

# Asignación de Ancho de Banda Dinámico en arquitectura de Red Óptica Pasiva sobre GigaBit (GPON)

Danilo López Sarmiento<sup>1</sup>  
Nancy Yaneth García<sup>2</sup>

## Resumen

Este documento tiene como objetivo presentar una alternativa para mejorar la calidad del servicio ofrecido por las redes PONS, la asignación del ancho de banda acorde con los acuerdos de nivel de servicio ofrecido por el ISP. A través de la simulación, se analiza la eficacia de la aplicación de técnicas de multiplexación por división de onda en estas redes, permitiendo que la capacidad aguas abajo y aguas arriba, se adapten a las necesidades de los usuarios, en comparación con las capacidades de otras técnicas, tales como TDM-PON

## Abstract

This paper aims to present an alternative to improve the quality of service offered by the networks PONs ensuring an allocation of bandwidth commensurate with the service level agreements offered by the ISP. Through the simulation, discusses the effectiveness of applying techniques of wave division multiplexing in these networks, allowing that the downstream and upstream capacity, will be tailored to the needs of the users, compared to the capabilities of other techniques such as TDM-PON

## 1. INTRODUCCIÓN

La competitividad del mercado de las Telecomunicaciones, a producido grandes avances en los últimos años en el campo de la comunicaciones debido a la aparición de diferentes servicios de Banda Ancha que se ven reflejados directamente sobre el aumento de la capacidad de la red troncal, lo cual a puesto al descubierto el “Cuello de Botella” entre la troncal y el proveedor.

Aunque nuevas tecnologías como ADSL2 y ADSL+ aportan un ligero aumento en el ancho de banda ofrecido, las limitaciones en distancia, inversamente proporcional al ancho de banda, presentan a la tecnología de fibra óptica como

la solución a este problema gracias a su potencial ilimitado y los bajos costos que se tienen en la actualidad en torno a los Laser.

“Las arquitecturas de red óptica pasiva (Passive Optical Network, PON) están adquiriendo gran interés por su sencilla aplicación y ahorro de costes en el área de acceso local (First Mile)” [1].

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actuales redes GPON, basan el manejo del servicio proporcionado al suscriptor en tecnologías de multiplexación de tiempo (TDM), dando un ancho de banda fijo sobre una única longitud de onda, resultando en canales altamente congestionados que reducen las condiciones de QoS ofrecidas en los SLA de los ISP. Como posible solución se plantea la opción de utilizar técnicas de Multiplexación por División de longitud de Onda (WDM) junto con un protocolo de asignación de Ancho de Banda Dinámico (DBA), garantizándose de esta manera que el ancho de banda pudiese ser asignado dinámicamente permitiendo una disminución del retardo en el envío de paquetes tanto en el canal de subida como en el de bajada.

## 3. MARCO TEORICO

### Redes PON

El desarrollo de redes PON inicio con el tipo APON (ATM-PON), de allí se paso a redes BPON (Broadband PON) con la finalidad de dar soporte a otros estándares como Ethernet, VPL etc, donde esta red es simétrica, con un ancho de banda total de 155Mbps, sin embargo fue modificada para permitir anchos de banda asimétricos (622/155Mbps) y simétricos de mayor capacidad (622Mbps) [2].

<sup>1</sup> Magíster en Teleinformática, Universidad Distrital, Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

<sup>2</sup> Candidata Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Universidad Distrital, Docente Universidad Panamericana

Las Redes Ópticas Pasivas (PON) se basan en el modelo de las redes CATV para ofrecer servicios de banda ancha mediante la habilitación del canal de retorno.

Las PON sustituyen el tramo de coaxial por fibra óptica monomodo y los splitters por divisores ópticos. De esta manera, se mejoran los anchos de banda tanto en “DownStream” como en “UpStream” mejorando la limitación de 36Mbps de los sistemas DOCSIS y EURODOCSIS. (Figura 1)[6].

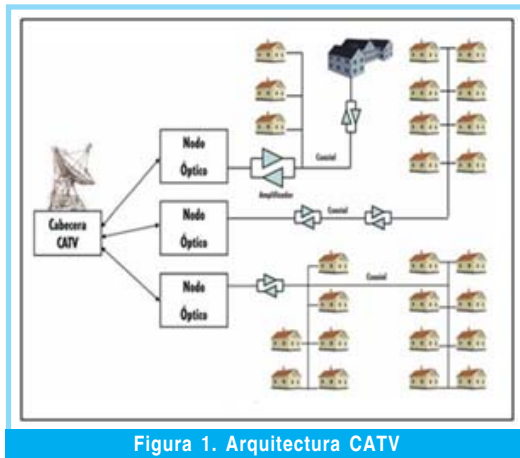


Figura 1. Arquitectura CATV

Las ventajas más notorias de la arquitectura PON son:

- Las redes ópticas pasivas ofrecen una mayor densidad de ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre (xDSL y CATV).
- Las redes PON elevan la calidad del servicio y simplifican el mantenimiento de la red, al ser inmunes a ruidos electromagnéticos, y al no propagar las descargas eléctricas procedentes de rayos. [8]
- PON permite incrementar las tasas de transferencia superponiendo longitudes de onda adicionales. [9]

### Redes TDM-PON

En el estándar GPON, el protocolo TDM-MAC se utiliza para administrar el Ancho de Banda de la Red entre los Dispositivos de usuario ONUs [5]. En la Figura 2, se muestra la transmisión de datos desde un OLT, difundido de manera secuencial hacia los SPLITTER / COMBINER y subsecuentemente dividido en múltiples copias a todos los ONUs. Cada uno

de ellos detecta los paquetes que le corresponden únicamente a ese usuario y descarta los demás. A diferencia del procedimiento de descarga de datos (download), para el procedimiento de envío de datos desde el ONU (upload), cada trama enviada es asignada en una franja de tiempo dedicada aplicando protocolos MAC, evitando colisiones en la sección de alimentación que comparten con los otros ONUs y el OLT.

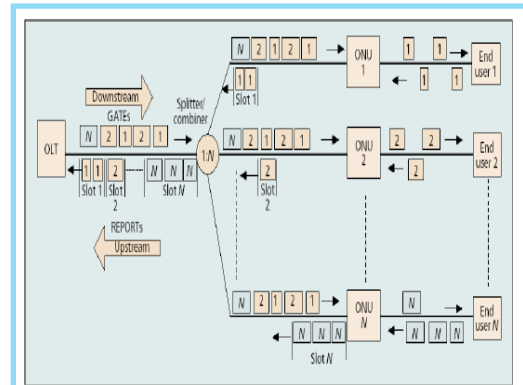


Figura 2. Transmisión de datos desde un OLT

Sin embargo existe una limitación en la aplicación de este método, pues la aplicación de la Franja de tiempo para la transmisión de datos no es eficiente. Esto se debe a que aun cuando las ONUs permanezca en “Silencio” o con un carga de tráfico muy baja, la franja de tiempo es asignada constantemente y con la misma duración en cada ciclo de operación, por lo tanto se hace imposible brindar un mayor ancho de banda al ONU que lo requiera (Figura 3).

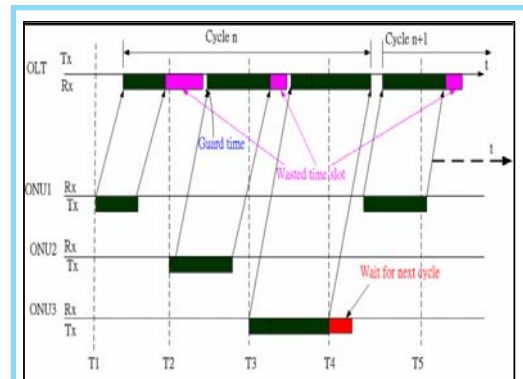


Figura 3. Franja de tiempo del ONU

Como se ve en la figura 4, existe un ancho de banda considerable que esta sin uso en cada ciclo, debido a las franjas de tiempo vacías [3].

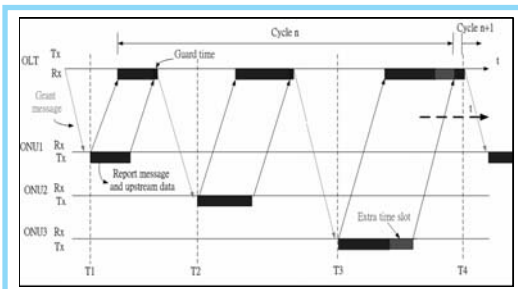


Figura 4. Ancho de banda sin utilización por ciclo

#### 4. IMPLEMENTACION Y ANÁLISIS DE UNA RED GPON USANDO WDM Y EL ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DBM

La posible solución a la problemática planteada se desarrolla mediante la utilización del software de eventos discretos OPNET ya que permite la evaluación del desempeño de cualquier tecnología o protocolo. Para realizar la simulación del modelo y obtener los datos con el fin de entrar a evaluarlos, se debe diseñar el algoritmo de proceso para los Nodos OLT y ONU, basado en la premisa de una asignación de ancho de banda acorde a las necesidades y niveles de servicio ofrecidos por el proveedor.

En primera instancia se debe garantizar un ancho de banda mínimo que cubra los acuerdos de servicio  $B_{min}$ , para después asignar un ancho de banda dinámico que será asignado según los requerimientos  $B_{dinam}$ . Ahora el ancho de banda mínimo se define como la suma del ancho de banda básico otorgado ( $B_{basico}$ ) más el ancho de banda extra ( $B_{Extra}$ ). Ecuación (1).

$$B_{tmin} = B_{basico} + B_{Extra} \quad (1)$$

El ancho de banda no usado  $B_{nousado}$  y el excedido  $B_{excedido}$  se definen por la resta entre el Ancho de banda mínimo  $B_{min}$  y la longitud del encolamiento de la trama  $R_i$  como se muestra en las ecuaciones 2 y 3.

$$B_{nousado} = \sum_{iek} B_{min} - R_i ; \text{ si } B_{min} \geq R_i$$

$$B_{excedido} = \sum_{iek} R_i - B_{min} ; \text{ si } B_{min} \leq R_i$$

De tal forma que el ancho de banda asignado ( $B_{asignado}$ ) esta dado por la razón entre el ancho de banda requerido ( $B_{requerido}$ ) y el ancho de

banda excedido ( $B_{excedido}$ ) multiplicado por el Ancho de banda no usado ( $B_{nousado}$ ).

$$B_{asignado} = B_{nousado} \times \frac{B_{requerido}}{B_{excedido}}$$

Donde,  $B_{requerido} = R_i - B_{min}$

Sin embargo para aplicar la modulación por longitud de onda WDM es necesario contemplar el tiempo de Láser  $T_1$  dentro de la ecuación. Realizando el análisis de estas ecuaciones se plantea el protocolo que será usado en el módulo de proceso tanto del OLT como de cada ONU, De esta manera se establece el modelo de cada uno de los nodos OLT y ONUs, así como el de los enlaces de subida y bajada entre ellos:

#### Modelo Nodo OLT:

El diseño de este Nodo debe enfocarse en el control de transmisión de subida así como de los módulos de cuenta. El Nodo se compone de: Módulo de Envío, Modulo de Recepción, Módulo de proceso y Módulo de Sincronía, (Figura 5).

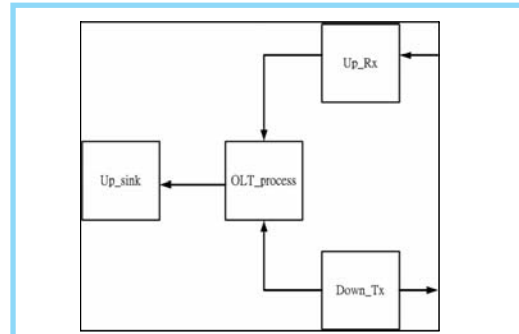


Figura 5. Nodo OLT

En la Figura 6 se muestra el diagrama de estados usado en el Módulo de Proceso.

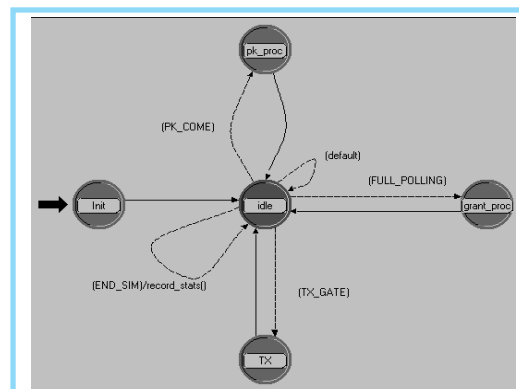
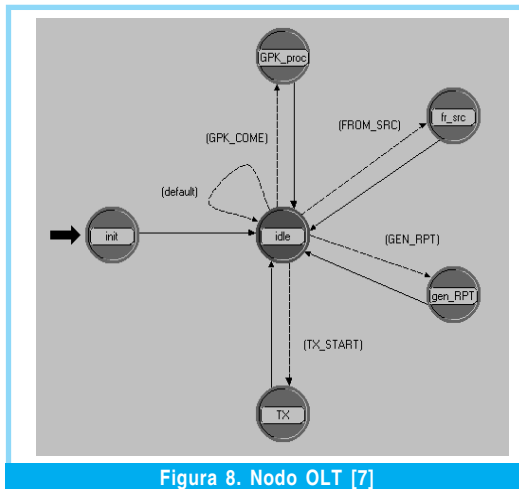
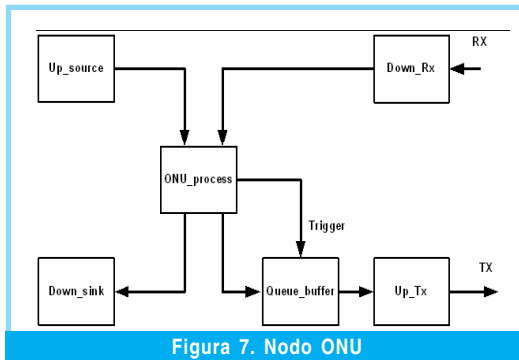


Figura 6. Diagrama de estados. [7]

## Modelo Nodo ONU:

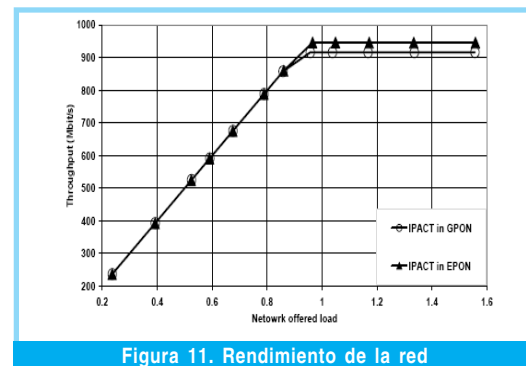
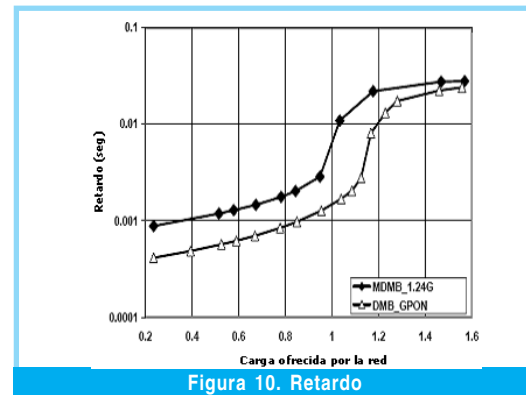
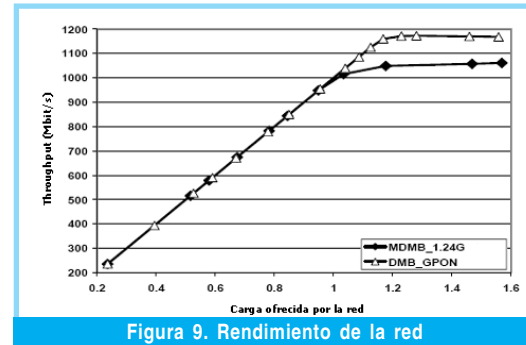
Similar al Nodo OLT, este nodo se compone de los mismos módulos, sin embargo se agregan 2 elementos más con funciones especiales que permitirán simular la generación y encolamiento de los paquetes de subida; se llaman Módulo de Subida y módulo de encolamiento (figura 7). En la figura 8 se muestra el diagrama de estados con el cual se simula el Modulo de proceso para las funciones del Nodo ONU.



Partiendo de que las características de la red a simular son:

- Algoritmo de control de tiempo WDM-DMB
- Máximo tiempo de muestreo = 2ms
- Franja (tiempo) de seguridad = 96Bits para 1.24Gbit/s.
- RTT = 25 $\mu$ s para una distancia de 25Km basados en el estándar G.984.3 y G.984.4. [8,9]
- 16 ONUs.
- Capacidad de la Red de 1Gbps.

Y mediante la aplicación de los modelos propuestos se generan las estadísticas de Rendimiento (Throughput) y retardo (Relay) contra la carga ofrecida en la red para paquetes de subida obteniéndose los siguientes resultados (figura 9 y 10):



Con el fin de evaluar el desempeño de GPON+WDM+DBM, es necesario compararlo frente a un método conocido, logrando establecer diferencias que permitan validar o rechazar la hipótesis. La técnica escogida de contrastación fué GPON+TDM+IPACT, partiendo de la premisa de que las características de la red debían ser las mismas, a excepción del algoritmo de control de tiempo a utilizar (IPACT). Los resultados aparecen en las figuras 11 y 12.

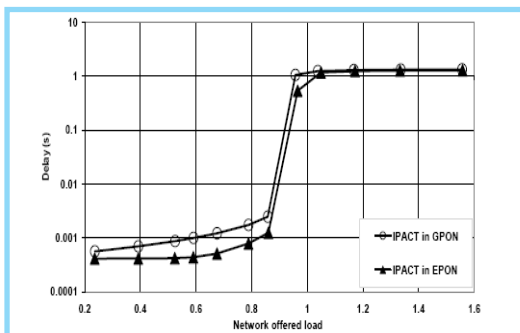


Figura 12. Rendimiento de la red

Al comparar las simulaciones obtenidas del modelo WDM-DMB contra el modelo TDM-IPACT se observa que el primer caso aumenta la eficacia de las redes GPON con QoS de forma embebida y garantizando los acuerdos de servicio a cada usuario, en un 128% comparado con el 94% del modelo usado actualmente. Así mismo se reduce el retardo en el paquete de subida por debajo de los 5ms permitiendo mantener la calidad a plena carga del ONU.

## 5. CONCLUSIONES

- GPON es una tecnología, que aunque reciente, será el futuro de las comunicaciones de última milla dadas sus capacidades.
- Es una excelente opción para los Carries y proveedores de servicio ya que pueden incluir todos los servicios que el mercado solicita garantizando QoS.
- La implementación WDM-PONs podría ser una solución más apropiada para los ISP que la de TDM-IPACT, debido a su

mayor rendimiento y optimización, sin embargo sería importante evaluar los costos de implementación.

- GPON+WDM+DMB Aumenta el desempeño de la red en 128% comparado con el 94% de la red TDM-GPON actual.

## Referencias bibliográficas

- [1] Y. Mochida, "Technologies for Local- Access Fiber", IEEE Commun. Mag., vol. 32, pp. 64-73 (1994).
- [2] F. a. BroadLigh., "Comparing Gigabit PON Technologies ITU-T g.984 GPON vs. IEEE 802.3ah EPON" 12-11-2004
- [3] C. Arellano " RSOA-based optical network units for WDM-PON", California USA 2006
- [4] OPNET Modeler, OPNET Technologies, Inc.
- [5] J. Segarra, "Híbrido WDM/TDM PON basada en reflexión bidireccional con QoS" Barcelona 2005.
- [6] C.Bock, " WDM/TDM PON experiments" Optics Express, Vol. 13 pp. 2887-2891, 2005
- [7] OPNET Modeler Version 10.0 Manual
- [8] ITU-T Estándar G.984.3 " Gigabit capable passive optical networks (GPON): transmission convergence layer specification" 2005
- [9] ITU-T Estándar G.984.4 " Gigabit capable passive optical networks (GPON): ONT management and control interface specification" 2005

### Danilo Alfonso López Sarmiento

Ingeniero Electrónico, Magíster en Teleinformática de la Universidad Distrital, Docente planta de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, perteneciente al grupo de Investigación de Internet Inteligente. [ingeniero24@hotmail.com](mailto:ingeniero24@hotmail.com)

### Nancy Yaneth Gelvez García

Ingeniera de Sistemas, Candidata a Magister en Ciencias de la Información y las Telecomunicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente Universitaria de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, ECCI [nayag24@hotmail.com](mailto:nayag24@hotmail.com)