TELOS
Cuadernos de Comunicación e Innovac

Año 2015: una red todo óptica para los servicios del futuro

Juan Pedro Fernández-Palacios Giménez y Oscar González de Dios

Tecnologías

¿Revolucionará una red todo óptica nuestro porvenir tecnológico? Halle la respuesta en este artículo.

¿Que es una Red Todo Óptica?

La Red es la infraestructura de comunicaciones utilizada por el operador para ofrecer sus servicios, en una Red Todo Óptica esta infraestructura estaría compuesta por nodos de conmutación ópticos interconectados por enlaces de fibra óptica.

La fibra óptica está presente en la redes de telecomunicaciones desde hace muchos años debido a su capacidad para transportar grandes volúmenes de tráfico sobre un único enlace. En su origen se utilizó exclusivamente en enlaces de larga distancia pero con el tiempo su uso se ha ido extendiendo por todos los segmentos de la red llegando recientemente hasta el hogar a través de los servicios conocidos como FTTH (Fibre To The Home).

¿Una red FTTH es una Red Todo Óptica?

No exactamente. En una red FTTH tanto los enlaces entre el usuario y la central de acceso como entre los nodos de conmutación de la red utilizan fibra óptica. Sin embargo las tecnologías de conmutación actuales (Ethernet, IP, SDH…) están basadas en equipamiento electrónico que necesita realizar conversiones optoelectrónicas en sus puertos de conexión de fibra. Por tanto una red con accesos de fibra, pero con equipos electrónicos de conmutación, no sería una Red Todo Óptica.

¿Para que sirve una Red Todo Óptica?

Una Red Todo Óptica facilitaría la provisión de nuevos servicios que requieran bajos retardos y un gran consumo de ancho de de banda en todos los segmentos de red. En la siguiente tabla se muestran algunos ejemplos de aplicaciones que cumplen con estos requisitos y que, por tanto, podrían ofrecerse sobre una Red Todo Óptica.

Servicios		Ancho de Banda
Servicios empresariales	VPN óptica	1-100 Gbps
	Replicación de bases de datos	1 Gbps
Tele-cirugía	video de alta definición sin codificar	1 Gbps
Contenidos en tiempo real para salas de cine	Ultra HDTV (UHDTV)	400 Mbps
Servicios Residenciales	TV/ Videoconferencia 2D Alta Definición	10-15 Mbps por canal
	Juegos en Red	1 Mbps
	TV/videoconferencia 3D (definición estándar)	50 Mbps por canal

Tabla 1. Servicios que requieren gran ancho de banda en toda la red

Sin embargo, los servicios de la tabla anterior son sólo una muestra, ya que la principal ventaja de una Red Todo Óptica sería su capacidad para soportar cualquier tipo de servicio con independencia de sus requisitos de ancho de banda y calidad de servicio.

Por otro lado, la otra gran ventaja de una Red Todo Óptica es que reduciría los costes tanto de inversión como de operación de una red con accesos FTTH de muy alta capacidad. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una posible distribución de servicios sobre una conexión FTTH a 100Mbps.

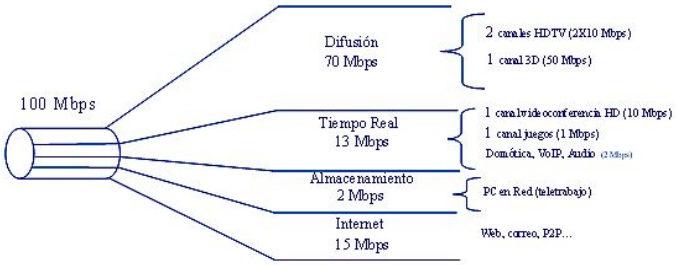

Figura 1. Ejemplo de distribución de servicios sobre una conexión FTTH a 100Mbps

¿Cómo se reducirían los costes?

Reducción de los costes de inversión

La clave de este ahorro de costes se encontraría en la reducción de las matrices de conmutación electrónicas y de las conversiones optoelectrónicas asociadas a éstas.

Las conversiones optoelectrónicas para enlaces de alta capacidad metropolitanos y de larga distancia requieren el uso de tecnologías muy complejas y de alto coste. Por ejemplo, el coste de un puerto a 10 Gbps de larga distancia en un router IP puede superar los 100.000 euros[1], y este coste se incrementaría en enlaces a 40 Gbps y 100 Gbps que requieren una tecnología bastante más compleja.

Si en el futuro se realizase un despliegue masivo de FTTH a 100 Mbs en España y se mantuviese la arquitectura de red del núcleo IP de larga distancia actual, entonces el coste asociado a los puertos de conmutación a 10Gbps, 40Gbps y 100 Gbps podría rondar los 400 millones de euros. Para llegar a esta cifra hemos realizado un cálculo muy sencillo: suponiendo que existen 4 millones de usuarios, que el tráfico que llega al núcleo es sólo de 20 Mbps (el resto se queda en la red metropolitana) y que existe una tasa de concurrencia del 10% entonces el tráfico cursado por el núcleo de red sería de 4 Terabit/segundo, asumiendo un coste de 10.000 euros por Gbps obtenemos la cifra de 400 millones de euros.

Según los resultados de los estudios tecnoeconómiocos realizados en el proyecto europeo NOBEL-2 [1]. El uso de una red todo óptica para el transporte de flujos de tráfico a 10 Gbps reduciría el CAPEX de núcleo IP en un 65%. Por tanto podemos estimar que ***los ahorros en puertos de conversión optoelectrónica en el núcleo de red podrían rondar los 260 millones de euros.***

Reducción de equipamiento y espacio

El crecimiento de tráfico en una red basada en tecnologías de conmutación electrónica normalmente se traduce en un incremento del tamaño y número de equipos. Por ejemplo, en un escenario de red con despliegues masivos de FTTH a 100 Mbps como el descrito anteriormente, el router de interconexión internacional tendría un throughpout aproximado de 4 Tbps. Si echamos un vistazo a la Figura 2 podemos comprobar que, en caso de utilizar matrices de conmutación electrónica como las actuales: ¡el router ocuparía 10 chasis!. Por otro lado, un router IP todo óptico basado en tecnología OPS (Optical Packet Switching) podría alcanzar throughpouts de cientos de Tbps sobre un sólo chasis.

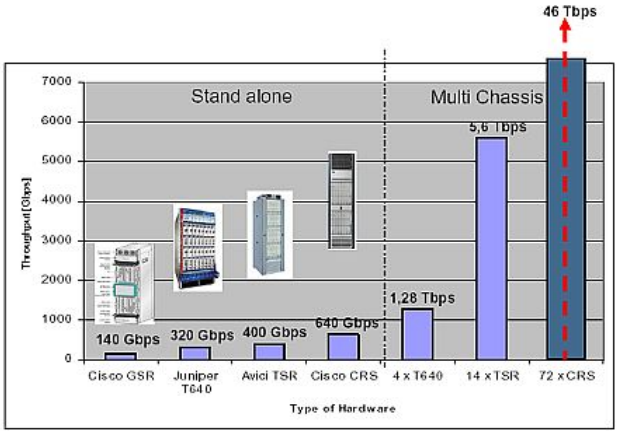

Figura 2. Escalabilidad de los routers actuales [Fuente: Deutsche Telecom]

Sin embargo el ahorro de espacio más significativo no se obtendría en el núcleo de red sino en las redes de acceso y agregación donde el uso de tecnologías como la WDM-PON de largo alcance permitiría reducir las necesidades de espacio y equipamiento en las centrales de acceso en casi su totalidad: ¡esto podría suponer la liberación de cientos de edificios!

Ahorro energético

El ahorro en espacio y equipamiento mencionado anteriormente tendría entre otras ventajas una considerable reducción en el consumo energético. Además, el consumo energético de los nodos de conmutación ópticos (ROADM, Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer) es sensiblemente menor que el de los nodos de conmutación electrónica. En la siguiente figura se muestra una comparación del consumo energético de distintos tipos de nodo de conmutación.

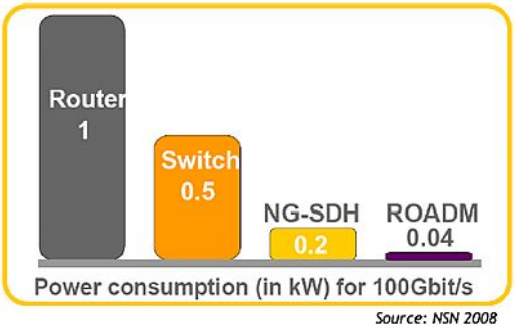

Figura 3. Consumo energético de distintas tecnologías de conmutación
[Fuente: Nokia Siemens Networks]

En un reciente estudio publicado en el IEEE Communications Magazine[2] se estimó el consumo energético de una red que diese cobertura a Australia y que estuviese basada en las tecnologías actuales de conmutación electrónica. La siguiente figura muestra el consumo en función de la velocidad de acceso.

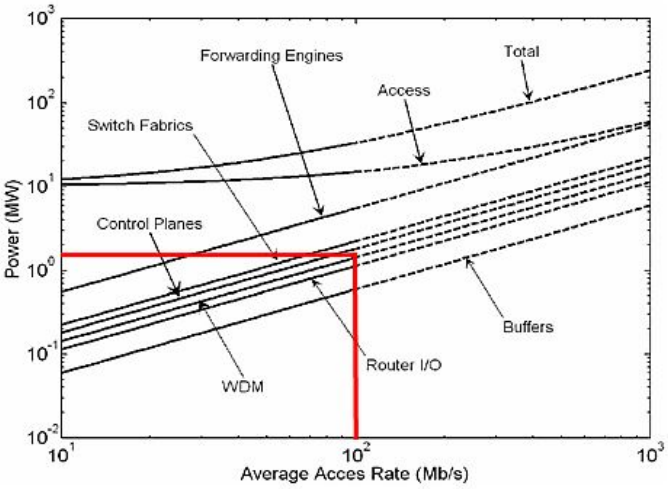

Figura 4. Consumo energético en función de la velocidad de acceso]

Como podemos observar, en una red con accesos a 100 Mbps los sistemas ópticos WDM consumirían 10 veces menos que los routers IP. En una Red Todo Óptica en la que eliminásemos las conversiones optoelectrónicas asociados a los routers, el consumo de los sistemas ópticos WDM sería mucho menor.

¿Cómo será la Red Todo Óptica del Futuro?

Hasta el momento hemos hablado de las ventajas de una Red Todo Óptica pero aún no hemos tratado los aspectos tecnológicos de estas redes. A continuación haremos una breve descripción de una arquitectura de Red Todo Óptica basada en tecnologías que actualmente se encuentran en una fase experimental y que en el año 2015 podrían encontrase en el mercado. La arquitectura global de esta red se muestra en la siguiente figura.

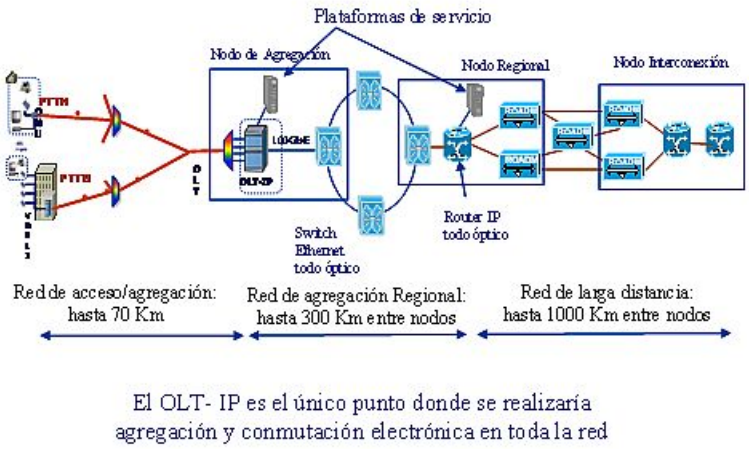

Figura 5. Arquitectura Global de Red Todo Óptica

En concreto, la Red Todo Óptica constaría de una red de acceso todo óptica de largo alcance basada en la tecnología Long Reach WDM PON, una red regional basada en la tecnología OBS (Optical Burst Switching) y una red de larga distancia compuesta por routers IP todo ópticos y ROADMs.

En la arquitectura de red propuesta los segmentos de acceso y agregación estarían basados en una combinación de las tecnologías 10GPON y WDM PON de largo alcance. Ambas tecnologías se encuentran en desarrollo y han sido probadas en pilotos experimentales.

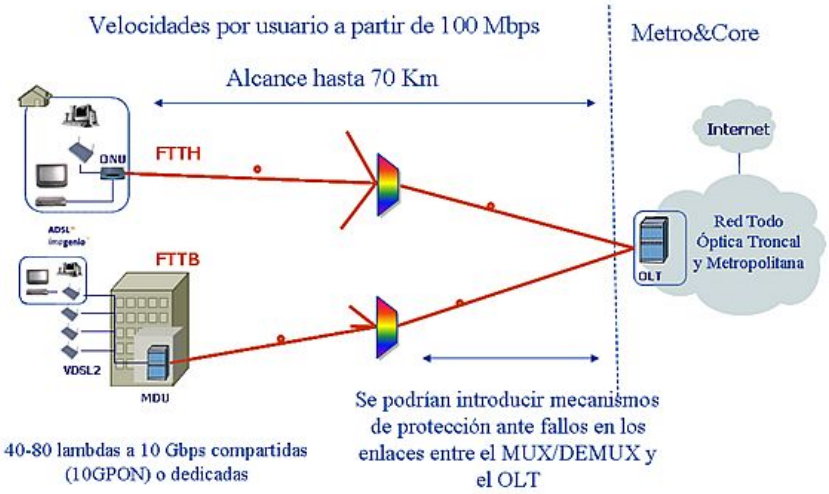

Figura 6. Acceso y Agregación WDM-PON de largo alcance

La tecnología WDM-PON de largo alcance permitiría soportar hasta 80 canales ópticos (longitudes de onda), con un alcance de más de 50 Km, sobre una infraestructura óptica pasiva compuesta por enlaces de fibra óptica y multiplexores ópticos[3]. El uso combinado con la tecnología 10GPON permitiría compartir cada canal óptico entre 100 usuarios con conexiones a 100 Mbps. Mediante el uso de estas tecnologías en la red de acceso se podría concentrar todo el tráfico de una extensa área metropolitana sobre un único nodo de agregación. En la siguiente figura se muestra la arquitectura de un nodo este tipo.

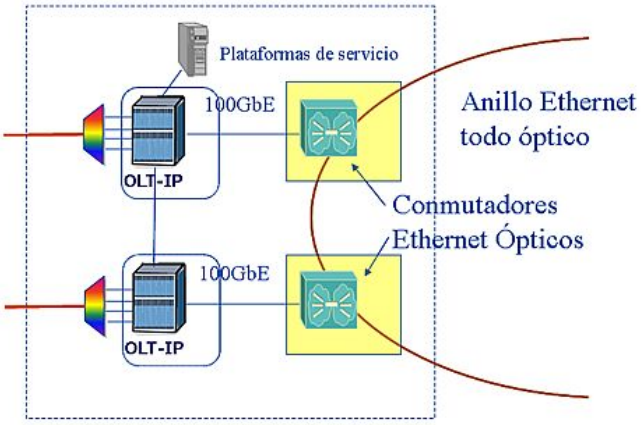

Figura 7. Nodo de agregación metropolitano

Como podemos observar el equipo de borde de la red del operador (el equivalente al DSLAM actual) sería el OLT (Optical Line Terminal) y se trataría del único equipo basado en conmutación electrónica de nuestra red. En concreto, las principales funciones de este nodo serían las siguientes:

- Ejecutaría los protocolos de Control de Admisión (CAC)
- Conmutaría el tráfico interno entre diferentes usuarios de la misma red de acceso
- Agregaría el tráfico con destino a otros nodos en canales a 100 Gbps
- Conectaría a los usuarios de la red de acceso con las plataformas de servicio locales (p.ej TV, video bajo demanda, etc)
- Clasificaría el tráfico de usuario en función de su destino y la calidad de servicio requerida

El OLT contaría con puertos de red 100 GbE conectados directamente a un conmutador Ethernet todo óptico basado en tecnología OBS (Optical Burst Switching). El funcionamiento básico de estos conmutadores resulta bastante sencillo de comprender: cada nodo dispone de un transmisor sintonizable y de un receptor fijo a una determinada longitud de onda. Si un nodo quiere comunicarse con otro basta con que sintonice su transmisor a la longitud de onda adecuada. Para evitar colisiones entre flujos de tráfico con distintas fuentes pero el mismo destino se utiliza un protocolo de control de acceso al medio de manera que cada nodo del anillo sabe en que ranura temporal y con que longitud de onda debe transmitir.

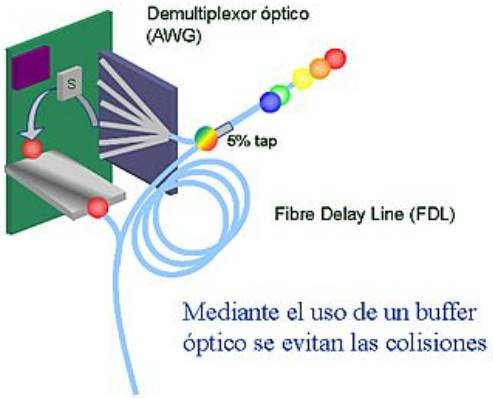

Figura 8. Conmutador Ethernet todo óptico

Actualmente existen algunas pequeñas compañías como Matisse o Intune Networks que ya disponen de conmutadores Ethernet todo ópticos para redes en anillo como la mostrada en la siguiente figura:

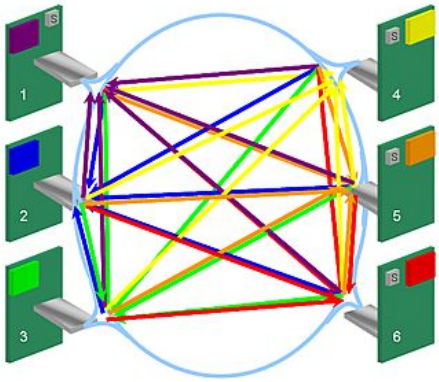

Figura 9. Malla virtual sobre anillo Ethernet todo óptico

Los conmutadores Ethernet todo ópticos de una misma región (p.ej Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla,…) se agruparían formando anillos como el mostrado en la Figura 10, de este modo cada nodo de agregación tan sólo necesitaría un puerto 100GbE sintonizable (y redundado) para comunicarse con los demás nodos de su red regional.

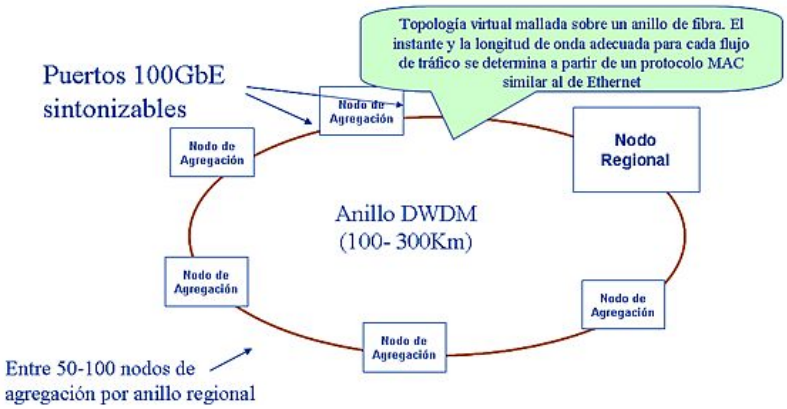

Figura 10. Anillos Ethernet todo ópticos regionales

En cada anillo regional habría, al menos, un Nodo Regional que concentraría el tráfico con el exterior. Como se muestra en la siguiente figura el Nodo Regional contaría con routers IP todo ópticos basados en la tecnología OPS (Optical Packet Switching).

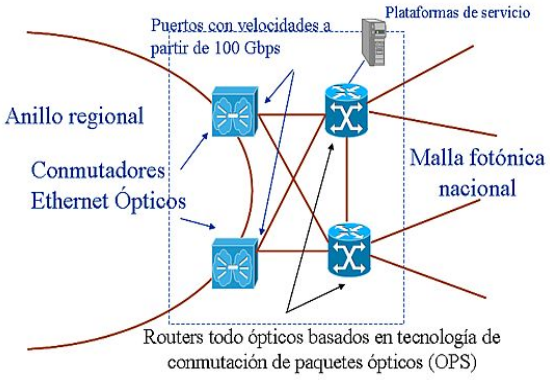

Figura 11. Nodo Regional

Los routers OPS serían capaces de conmutar tráfico de varios cientos de Terabit/s sin necesidades de utilizar convertidores optoelectrónicos. El componente clave para el desarrollo de estos routers son las memorias ópticas: un elemento óptico pasivo que introduce un retardo en la propagación de la luz para que dé tiempo a realizar el procesado de la cabecera del paquete y a configurar el conmutador. El procesado de la cabecera puede realizarse en el dominio eléctrico aunque ya existen tecnologías experimentales que permitirían hacerlo de forma totalmente óptica.

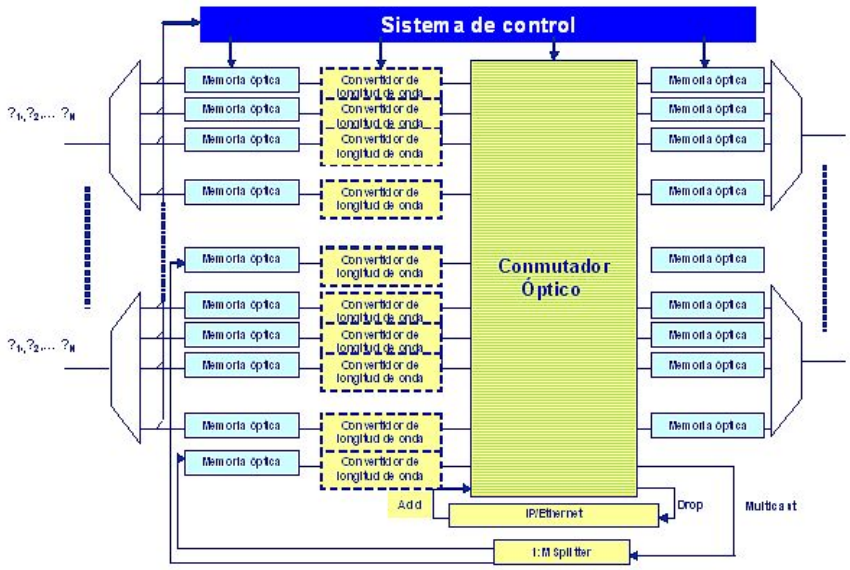

Figura 12. Router OPS

En nuestra arquitectura de Red Todo Óptica el núcleo de red estaría compuesto por una malla fotónica que interconectaría los Nodos Regionales con los Nodos de Interconexión internacional.

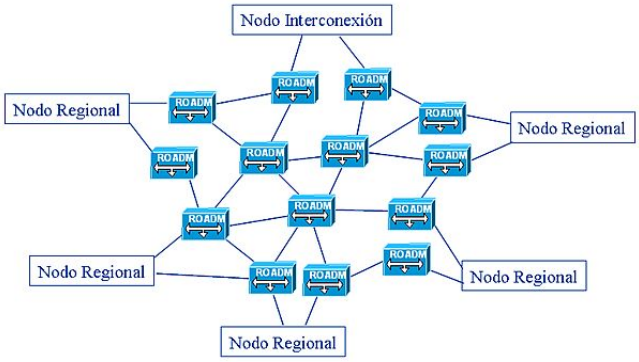

Figura 13. Núdeo de Red

El nodo de interconexión, o de salida a Internet estaría compuesto por routers OPS redundados como los mostrados en la figura 12.

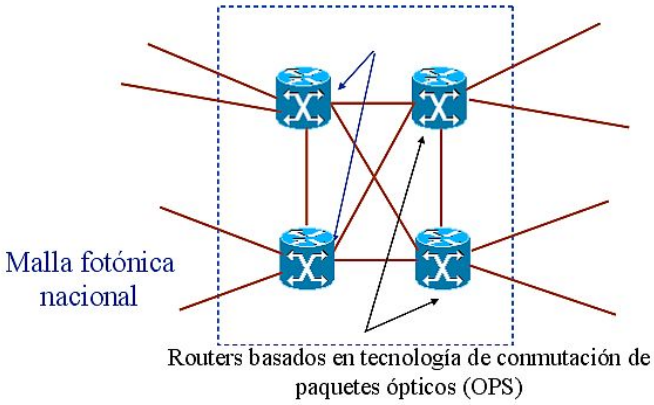

Figura 14. Nodo de Interconexión

Por otro lado los elementos clave para el despliegue de la malla fotónica serían el ROADM y el Regenerador 3R todo óptico.

Los ROADMs son equipos totalmente ópticos como el mostrado en la siguiente figura que son capaces de conmutar canales ópticos (longitudes de onda) sin necesidad de realizar conversiones optoelectrónicas).

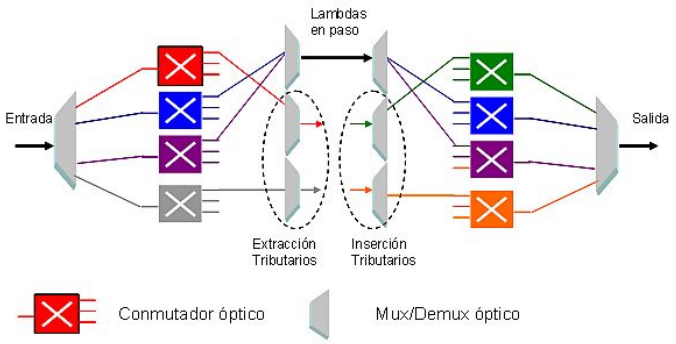

Figura 15. Estructura de un ROADM

Actualmente todos los grandes fabricantes ya disponen de soluciones comerciales de este tipo. Por otro lado, el desarrollo de Regeneradores 3R capaces de amplificar, recuperar la forma y resincronizar las señales digitales de forma totalmente óptica está en sus comienzos. Sin embargo, ya existen regeneradores 3R (amplificación, recuperación de la forma y resincronización) todo ópticos experimentales para velocidades de más de 200 Gbps. Por ejemplo, el pasado mes de Abril la compañía OKI systems realizó una prueba de campo de un regenerador 3R a 160 Gbps.

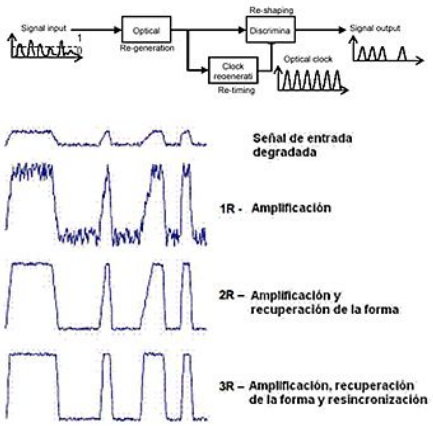

Figura 16. Regenerador 3R

En resumen

El despliegue generalizado de accesos FTTH introducirá una gran presión de tráfico al resto de la red. El despliegue de una Red Todo Óptica permitiría absorber el incremento de tráfico del acceso FTTH con el mínimo coste y de este modo evitaría que el cuello de botella de la red pasase del acceso al transporte.

«Artículo incluido en el boletín eKISS nº 120, una publicación semanal interna de Telefónica»

REFERENCIAS

[1] Precios de lista de Cisco
[2] IEEE COM magazine. Photonic Switching and the Energy Bottleneck. J. Baliga, R. Ayre, K. Hinton and R. S. Tucker. University of Melbourne, Victoria 3010, Australia
[3] ECOC 2008. “A novel line coding pair for fully passive long reach WDM-PONs”. Presi, Marco et al.