



Andrés Playán

Director técnico de redes ópticas
de Alcatel-Lucent

Las redes ópticas de nueva generación

En los últimos años se ha incrementado notablemente el despliegue de redes ópticas de transmisión basadas en tecnología WDM debido a su optimizado coste de introducción. Sin embargo, los sistemas WDM usados hasta la actualidad carecen de las facilidades de reconfiguración y supervisión habituales en equipos de transmisión basados en SDH. Estas carencias han implicado unos mayores costes de explotación y la necesidad de combinar esta tecnología con otras para dotar a las redes de la necesaria capacidad de reconfiguración. El desarrollo de una nueva generación de redes ópticas persigue no sólo la reducción del coste por bit transmitido sino también la reducción del coste de explotación y la dotación de una funcionalidad de reconfiguración capaz de cumplir los acuerdos de nivel de servicio de los operadores.

La gran mayoría de las redes ópticas desplegadas en la actualidad están basadas en estructuras WDM en bus o en anillo, como las mostradas en la figura 1, que cumplen las funciones básicas de la red de transmisión (multiplexación de señales para transmitir grandes anchos de banda, transmisión de la información a distancia a través de la fibra, protección de las señales ante fallos, detección de errores de transmisión...) pero carecen de dos características importantes: capacidad de reconfiguración automática y gestión de la señal extremo a extremo en el plano óptico. En estas redes, los sistemas son preconfigurados durante su instalación de manera que las lambdas accesibles en cada nodo quedan fijadas en ese momento. Cualquier reconfiguración posterior para acceder a una señal no prevista requiere la intervención de un operario en el nodo.

La tecnología que permite romper estas barreras no es nueva, pero hasta este último año no se ha podido incorporar a los equipos con unas prestaciones y a un coste que permitan su amplia utilización en las redes, especialmente en el ámbito metropolitano, donde el coste es fundamental. Esta nueva generación de equipos va a permitir el despliegue y explotación de

redes puramente ópticas (también llamadas redes fotónicas para distinguirlas de las redes ópticas basadas en la combinación de tecnologías ópticas y eléctricas). Su objetivo es satisfacer los requisitos de los operadores de disponer de una red WDM más fácil de planificar, instalar y operar, en la que las lambdas puedan ser desplegadas y reconfiguradas rápidamente sin

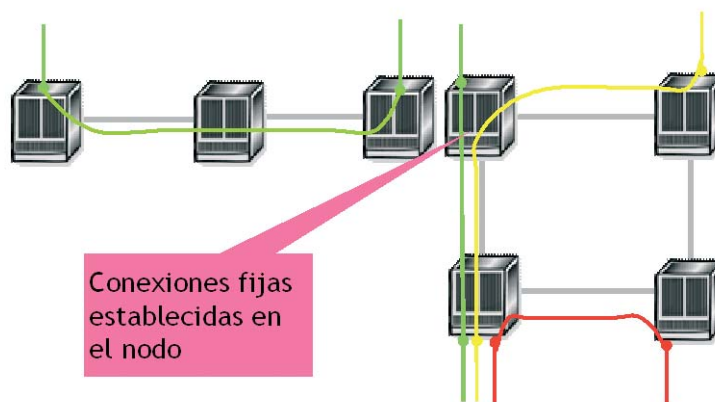


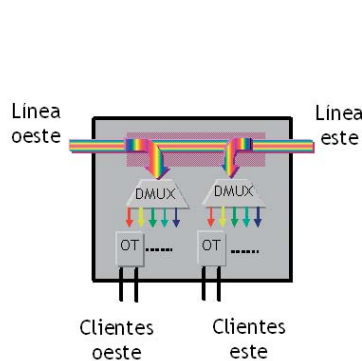
Figura 1. Redes WDM tradicionales.

necesidad de intervenciones manuales. En esencia, una red óptica capaz de proporcionar unos niveles de flexibilidad, automatización y tiempo de puesta en servicio similares a los de las redes SDH. Pero, ¿cuáles son las características fundamentales de estas redes y los beneficios que proporcionan al operador?

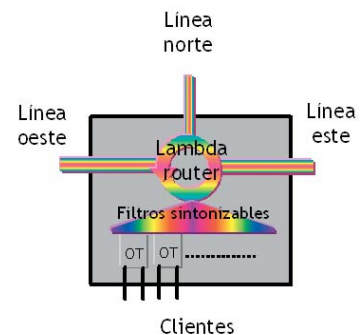
Redes de transporte totalmente ópticas

El componente fundamental de las redes ópticas son los OADM (Optical Add Drop Multiplexer). La figura 2 muestra de forma esquemática y comparativa la arquitectura de los nodos fijos tradicionales y la de los nodos de nueva generación reconfigurables (ROADM), sintonizables y multidireccionales.

En los nodos reconfigurables un flujo en paso puede ser re-enruta-



OADM Fijo



OADM Reconfigurable, Sintonizable y Multidireccional

Figura 2. OADMs fijos y reconfigurables.

una lambda o color. Desde el punto de vista de la operación implica que una demanda de tráfico que inicialmente era transmitida por una determinada lambda del lado este del nodo puede ser reconfigurada en cuestión de

tados, anillos con ramales o estructuras totalmente malladas como se muestra en la figura 3. En estas estructuras las demandas son transportadas por primera vez de forma totalmente óptica de extremo a extremo sin necesidad de ninguna conversión óptico-eléctrica con el consiguiente ahorro de transpondedores.

“La tecnología que permite romper estas barreras no es nueva, pero hasta este último año no se ha podido incorporar a los equipos con unas prestaciones y a un coste que permitan su amplia utilización en las redes”

do de forma remota desde el Centro de Operación de Red (NOC) en cualquier otra dirección - por ejemplo, de este-oeste a este-norte - o terminado en el nodo. Con los nodos fijos tradicionales cualquiera de estas operaciones hubiera obligado al desplazamiento hasta el nodo de un operario.

Una arquitectura de nodo sintonizable y multidireccional supone que los puertos dejan de estar asociados a una de las direcciones y a

minutos desde el centro de operación de la red (NOC) para ser transmitido por el lado oeste y en una lambda distinta. Esta operación también hubiera supuesto el desplazamiento de un operario a la central en una red tradicional.

Estas diferencias abren la puerta al despliegue de nodos de grado de conectividad superior a dos y permiten pasar de estructuras ópticas en bus o anillo a estructuras más complejas: anillos interconec-

La principal ventaja operativa de estas redes radica en su flexibilidad y facilidad de planificación, ya que al ser totalmente reconfigurables el tráfico puede ser fácilmente reconfigurado si se producen variaciones en la demanda o incidencias. Por ejemplo, una acción básica de reconfiguración como dejar en paso una lambda que previamente terminaba en un nodo necesita del desplazamiento de un operario a la central y varias horas de trabajo en una intervención que requerirá una noche. Esta misma acción en una red reconfigurable se realiza directamente desde el NOC como parte de la operación normal y supone unos pocos minutos.

La gestión de las nuevas redes ópticas

El cambio de la arquitectura de las redes WDM, que dejan de ser un conjunto de enlaces o anillos para convertirse en una auténtica red con servicios ópticos extremo a extremo, lleva implícito un cambio en forma de gestionar estas redes. Si no se incorporaran nuevos mecanismos de gestión, los ahorros obtenidos por la nueva arquitectura serían rápidamente superados por unos costes operacionales exorbitados provocados por la falta de herramientas adecuadas para la operación.

La gestión de la capa fotónica consiste actualmente en el manejo de una serie de parámetros ópticos de los enlaces que se ajustan en el despliegue y se revisan en caso de problemas o de desviaciones respecto a unos márgenes preestablecidos. El resto de la gestión se hace en los puntos de conversión óptico-eléctrico basándose hasta ahora en mecanismos propietarios y cada vez más en la recomendación G.709 de la UIT. En las redes fotónicas, esta forma de gestión debe ser completada, pues en los puntos en los que no se realiza una conversión al dominio eléctrico se carece de mecanismos de supervisión válidos.

El elemento básico para esta nueva gestión es el establecimiento de un mecanismo de traza (*Path Trace*) que identifique de forma única cada servicio en el dominio óptico. Este identificador debe ser asignado a la entrada de la red y deberá poder ser consultado en cualquier punto intermedio y en la salida. Este mecanismo es clave para poder monitorizar la red a nivel fotónico y poder supervisar

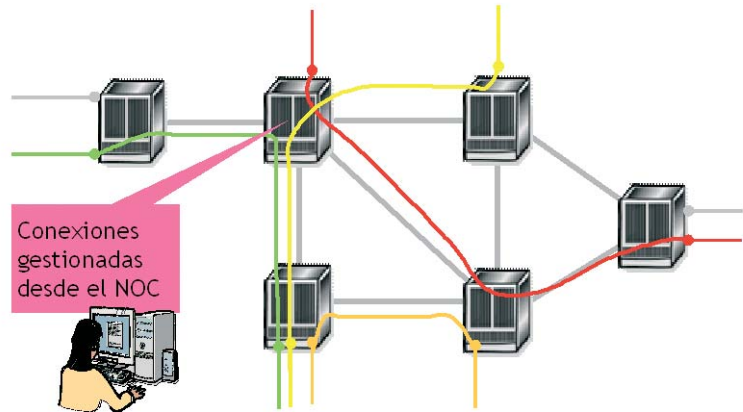


Figura 3. Red óptica basada en ROADMs.

de esta forma el flujo en todos los puntos de la red y no sólo en los puntos de conversión óptico-eléctrico, como se indica en la figura 4. Al monitorizar en el dominio óptico también habilitamos la posibilidad del transporte gestionado de señales ajenas que han sido coloreadas antes de su ingre-

y en la capacidad de los equipos de medir la potencia por lambda en puntos seleccionados de la red, se puede monitorizar tanto una señal a lo largo de toda su ruta como todos los flujos ópticos presentes en una sección de fibra. Con estos datos es posible realizar una correlación de las medidas y

“La principal ventaja operativa de estas redes radica en su flexibilidad y facilidad de planificación, ya que al ser totalmente reconfigurables el tráfico puede ser fácilmente reconfigurado si se producen variaciones en la demanda o incidencias”

so en la red óptica y que pueden ser transportadas de forma completamente óptica como es el caso, por ejemplo, de señales coloreadas procedentes de routers IP. La disponibilidad de este identificador es la base para el resto de los mecanismos de gestión de la capa óptica.

El principal mecanismo a implementar es el control de potencia por longitud de onda. Basándonos en el identificador de traza óptica

detectar fácilmente el origen de un problema y los servicios afectados. Si la desviación en potencia está dentro de los márgenes tolerables, el propio sistema se autorregulará; si no es posible –por ejemplo, en caso de avería– el sistema dará información puntual del lugar del fallo. Este automatismo es el mismo que permite la provisión de lambdas en automático desde el gestor rebalanceando, si es necesario, la potencia óptica en los sistemas.

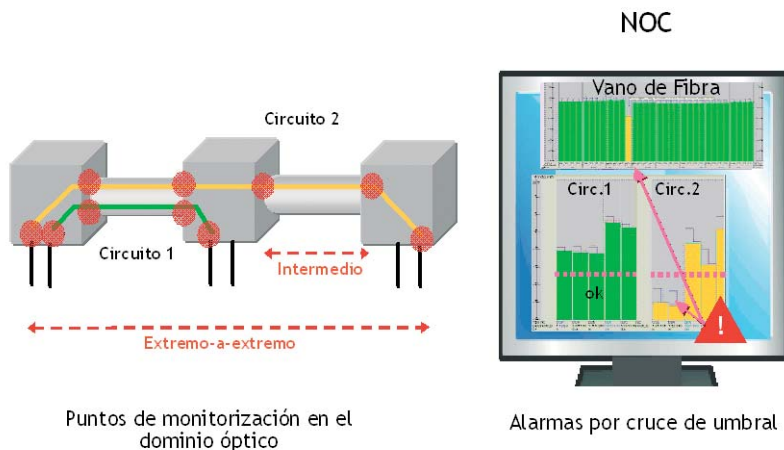


Figura 4. Supervisión de los vanos y del canal óptico.

disponible. Esta capacidad dota a la red de un nivel de supervivencia ante fallos simples o múltiples inalcanzable con los tradicionales mecanismos de protección óptica.

Una nueva generación de redes ópticas

La aparición de los nuevos equipos WDM reconfigurables, sintonizables y multidireccionales abre las puertas a una nueva forma de planificar, desplegar y operar las redes ópticas. Por primera vez podemos disponer de redes ópticas flexibles con servicios ópticos extremo a extremo transportados por una auténtica red y no por un conjunto de estructuras interconectadas. Esta nueva generación de equipos lleva asociado un nuevo conjunto de facilidades de gestión que reduce drásticamente los tiempos de operación y que permite reconfiguraciones de la red en minutos. Estas características hacen que por fin se pueda hablar de redes fotónicas gestionadas y reconfigurables sin necesidad de intervenciones manuales en los equipos: las llamadas "zero-touch photonics". ♦

El segundo mecanismo implementado es la gestión de la conexión: mediante el identificador de traza es fácilmente identificable desde el gestor cualquier conexión erróneamente establecida o en fallo y modificarla de forma remota como se puede ver en la figura 5.

Las ventajas operativas aportadas por estas funcionalidades son considerables. En las redes tradicionales, es necesario revisar periódicamente que no se han producido derivas importantes en los valores de atenuación y potencia. Si como consecuencia de la revisión es necesario reajustar alguna estructura, esta operación requerirá la presencia de operarios en cada uno de los nodos y la operación completa de ajuste llevará varias noches. En las redes de nueva generación la supervisión y reajuste de los niveles de potencia se realiza desde el gestor y de forma automática: sólo es necesario actuar de forma manual en los casos en los que los niveles están fuera del margen de ajuste automático.

Estas prestaciones de supervisión y automatización, junto con las facilidades de reconfiguración de los equipos, ofrecen también la posibilidad de dotar a estas redes de un plano de control GMPLS (*Generalized Multi-Protocol Label Switching*) similar al de las redes malladas SDH y constituir auténticas mallas fotónicas auto-restaurables. La capacidad de restauración implica que ante un fallo la propia red es capaz de re-enrutar el tráfico por cualquier lambda

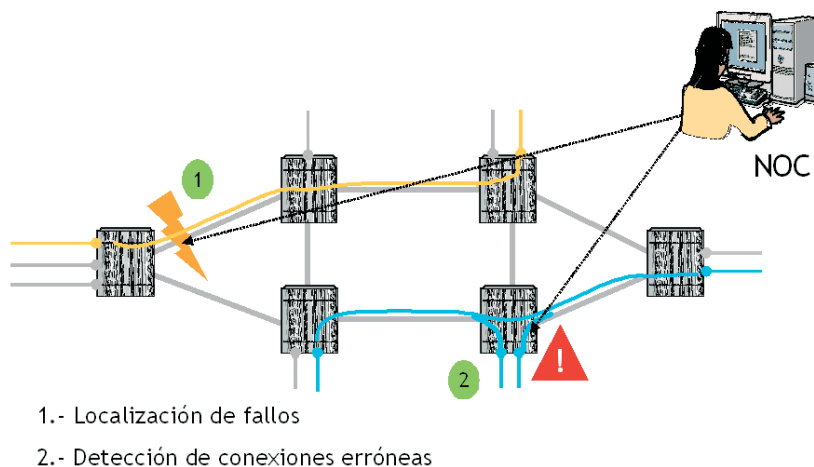


Figura 5. Resolución de problemas desde el NOD.