Impacto y explotación de las redes GPON en Cuba en el segmento de acceso



Por: MSc. Adalberto Gerardo Rojas Vargas, Especialista B en Telemática, Departamento de Investigación y Desarrollo, Dirección Central de Desarrollo y Tecnología (DCDT), ETECSA.
adalberto.rojas@etecsa.cu

Resumen

Este artículo muestra las ventajas de la transmisión de voz y datos a través de las redes GPON utilizando la fibra óptica. Esta nueva tecnología de acceso ha permitido que servicios como la televisión de alta definición, el *streaming* y las aplicaciones multimedia lleguen a los usuarios de manera más eficaz y menos costosa. Asimismo, el trabajo evalúa la tecnología GPON que se está implementando en Cuba y expone los resultados de las pruebas de campo realizadas en la provincia Ciego de Ávila encaminadas a brindar acceso a servicios convergentes en la red nacional.

Palabras clave: Redes GPON, FTTx, Transmisión, Cuba, Pruebas de campo

Abstract

This article shows the advantages of the voice and data transmission through GPON networks using fiber optic. This new access technology has allowed services such as high definition TV, streaming and multimedia applications to reach the users in a more efficiently and less expensive way. It evaluates the GPON technology implemented in Cuba and exposes the results of field tests carried out in Ciego de Ávila province aimed at provisioning access to convergence services in the national network.

***Keywords**: GPON Network, FTTx, Transmission, Cuba, Field Tests*

Introducción

Actualmente, los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones están definiendo nuevas redes convergentes de banda ancha basadas en la utilización del protocolo de Internet (IP) en el núcleo de acceso. Esto permite ofrecer más servicios sobre la misma infraestructura a precios competitivos, reducir la inversión necesaria en equipamiento de red y optimizar los recursos de fibra óptica.

La creciente demanda de servicios de acceso hasta el usuario final requiere un mayor ancho de banda para su soporte. Los métodos actuales como xDSL pueden satisfacer estas necesidades, pero su principal restricción es que no pueden cubrir grandes distancias desde el DSLAM —multiplexor de línea de acceso de abonado digital— en el centro telefónico hasta el usuario final a través de los actuales tendidos de red de cobre. Es por ello que los proveedores de servicios de Internet (ISP) han comenzado a emplear las redes ópticas pasivas GPON —*Passive Optic Network*— para sustituir el cableado de cobre y llegar lo más cercano posible al hogar con fibra óptica, solución que resulta ideal cuando las tasas de transmisión y el costo se convierten en un criterio de decisión para este mercado [1]

Evolución de las redes PON

La red GPON toma como base la tecnología FTTx —*Fibre to the x*—, donde x puede denotar distintos destinos y la elección de una arquitectura u otra dependerá fundamentalmente del costo unitario por usuario final y del tipo de servicios que quiera ofrecer el operador [1]. La filosofía de esta arquitectura se basa en compartir los costos del segmento óptico entre los diferentes terminales a fin de reducir el número de fibras a utilizar. La implantación de GPON está tomando fuerza, especialmente en países como los Estados Unidos y Japón, donde muchos operadores reducen la promoción de servicios ADSL en beneficio de la fibra con el objetivo de proponer servicios muy atractivos de banda ancha para el usuario (vídeos, aplicaciones multimedia en tiempo real, televisión de alta definición, etc.) [2].

Durante la década de los años 90, se concibió como una solución para ofrecer acceso de fibra óptica a los usuarios por su funcionalidad de punto a multipunto. Una de sus características más significativas es que no requiere dispositivos electrónicos u opto-eléctrico activos para la conexión entre el abonado y el operador lo que permite menor inversión y gastos de mantenimiento. Esta nueva arquitectura es una evolución de menor costo a alternativas tradicionales como las redes punto a punto o las redes conmutadas, puesto que reduce el equipamiento necesario para la conversión. Debido a la invención de nuevas técnicas de transmisión de datos y al auge de la red PON, se establecieron nuevas clases de esta red como se describe en la tabla 1.

PARÁMETROS	IEEE EPON	ITU-T GPON	UTI- T BPON
Velocidad de línea descendente (Mbps)	**1250**	1244.16 o 2488.16	155.52 o 622.08 o 1244.16
Velocidad de línea canal ascendente (Mbps)	1250	155.52 o 622.08 o 1244.16 o 2488.32	155.52 o 622.08
Codificación de línea	8b/10b	NRZ (+ aleatorización)	NRZ (+aleatorización)
Direccionamiento por nodo (min)	16	64	32
Direccionamiento por nodo (máx.)	256	128	64
Alcance tramo de fibra	10 Km o 20 Km	20 Km	20 Km
Protocolo nivel 2	Ethernet	Ethernet sobre ATM (GFP) y/o ATM	ATM
Soporte de tráfico TDM (voz, datos)	TDM o IP	TDM nativo sobre ATM o TMD o IP	TMD o IP
Flujos diferentes de tráficos por sistemas PON	Depende de LLID / ONUs	4096	256
Capacidad ascendente para tráfico IP	< 900 Mbps	1160 Mbps	500 Mbps
Gestión y mantenimiento OA&M	Ethernet OAM, SNMP	PL OAM + OMCI	PL OAM + OMCI
Seguridad en descendente	DES	AES	AES

Tabla 1. Comparación entre EPON, GPON y BPON. (Fuente: [3]).

A partir de estos tipos de PON, muchos fabricantes de equipos comenzaron a brindar soluciones rápidas y confiables para el mercado. Los estándares fueron aprobados en 2003 y 2004 por la ITU-T mediante las recomendaciones G.984, G.984.4 y G.984.5, que todos los desarrolladores deben cumplir para garantizar la interoperabilidad [4].

Las figuras 1 y 2 muestran una visión general sobre la evolución de las redes de acceso PON desde 1994 hasta la actualidad y su estandarización según los diferentes protocolos incorporados durante su gradual desarrollo, donde se estiman velocidades de 250 G en el acceso para el 2020.

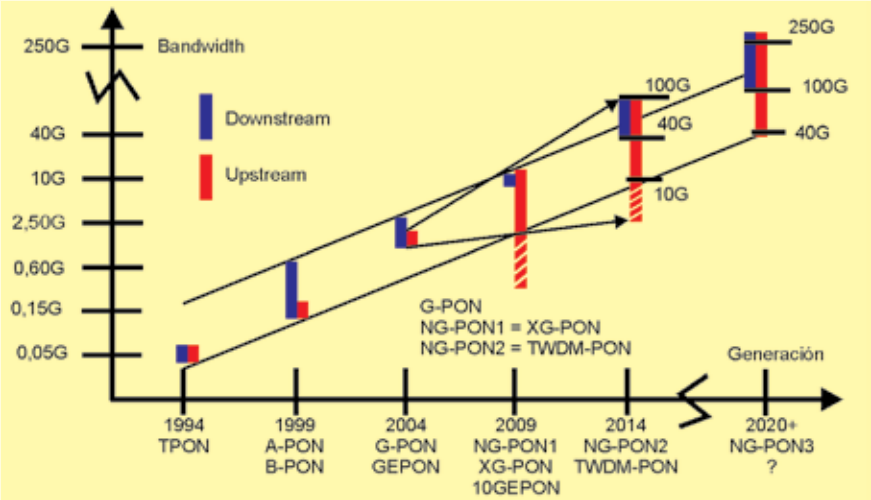


Figura 1. Evolución de redes de acceso xPON. (Fuente: IEEE (EPON), UIT (GPON) [1]).

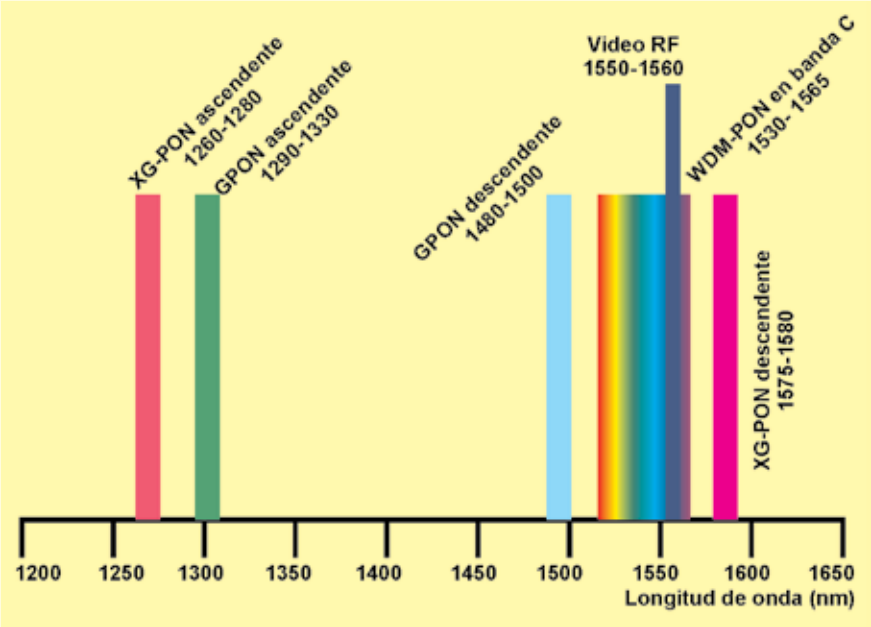


Figura 2. Asignación de espectro óptico GPON, XGPON, WDM-PON y video RF. (Fuente: UIT).

Descripción general de las redes GPON

La idea básica de la red GPON es conectar varios usuarios a la oficina central (CO) a través de una fibra que se puede dividir, lo más cerca posible de los usuarios finales, en líneas separadas de modo que cada una conecte un equipo de abonado. Estas redes constan de dos elementos activos, el terminal de línea óptica (OLT) ubicado en la CO del operador, una unidad de red óptica (ONU) ubicada en el cliente y un elemento pasivo de distribución —Red de Distribución Óptica (ODN)—, como se muestran en la figura 3.

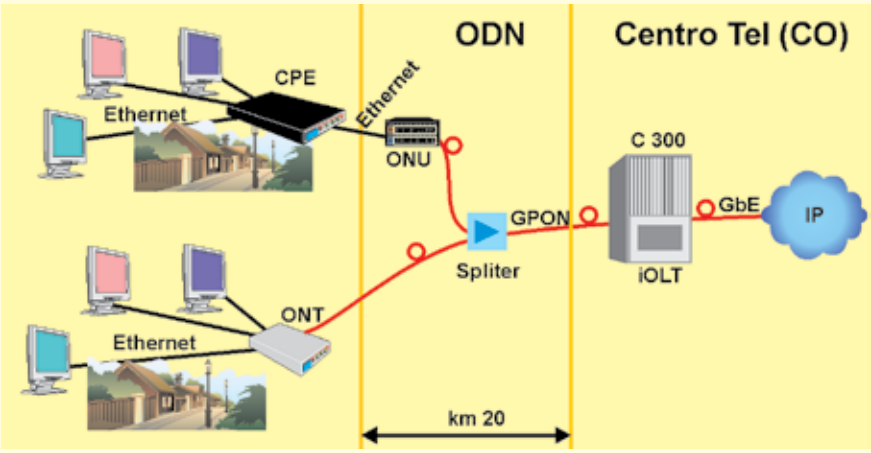


Figura 3. Diagrama general de la red GPON. (Fuente: ZTE [5]).

El OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soporta hasta 64 ONU. Aunque, en dependencia del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 14336 ONU (considerando una estructura de 19" con 14 tarjetas de servicio con 16 puertos PON y una razón de división de 1:64), en el mismo espacio que un DSLAM. En las arquitecturas FTTN, las ONU son sustituidas por MDU —*Multi-Dwelling Units*—, que ofrecen normalmente VDSL2 hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a

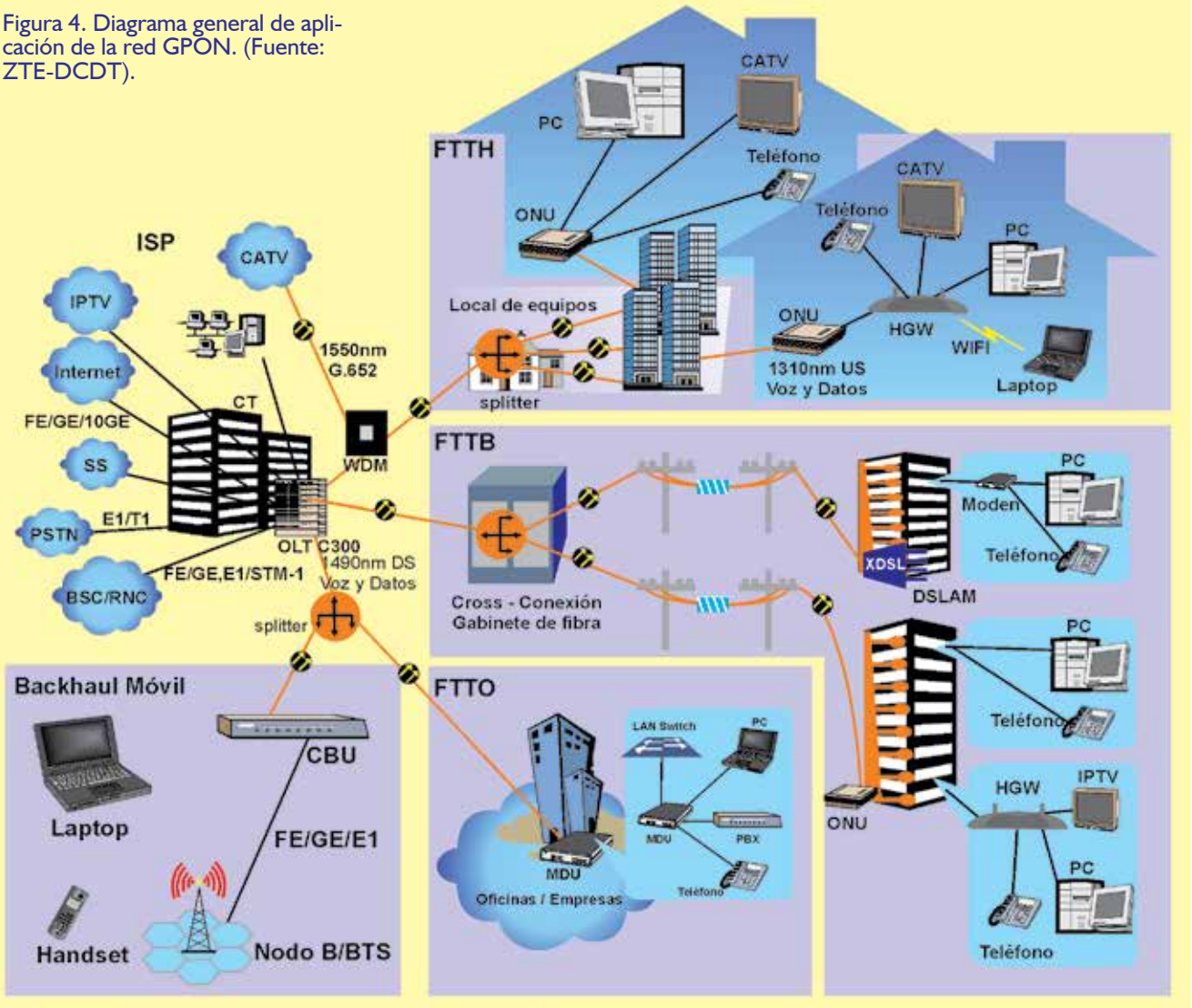
su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para lograr velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado.

La conexión del OLT con la ONU se realiza a través de un cable que transporta una longitud de onda *downstream* (1490 nm), mediante un pequeño divisor pasivo que fracciona la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, 1xn (donde n = 2, 4, 8, 16, 32, o 64) con distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esta es una arquitectura punto a multipunto [6]. Los datos *upstream* desde el ONT —terminal de red óptica— hasta el OLT —que son distribuidos en una longitud de onda distinta (1310 nm) 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 [6].

Esto permite que el tráfico sea recolectado desde el OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico *downstream*. Desde la oficina central se conecta por medio de una fibra monomodo G.652 hacia un *splitter* cercano a los usuarios finales. En este punto es donde se realiza la división de la fibra en N rutas a los suscriptores (Figura 3).

La Figura 4 detalla como se puede aplicar la red GPON en diferentes escenarios.

Figura 4. Diagrama general de aplicación de la red GPON. (Fuente: ZTE-DCDT).



Pruebas de campo con la tecnología GPON en Cuba

Con el objetivo de comprobar la interacción con las redes PSTN y NGN ya desplegadas en el territorio nacional, se realizó una prueba de campo en Cayo Coco, provincia Ciego de Ávila. De esta forma, se pudieron evaluar los parámetros, las prestaciones y bondades de este equipamiento y validar el impacto sobre la red como solución de acceso de última milla para el transporte de tráfico Ethernet de servicios de voz y datos a alta velocidad y de televisión. Estas pruebas se hicieron por etapas, primero, se evaluaron los servicios de datos, incluyendo IPTV y, posteriormente se evaluarían los servicios de voz.

Arquitectura de prueba

La figura 5 representa la conectividad del equipamiento en Cayo Coco hasta el *router* de borde PE.

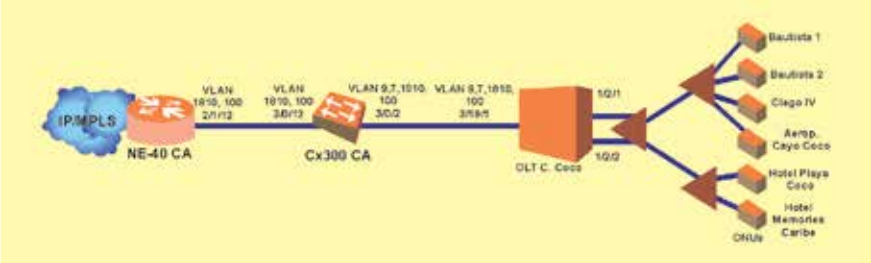


Figura 5. Conexión del equipo C300 OLT a la red IP/MPLS. (Fuente: DCDT-DTCA).

Por su parte, la figura 6 muestra una visión general del equipamiento objeto de prueba en Cayo Coco. La configuración general consiste en:

- OLT en oficina central (CO).
- MDU con interfaces *uplink* GPON y área de CPE para los 5 sitios.
- UPS para 8 horas de respaldo de energía (*backup*).
- Servicios de voz, DSL para los datos y video (IPTV).
- Suministro de energía 110V/220V AC para MDU en los sitios remotos.

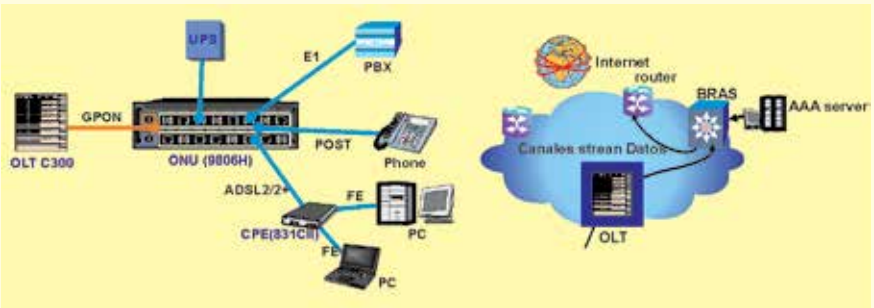


Figura 6. Topología para prueba GPON en Cayo Coco. (Fuente: ZTE-DCDT).

Oficina central (CO)

El C300 OLT está compuesto por una cabina o *subrack* de hasta dos tarjetas de control y conmutación y varias tarjetas de líneas. El número máximo de tarjetas de líneas a insertar estará en dependencia del tipo de *subrack*, 19 o 21 pulgadas. Soporta multiservicios (IP y TDM), posee una estructura 10U con tarjetas verticales y 23 *slots* (*rack* ETSI 21 pulgadas) o 21 *slots* (*rack* IEC 19 pulgadas), además de interfaces uplink 4XGE o 4X10GE e interfaces uplink TDM del tipo T1, E1, STM-1, STM-4.

La capacidad del sistema es de 16 tarjetas PON en un *shelf* (*rack* de 21 pulgadas) y 14 tarjetas PON en un *shelf* (*rack* de 19 pulgadas).

Para GPON cuenta con 128 interfaces GPON y 16384 ONT (1:128); mientras XG-PON1 tiene 32 interfaces XG-PON1 y 8192 ONT (1:256).

La configuración de prueba se realizó con 21 slots (*rack* IEC de 19 pulgadas) e interfaces *uplink* 4XGE.

Usuario MDU 9806H

Este presenta 6 *slots* distribuidos de la siguiente forma: uno para tarjeta de control, uno para tarjeta de suministro de energía y 4 tarjetas para servicios.

Las capacidades máximas se comportan como se indica a continuación:

Tarjetas: 32 ADSL/ADSL2+ por tarjeta o 24 SHDSL por tarjeta, o 24/48/64 POTS por tarjeta, o 16/24 VDSL2 por tarjeta, o 12/14FE+2GE por tarjeta, 16 FE por tarjeta, o 4*E1 por tarjeta, o 4/8 ISDN por tarjeta de líneas de abonado (máxima).

Líneas: 128 líneas ADSL/ADSL2+, o 96 líneas VDSL2, o 96 líneas SHDSL, o 64 líneas Ethernet, o 256 líneas POTS, o 32 líneas BRI, o 16 líneas PRI.

Para las pruebas se contrataron seis 9806H Mini-DSLAM, una para cada sitio. En el caso de Bautista se contrataron 2 unidades. Con 1 tarjeta de enlace GPON hacia *uplink* (hacia el OLT), tarjetas de servicio que incluyen una tarjeta de 48 líneas POTS para voz, una de 24 líneas ADSL2/2+ para datos y una con interfaces E1/RDSI (E1 tarjeta de interfaces de emulación de circuito balanceada (PRI (120_) para acceso a servicio de PBX en modo transparente.

El 9806H de ZXDSL contiene una unidad de procesamiento de VoIP incorporada que soporta PSTN o el servicio de voz de ISDN con tarjetas de POTS / ISDN (PRI o BRI). Para los servicios de datos el recorrido sería desde el usuario PPPoE, desde el CPE, MDU, OLT hasta el BRAS, AAA, Internet.

En la figura 7 se observa la configuración de la prueba a partir de la red de distribución de fibra óptica (ODN) desplegada en el Cayo. Se muestran las mediciones realizadas en cada uno de los sitios a partir del ODF del Centro telefónico de Cayo Coco.

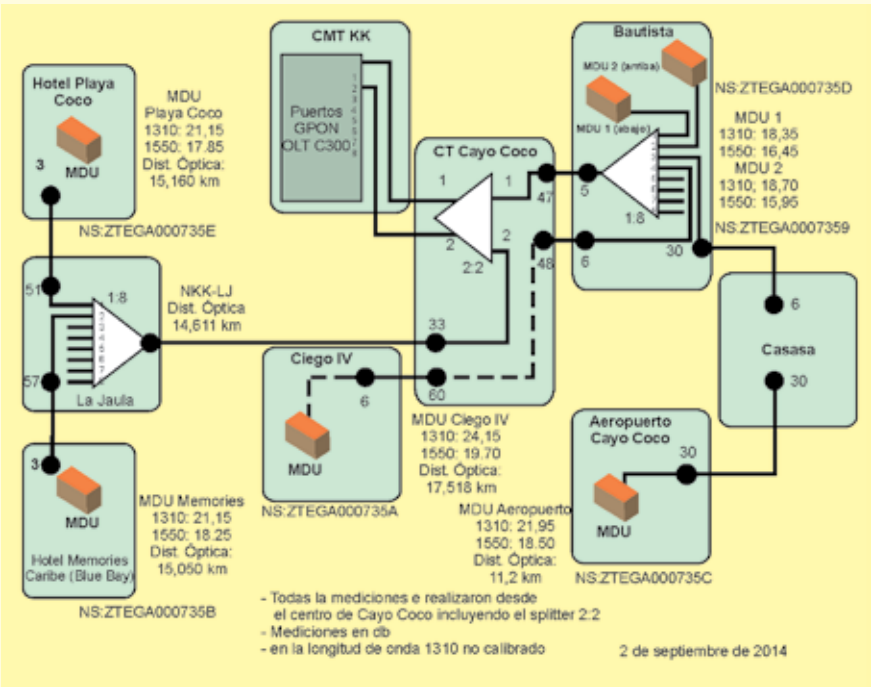


Figura 7. Red de distribución óptica (ODN). (Fuente: DCDT-DTCA).

Pruebas locales

Se ejecutó un grupo de pruebas de modo local con el objetivo de evitar el desplazamiento innecesario hasta el sitio remoto, lo que permitió optimizar recursos (Figura 8). Para ello fue necesario ubicar las MDU de los sitios Bautista y Ciego IV en el mismo local del OLT, enlazadas a través de un *jumper* óptico utilizando atenuadores para disminuir la potencia por la cercanía entre los elementos activos OLT-MDU. Esta idea posibilitó realizar las pruebas en un menor tiempo, aprovechando las condiciones del local, por ejemplo, la iluminación, el equipamiento ODF, MDF, *switch* 3952 y el suministro de energía de 110V/220V AC para las MDU, etc.

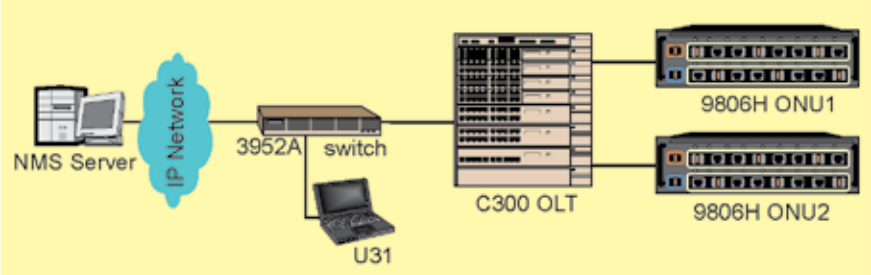


Figura 8. Configuración de prueba local. (Fuente: ZTE-DCDT).

Pruebas de los servicios de datos

Internet: se comprobó el acceso a Internet conectando varios terminales al módem y realizando simultáneamente la visualización de video en línea, descarga de videos y documentos y la ejecución de PING continuo.

VPN: se configuraron servicios de 10 Mbps en dos puertos ADSL/ADSL2+ de un MDU ZTEG 9806H; se conectó un módem ZTE ZXDSL 831CII a cada puerto y se conectó una PC a cada módem. Se pudo comprobar satisfactoriamente la funcionalidad entre los usuarios A y B mediante comandos PING y la transferencias de ficheros. Los servicios configurados en la misma VLAN se ejecutaron exitosamente, contrario a los configurados en VLAN diferentes.

También se configuró el servicio de 10 Mbps correspondiente al usuario B en otra MDU ZTEG 9806H y se conectó a este puerto el módem con la correspondiente PC. Se realizaron las mismas pruebas con similares resultados.

Por último se configuró un servicio a 2 Mbps en un DSLAM MA5616 de Huawei para el usuario C. En estas condiciones se intercambiaron PING entre una PC y la otra. También se transfirió un video desde el usuario C al B con resultados satisfactorios.

Pruebas del servicio IPTV

En este caso, se comprobó las capacidades *Multicast* de la tecnología GPON para la provisión de servicios IPTV con resultados satisfactorios tales como:

- Velocidad de conmutación de canales *multicast*.
- Existencia de interfaces de red (*uplink*) GE.
- Manejo y mapeo de VLAN (IEEE 802.1q).
- Limitación de la tasa de datos en las interfaces de *uplink* por VLAN.
- Limitación de la tasa de datos en las interfaces hacia los usuarios por PVC.
- Tiempo de respuesta a la acciones del usuario.

El resultado más significativo fue la obtención de una recepción óptima del canal de IPTV con un perfil igual o superior a 4 Mbps. Para ello, se utilizó un TV Haier Panda con una relación de aspecto de 4:3.

La figura 9 muestra las herramientas y las configuraciones en los sitios Hotel Playa Coco y Ciego IV.

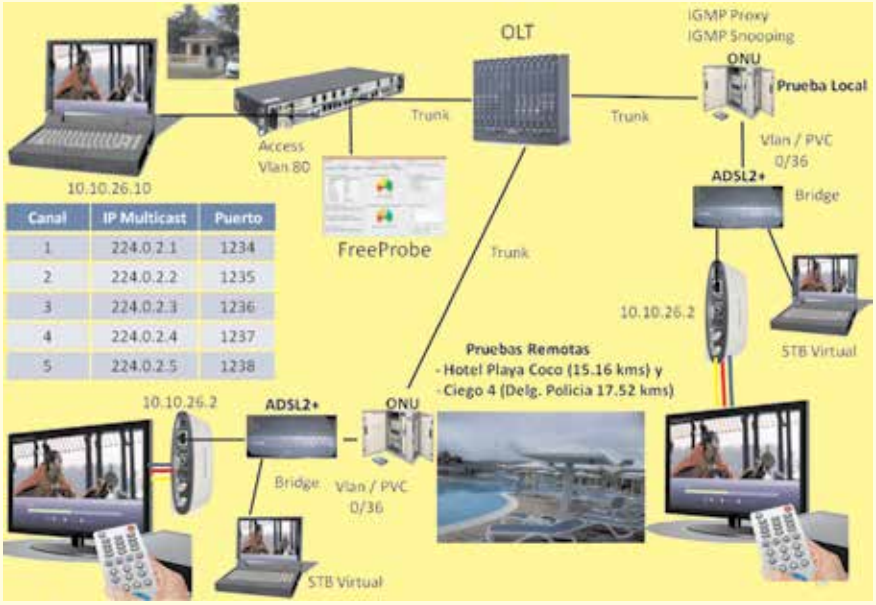


Figura 9. Esquema de prueba del servicio IPTV a través de GPON. (Fuente: DCDT).

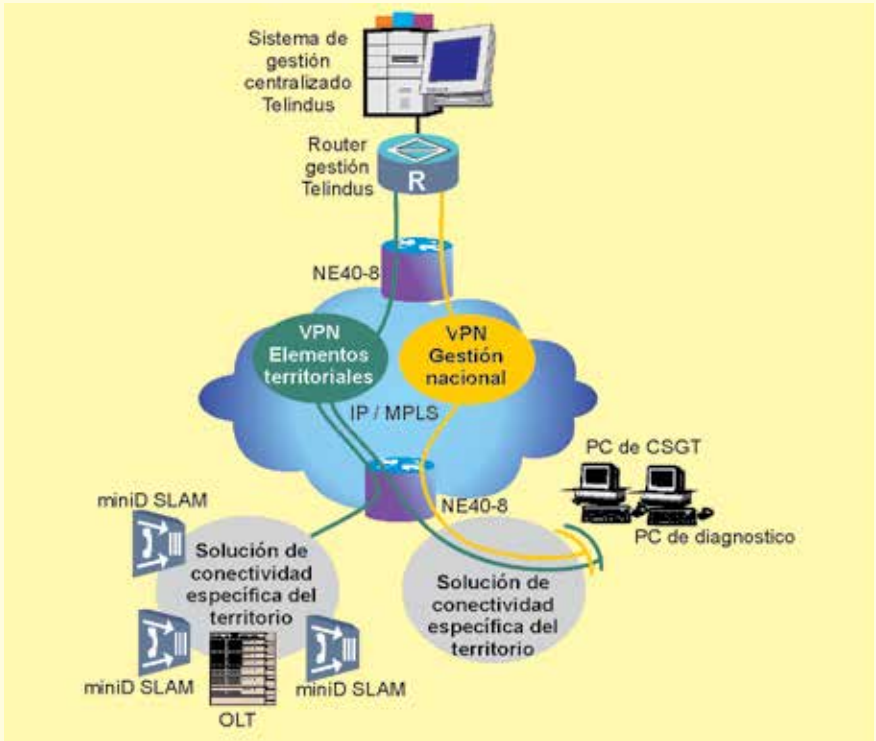


Figura 10. Red de gestión de acceso sobre MPLS para tecnología GPON. (Fuente: DCDT-DVSF)

Pruebas efectuadas mediante el cliente NetNumen U31 (gestión)

- Autodescubrimiento y autenticación de ONU.
- Protección tipo B en puertos PON.
- Creación de perfiles de servicios de datos.
- Cambios de perfiles en los puertos.
- Seguridad de la información.

Los resultados de las pruebas realizadas fueron positivos. La verificación del control de los servicios de voz se realizará desde Buenavista cuando existan las condiciones en el núcleo IMS de la tecnología ZTE.

Herramientas de mediciones y otros utilitarios

Entre las herramientas empleadas en las pruebas se destacan:

- **Spirent Test Center**: Analiza las redes de telecomunicaciones.
- **OLP-8**: Mide la potencia óptica.
- **Set-Top-Box (STB) con tarjeta Ethernet**: recibe flujos MPEG2-TS sobre UDP y soporta *multicast*. Se utiliza el modelo AmiNet 110.TV y laptops.
- **STB virtual**: facilita, en el servidor de video, la visualización de todos los canales que se introducen en el flujo *multicast* hacia el OLT.
- **Sonda FreeProbe**: permite, desde una memoria USB, convertir una laptop en una herramienta para evaluar la calidad de la señal de video que se transmite en cada uno de los canales *multicast* a partir de una profunda inspección de los paquetes.
- **DU Meter software**: verifica las velocidades de conexión en ambos sentidos en el puerto Ethernet del servidor.
- **Switch ZXR10 3952**: consta de 48 puertos de Ethernet rápida y 4 puertos ópticos.
- **Módem ZXDSL 831CII de ZTE**: consta de 4 puertos RJ-45 para la conexión Ethernet 10/100 Base-T IEEE 802.3/802.3u y de un puerto RJ-11 para la conexión ADSL.

Procedimiento de flujo para la resolución de fallas de los servicios GPON

Durante el estudio se analizó la ocurrencia de fallas en los servicios y se estableció el siguiente procedimiento para encontrar el origen del problema y resolverlo:

- Revisar el estado del ONT desde el sistema de gestión U31 (Diagnóstico centralizado).
- Revisar el estado del ONT en el terreno.
- Revisar la fibra óptica (conectores, acopladores, empalmes).
- Revisar el estado del OLT.
- Revisar la configuración de los datos del OLT.
- Revisar el registro de estadísticas del OLT.
- Revisar la configuración de los equipos de las capas superiores al OLT.

Perspectivas de FTTx/G-PON en ETECSA

FTTx brinda al usuario la provisión de todos los servicios a través de una sola plataforma, lo que reduce significativamente el costo de instalación y mantenimiento y, en consecuencia, por usuario. Organizaciones como

la UIT y la IEEE, los fabricantes y proveedores de tecnología caminan a pasos agigantados hacia la implementación total de IP sobre tecnología óptica. De ahí que, la transformación de la red de acceso de ETECSA requerirá un importante esfuerzo inversionista que abarca, entre otros elementos, la adquisición de los instrumentos de mediciones necesarios para las pruebas (kit de potencia óptica para las tres longitudes de onda 1310,1490 y 1550nm), la realización de estudios de factibilidad económica que incluyan la evaluación de las tarifas de los servicios de banda ancha a nivel internacional para definir su aplicación en Cuba a fin de estimular su empleo por parte de los clientes, y la mejora de la calidad del servicio a través de una arquitectura FTTx como opción avanzada que promueva el despliegue de las redes a edificios, barrios, ciudades y urbanizaciones, todo lo cual permitirá llegar rápidamente a la sociedad de la información.

Conclusiones

Las redes GPON poseen un rango de alcance de 20 Km —aunque por el estándar se puede llegar a 60Km— entre el proveedor y el cliente final, con elevados niveles de ancho de banda para la prestación de servicios. Los equipos asociados a esta tecnología se pueden adquirir a precios económicos y consumen menos cantidad de energía, también poseen una alta capacidad de interfaces Ethernet y gran escalabilidad desde el punto de vista del ancho de banda, esta tecnología permite una asignación dinámica del ancho de banda, funcionalidad no presente en otras redes.

Las experiencias prácticas obtenidas con las pruebas realizadas permitirán encaminar los trabajos sobre la red hacia las configuraciones del protocolo IGMP en los *router* PE y hacia la planificación de la infraestructura necesaria para la provisión de servicios de voz, video y datos.

Las pruebas de interoperabilidad de GPON con la PSTN y la NGN demuestran que es posible extender los servicios de tipo *triple-play,* por ejemplo, a nivel nacional a costos muy inferiores a los ya desplegados, por lo que la migración a este tipo de redes a corto plazo permitirá mayor flexibilidad, escalabilidad, seguridad y reducción en los costos.

Con las redes de acceso óptico, ETECSA puede evolucionar a una única red de convergencia capaz de transportar de una forma económica y eficiente servicios nuevos y tradicionales de un modo que se maximice la utilización de la red.

Referencias bibliográficas

[1] PON: Passive Optic Network Technologies (APON/BPON, EPON and GPON). http://www.networkdictionary.com/telecom/PON.php
[2] Tendencias Tecnológicas en las Redes de Acceso. http://www.calsi.com/doc_tec/12.pdf
[3] REDES DE ACCESO PARA BANDA ANCHA POR FIBRA ÓPTICA GEPON. http://interabs.net/PDFs/GEPON.pdf
[4] Recommendation ITU-T G.984.1. General characteristics ITU-T, Editor. 2008. p. 33.
[5] ZTE, *ZXA10 MSAN* Technical Specification 2010.
[6] ITU-T en las recomendaciones G.984 .2

(Artículo recibido en enero de 2015 y aprobado en marzo 2015).