



Service monitoring in intelligent, transparent networks (original title: Monitorización de servicios en redes ópticas inteligentes y transparentes)

C. Pinart, A. Amrani, G. Junyent

Publication:	XIV Jornadas Telecom I+D. Madrid (Spain)
Vol.:	-
No.:	-
pp.:	-
Date:	November 23-25, 2004

This publication has been included here just to facilitate downloads to those people asking for personal use copies. This material may be published at copyrighted journals or conference proceedings, so personal use of the download is required. In particular, publications from IEEE have to be downloaded according to the following IEEE note:

©2007 IEEE. Personal use of this material is permitted. However, permission to reprint/republish this material for advertising or promotional purposes or for creating new collective works for resale or redistribution to servers or lists, or to reuse any copyrighted component of this work in other works must be obtained from the IEEE.

Monitorización de servicios en redes ópticas inteligentes y transparentes

Carolina Pinart (1), Abdelhafid Amrani (1), Gabriel Junyent (1, 2)
1 : Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC)
c/ Gran Capità 2-4 08034 Barcelona
Telf.: 93 205 84 21, Fax: 93 205 83 99
Email: {carolina.pinart, abdelhafid.amrani}@cttc.es
2 : Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Email: junyent@tsc.upc.es

Resumen

Este artículo se centra en el diseño e implementación experimental de un mecanismo de diálogo entre un plano de gestión óptico y el plano de transporte de una red óptica transparente con el fin de intercambiar información para asegurar calidad de servicio. Dicha información proviene de la monitorización del funcionamiento (performance) y la degradación de las señales transportadas en la red todo óptica, obtenida mediante técnicas de mínima intrusión a los servicios y con bajo conocimiento del historial de transporte de los datos, debido a su transparencia (Optical Performance Monitoring).

1. Introducción

El crecimiento acelerado del tráfico de datos está motivando la investigación de arquitecturas de red óptica más eficientes, flexibles e inteligentes. Las redes ópticas están llamadas a ser la tecnología base de la próxima generación de Internet y redes de banda ancha, siendo *Internet Protocol* (IP) sobre *Wavelength Division Multiplexing* (multiplexación por división de la longitud de onda, WDM), IP/WDM, uno de los candidatos más prometedores.

La monitorización del funcionamiento de las redes (*performance*) juega un papel fundamental en el despliegue y futura evolución de la industria óptica, ya que una de las claves del éxito de las redes de próxima generación será asegurar la calidad de servicio (*Quality of Service*, QoS), pues dichas redes serán capaces de ofrecer servicios ópticos diferenciados y dinámicos. Por este motivo se están investigando nuevos métodos para monitorizar el *performance* de datos en una red óptica con mínima conversión al dominio eléctrico y mínima alteración de las señales transportadas en las fibras ópticas que forman la red. Paralelamente, se investiga la integración de las redes de fibra, las comunicaciones y el procesado de señal con los protocolos ópticos.

En cuanto a protocolos para redes IP/WDM, *Generalized Multi-Protocol Label Switching* (GMPLS) está llamado a ser una parte integrante del futuro Internet óptico, especialmente como plano de control de las redes ópticas de conmutación automática, *Automatic Switched Optical Network* (ASON) [1], ya que dota a dichas redes de inteligencia. En cuanto a protocolos de información de gestión, *Simple Network Management Protocol* (SNMP) [8] ha sido la referencia industrial para gestión de red desde finales de los años 80; hay

agentes SNMP instalados en casi todos los sistemas para proporcionar acceso remoto a sus componentes, lo que convierte a SNMP en un estándar *de facto* para gestión de hardware en red. Este hecho es probable que perdure como mínimo en la etapa inicial de las redes IP/WDM.

Este artículo se centra en diseño e implementación experimental de un mecanismo de diálogo entre un plano de gestión óptico y el plano de transporte de una red IP/WDM transparente con el fin de intercambiar información relevante para asegurar QoS de los servicios transportados, es decir, los canales ópticos (longitudes de onda ópticas) establecidos en la red. Dicha información proviene de la monitorización de las señales transportadas en la red IP/WDM mediante técnicas de mínima intrusión y con bajo conocimiento de los datos transportados.

La organización del artículo es la siguiente: la Sección 2 contiene el modelo de referencia y los parámetros relevantes para monitorizar el estado de "salud" de los servicios ópticos, así como los diferentes puntos de entrada de la red óptica para monitorizar. La Sección 3 describe el demostrador ASON/GMPLS experimental utilizado en este trabajo, centrándose en el modelo de datos y la implementación de un agente de gestión *Optical Add-Drop Multiplexer* (OADM) utilizado para la monitorización de servicios. La Sección 4 contiene los resultados de una evaluación de *performance* preliminar. Finalmente, la Sección 5 describe las conclusiones y tareas futuras del trabajo de investigación presentado.

2. Modelo de referencia y parámetros de monitorización

El modelo de referencia de la monitorización de prestaciones ópticas (*Optical Performance Monitoring*, OPM) tiene tres capas. Empezando desde la entrada WDM, se encuentra la gestión del canal, luego la calidad del canal y finalmente la prestación del protocolo [6]. Estas capas se conocen como transporte, calidad de la señal y monitorización del protocolo, respectivamente. En este trabajo consideramos únicamente la capa de transporte, puesto que el método elegido para implementar el OPM es mediante un monitor dedicado no intrusivo y todo óptico, que extrae una pequeña parte (1-5%) de la señal óptica DWDM (WDM denso) transportada en la fibra y permite monitorizar varios parámetros de la señal transportada en la fibra y cada una de las diferentes longitudes de onda multiplexadas en dicha señal.

En la capa WDM, los parámetros más importantes para monitorizar son la potencia total en la fibra, la potencia por canal DWDM, la relación señal a ruido óptica (OSNR), la longitud de onda de cada canal y las desviaciones de dichos parámetros. Como se trata de una monitorización totalmente transparente, cabe destacar que estos parámetros conciernen las características analógicas de la señal óptica y no las digitales (como el *Bir Error Rate*, BER, el factor Q, el *jitter* o los efectos de la dispersión, entre otros), que no pueden ser monitorizadas mediante OPM. También es de importancia destacar que actualmente no existen estándares para OPM ni para la medida de la calidad de los servicios ópticos, aunque la *International Telecommunications Union* (ITU-T) está elaborando una recomendación al respecto [11]. Por eso, en la literatura sólo se pueden encontrar sugerencias sobre OPM, como por ejemplo las descritas en las referencias [6] y [7].

En este trabajo consideramos que un servicio óptico contiene los siguientes parámetros de QoS: los retardos en establecimiento y liberación del canal [7], que pueden ser directamente monitorizados en el gestor de la red (*manager*), la “salud” del canal que contiene el servicio¹ y el estado de los componentes y subsistemas ópticos (transmisores, receptores, conmutadores ópticos, filtros o amplificadores, que pueden sufrir desperfectos y causar degradaciones en los servicios ópticos). Hay que destacar que otros parámetros importantes para la QoS son la degradación del BER y el retardo en la restauración del servicio en caso de fallos [7]. No obstante, como ya se ha dicho, en este trabajo disponemos de una monitorización todo óptica en la capa WDM y de una rápida protección física a nivel de la sección del

multiplexado (*Optical Multiplex Section*, OMS [2]), por lo que dichos parámetros no se consideran.

Para localizar e identificar las causas de un fallo o degradación de un servicio se necesita ubicar varios puntos de monitorización en la red óptica, en lugares bien elegidos, por ejemplo a la entrada y a la salida de cada nodo. Los fallos en una red óptica pueden clasificarse como fallos de los nodos ópticos y fallos de los enlaces ópticos. En los nodos, las averías más importantes pueden tener lugar en el plano de control (fallos en los *Optical Connection Controller*, OCC, que en este trabajo están basados en GMPLS, tal como se describe en [3] y [5]) y en el plano de transporte (componentes y subsistemas ópticos). En cuanto a los enlaces ópticos, éstos pueden sufrir degradaciones causadas por un corte o una alta atenuación en la fibra, en sus conexiones, o por un fallo en la cadena de amplificación óptica, además de efectos de no linealidades y/o de dispersión, que pueden tener lugar en la fibra óptica. Cabe destacar que los fenómenos de no linealidades y de dispersión se tienen que caracterizar en la fase del diseño de los enlaces ópticos, de manera que se minimicen los efectos indeseables en la transmisión óptica, ya que dependen en gran medida de las especificaciones de cada escenario de transmisión (velocidad de transmisión, separación entre canales, potencia o longitud de fibra, entre otros).

Para la monitorización de los componentes de la red mediante OPM, el emplazamiento de los puntos de monitorización se divide entre el controlador del nodo (NC en la Fig.1), el monitor (*Transport monitor* en la Fig.1) y el agente del plano de gestión (situado tanto en el OCC como en el OADM, tal como ilustra la Fig.1). En este trabajo se consideran los fallos del plano de transporte, con lo que no se describirá el agente de gestión OCC, cuya arquitectura y funcionamiento experimental están descritos ampliamente en [3], [5] y [9].

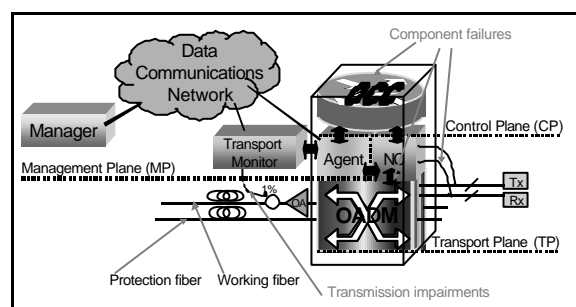


Fig.1 Monitorización óptica en los nodos IP/WDM

3. Demostrador experimental ASON/GMPLS

El demostrador (*testbed*²) utilizado en este trabajo es un anillo óptico regional de tres nodos dotado de

¹ Consideramos redes de conmutación de longitudes de onda en que cada canal transporta un único servicio óptico.

² ADRENALINE testbed: All optical Dynamic Reliable Network hAndLING IP/Ethernet Gigabit traffic with QoS <http://www.cttc.es/adrenaline/>

inteligencia óptica a través de un plano de control distribuido basado en GMPLS que permite configurar servicios ópticos (canales) entre varios clientes (ASON) de manera dinámica y en tiempo real. Por razones económicas, cada fibra puede contener hasta 8 canales de la ITU-T (del canal 30 al 37) espaciados 100 GHz, con una velocidad de modulación de hasta 2.5 Gb/s (se prevé aumentar esta velocidad hasta 10 Gb/s en una próxima evolución del *testbed*). La arquitectura global del demostrador se detalla en [5]. Por su relevancia en este trabajo, a continuación se describe la implementación del plano de transporte óptico.

3.1. Plano de transporte

El plano de transporte es una red de transporte óptica (OTN) [2] transparente al formato, protocolo y velocidad de transmisión de las señales clientes, que permite el suministro de canales ópticos tanto unidireccionales como bidireccionales. Además, todos los láseres del demostrador son sintonizables y no hay conversión de longitud de onda en los OADMs [5]. Por otro lado, cabe destacar que el OPM utiliza el plano de transporte como fuente principal de información para detectar de manera totalmente transparente el estado de las conexiones y sus prestaciones.

Este trabajo se centra en la configuración unidireccional del plano de transporte. En consecuencia, cada enlace óptico esta compuesto por dos fibras unidireccionales; una de ellas es la fibra de trabajo (*working fiber*), es decir, en la que se transportan los servicios, y la otra se utiliza para la protección óptica OMS (*protection fiber*), tal como ilustra la Fig. 1. En la Fig.2 se muestra la arquitectura utilizada en un nodo OADM.

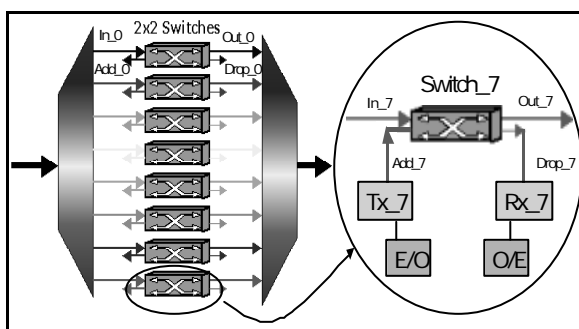


Fig. 2. Arquitectura del OADM.

La señal entrante desde la fibra de trabajo se demultiplexa (espectral y espacialmente) en 8 longitudes de onda (In_n en la Fig.2). Cada longitud entrar en un conmutador óptico 2x2 ($Switch_n$), que permite extraer la longitud de onda (y, opcionalmente, insertar una nueva señal con la misma longitud de onda, Add_n y $Drop_n$ en la Fig. 2) o dejarla pasar al nodo siguiente. En cada nodo se pueden insertar o extraer un máximo de 4 longitudes

de onda (canales ópticos). A la salida del OADM, las longitudes (Out_n) se multiplexan y se inserta la señal DWDM resultante en la fibra de salida.

Después la multiplexación, se extrae el 1-5% de la potencia de la señal DWDM para ser monitorizada mediante OPM, lo cual permite obtener una primera estimación de la calidad de la señal óptica de manera totalmente transparente, gracias a la medida de la potencia, la frecuencia y el OSNR de cada canal óptico y las desviaciones de estos tres parámetros. Estas medidas se hacen no sólo a la salida de cada nodo óptico sino también a su entrada, lo cual permite la detección y localización de fallos en los enlaces y en los nodos. Además, el monitor empleado para OPM también dispone de umbrales que detectan degradaciones (*warnings*). De este modo se puede realizar una gestión de fallos proactiva, con el objetivo de evitar o corregir fallos potenciales antes de que ocurran.

En contraste, los métodos digitales convencionales de monitorización óptica basados en el cálculo del BER, ES (*Errored Seconds*), SES (*Severly ES*) o CRC (*Cyclic Redundancy Check*), aunque permiten la detección de un fallo en una red óptica no llegan a identificar ni su causa ni su localización. Además, esta detección se hace en las capas eléctricas altas (como por ejemplo *Synchronized Digital Hierarchy*, SDH), con lo que se detecta una granularidad gruesa del fallo y en consecuencia su restauración suele utilizar más recursos, siendo más lenta. Por último, los métodos digitales son específicos de las características digitales de la señal transportada, como la velocidad de transmisión o los protocolos utilizados, y son intrusivos en general, por lo tanto más convenientes para realizar pruebas en la red óptica “fuera de servicio” (por ejemplo, en la fase de instalación) que “en servicio”.

A continuación se describen los mecanismos de procesado de los datos extraídos de la fibra de trabajo, así como los elementos de red más relevantes que intervienen en el proceso de monitorización de servicios ópticos.

3.2. Controlador de nodo óptico

En la Fig.2, se muestran los componentes activos del plano del transporte, que son: láseres transmisores (Tx_n), conmutadores 2x2, transceptores (O/E y E/O) y receptores ópticos (Rx_n). Además, si el OADM es reconfigurable, es necesaria una matriz de conmutación para la etapa de distribución [5]; en este trabajo dicha matriz es de 32x32 puertos, transparente y sin bloqueo. Asimismo, son activos también los amplificadores ópticos, que en este trabajo se localizan a la salida de cada nodo óptico (en modo *Booster*, designados como OA en la Fig. 1). El controlador del nodo óptico no sólo tiene la

responsabilidad de monitorizar el estado de todos estos componentes (o subsistemas) activos³, sino también de su cambio de estado conforme a las necesidades de los planos de control y de gestión ópticos, que proceden básicamente del suministro de servicios ópticos [3], principal función de la red.

En este trabajo, los controladores de nodo están formados por microprocesadores de 32-bit con puertos serie (RS-232) y Ethernet. El puerto serie comunica con los componentes ópticos activos a una velocidad de 115,2 Kbps. El controlador de nodo interactúa con estos componentes a través de un circuito FPGA (*Field Programmable Gate Array*) que asegura las conexiones eléctricas necesarias tanto para el intercambio de información como para la alimentación eléctrica de los componentes ópticos. El microprocesador utilizado es una plataforma Linux que realiza las siguientes tareas:

Proxying. Ejecución de las instrucciones del agente de gestión OADM (Sección 3.3) y del gestor de la red (a través de dicho agente vía la interfaz de gestión, NMI, Fig. 4), como por ejemplo recuperar la información sobre el estado del receptor Rx_3 o el transmisor Tx_5 (ver Fig. 2).

Connection Controller Interface (CCI). Ejecución de comandos desde el OCC del nodo óptico (el plano de control) relacionados con el proceso de suministro de un servicio óptico. Por ejemplo, insertar un canal óptico con frecuencia f_x a la salida Out_4, lo que equivale a cambiar el estado del láser en cuestión desde OFF a ON, asignar su frecuencia a f_x , opcionalmente reducir su potencia mediante un VOA (*variable optical attenuator*), cambiar el estado del conmutador 2x2 del modo *bar* a *cross*, y configurar las entradas/salidas de la matriz de conmutación óptica de la etapa de distribución.

Monitoring. Recuperación periódica de la información del estado de componentes ópticos, alarmas y notificaciones e informar al agente OADM (Sección 3.3) en caso de fallos. La información del estado concierne las características siguientes de los componentes (o subsistemas) ópticos:

- Láseres transmisores: potencia de salida, estabilidad de la longitud de onda, corriente, temperatura, fallo de envejecimiento y fallo en el puerto serie.
- Receptores ópticos (APD): detección de pérdida de potencia de entrada.
- Transceptores: detección de potencia óptica de entrada/salida.

3.3. Agente de gestión OADM

Las recomendaciones de las series X.700 o M.3010 de la ITU son ejemplos de modelado conceptual (de información) del plano de gestión de una red, incluyendo suministro (*provisioning*) de servicios.

³ Excepto los amplificadores, OA, que se monitorizan vía SNMP, tal como se describe en la Sección 3.3.

Dicho modelado es independiente de especificidades de implementación y define las relaciones entre los objetos gestionados. Por otra parte, debido a que los elementos de los planos de control y transporte (OCCs y OADMs, respectivamente) contienen agentes de gestión (Fig. 1), así como una base de datos de gestión, *Management Information Base* (MIB) y una función de comunicación de mensajes, lo que implica un protocolo de información de gestión (en este trabajo, SNMP), el *manager* de la red puede acceder a los modelos de información de ambos planos.

Por este motivo, en este artículo nos centraremos en el modelo de datos para monitorización de servicios. En cuanto a la MIB, la Fig. 3 ilustra una vista simplificada de los módulos de monitorización almacenados en cada OADM, que son OPT-IF-MIB de la *Internet Engineering Task Force* (IETF) [4] y OHW-CTTC-MIB, desarrollado en este trabajo.

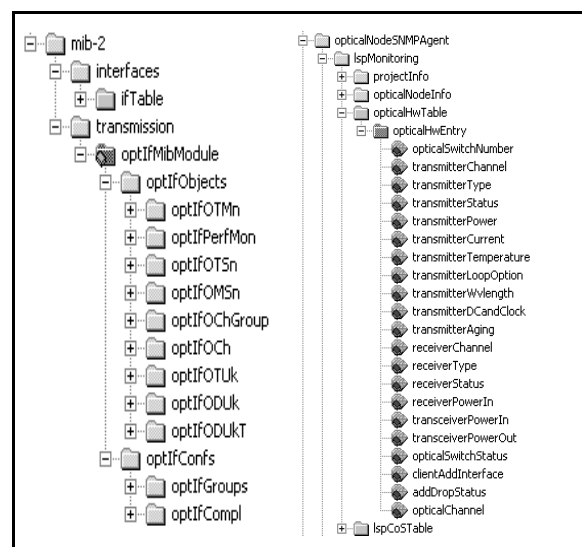


Fig. 3. Módulos OPT-IF-MIB y OHW-CTTC-MIB.

El módulo OPT-IF-MIB define los objetos para gestionar interfaces ópticas asociadas a sistemas WDM o caracterizadas por la arquitectura OTN [2]. Sus objetos son los listados en la parte izquierda de la Fig. 3. El módulo OHW-CTTC-MIB (Fig. 3, derecha) tiene *opticalHwTable* como objeto principal, y es complementaria a OPF-IF-MIB, pues contiene información de transmisores, receptores y conmutadores ópticos, indexados mediante el objeto *opticalSwitchNumber*. El subsistema de la Fig. 2 (derecha) tiene todos sus parámetros en *opticalHwTable* indexados con el número 7, pues el conmutador 2x2 es *Switch_7*. Por ejemplo, si el láser Tx_7 está activo, *transmitterStatus.7 = active(2)*. Si se extrae la longitud de onda de in_7 sin añadir canal, *opticalSwitchStatus.7 = cross(1)*, *addDropStatus.7 = drop(2)* y *opticalChannel.7 = 0* (ningún canal).

El agente de gestión OADM (Fig. 4) está basado en SNMP (paradigma *manager-agente*) [8], que ha sido

escogido como protocolo de información de gestión en calidad de referencia industrial. Este agente desempeña tres funciones: responder a peticiones de información de monitorización, enviar de alarmas y notificaciones sobre el estado de los recursos, y hacer de puente (*proxy*) con el controlador de nodo y el monitor óptico.

Análogamente a los agentes OADM, los monitores ópticos (Fig. 4) responden a peticiones del gestor o *manager* de la red, y envían alarmas causadas por desajustes de transmisión. En lugar de sobrecargar la red con información de estado de los recursos, los mensajes de gestión se envían únicamente cuando se prevé la ocurrencia de un error (*warning*), para que los planos de control y gestión puedan reaccionar de forma proactiva evitando la interrupción del servicio, y también se envían cuando se detecta error (*fault*).

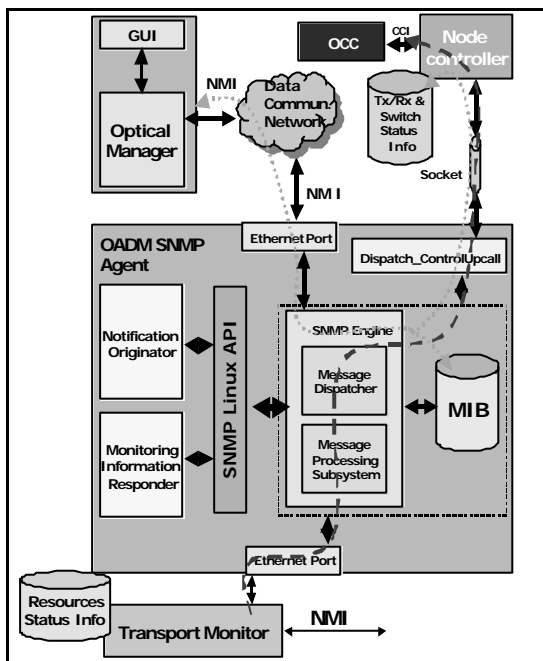


Fig. 4. Agente de gestión OADM.

El monitor utilizado en este trabajo es el *Digital Lightwave Optical Wavelength Monitor*⁴, que es totalmente óptico y monitoriza la potencia, longitud de onda (cada 10 ms) y SNR óptico (cada 100 ms) para múltiples canales en redes DWDM. Tiene umbrales de alarma programable y en este trabajo está configurado y visualizado (incluyendo alarmas) de forma remota vía SNMP (DIGL-OWM-MIB) y también a través de un interfaz gráfico.

Por otra parte, además de las capacidades de monitorización del controlador de nodo óptico (Sección 3.2), el agente OADM recupera la siguiente información del estado de los recursos:

- Asignación y estabilidad frecuencial, nivel de potencia y OSNR para cada canal óptico, a la

entrada y salida de cada nodo. Esto se realiza mediante el monitor óptico (Fig. 4).

- Nivel de potencia de los amplificadores, vía el protocolo SNMP.
- Potencia de salida de la matriz 32x32, a través del lenguaje de bajo nivel Transaction Language One (TL1).

El agente OADM es pues el responsable de recoger los resultados de los puntos de monitorización descritos más arriba, para que el controlador de nodo tenga información sobre el estado y funcionamiento de los enlaces del nodo y pueda, juntamente con la información que posee sobre los componentes internos del nodo, colaborar en la detección e identificación de fallos. El objetivo último de esto es realizar una recuperación de fallos rápida (del orden de decenas de ms).

La Fig. 5 ilustra la secuencia de eventos en caso de establecimiento de la una conexión óptica con éxito. La parte superior de la Figura contiene los eventos del diálogo entre el plano de gestión y el de control (OCCs basados en GMPLS), descrito en [9]. En cuanto a la secuencia de eventos de los OADMs, éstos son iniciados mediante la ejecución, por parte del controlador de nodo, de una orden del plano de control (modificar el estado de conmutadores, transmisores y receptores para establecer el canal óptico) y finalizan con una alarma/notificación en caso de fallo o de que algún umbral haya sido superado (parte inferior de la Fig. 5).

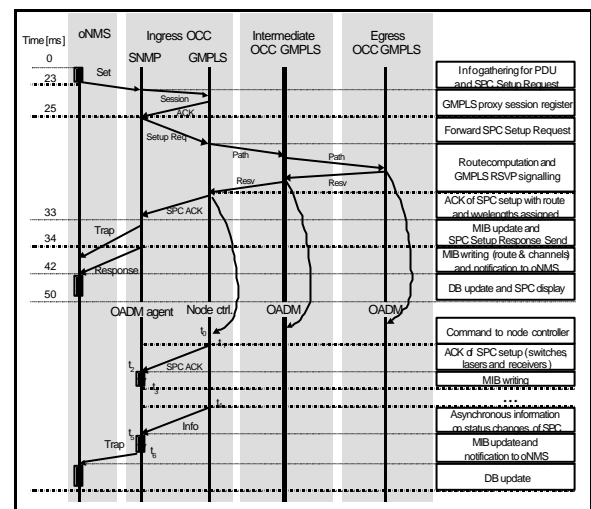


Fig. 5. Eventos para suministro de servicios.

4. Evaluación preliminar de performance

Para verificar de forma preliminar el funcionamiento de la aproximación descrita en el demostrador, consideramos el siguiente escenario: una conexión *soft-permanent*⁵ (SPC) ha sido establecida con éxito por el plano de control, y el controlador de nodo del

⁵ Conexión cuyo establecimiento o eliminación es iniciado por el plano de gestión óptico y ejecutado por los mecanismos del plano de control, en este trabajo GMPLS.

⁴ Datos técnicos disponibles en <http://www.lightwave.com>.

OADM fuente (*ingress*) recibe la orden de añadir un canal dado (el asignado por el plano de control a la conexión) a un conmutador dado (t_0 en la Fig. 5). El controlador de nodo ejecuta la orden (t_1) e informa al agente de gestión del OADM (t_2). Finalmente, el agente OADM escribe los nuevos valores de los objetos de gestión referentes al establecimiento de la conexión en la MIB (t_3). Más adelante, el transmisor de esta conexión SPC sufre un cambio de estado (t_0) que podría motivar una acción (según la clase del cliente que solicitó el establecimiento de la conexión, por ejemplo asignar un nuevo canal a la conexión o simplemente registrar el *warning* para estadísticas futuras). El controlador de nodo informa al agente OADM (t_4 en la Fig. 5), que actualiza los objetos de la MIB afectados e informa al *manager* de la red mediante una alarma (*trap*) SNMP (t_5). En caso de acción, el *manager* será el encargado de dar la orden al plano de control y/o al plano de transporte, a través de los agentes de gestión, para realizar las modificaciones pertinentes a la conexión.

Para verificar de forma preliminar el funcionamiento de la aproximación descrita en el demostrador, consideraremos varios escenarios de *performance* de conexiones *soft-permanent*⁶, cuyo funcionamiento representa tiempos del orden de 40 ms, indicados en la Fig. 6 (t_4 a t_7) base a los eventos de la Fig. 5. En una serie de más de 2000 tests a 115.2 Kbps se ha obtenido un umbral máximo de tiempo de detección de un cambio de estado del láser por parte del controlador de 11 ms.

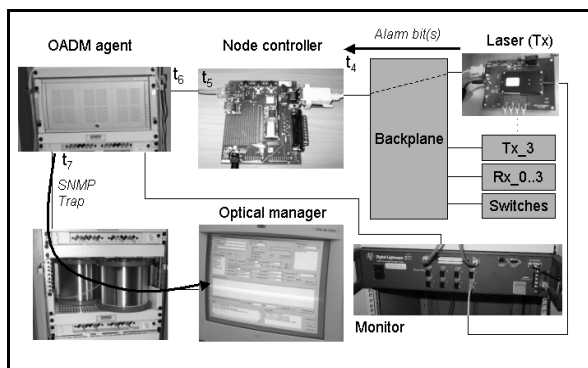


Fig. 6. Ejemplo de tiempos de monitorización.

La Fig. 7 ilustra el funcionamiento (*performance*) del escenario descrito en cuanto a tiempo de respuesta y secuencia de eventos. Para los valores de tiempos de respuesta, se han realizado 10 tests.

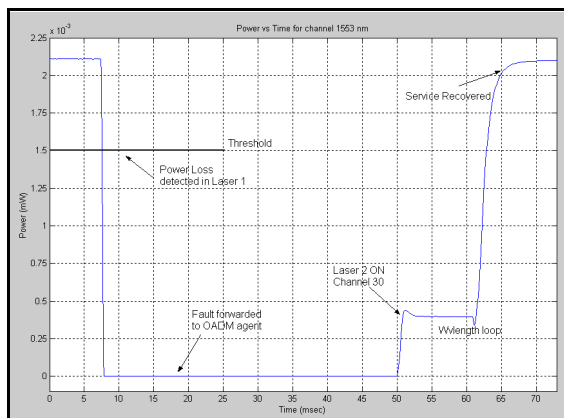


Fig. 7. Tiempos de respuesta de monitorización.

Se observa que el tiempo de restablecimiento del servicio, con Service Level Agreement (SLA) degradada es de alrededor de 50 ms. De este tiempo total, un máximo de 15 ms corresponden a la detección del fallo por parte del monitorizador y el envío de la consiguiente alarma al agente de gestión del OADM y al *manager* de la red. Este tiempo es máximo pues está tomado en el peor caso, que es cuando el fallo se produce justo después de la monitorización periódica de la potencia de cada canal de la fibra, que se realiza cada 10 ms tal como se ha dicho en la sección anterior. Si el fallo es detectado por el controlador de nodo, este tiempo es como máximo 11 ms. En cualquier caso, la alarma SNMP llega al manager, ya sea directamente del OPM o a través del agente de gestión del OADM. El NMS tarda alrededor de 15 ms en decodificar la alarma, tomar una decisión respecto al restablecimiento del servicio y enviar la petición al agente. El resto del tiempo es la traducción de la petición del agente OADM al controlador de nodo, y su posterior envío y ejecución por parte del láser. En un estudio paralelo [10] hemos obtenido valores de alrededor de 90 ms para recuperaciones totales de servicio en casos de caída de fibra o láseres ópticos.

5. Conclusiones y trabajo futuro

Hemos diseñado e implementado un mecanismo de diálogo simple para el intercambio de información proveniente de la monitorización no intrusiva de señales y componentes ópticos para asegurar QoS.

Dicha monitorización es no intrusiva. Por otro lado, se desconoce el historial de transporte de los datos ópticos, pues la red es transparente. Los resultados preliminares confirman la simplicidad de la implementación, alentando el trabajo futuro en esta dirección. Los tiempos de respuesta obtenidos son del orden de 50 ms para SLA degradadas, lo cual demuestra que las propuestas de parámetros de OPM que se están realizando [6, 7] son implementables experimentalmente, aunque para ello será necesario estandarizar módulos MIBs de baja complejidad, como la propuesta en este trabajo (OHW-CTTC-MIB).

⁶ Conexión cuyo establecimiento o eliminación es iniciado por el plano de gestión óptico y ejecutado por los mecanismos del plano de control, en este trabajo GMPLS.

El trabajo futuro conllevará la integración de OPT-IF-MIB en la MIB de los agentes de gestión OADM, así como la integración de los controladores de nodo con el plano de control basado en GMPLS mediante la interfaz CCI.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de los proyectos de I+D NetCat y TBONES (ITEA 02024 y FIT-070000-2003-936). Los autores desean agradecer a R. Muñoz y J. Sorribes el diseño y desarrollo del plano de control GMPLS, a P. Vázquez e I. Martínez el desarrollo del controlador de nodo y a J. Olmo su colaboración en el desarrollo de los agentes OADM.

Referencias

- [1] ITU-T G.8080, "Architecture for the Automatically Switched Optical Network (ASON)", Noviembre 2001.
- [2] ITU-T G.872, "Architecture of optical transport networks", Noviembre 2001.
- [3] Pinart, C.; Junyent, G.; "On implementing a management plane for service provisioning in IP over reconfigurable WDM networks", *Proc. ONDM 2004*, pp. 465-480. Gante, 2-4 Febrero 2004.
- [4] Lam, H.-K.; Stewart, M.; Huynh, A.; "Definitions of managed objects for the optical interface type", *IETF RFC 3591*, Septiembre 2003.
- [5] Muñoz, R.; Pinart, C.; Martínez, R.; Amrani, A.; Junyent, G.; "An experimental ASON based on OADM rings and a GMPLS control plane", *Journal of Fiber and Integrated Optics*, Vol. 23, Num. 2-3, pp. 67-84, Marzo-Junio 2004.
- [6] Kilper, D. C., et al.; "Optical Performance Monitoring", *IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology*, Vol. 22 (1), pp. 294-304, Enero 2004.
- [7] Fawaz, W., et al; "Service Level Agreement and provisioning in optical networks", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 42 (1), pp. 36-43, Enero 2004.
- [8] Harrington, D. Ed.; "An architecture for describing SNMP management frameworks", *IETF RFC 2571*, Abril 1999.
- [9] Muñoz, R.; Pinart, C.; Martínez, R.; Sorribes, J.; Junyent, G.; "Experimental demonstration of two new GMPLS lightpath setup proposals for soft-permanent connections over a unidirectional OADM ring implemented on EMPIRICO testbed", *III Workshop MPLS Networks*. Girona, 25 -26 Marzo 2004.
- [10] C. Pinart, A. Amrani, G. Junyent, Monitoring service "health" in intelligent, transparent optical networks, *IFIP Optical Networks & Technologies Conference (OpNeTec 2004)*. Pisa (Italy), 18-20 Octubre 2004.
- [11] Optical monitoring for DWDM systems, *Draft new ITU-T Recommendation G.697*. Junio 2004.