

ANALYSIS AND PARAMETERS EVALUATION OF A GPON NETWORK**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE UNA RED GPON****Ing. Luis Mestre Gallego, Ing. Erick Reyes Vera****Instituto Tecnológico Metropolitano.**Facultad de Ingenierías, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones.
Medellín, Antioquia, Colombia, Tel.: (+574) - 460 0727 Ext. 5586.
E-mail: luismestre_26@hotmail.com, erickreyes@itm.edu.co.

Abstract: In this paper the analysis of a GPON network is presented by implementing the software VPI Transmission Maker, in which the influence of transmitter power and fiber length interconnecting the supplier to the end user is evaluated. Finding that with current GPON networks may increase in the standard recommended distances without significant loss of information.

Keywords: fiber optic, telecommunications, GPON, BER.

Resumen: En este trabajo se presenta el análisis de una red GPON mediante la implementación del software *VPI Transmission Maker*, en el cual se evalúa la influencia de la potencia del transmisor y la longitud de la fibra que interconecta al proveedor con el usuario final. Encontrando que con las redes GPON actuales es posible incrementar las distancias recomendadas en la norma sin tener pérdidas significativas en la información.

Palabras clave: Fibra óptica, telecomunicaciones, GPON, BER.

1. INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento y expansión de la población mundial, ha conllevado a un incremento significativo en la demanda por parte de los usuarios debido a que cada día son más los servicios que son requeridos, por tanto se necesitan mayores anchos de banda y velocidades de transmisión (Sitaram *et al.*, 2012; Rico *et al.*; 2011). Es entonces donde han surgido una gran variedad de alternativas para estos sistemas de comunicaciones actuales, donde las opciones más son las comunicaciones a través cables de cobre conocida también como línea de abonado digital (DSL), su arquitectura punto a punto puede proporcionar velocidades hasta 50 *Mbps* para la longitud de enlace de hasta 90 *m* (Lam, 2007). Estos sistemas poseen muchas limitaciones frente a los sistemas ópticos actualmente implementados, los cuales emplean como principal medio de

transmisión la fibra óptica cuyos anchos de banda son del orden de *THz* y atenuaciones de $\sim 0,2$ *dB/km* (Lam, 2007; Passive & Network, 2008). Las redes ópticas pasivas (PON) son las que presentan mayores ventajas para la transmisión de grandes distancias y sobre todo para tener enlaces punto a multipunto porque no existen elementos activos dentro de la red de acceso, excepto a nivel central (Wang *et al.*, 2009). Estas Las redes PON permiten ofrecer una alternativa más económica para el operador y el usuario, pues su mantenimiento y consumo energético son bastante económicos frente a las redes convencionales y una verdadera oferta triple play de voz, video. En esa línea de evolución aparecen posteriormente las redes GPON las cuales están estandarizadas por las normas UIT-T con las recomendaciones G.984.1 (ITU-T, 2008), cuya infraestructura es muy similar a todas las redes PON, cuya principal ventaja es que un solo hilo de fibra de fibra óptica compartida puede

soportar múltiples usuarios a través del uso de divisores ópticos pasivos de bajo costo. En la red GPON, hasta 64 ONT pueden compartir una conexión de fibra a la OLT (Sitaram et al., 2012). Esto ha hecho que las redes GPON sean una opción atractiva para los proveedores de servicios que están dispuestos a sustituir a las redes de cobre con fibra, particularmente en las zonas urbanas de alta densidad.

Una de las razones para elegir GPON es que soporta completa interoperabilidad con la tecnología del futuro cercano, como XGPON1, XGPON2 con menor costo de la renovación. Además, como novedad las XGPON, aumentan el rendimiento de las redes PON hasta 10 Gbp/s (Chow et al., 2008; Wang et al., 2009).

GPON es una tecnología totalmente nueva en Colombia, por esta razón en este trabajo nos concentraremos en analizar el comportamiento de estas redes y la influencia de la longitud y la potencia emitida por la OLT en la calidad de la señal entregada a los usuarios, para llevar a cabo este análisis emplearemos el software de simulación *VPI Transmission Maker* que nos permite realizar la interconexión de los diferentes componentes y evaluar su funcionamiento.

2. ESTRUCTURA DE UNA RED GPON

Una red GPON está compuesta por un *Optical Line Terminal* (OLT), divisor óptico y las *Optical Line Termination* (ONT) como se muestra en la *Figura 1* (Lam, 2007). La OLT se encuentra ubicada en la central de servicios del proveedor y es la que transmite los datos *downstream* hacia la ONT, una OLT puede transmitir información hasta para 64 abonados. Los divisores ópticos se encargan de dividir la potencia de la fibra y repartir la señal en partes iguales según la siguiente relación 1: n ($n=2, 4, 8, 16, 32, 64$). La ONT es el receptor, además transporta los datos en *upstream*, allí llega la fibra enviada desde la OLT, se encuentra ubicado en la residencia del usuario y allí es donde las personas reciben sus servicios de Telefonía IP, IPTV o Vídeo RF e internet.

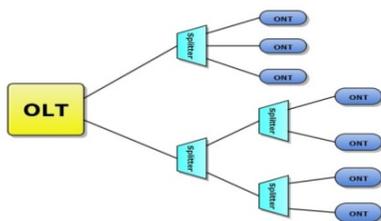


Fig. 1. Esquema básico de una red GPON.

3. FUNCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA GPON

GPON trabaja a 2 longitudes de onda: 1490nm *downstream* que es usada para la transmisión de datos y voz, 1310nm *upstream* que por esta van todos los datos que el usuario envíe hacia la nube. Además en muchas ocasiones se usa una tercera longitud de onda a 1550nm, por la que se envía vídeo RF. Lo que hacen muchos operadores es migrar de RF a IPTV, logrando así canales en HDTV con sonido digital y TV interactiva.

Para evitar colisiones entre los datos que se envían por las longitudes de onda y ahorrar costos de implementación, GPON utiliza la técnica de multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing). Las dos longitudes se envían usando dos tramos de fibra diferentes, WDM las combina, y por un solo tramo viajan las dos señales hacia el receptor (*Figura 2*)

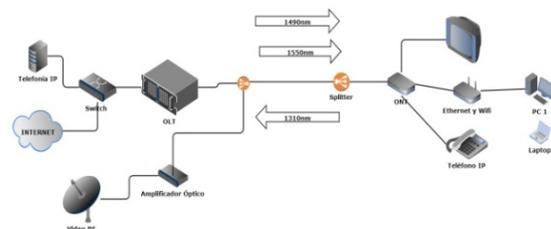


Fig. 2. Esquema de funcionamiento de GPON

GPON usa el método de encapsulación GEM (*GPON Encapsulation Method*), la cual la hace compatible con cualquier tipo de tecnología, por ejemplo Ethernet, además usa OAM (*Operation Administration and Maintenance*), que es un conjunto de procesos utilizados para hacer un control punto a punto de los servicios.

Para evitar colisiones en los datos *upstream* se usa el conjunto de protocolos TDMA (*Time Division Multiple Access*), el cual haría que los datos se enviaran en línea sin colisionar, además TDMA solo transmite cuando el usuario lo indica, lo cual hace que la durabilidad del láser sea mayor.

GPON maneja la técnica de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*), logrando así que cada ONT sea capaz de procesar los datos y el tráfico que le corresponde.

4. SIMULACIONES

En esta sección se describe como fueron llevadas a cabo las simulaciones usando el software *VPI Transmission Maker*, donde los parámetros empleados son los recomendados por las normas ITUT, mostrando el funcionamiento técnico de una red GPON.

En la simulación empleamos un transmisor con modulación OOK (On-Off Keying), dentro del cual se inyecta la información a una velocidad de 2,5 Gbp/s usando la secuencia binaria PBRs (*Pseudorandom Binary Sequence*), el envío de datos por parte del PBRs se hace usando la codificación NRZ (*Non Return To Zero*). Adicionalmente se emplea un láser CW, el cual según la recomendación de la ITU-T G.984.2 para una OLT clase B, debe manejar unos niveles de potencia que van entre los +5 dBm y +9 dBm.

Para medio de transmisión se empleó la fibra Corning SMF28e, fibra monomodo especial para trabajar con redes GPON y tecnología FTTH, la longitud de la fibra debe ser de 20Km según la norma y su atenuación según la ITU-T G.652.D está entre los 0.21-0.24dB/Km a una longitud de onda de 1490nm, la dispersión de la fibra según la especificaciones técnicas de esta es de valores <18 ps/Km nm, la apertura numérica es de 0.14 y el diámetro del núcleo es de 8.2 μ m.

Los divisores ópticos se trabajaron con un factor de acople de 0.25 por canal, como se usó uno de 4 canales, la potencia de la señal se dividió en un 25% por canal. Y finalmente en la fase de recepción receptor se utilizó un fotodetector tipo PIN, recomendado por la ITU-T G.984 (ITU-T, 2008) con una sensibilidad mínima de -21dBm.

Se realizó la simulación de una red GPON con tres longitudes de onda a 2,5 Gbp/s *downstream* y 1,244 Gbp/s *upstream* (Figura 3) y se analizaron como varían la tasa de bits erróneos (BER) cuando la potencia del transmisor es variada en un rango de +5 dBm y +9 dBm en *downstream*, según lo indica la norma ITU-T G.984.2 (ITU-T, 2008).

Empezamos nuestro análisis observando la influencia de la potencia de nuestro transmisor en el valor de BER registrado, para ello se realizó un análisis solo en *downstream*, es decir en la transmisión de datos del proveedor al usuario. Para lo cual basta realizar el análisis a las longitudes de onda de 1490 nm y 1550 nm, tal como se ilustra en la Figura 4. Cabe recordar que según la normas

ITU-T G.984.2 lo mínimo que debe dar este indicador es del orden de 10^{-10} para garantizar que la información que llega al receptor sea confiable.

En la Figura 4a se puede ver como a medida que se disminuye la potencia del transmisor manteniendo la longitud en 20 km tal como lo recomienda la norma, el BER tiende hacerse cero, como cabe de esperar entre menor potencia suministremos a nuestro sistema, es más probable que información se pierda durante la transmisión, generándose así pérdidas en los datos enviados.

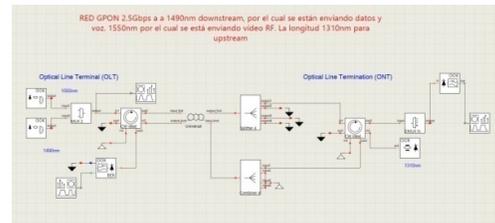


Figura 3. Esquema de la red GPON analizada.

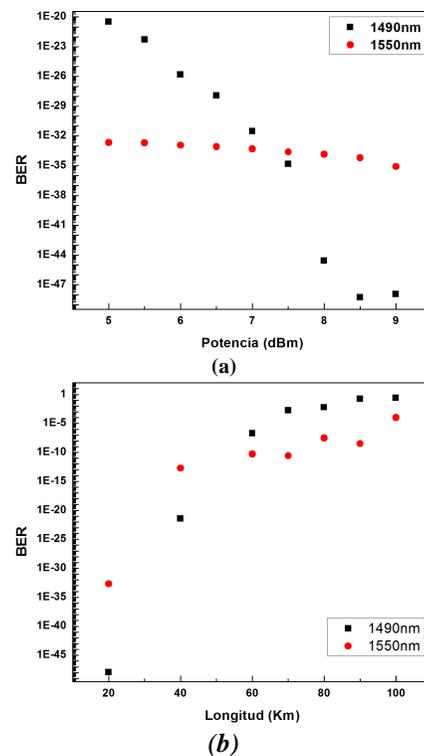


Figura 4. Resultados obtenidos del análisis del comportamiento del BER (a) cuando se altera la potencia del transmisor para 1490nm y (B) cuando se varía la longitud del enlace a una potencia constante de 9 dBm.

El siguiente paso es la evaluación de la longitud del enlace y su influencia en la calidad de transmisión de la información. Como se puede ver en la Figura

4b, se evaluó el comportamiento de la BER cuando se modificaba la distancia de transmisión, es decir, se observaba que sucede cuando se manda información a usuarios más alejados de la ONT, este análisis se hizo con una potencia de transmisión constante de 9 dBm.

Claramente de las Figuras 5 y 6 se puede ver que a mayores longitudes del enlace el valor de BER se incrementa, traduciéndose no solo en pérdidas de información sino en mayor dispersión de las señales enviadas a través de la fibra óptica como se puede ver de los diagramas de ojo.

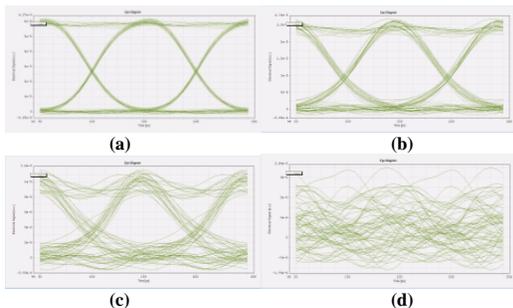


Figura 5. Diagramas de ojo para downstream a 1490 nm a diferentes longitudes en la red GPON (a) 20Km, (b) 40Km. (c) 60Km y (d) 100Km.

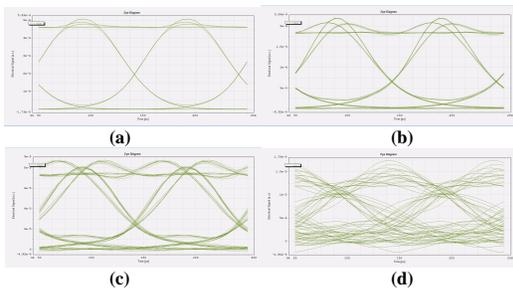


Figura 6. Diagramas de ojo para downstream a 1550 nm a diferentes longitudes en la red GPON (a) 20Km, (b) 40Km. (c) 60Km y (d) 100Km.

Adicionalmente del análisis realizado a través de los diagramas de ojo es evidente como a 1490 nm los efectos dispersivos son más significativos, puesto que el diagrama se deforma en su totalidad, ilustrando que por ejemplo a una distancia de 100 Km no se lograría transmitir alguna parte significativa de la información enviada.

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados se puede concluir que la implementación de redes GPON con OLT con potencia de 9 dBm, se puede lograr al menos duplicar las distancias de distribución por parte de

estos sistemas, pues incluso a distancias de 40 Km, los valores de BER son aceptables según lo estipulado en las normas técnicas.

Se logró observar que en los rangos de potencia recomendados por la norma, es decir, de 5 dBm a 9 dBm, los valores de BER del sistema GPON son aceptables, puesto que en este tipo de sistemas de emplean sólo componentes ópticos pasivos, permitiendo de esta manera que hallan menos pérdidas y un bajo consumo energético.

A futuro se desea hacer un análisis del efecto que tienen los diferentes formatos de modulación en las distancias de transmisión, y de esta forma poder llegar a usuarios ubicados a mayores distancias.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a la dirección de investigaciones del Instituto Tecnológico Metropolitano por el apoyo brindado a través del proyecto P14102.

REFERENCIAS

- Chow, C.-W., Yeh, C.-H., Wang, C.-H., Shih, F.-Y., Pan, C.-L., & Chi, S. (2008). WDM extended reach passive optical networks using OFDM-QAM. *Optics Express*, 16(16), 12096–101.
- ITU-T. (2008). Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics G.984.1.
- Lam, C. (2007). *Passive Optical Networks*. Elsevier.
- Passive, G., & Network, O. (2008). GPON (Gigabit Passive Optical Network), 63–67.
- Rico, D.; Quel, E. y Carvajal, H. (2011). Redes de Tecnología de Banda Ancha. *Tecnologías de Acceso de Banda Ancha*. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 1(17), 113-120.
- Sitaram, A. M., Swamy, K. M., & Rama, A. (2012). Gigabit Passive Optical Networks (GPON) the Ultimate Solution for Large Bandwidth, (6), 51–53.
- Wang, C. H., Shih, F. Y., Yeh, C. H., Chow, C. W., & Chi, S. (2009). 10Gb/s TDM passive optical networks using four wavelengths multiplexed channels. *Optics Communications*, 282(13), 2476–2479.