PON. Según el esquema de mapeo, el tráfico de servicio se lleva a diferentes puertos GEM y luego a diferentes T-CONT.

El mapeo entre el puerto GEM y el T-CONT es flexible. Un puerto GEM puede corresponder a un T-CONT; o varios puertos GEM pueden corresponder al mismo T-CONT.



Capa de convergencia de transmisión (GTC) de G-PON

Una capa de protocolo del conjunto de protocolos G-PON que se coloca entre la capa **dependiente de medios físicos** (PMD) y los clientes G-PON. La capa GTC está compuesta por una subcapa de entramado GTC y una subcapa de adaptación GTC.

En sentido descendente, las tramas GEM se transportan en la cabida útil GTC, que llegan a todas las ONU. La subcapa de encuadre ONU extrae las tramas y el adaptador GEM TC filtra las tramas en función de su ID de puerto de 12 bits. Solo las tramas con los identificadores de puerto apropiados pueden pasar a la función de cliente GEM.

En sentido ascendente, el tráfico GEM se transporta a través de uno o más T-CONT. La OLT recibe la transmisión asociada con el T-CONT y las tramas se envían al adaptador GEM TC y luego al cliente GEM.

Estructura de la capa GTC

La **trama descendente** tiene una duración de 125 microsegundos y tiene una longitud de 38880 bytes, lo que corresponde a la velocidad de datos descendente de 2.48832 Gbit / s. La trama GTC descendente consta del bloque de control físico descendente (PCBd) y la sección de carga útil GTC.

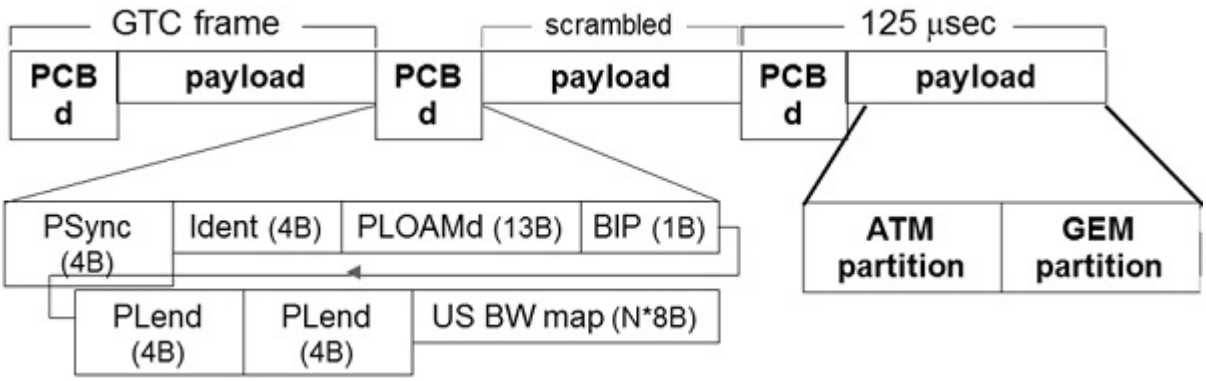
Las tramas de convergencia de transmisión GPON siempre tienen una longitud de 125 Mseg.

- 19440 bytes / cuadro para una velocidad de 1244,16
- 38880 bytes / cuadro para una velocidad de 2488,32

Cada trama GTC consta de un bloque de control físico descendente + carga útil

- PCBd contiene información de sincronización, OAM, DBA, etc.

La carga útil puede tener particiones ATM y GEM (una o ambas)



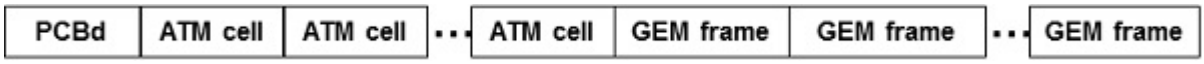
La duración de la **trama GTC ascendente** es de 125 µs. En los sistemas G-PON con el enlace ascendente de 1.24416 Gbit / s, el tamaño de la trama GTC ascendente es de 19.440 bytes. Cada trama ascendente contiene una serie de ráfagas de transmisión procedentes de una o más ONU.

Cada ráfaga de transmisión ascendente contiene una sección de sobrecarga de la capa física ascendente (PLOu) y uno o más intervalos de asignación de ancho de banda asociados con los Alloc-ID individuales. La trama GTC descendente proporciona la referencia de tiempo común para la PON y la señalización de control común para la secuencia ascendente.

Cargas GPON

La carga útil de GTC tiene potencialmente dos secciones:

- Partición ATM (Alen * 53 bytes de longitud)
- Partición GEM (ahora método preferido)



Partición de cajero automático

La partición ATM tiene las siguientes características.

- Alen (12 bits) se especifica en el PCBd.
- Alen especifica el número de celdas 53B en la partición ATM.
- Si Alen = 0, entonces no hay partición ATM.
- Si Alen = longitud de carga útil / 53, entonces no hay partición GEM.
- Las células ATM están alineadas con la trama GTC.
- Las ONU aceptan células ATM basadas en VPI en el encabezado ATM.

Partición GEM

La partición GEM tiene las siguientes características.

- A diferencia de las células ATM, las tramas delimitadas por GEM pueden tener cualquier longitud.

- La partición GEM puede contener cualquier número de tramas GEM.
- Las ONU aceptan tramas GEM basadas en 12b Port-ID en el encabezado GEM.

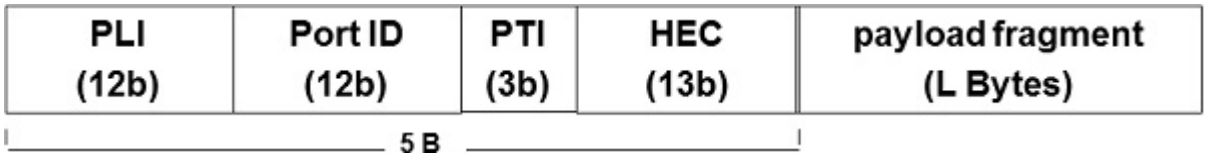
Modo de encapsulación GPON

Una queja común contra BPON fue la ineficacia debido al impuesto a las celdas ATM. GEM es similar a ATM. Tiene un encabezado protegido por HEC de tamaño constante. Sin embargo, evita grandes gastos generales al permitir marcos de longitud variable. GEM es genérico: se admite cualquier tipo de paquete (e incluso TDM). GEM admite la fragmentación y el reensamblaje.

GEM se basa en GFP y el encabezado contiene los siguientes campos:

- Indicador de longitud de carga útil: longitud de carga útil en bytes.
- ID de puerto: identifica la ONU objetivo.
- Indicador de tipo de carga útil (GEM OAM, indicación de congestión / fragmentación).
- Campo de corrección de errores de encabezado (código BCH (39,12,2) + paridad par 1b)

El encabezado GEM se XOR'ed con B6AB31E055 antes de la transmisión.



Ethernet / TDM sobre GEM

Al transportar tráfico Ethernet a través de GEM

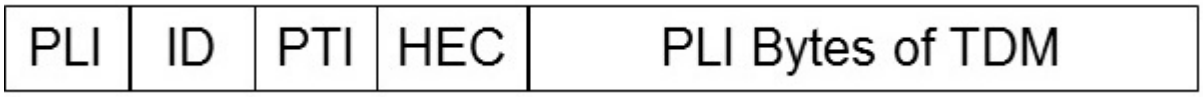
- Solo se encapsula la trama MAC (sin preámbulo, SFD, EFD)
- La trama MAC puede estar fragmentada (vea la siguiente diapositiva).

Ethernet sobre GEM

Al transportar tráfico TDM sobre GEM:

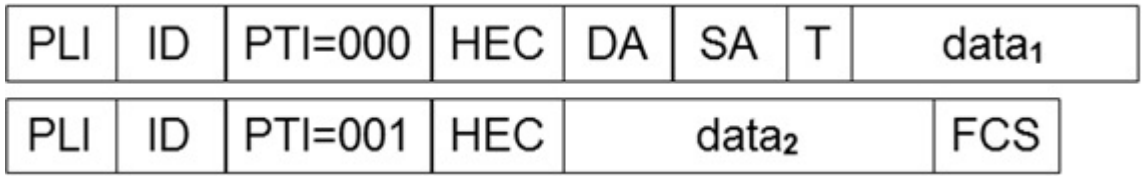
- Búfer de entrada TDM sondeado cada 125 Mseg.
- Los bytes PLI de TDM se insertan en el campo de carga útil.
- La longitud del fragmento TDM puede variar en ± 1 Byte debido al desplazamiento de frecuencia.
- Latencia de ida y vuelta limitada por 3 ms.

TDM sobre GEM



GEM puede **fragmentar** su carga útil. Por ejemplo, trama Ethernet no fragmentada como se muestra en la siguiente ilustración.

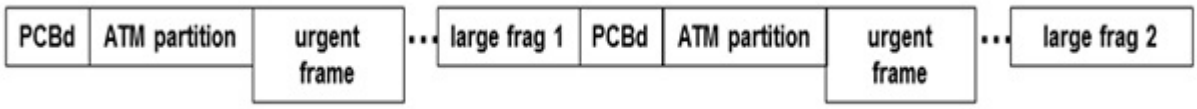
La siguiente ilustración muestra una trama Ethernet fragmentada.



GEM fragmenta las cargas útiles por cualquiera de las dos razones siguientes:

Razón 1 : el marco GEM puede no estar a caballo entre el marco GTC.

Razón 2 : la trama GEM puede sustituirse por datos sensibles al retardo.



Cifrado GPON

OLT encripta usando AES-128 en el modo contador. Solo la carga útil está cifrada (no los encabezados ATM o GEM). Los bloques de cifrado están alineados con la trama GTC. El contador es compartido por OLT y todas las ONU de la siguiente manera:

- 46b = 16b intratrama + 30 bits entre tramas.
- El contador intracuadro se incrementa cada 4 bytes de datos.
- Restablezca a cero al comienzo de la trama DS GTC.

OLT y cada ONU deben acordar una clave simétrica única. OLT solicita a ONU una contraseña (en PLOAMd). ONU envía contraseña US en claro (en PLOAMu) -

- Llave enviada 3 veces para robustez

OLT informa a la ONU de la hora precisa para comenzar a usar la nueva clave.

QoS - GPON

GPON trata la QoS de forma explícita. Los fotogramas de longitud constante facilitan la QoS para aplicaciones urgentes. Hay 5 tipos de contenedores de transmisión:

- Tipo 1 - BW fijo.
- Tipo 2 - BW asegurado.
- Tipo 3 - BW asignado + BW no asegurado.
- Tipo 4: mejor esfuerzo.
- Tipo 5: superconjunto de todos los anteriores.

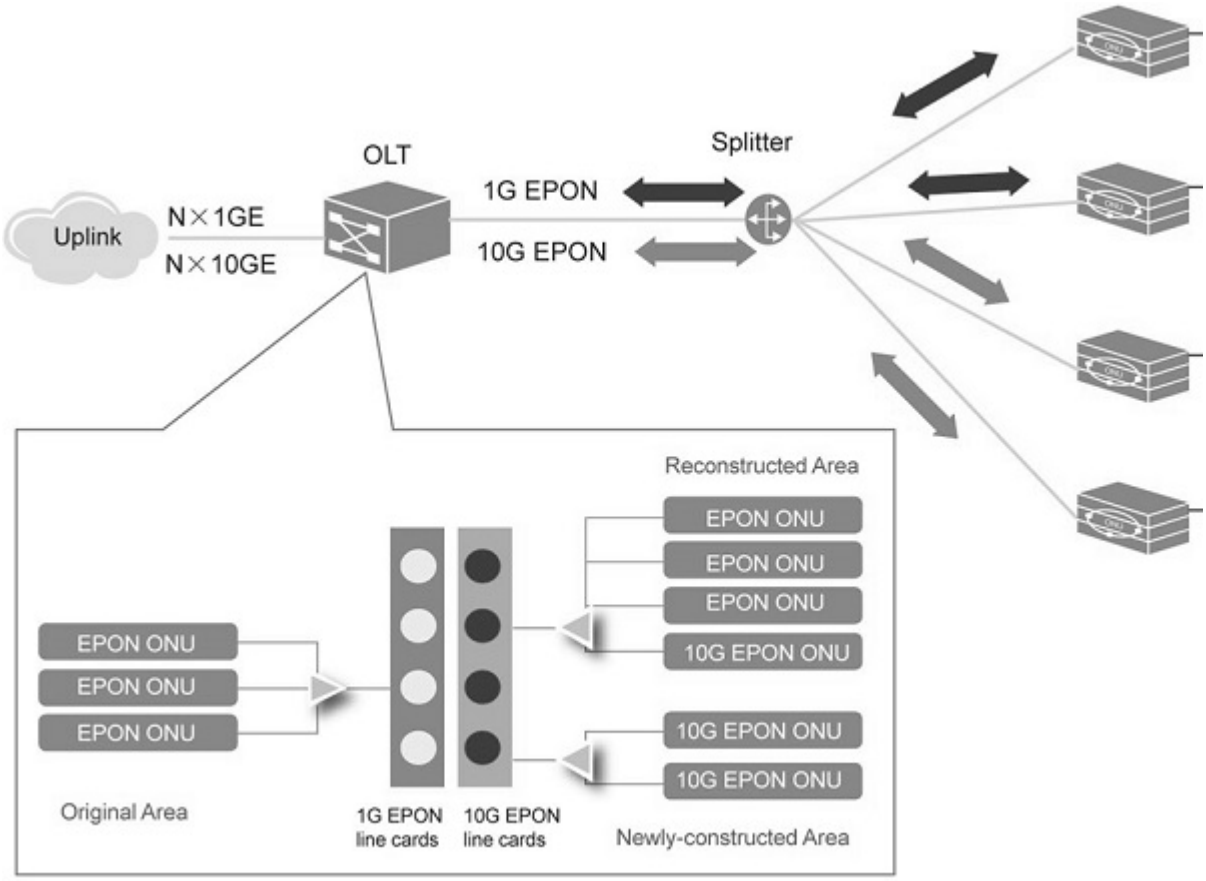
GEM agrega varias características de QoS de capa PON:

- La fragmentación permite la apropiación de tramas grandes de baja prioridad.
- PLI: la longitud de paquete explícita se puede utilizar mediante algoritmos de cola.
- Los bits PTI llevan indicaciones de congestión.

En el próximo capítulo, entenderemos qué es la red óptica pasiva Ethernet.

FTTH - EPON

La **red óptica pasiva de Ethernet** (EPON) es una PON que encapsula datos con Ethernet y puede ofrecer una capacidad de 1 Gbps a 10 Gbps. EPON sigue la arquitectura original de un PON. Aquí, el DTE se conecta al tronco del árbol y se llama **Optical Line Terminal** (OLT) como se muestra en la siguiente ilustración.



Por lo general, se encuentra en el proveedor de servicios, y las ramas del DTE conectadas del árbol se denominan **Unidad de red óptica** (ONU), ubicada en las instalaciones del suscriptor. Las señales de la OLT pasan por un divisor pasivo para alcanzar la ONU y viceversa.

Ethernet en la primera milla

El proceso de estandarización comenzó cuando en noviembre de 2000 se estableció un nuevo grupo de estudio denominado **Ethernet en la Primera Milla** (EFM), que tenía como objetivos principales el estudio de fibra Ethernet punto a multipunto (P2MP) con Ethernet cobre. Ethernet sobre fibra punto a punto (P2P) y sobre un mecanismo operativo de red, administración y mantenimiento (OAM) para facilitar el funcionamiento de la red y la resolución de problemas. El grupo de trabajo EFM finaliza el proceso de normalización con la ratificación de la **IEEE Std 802.3ah** en junio de 2004.

Un producto de EFM (Ethernet en la primera milla). Una tecnología PON basada en Ethernet. Se basa en un estándar importante: IEEE 802.3ah. Basado en el Protocolo de control multipunto (MPCP), definido como una función dentro de la subcapa de control MAC, para controlar el acceso a una topología P2MP.

La base del protocolo EPON / MPCP se encuentra en la subcapa de emulación punto a punto (P2P). Su tasa de transmisión es → simétrica 1.25G; distancia: 10 KM / 20 KM; relación del divisor:> 1:32. El EFM señala muchas ventajas de EPON basado en Ethernet como tecnología central, incluida la madurez de los protocolos, la tecnología simple, la flexibilidad de extensión y la orientación a los usuarios.

El sistema EPON no elige costosos hardware ATM y equipos SONET, lo que lo hace compatible con la red Ethernet existente. Simplifica la estructura del sistema, reduce los costos y se vuelve flexible para actualizar. Los vendedores de equipos se centran en optimizar la función y la viabilidad.

Sistemas ATM BPON

Los sistemas basados en ATM de BPON han demostrado ser muy ineficientes, ya que la gran mayoría del tráfico a través de la red de acceso consiste en grandes tramas IP y tamaños variables. Ha creado la oportunidad para el desarrollo de EPON puramente basado en Ethernet, **contraseña GigE que disfruta de QoS** e integración rentable con otros equipos Ethernet emergentes. Ethernet ha demostrado con el tiempo ser el transportador ideal para el tráfico IP.

En consecuencia, el estándar IEEE 802.3ah 802.3 instruyó al grupo de trabajo "Ethernet en la primera milla" con el desarrollo de estándares para redes de acceso punto a punto y punto a multipunto, este último indicando Ethernet PON. EPON es actualmente parte del estándar Ethernet.

El desarrollo de la red óptica pasiva (GPON), es decir, el estándar equipado con Gigabit (serie G.984) ha comenzado realmente después de las propuestas de los **miembros de FSAN (Quantum Bridge, Al)** para una solución ATM / Ethernet PON. Gbps, que es independiente del protocolo, no fue muy popular dentro del grupo de trabajo IEEE 802.3ah. FSAN ha decidido perseguir esto como un estándar competitivo diferente al de la UIT.

EPON y GPON se basan en gran medida en G.983, el estándar de BPON, cuando se trata de conceptos generales que funcionan bien (funcionamiento de la **red de distribución óptica** PON (ODN), plan de longitud de onda y aplicación). Ambos ofrecen su propia versión de mejoras para acomodar tramas IP / Ethernet de mejor tamaño a velocidades variables Gbps.

Red de acceso especificada por el estándar Ethernet IEEE 802.3ah y también conocida como Ethernet en la Primera Milla. La sección cinco de IEEE802.3ah compone el IEEE Std 802.3 que corresponde a la definición de servicios y elementos de protocolo. Permite el intercambio de tramas en formato IEEE 802.3 entre estaciones en una red de acceso de abonado.

Concepto de EPON

EFM ha introducido el concepto de EPON en el que se implementa una topología de red punto a multipunto (P2MP) con divisores ópticos pasivos. Sin embargo, la fibra Ethernet punto a punto ofrece el mayor ancho de banda a un costo razonable. La fibra Ethernet punto a multipunto proporciona un ancho de banda relativamente alto a un costo menor. El propósito de IEEE Std 802.3ah era extender la aplicación de Ethernet para incluir redes de suscriptores de acceso para proporcionar un aumento significativo en el rendimiento y minimizar los costos de operación y mantenimiento de los equipos.

La conclusión del estándar EFM IEEE 802.3ah amplía significativamente el alcance y el alcance del transporte Ethernet para su uso en redes de acceso y metro. Este estándar permite a los

proveedores de servicios una variedad de soluciones flexibles y rentables para la provisión de servicios Ethernet de banda ancha en las redes de acceso y metro.

EFM cubre una familia de tecnologías que difieren en el tipo de medio y la velocidad de señalización: está diseñado para implementarse en las redes de un tipo o varios medios FSM, así como para interactuar con 10/100/1000/10000 Mb mixtos. / s redes Ethernet. Cualquier topología de red definida en IEEE 802.3 puede usarse en las instalaciones del suscriptor y luego conectarse a una red de acceso de suscriptor Ethernet. La tecnología EFM permite diferentes tipos de topologías para lograr la máxima flexibilidad.

Estándar IEEE 802.3ah

IEEE Std 802.3ah incluye especificaciones para las redes de acceso Ethernet del suscriptor y IEEE Std 802.3ah EPON admite una tasa nominal de aproximadamente 1 Gb / s (ampliable a 10 Gb / s) para cada canal. Estos se definen por dos longitudes de onda: una **longitud de onda descendente** y otra para la dirección **ascendente** compartida entre los dispositivos de usuario.

EFM admite enlaces full duplex, de modo que se puede definir un control de acceso a medios (MAC) simplificado full duplex. La arquitectura Ethernet divide la capa física en un **medio físico dependiente** (PMD), un **medio físico adjunto** (PMA) y una **subcapa de codificación física** (PCS).

EPON implementa una topología de red P2MP con extensiones apropiadas para el control de MAC de subcapa de reconciliación y subcapa, y fibra óptica bajo capas dependientes del medio físico (PMD) para soportar esta topología.

Capa fisica

Para las topologías P2MP, EFM introdujo una familia de sistemas de señalización para la capa física que se derivan de 1000BASE-X. Sin embargo, incluye extensiones de RS, PCS y PMA, con una capacidad opcional de **corrección de errores hacia adelante** (FEC). Las subcapas 1000BASE-X PCS y PMA mapean las características de la interfaz. La subcapa PMD (incluido MDI) los servicios esperados por la reconciliación de la capa base. 1000BASE-X se puede ampliar para admitir otros medios dúplex completo; solo requiere que el entorno sea coherente con el nivel de PMD.

Interfaz de carga media (MDI)

Es la interfaz entre PMD y los medios físicos. Describe las señales, los medios físicos y las interfaces mecánicas y eléctricas.

Dependiente del medio físico (PMD)

PMD es responsable de la interfaz con el medio de transmisión. PMD genera señales eléctricas u ópticas según la naturaleza del medio físico conectado. Las conexiones 1000BASE-X sobre PON hasta al menos 10 kilómetros y 20 kilómetros (capas de fondo 1000BASE-PX10 y 1000BASE-PX20 PMD) proporcionan P2MP.

En un PON Ethernet, los sufijos D y U indican PMD en cada extremo del enlace, que transmite en estas direcciones y recibe en la dirección opuesta, es decir, un solo PMD descendente se identifica como 1000BASE-PX10-D y ascendente 1000BASE-PX10 U PMD. Las mismas fibras se utilizan simultáneamente en ambas direcciones.

Un PMD 1000BASE-PX-U o un PMD 1000BASE-PX-D está conectado al PMA 1000BASE-X apropiado y al soporte a través de MDI. PMD se combina opcionalmente con funciones de gestión a las que se puede acceder a través de la interfaz de gestión. Para permitir las posibilidades de actualización en el caso de Pons de 10 km o 20 km, tanto el PMD 1000BASE-PX20-D 1000BASE-PX10 como el PMDU son interoperables entre sí.

Accesorio de medio físico (PMA)

PMA incluye las funciones de transmisión, recepción, recuperación de reloj y alineación. El PMA proporciona una vía intermedia independiente para que PCS admita el uso de una gama de series de medios físicos orientados a bits. La subcapa de codificación física (PCS) comprende funciones de bits de codificación. La interfaz PCS es **una interfaz independiente de medios Gigabit** (GMII), que proporciona una interfaz uniforme a la subcapa de reconciliación para todas las implementaciones de PHY de 1000 Mb / s.

Interfaz independiente de medios Gigabit (GMII)

La interfaz GMII se refiere a la interfaz entre la **capa Gigabit MAC** y la **capa física** . Permite múltiples DTE mezclados con una variedad de implementaciones de la **capa física de** velocidad gigabit . La interfaz de servicio de PCS permite que 1000BASE-X PCS transfiera información hacia y desde un cliente de PCS. Los clientes de PCS incluyen MAC (a través de la capa base de reconciliación) y repetidor. La interfaz PCS se define precisamente como la Interfaz Independiente de Medios Gigabit (GMII).

La **subcapa de reconciliación** (RS) asegura la correspondencia de las señales GMII que definen el medio de control de acceso al servicio. GMII y RS se utilizan para proporcionar medios independientes de modo que se pueda utilizar un medio idéntico de controlador de acceso con cualquier tipo de PHY óptico y de cobre.

Capa de enlace de datos (control MAC multipunto)

Se especificó el protocolo de control MAC para soportar y nuevas funciones para ser implementadas y agregadas al estándar al mismo tiempo. Es el caso del protocolo de control multipunto (MPCP). El protocolo de gestión de P2MP es una de las funciones definidas por el Protocolo de control multipunto.

La funcionalidad de control MAC multipunto se implementa para acceder a dispositivos del abonado que contienen dispositivos de capa física punto a multipunto. Por lo general, las jurisdicciones de emulación de MAC proporcionan un servicio punto a punto entre OLT y la ONU, pero ahora se incluye una instancia adicional con un objetivo de comunicación para todas las ONU a la vez.

MPCP (Protocolo de control multipunto)

MPCP es muy flexible y fácil de implementar. MPCP utiliza cinco tipos de mensajes (cada mensaje es una trama de control MAC) y ONU / ONT informa múltiples límites de paquetes, OLT otorga en un límite de paquete, sin sobrecarga de delineación.

El MPCP indica el sistema entre un OLT y las ONU asociadas con una porción PON de punto a multipunto (P2MP) para permitir la transmisión productiva de información en el encabezado UPSTREAM.

MPCP realiza las siguientes funciones:

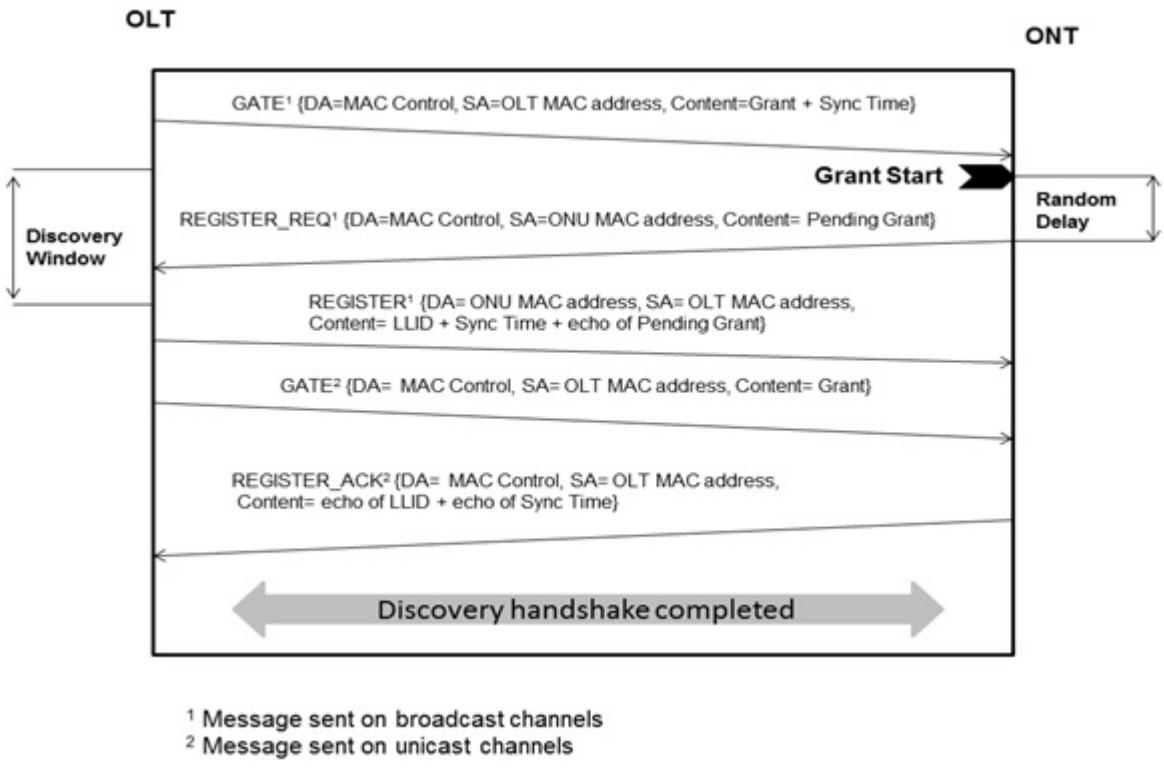
- MPCP controla el proceso de descubrimiento automático.
- Asignación de intervalo de tiempo / ancho de banda a ONT.
- Referencia de temporización proporcionada para sincronizar ONT.

MPCP ha introducido cinco nuevos mensajes de control MAC:

- Puerta, Informe
- REQ registrado
- Registrarse
- ACK registrado
- Descubrimiento automático

Resumen de la secuencia de descubrimiento de mensajes

La siguiente ilustración muestra el resumen de la secuencia de detección de mensajes.



[1] Message sent on broadcast channels
[2] Message sent on unicast channels

DBA EPON

En EPON, la comunicación entre OLT y ONY se considera descendente, OLT transmite datos descendentes hacia ONT utilizando todo el ancho de banda y, en el otro extremo, ONT recibe las fames utilizando la información disponible en las tramas Ethernet. El flujo ascendente de ONT a OLT utiliza comunicación de un solo canal, lo que significa que un canal será utilizado por múltiples ONT, lo que significa colisión de datos.

Para evitar este problema, se requiere un esquema de asignación de ancho de banda efectivo, que puede asignar recursos por igual a las ONT y al mismo tiempo garantizar la QoS, este esquema se conoce como algoritmo de **asignación dinámica de ancho de banda** (DBA). El DBA utiliza mensajes de informe y puerta para crear un programa de transmisión que se transmitirá a los ONT.

Características de DBA

Una característica importante de EPON es proporcionar diferentes servicios con una calidad de servicio óptima y una asignación efectiva de ancho de banda utilizando diferentes asignaciones de DBA para satisfacer la demanda de las aplicaciones actuales y futuras.

Actualmente, los siguientes son los dos tipos diferentes de algoritmos DBA disponibles para EPON:

- El primero es para adaptarse a las fluctuaciones del tráfico.
- El segundo es proporcionar QoS a diferentes tipos de tráfico.

Las otras características son evitar colisiones de tramas, gestión del tráfico en tiempo real a través de QoS y gestión del ancho de banda para cada suscriptor junto con la reducción del retardo en el tráfico de baja prioridad.

Formato de trama EPON

El funcionamiento de EPON se basa en Ethernet MAC y las tramas EPON se basan en tramas GbE, pero se necesitan extensiones:

- **Cláusula 64** - **M** en última **P** oint **C** ontrol **P** ROTOCOLO PDUs. Este es el protocolo de control que implementa la lógica requerida.
- **Cláusula 65** - Emulación punto a punto (reconciliación). Esto hace que EPON parezca un enlace punto a punto y los EPON MAC tienen algunas restricciones especiales.
- En lugar de CSMA / CD, transmiten cuando se conceden.
- El tiempo a través de la pila MAC debe ser constante (duraciones de ± 16 bits).
- Se debe mantener la hora local exacta.

Encabezado EPON

Ethernet estándar comienza con un preámbulo 8B esencialmente libre de contenido:

- 7B de unos y ceros alternados 10101010
- 1B de SFD 10101011

Para ocultar el nuevo encabezado PON, EPON sobrescribe algunos de los bytes del preámbulo.

El campo LLID contiene los siguientes factores:

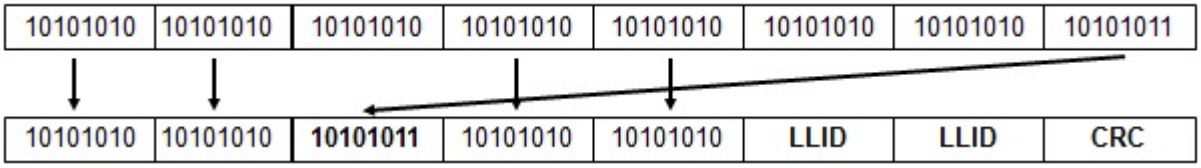
MODO (1b) -

- Siempre 0 para ONU
- 0 para OLT unidifusión, 1 para OLT multidifusión / difusión

ID de enlace lógico real (15b) -

- Identifica ONU registradas
- 7FFF para transmisión

CRC protege desde SLD (byte 3) hasta LLID (byte 7).



Seguridad

El tráfico descendente se transmite a todas las ONU, por lo que resulta fácil para un usuario malintencionado reprogramar la ONU y capturar las tramas deseadas.

El tráfico ascendente no ha estado expuesto a otras ONU, por lo que no se necesita cifrado. No considere los extractores de fibra porque EPON no proporciona ningún método de cifrado estándar, pero:

- Puede complementar con IPsec o MACsec y
- Muchos proveedores han agregado mecanismos patentados basados en AES.

BPON usó un mecanismo llamado **batido** : el **batido** era una solución de hardware de bajo costo (clave 24b) con varias fallas de seguridad, como:

- El motor era lineal: un simple ataque de texto conocido.
- La clave 24b resultó ser derivable en 512 intentos.

Por lo tanto, G.983.3 agregó soporte AES, que ahora se usa en GPON.

QoS - EPON

Muchas aplicaciones PON requieren alta QoS (por ejemplo, IPTV) y EPON deja QoS a capas más altas como:

- Etiquetas de VLAN.
- P bits o DiffServ DSCP.

Además de estos, existe una diferencia crucial entre LLID y Port-ID:

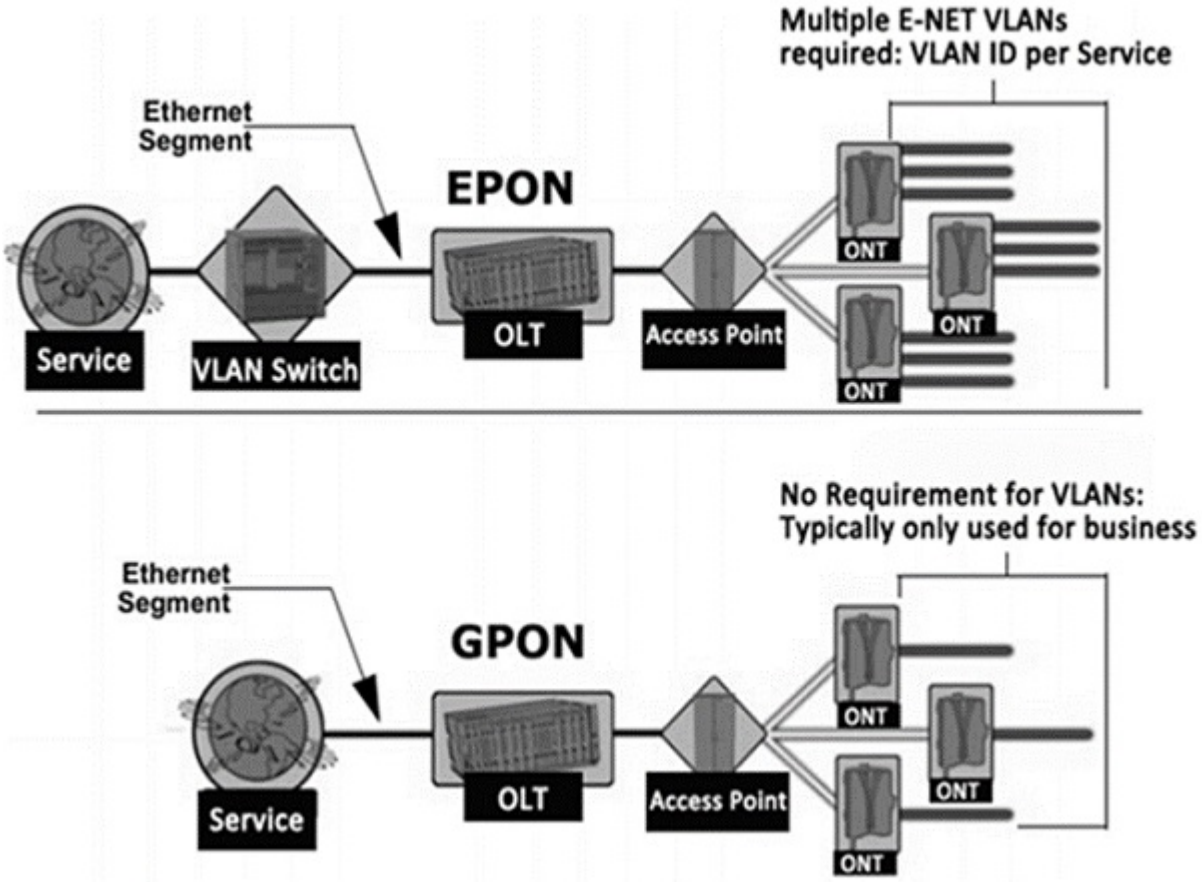
- Siempre hay 1 LLID por ONU.
- Hay 1 ID de puerto por puerto de entrada; puede haber muchos por ONU.
- Esto hace que la QoS basada en puertos sea fácil de implementar en la capa PON.

EPON vs GPON

La siguiente tabla ilustra las características comparativas de EPON y GPON:

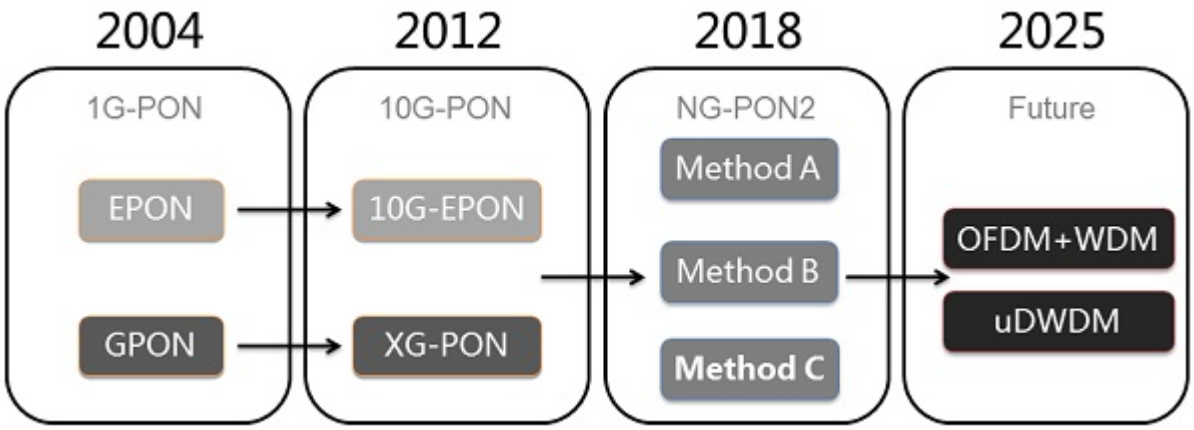
	GPON (UIT-T G.984)	EPON (IEEE 802.3ah)
Enlace descendente / enlace ascendente	2.5G / 1.25G	1,25G / 1,25G
Presupuesto de enlace óptico	Clase B +: 28dB; Clase C: 30dB	PX20: 24 dB
Relación de división	1:64 -> 1: 128	1:32
Ancho de banda real del enlace descendente	2200 ~ 2300 Mbps 92%	980 Mbps 72%
Ancho de banda real de enlace ascendente	1110 Mbps	950 Mbps
OAM	Función OMCI completa + PLOAM + incrustación de OAM	Función OAM flexible y simple
Servicio TDM y función de reloj sincronizado	TDM nativo, CESoP	CESoP
Capacidad de actualización	10G	2.5G / 10G
QoS	El horario de DBA contiene T-CONT, PORTID; fijar ancho de banda / ancho de banda garantizado / ancho de banda no garantizado / ancho de banda de mejor esfuerzo	Admite DBA, QoS es compatible con LLID y VLAN
Costo	10% ~ 20% más costo que EPON actualmente, y casi el mismo precio en gran volumen	-

La siguiente imagen muestra las diferentes estructuras de EPON y GPON -



FTTH - Evaluación XPON

La siguiente ilustración muestra la evaluación XPON.



La siguiente tabla explica los diferentes métodos de evaluación XPON.

	Modo multiplex	Tecnología típica	
Método A	TDM	40G TDM PON	OFDM PON
Método B	WDM	PtP WDM	
Método C	TDM + WDM	40G TWDM PON	NG-EPON

Después del desarrollo de GPON, FSAAN e ITU-T comenzaron a trabajar en NG-PON con las siguientes características:

- Producto de bajo costo
- Gran capacidad
- Amplia cobertura
- Compatibilidad con versiones anteriores

FSAN divide las NG-PON en dos fases en función de la tecnología y la demanda de aplicaciones actuales:

- **NG PON1** : NGPON1 es compatible con versiones anteriores de los ODN GPON heredados. NG-PON1 tiene un sistema asimétrico de 10G con 10G de bajada / descarga y 2.5G de velocidad de subida / subida. Este NG-PON1 es un sistema TDM PON mejorado de GPON.
- **NG** PON2: NGPON2 es una evaluación de PON a largo plazo, que puede admitir y desplegar sobre los nuevos ODN.

Hay muchas formas de desarrollar NG-PON2 a diferencia de NG-PON1 para mejorar la tasa de ancho de banda de 10G a 40G -

- El uso de la tecnología TDM es la misma que se utiliza para NG-PON1.
- WDM PON (utilizando multiplexación por división de longitud de onda aproximada (CWDM) o multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM).
- ODSM PON (TDMA + WDMA).
- OCDMA PON (con tecnología CDMA).
- O-OFDMA PON (Con tecnología FDMA).

Convivencia - NG-PON1

La característica principal de NG-PON1 es proporcionar un mayor ancho de banda que GPON al mismo tiempo. Debe ser compatible con versiones anteriores de la red GPON existente, lo que reducirá el costo del operador. Este NG-PON definido por FSAN e ITU-T se conoce como **XG-PON1** .

FSAN y ITU-T han definido las siguientes velocidades de datos para XG-PON1:

- Velocidad de datos descendente: 10G
- Velocidad de datos ascendente: 2,5G

La velocidad de datos ascendente de 2.5G es el doble de la velocidad de datos ascendente de GPON. Aparte de todos los elementos de GPON, ODN (red de distribución óptica) se puede reutilizar en la red XG-PON1.

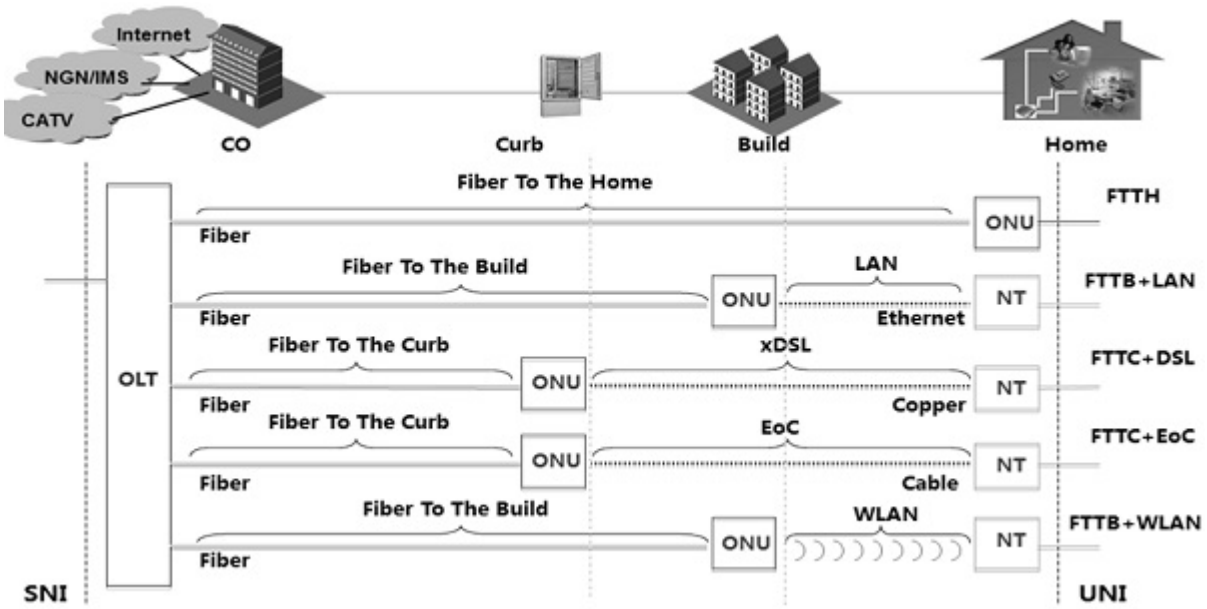
Al agregar solo una tarjeta descendente 10G en el GPON OLT existente, el GPON mejoró a XG-PON1.

Arquitectura y coexistencia de redes

Como se describió anteriormente, XG-PON1 es una mejora de GPON existente que puede admitir diferentes implementaciones de GPON, como:

- Arquitectura punto a multipunto (P2MP) de GPON
- Fibra hasta el hogar (FTTH)
- Fibra a la celda (FTTCell)
- Fibra al edificio (FTTB)
- Fibra hasta la acera (FTTCurb)
- Fibra al gabinete (FTTCabinet)

La siguiente ilustración muestra las diferentes implementaciones de GPON, que se pueden mejorar aún más con XG-PON1:



Generalmente, hay dos tipos de implementaciones:

- Despliegue de Green Field
- Despliegue de Brown Field

El campo verde se utiliza cuando se requiere una implementación completamente nueva, mientras que en la implementación de Brownfield, se utilizará la infraestructura existente. Por lo tanto, para

las implementaciones de Brown Field (solo de la red GPON), se puede usar XG-PON1. En caso de que la red de cobre deba ser reemplazada por la red de fibra, entonces se considerará bajo la Red de Campo Verde, ya que la red existente será reemplazada por la nueva red por completo.

Capa fisica

Las especificaciones de la capa física para XG-PON1 fueron revisadas en octubre de 2009 y publicadas en marzo de 2010 por ITU-T. FSAN selecciona la longitud de onda aguas abajo de 1575-1580 nm. Banda C. La banda L y la banda O se compararon en la selección de la longitud de onda ascendente, pero la banda C se eliminó debido a la superposición con los canales de video de RF. Dado que no se disponía de suficiente protección de banda en la banda L y debido a esto, también se eliminó la misma y se eligió toda comparación con respecto a los pros y contras de la banda O porque O + tiene un mayor requisito en los filtros.

Articulo	Especificaciones
Fibra óptica	UIT-T G.652
Plan de longitud de onda aguas arriba	1260 a 1280 nm
Plan de longitud de onda aguas abajo	1575 a 1580 nm
Presupuesto de energía	XG-PON1: de 14 a 29 dB XG-PON2: de 16 a 31 dB
Velocidad de datos	Aguas arriba: 2.48832 Gbps Aguas abajo: 9,95328 Gbps
Alcance físico máximo	20 kilómetros
Alcance lógico máximo	60 kilometros

Según la tabla anterior, la tasa de flujo descendente de XG-PON1 es de 10 Gbps con la tasa de datos de 9.5328 Gbps para mantener la coherencia con las tasas típicas de ITU-T, que es diferente de IEEE 10GE-PON, que es de 10.3125 Gbps.

Capa HTC

La capa de transmisión (TC Layer) se conoce como capa de convergencia de transmisión XGTC (XG-PON1), que optimiza el mecanismo de procesamiento básico. La capa de convergencia de transmisión mejora la estructura de trama, el mecanismo de activación y el DBA.

La mejora en la estructura de encuadre de XG-PON1 consiste en alinear el diseño de la trama y el campo con los límites de las palabras haciendo coincidir la tasa de XG-PON1. El mecanismo DBA

es más flexible con la actualización, mientras que el mecanismo de activación sigue el mismo principio de GPON.

Las dos características importantes de las capas XGTC son:

- Ahorro de energía
- Seguridad

El cifrado de datos era una función opcional en GPON, mientras que en xG-PON1 hay tres métodos de autenticación:

- El primero se basa en el ID de registro (ID lógico)
- El segundo se basa en canales OMCI (heredados de GPON)
- El tercero se basa en los protocolos IEEE 802.1x, que es un nuevo esquema de autenticación bidireccional.

El cifrado ascendente y el cifrado de multidifusión descendente también se proporcionan a través de la capa XGTC.

Gestión y configuración

Para la gestión y configuración, se adoptó la recomendación ITU-T (G.984.4) en XG-PON1, que también es compatible con versiones anteriores de GPON. Como GPON usa la tecnología OMCI para la administración y configuración, de manera similar, XG-PON1 usa más o menos el 90% con cambios menores en ITU-T (G.984.4).

En ambos casos (para GPON y XG-PON1) donde se adopta la tecnología de capa inferior no es una gran preocupación en lo que respecta al servicio. El factor importante es configurar el canal de Capa 2 para el reenvío adecuado de los datos del servicio. Toda la configuración L2 desde el lado de la red hasta el lado del usuario está cubierta por el modelo OMCI L2.

El modelo OMCI L2 se utiliza para ambas tecnologías, es decir, GPON y XG-PON1, ya que la definición del lado de la red y del lado del usuario es la misma para ambas tecnologías.

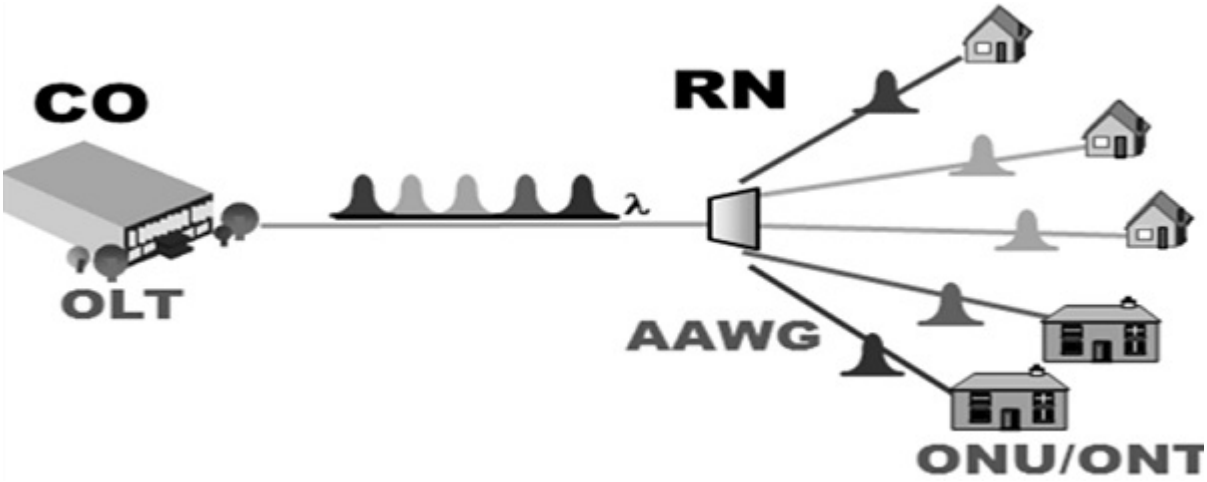
Interoperabilidad

La parte más impresionante de GPON y XG-PON1 es la interoperabilidad. XG-PON1 es compatible con versiones anteriores de GPON, en otras palabras, un ONT / ONU conectado con GPON OLT también puede funcionar con XG-PON1 OLT. FSAN estableció un grupo en 2008, conocido como OISG (Grupo de Estudio de Implementación de OMSI).

Este grupo se limitó a estudiar las recomendaciones (G.984.4) para la interoperabilidad de OMCI para el canal de control y administración de ONT (OMCC), la administración de QoS, la configuración de multidifusión, las actualizaciones de la versión de S / W y la configuración de L2. El número oficial de [G.984.4] es [ITU-T G.impl984.4] y también se denomina guía de implementación de OMCI.

WDM-PON

La siguiente ilustración es para WDM-PON, que también muestra una serie de rejillas de guía de ondas (AWG). Estos se utilizan para la longitud de onda MUX y DEMUX.



P2MP WDM-PON

En WDM-PON, se requieren diferentes longitudes de onda para diferentes ONT. Cada ONT obtiene una longitud de onda exclusiva y disfruta de los recursos de ancho de banda de la longitud de onda. En otras palabras, WDM-PON funciona en una topología lógica **punto a multipunto** (P2MP).

En el WDM-PON, se necesita que AWG esté entre OLT y ONT. Cada puerto del AWG depende de la longitud de onda y el transceptor óptico de cada ONT transmite señales ópticas en una longitud de onda específica determinada por el puerto del AWG.

En la tecnología WDM, los transceptores con longitudes de onda específicas se denominan **transceptores ópticos de color** y el transceptor, que se puede utilizar para cualquier longitud de onda, se conoce como **transceptor incoloro** . Existe una complejidad en el uso de transceptores ópticos de colores, cuyo servicio de procesamiento es el aprovisionamiento y el diseño de almacenamiento.

Los componentes AWG son sensibles a la temperatura debido a esto, existen ciertos desafíos para WDMPON en cuanto a abordar la consistencia en tiempo real entre la longitud de onda de los transceptores ópticos y el puerto AWG de conexión y entre las longitudes de onda del puerto en el AWG local (en el CO) y el puerto del AWG remoto.

ODSM-PON

En ODSM-PON, la red permanece sin cambios de CO a las instalaciones del usuario, excepto un cambio, que es el divisor WDM activo. Se colocará un divisor WDM entre OLT y ONT reemplazando al divisor pasivo. En ODSM-PON, el downstream adopta WDM, lo que significa que los datos hacia ONT usan diferentes longitudes de onda para diferentes ONT y en upstream, ODSN-PON adopta tecnologías dinámicas TDMA + WDMA.

Estándares XGPON

La siguiente tabla describe los estándares XGPON.

	Tiempo de liberación	Versión
G.987	2010.01	1.0
	2010.10	2.0
	2012.06	3,0
G.987.1	2010.01	1.0
G.987.1Amd1	2012.04	1.0amd1
G.987.2	2010.01	1.0
	2010.10	2.0
G.987.2Amd1	2012.02	2.0amd1
G.987.3	2010.10	1.0
G.987.3Amd1	2012.06	1.0amd1
G.988	2010.10	1.0
G.988Amd1	2011.04	1.0amd1
G.988Amd2	2012.04	1.0amd2

GPON - ITU y FSAN estandarizados en 2005, cumpliendo con los estándares de la serie G.984 ×.

NGPON1 -

- Los estándares G.987 / G.988 XGPON se lanzaron en 2011.
- Estandarizó el XGPON con 2.5 Gbps upstream / 10Gbps downstream.
- GPON y XGPON usan diferentes longitudes de onda para coexistir en una red.

NGPON2 -

- No considere ser compatible con la red ODN existente, un estándar más abierto de tecnología PON.
- Ahora céntrese en WDM PON y 40G PON.

Características principales de XG-PON1

La siguiente tabla describe las características principales de XG-PON1.

Articulo	Requisito	Observación
Velocidad aguas abajo (DS)	10 Gbit / s nominales	
Velocidad ascendente (EE. UU.)	Nominal 2,5 Gbit / s	XG-PON con 10 Gbit / s de velocidad de EE. UU. Se indica como XGPON2. Está para estudio futuro.
Método de multiplexación	TDM (DS) / TDMA (EE. UU.)	
Presupuesto de pérdidas	29 dB y 31 dB (clases nominales)	La clase extendida es para estudio futuro.
Proporción de división	Al menos 1:64 (1: 256 o más en la capa lógica)	
Distancia de fibra	20 km (60 km o más distancia lógica)	
Coexistencia	Con GPON (1310/1490 nm) Con RF-Video (1550 nm)	

Clase de potencia óptica XG-PON

La siguiente tabla describe la pérdida mínima y máxima de la clase de potencia óptica XG-PON.

	Clase 'Nominal1' (clase N1)	Clase 'Nominal2' (clase N2)	Clase 'Extended1' (clase E1)	Clase 'Extended2' (clase E2)
Pérdida mínima	14 dB	16 dB	18 dB	20 dB
Perdida maxima	29 dB	31dB	33 dB	35 dB

FTTH - Red de distribución óptica

En este capítulo, comprendamos qué son las relaciones divididas, el alcance máximo y la gestión del tráfico en la red de distribución óptica (ODN).

La atenuación de potencia óptica máxima permitida entre los puertos ópticos OLT y la entrada ONT es de 28 dB, que se obtiene utilizando los elementos de red ópticos denominados de Clase B. Las clases A, B y C de ODN se diferencian principalmente en la 'potencia de salida del

transmisor óptico' y la 'sensibilidad del receptor óptico de tasa de bits'. La clase A ofrece el menor presupuesto óptico y la clase C el más alto, mientras que en términos de costos están en el mismo orden. Para una relación de división máxima de 1:64, la óptica de clase B se implementa comúnmente en forma comercial.

La comparación de las ópticas ODN de clase A, B y C se muestra en la tabla siguiente:

Comparación de ópticas ODN Clase A, B y C

S.No.	Parámetro	Unidad	Clase A	Clase B	Clase C	Observaciones
1	Rango de atenuación (Rec. UIT-T G.982)	dB	5 - 20	10 - 25	15 - 30	
2	**2488 Mbps en dirección descendente**					
2.1	**Transmisor OLT**					
2.1.1	Potencia media lanzada MIN	dBm	0	+5	+3	Fibra única
2.1.2	Potencia media lanzada MAX	dBm	+4	+9	+7	Fibra única
2.1.3	Potencia media lanzada MIN	dBm	0	+5	+3	Fibra dual
2.1.4	2.1.4 Potencia media lanzada MAX	dBm	+4	+9	+7	Fibra dual
2.2	**Receptor ONU**					
2.2.1	Sensibilidad mínima	dBm	-21	-21	-28	Fibra única
2.2.2	Sobrecarga mínima	dBm	-1	-1	-8	Fibra única
2.2.3	Sensibilidad mínima	dBm	-21	-21	-28	Fibra dual
2.2.4	Sobrecarga mínima	dBm	-1	-1	-8	Fibra dual
3	**1244 Mbps en sentido ascendente**					
3.1	**Transmisor ONU**					
3.1.1	Potencia media lanzada MIN	dBm	-3	-2	+2	Fibra única
3.1.2	Potencia media lanzada MAX	dBm	+2	+3	+7	Fibra única
3.1.3	Potencia media lanzada MIN	dBm	-3	-2	+2	Fibra dual
3.1.4	Potencia media lanzada MAX	dBm	+2	+3	+7	Fibra dual
3.2	**Receptor OLT**					

3.2.1	Sensibilidad mínima	dBm	-24	-28	-29	Fibra única
3.2.2	Sobrecarga mínima	dBm	-3	-7	-8	Fibra única
3.2.3	Sensibilidad mínima	dBm	-24	-28	-29	Fibra dual
3.2.4	Sobrecarga mínima	dBm	-3	-7	-8	Fibra dual

División de señal óptica

Una sola fibra a partir de la OLT se divide a través de divisores ópticos pasivos para dar servicio a 64 ONT en las instalaciones del cliente. La misma fibra transporta flujos de bits descendentes (OLT hacia ONT) y ascendentes (ONT hacia OLT), a saber, 2.488 Mbps / 1490 nm (ventana de 1480 - 1500nm) y 1.244 Mbps / 1310 nm (ventana de 1260-1360nm) .

Superposición de RF para servicios de TV

Las señales de TV (derivadas de un Head End satelital) se transmiten opcionalmente en una tercera longitud de onda óptica de 1550 nm en la misma fibra (o adicional) introducida en el sistema FTTx a través de un subsistema de superposición de RF. La señal CATV se puede acoplar con la señal GPON después de la amplificación por EDFA. Las señales de RF CATV moduladas en la longitud de onda de 1550 nm. Se extrae a través de una función De-mux, construida dentro de la ONT y enrutada a la conexión de servicio de plano posterior para el STB / TV.