



Ramón Jesús Millán Tejedor  
Ingeniero de Soluciones de Banda  
Ancha de Ericsson España

## GPON (*Gigabit Passive Optical Network*)

Los principales operadores de telecomunicaciones del mundo están definiendo avanzadas redes convergentes de banda ancha basadas en IP, que permiten ofrecer más servicios sobre la misma infraestructura, a unos precios cada vez más competitivos. Además de reducir la inversión necesaria en equipamiento de red, esta convergencia trae consigo para los operadores una reducción de la complejidad de la gestión y unos costes operativos más bajos. Entre las tecnologías más interesantes que están permitiendo esta convergencia cabe destacar, en la parte del bucle de abonado, a GPON, la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad.

### ► Introducción

Las economías de escala y experiencia acumulada en el núcleo de la red, con elevados niveles de tráfico sobre sistemas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), ha permitido que la viabilidad económica de la fibra y los componentes

introducción de IMS (*IP Multimedia Subsystem*).

La fibra óptica es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de nueva generación, como televisión de alta definición. Las principales ventajas de tener un

menor degradación de las señales, etc. Además, la reducción de repetidores y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor espacio, menos puntos de fallo, etc. La obra civil a realizar para el tendido de fibra puede verse reducido a partir de innovadoras alternativas; por ejemplo, NTT en Japón y Verizon en EEUU han empleado en algunos casos un tendido aéreo en vez de tendido subterráneo. También cabe destacar la solución de fibra "soplada" (*blow fibre*), mediante la cual la fibra es tendida sobre canalizaciones existentes a través de pistolas de aire comprimido. Aunque tender fibra hasta el hogar pueda suponer una fuerte inversión inicial (CAPEX) ésta podrá ser rápidamente amortizada a través de la reducción de los gastos de mantenimiento (OPEX) respecto a

.....

**“Los principales operadores de telecomunicaciones del mundo han comenzado el despliegue de GPON, la tecnología de acceso de fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada ”**

.....

ópticos sea un hecho. Los servicios que se pueden emplear sobre una red de estas características son además los mismos que se pueden ofrecer sobre la red móvil, gracias a la integración que supone la

bucle de abonado de fibra óptica son muchas: mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central hasta el abonado, mayor resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad,

la infraestructura actual y a los nuevos servicios que se pueden ofrecer.

Los Gobiernos de todas las naciones reconocen la necesidad de desplegar redes de fibra óptica para mejorar la competitividad de sus economías. Los principales operadores de telecomunicaciones del mundo, incluida Telefónica, también han comenzado el despliegue de GPON, la tecnología de acceso de fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad, si bien no será hasta el año 2009 cuando arranque a toda máquina. Los principales suministradores de equipos de telecomunicación ofrecen soluciones GPON (Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Nokia-Siemens, ZTE, etc.), lo que muestra el prometedor futuro de esta tecnología emergente.

## ► Concepto de FTTH

El acrónimo FTTx es conocido ampliamente como *Fibre-to-the-x*, donde *x* puede denotar distintos destinos. Los más importantes son: FTTH (*home*), FTTB (*building*), y FTTN (*node*). En FTTH, o fibra hasta el hogar, la fibra llega hasta la casa u oficina del abonado. En cambio, en FTTB la fibra termina antes, típicamente en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados. En FTTN la fibra termina más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio. La elección de una arquitectura u otra dependerá fundamentalmente del coste unitario por usuario final y del tipo de servicios que quiera ofrecer el operador.

En una arquitectura FTTB y FTTN, que es el modelo que más éxito tendrá a corto plazo en Espa-

ña, el enlace de fibra óptica se establece entre una oficina central y un punto de distribución intermedio, y desde éste se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2 (*Very high bit-rate Digital Subscriber Line 2*) sobre par de cobre o WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) de forma inalámbrica. De este modo, el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor coste, reutilizando la infraestructura del abonado.

El FTTH Council [[www.ftth-council.org](http://www.ftth-council.org)] es un organismo sin ánimo de lucro que trata de educar, promover y acelerar el despliegue de fibra hasta el hogar. Existen varias soluciones tecnológicas para ofrecer FTTH. Estas

usuarios residenciales. Su naturaleza punto a multipunto, resultaría en ahorros significativos en la instalación de la fibra óptica y en interfaces ópticos. Además, PON no requiere de dispositivos electrónicos u optoelectrónicos activos para la conexión entre el abonado y el operador y, por lo tanto, supone una inversión y unos costes de mantenimiento considerablemente menores.

A medida que la fibra se abarataba y los distintos organismos regulatorios de cada país se interesaban más por las conexiones de redes de fibra óptica, los operadores y fabricantes comenzaron a impulsar las tecnologías PON. En la primavera de 1995, se formó el FSAN (*Full Service Access Network*) [[www.fsanweb.org](http://www.fsanweb.org)], con el fin de promover estándares me-

.....

**“A finales de los años noventa, PON comenzó a ser considerado como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios residenciales”**

.....

opciones suelen ser divididas en dos amplias categorías: PON (*Passive Optical Network*), que no requieren de componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador; y ASON (*Active Optical Network*), donde hay instalados componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador.

## ► Historia

A finales de los años noventa, PON comenzó a ser considerado, tanto por las operadoras como por los suministradores, como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los

dante la definición de un conjunto básico de requerimientos y, de este modo, mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos. Las especificaciones del FSAN, formado por los principales operadores y suministradores de equipos de telecomunicación y medida del mundo, reflejan las necesidades y el consenso de sus miembros.

En 1998, APON (*ATM PON*) fue la primera especificación concebida por el FSAN. APON tuvo un notable éxito en cuanto a despliegue comercial, pero carecía de la capacidad requerida para ofrecer vídeo. Sus velocidades iniciales

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON	ITU-T EPON
Tasa de bit (Mbps)	<i>down</i> : 1244, 622, 155 <i>up</i> : 622, 155	<i>down</i> : 2488, 1244 <i>up</i> : 2488, 1244, 622, 155	<i>down</i> : 1250 <i>up</i> : 1250
Codificación de línea	NRZ (+ <i>scrambling</i> )	NRZ (+ <i>scrambling</i> )	8b/10b
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia máxima entre ONTs)	20 km
Estándares	Serie ITU-G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Sí	No
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% <i>downstream</i> 80% <i>upstream</i>	93% <i>downstream</i> 94% <i>upstream</i>	61% <i>upstream</i> 73% <i>downstream</i>
OAM	PLOAM + OMCI	PLOAM + OMCI	Ethernet OAM (+ SNMP opcional)
Seguridad <i>downstream</i>	<i>Churning</i> o AES	AES	No definida

Tabla 1. Comparativa de las principales tecnologías PON.

eran de 155 Mbps, aunque se mejoró posteriormente para soportar hasta 622 Mbps. El protocolo de transmisión se basa en ATM, lo cual supone problemas a la hora de adaptar y provisionar servicios, así como baja eficiencia para el transporte de datos.

En 2001, el FSAN presenta **BPON (Broadband PON)**, una tecnología que también se basa en ATM, con el problema de costes y complejidad que ello supone, pero introduce una longitud de onda adicional para transportar vídeo RF. Mientras BPON estaba siendo desplegado, con un gran éxito en Japón y EEUU, se definían EPON y GPON.

**EPON (Ethernet PON)** era definido en 2004 por el grupo EFM

(*Ethernet First Mile*) del IEEE como la técnica PON de nueva generación que, influenciada por la tecnología Gigabit Ethernet existente, permitía a los suministradores de equipos lanzar rápidamente al mercado equipos de mayores anchos de banda a precios más competitivos. No obstante, EPON carecía de muchas funcionalidades necesarias para el transporte de otros servicios con calidad de operador que daban lugar a soluciones propietarias. Así mismo, la eficiencia de línea es baja debido a una codificación de línea con gran sobrecarga. Aún así, es una tecnología con un notable éxito en Corea del Sur, Japón y Taiwán.

Unos meses antes que EPON, también en 2004, se terminaba

de definir **GPON (Gigabit Passive Optical Network)** por parte del ITU-T. El estándar incluye varias velocidades de línea hasta 2,488 Gbps, simétrica y asimétrica. Con una menor sobrecarga de codificación y tiempos de guarda menores, el ancho de banda neto de GPON es mucho mayor que el de EPON. Además de transportar tráfico de datos nativo, GPON también es capaz de transportar eficientemente otros servicios. El único problema en el momento de su definición era la mayor complejidad de esta tecnología y de los componentes, que hacían imposible tener productos comerciales en tan poco tiempo como en EPON. Sin embargo, desde el año 2006 este problema está resuelto y ya hay muchos

operadores que han comenzado su despliegue.

## Características de GPON

El ITU-T (*International Telecommunications Union – Telecommunication sector*) [www.itu.int] empezó a trabajar sobre GPON en el año 2002. La principal motivación de GPON era ofrecer mayor ancho de banda, mayor eficiencia de transporte para servicios IP, y una especificación completa adecuada para ofrecer todo tipo de servicios.

GPON está estandarizado en el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x ( $x = 1, 2, 3, 4$ ). Las primeras recomendaciones aparecieron durante el año 2003 y 2004, y ha habido continuas actualizaciones en años posteriores. Aunque mucha de la funcionalidad que no está relacionada con GPON se conserva respecto a sus tecnologías predecesoras, principalmente BPON, tal y como mensajes OAM, DBA, etc., GPON se basa en una capa de transmisión completamente nueva.

GPON ofrece una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2,5 Gbps, así como soporte de tasas de bit asimétricas. La velocidad más utilizada por los actuales suministradores de equipos GPON es de 2,488 Gbps *downstream* y de 1,244 Gbps *upstream*. Sobre ciertas configuraciones se pueden proporcionar hasta 100 Mbps por abonado.

La red de acceso es la parte de la red del operador más cercana al usuario final, por lo que se caracteriza por la abundancia de protocolos y servicios. El método de encapsulación que emplea GPON

es GEM (*GPON Encapsulation Method*) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 microsegundos. GEM se basa en el estándar GFP (*Generic Framing Procedure*) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON. GPON de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes.

Además, GPON implementa capacidades de OAM (*Operation Administration and Maintenance*) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y *ranging* automático, etc.

## Arquitectura de red de GPON

La red de GPON consta de un OLT (*Optical Line Terminal*), ubicada en las dependencias del operador, y las ONT (*Optical Networking Terminal*) en las dependencias de los abonados para FTTH. La OLT consta de varios puertos de

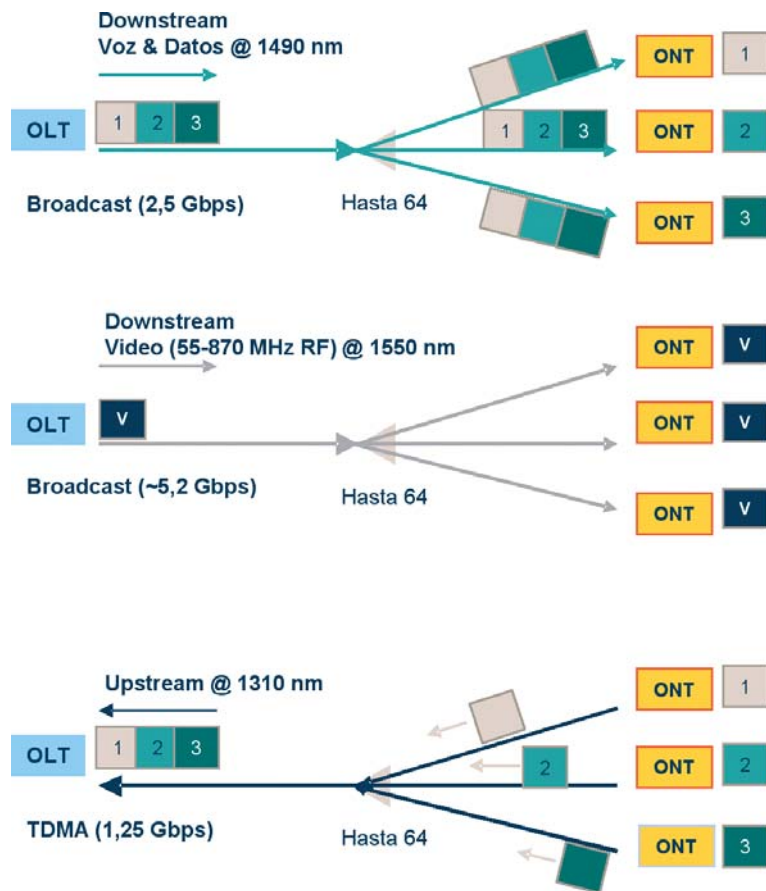


Figura 1. Funcionamiento de GPON.

línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONT en el mismo espacio que un DSLAM. En las arquitecturas FTTN las ONT son sustituidas por MDU (Multi-Dwelling Units), que ofrecen habitualmente VDSL2 hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para conseguir velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado.

Para conectar la OLT con la ONT con datos, se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda *downstream*. Mediante un pequeño divisor pasivo, que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico *downstream* originado en la OLT puede ser distribuido. Puede haber una serie de divisores pasivos  $1 \times n$  (donde  $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$ ) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en árbol.

Los datos *upstream* desde la ONT hasta la OLT -que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión *downstream*- son agregados por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico, lo que permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico *downstream*.

Para el tráfico *downstream* se realiza un *broadcast* óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso

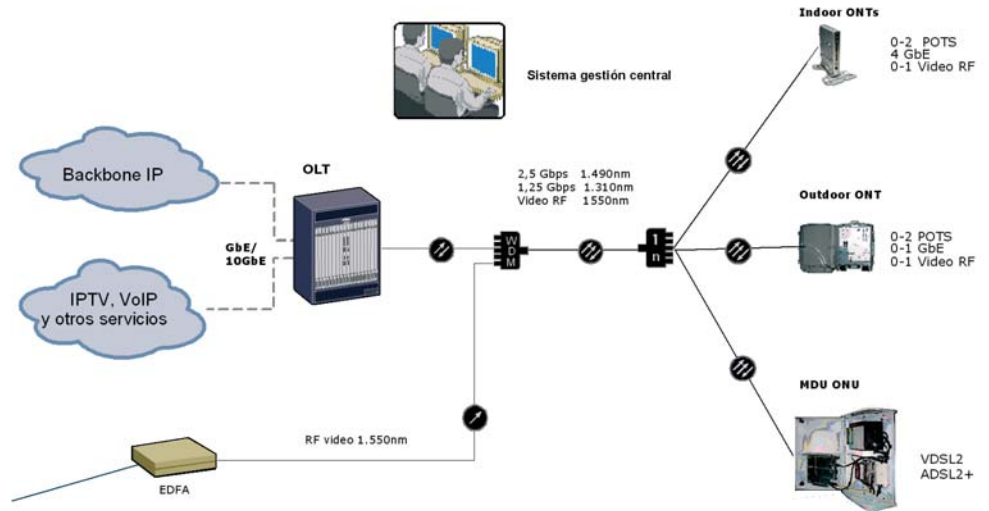


Figura 2. Arquitectura de red de GPON.

por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Standard). Para el tráfico *upstream* los protocolos basados en TDMA (Time Division Multiple Access) aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT. Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período temporal para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles.

Una de las características clave de PON es la capacidad de sobresuscripción. Esto permite a los operadores ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesitan y la red esté con capacidad ociosa, es decir, cuando no haya otros abonados en el mismo PON que están empleando todo su ancho de banda disponible. Esta funcionalidad es denominada ubicación dinámica del ancho de banda o DBA (Dynamic Bandwidth Allocation).

En una red GPON, se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos y telefónico *downstream*

(1.490 nm) y otra para el tráfico *upstream* (1.310 nm). Además, a través del uso de WDM, se asigna una tercera longitud de onda (1.550 nm) que está dedicada para el *broadcast* de vídeo RF. De este modo, el vídeo/TV puede ser ofrecido mediante dos métodos distintos simultáneamente: RF (radio frecuencia) e IPTV. Mediante RF las operadoras de cable pueden hacer una migración gradual hacia IPTV. En este caso, las ONT dispondrán de una salida para vídeo RF coaxial que irá conectada al STB tradicional. Con IPTV la señal de vídeo, que es transformada por la cabecera en una cadena de datos IP, se transmite sobre el mismo enlace IP como datos para acceso a Internet de banda ancha. El STB conectado mediante Gigabit Ethernet al ONT, convertirá de nuevo la cadena de datos en una señal de vídeo. Mediante IPTV y GPON, cuyos equipos incorporan capacidades de QoS y *multicast* IP avanzadas, los operadores puede ofrecer varios canales de alta calidad de imagen y sonido, incluidos HDTV, así como proporcionar servicios interactivos y personalizados, lo cual no es factible con vídeo RF. ◆