

Y SE HIZO LA LUZ...

Jesús Roldán Andrade

*Profesor Titular de Universidad del Grupo de Comunicaciones Ópticas.
Responsable de los Proyectos europeos MEPHISTO y MOON en la UPC
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones
e-mail: roldan@biell.upc.es*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de comunicaciones por fibra óptica punto a punto son hoy en día una realidad. El desafío actual consiste en intentar aprovechar al máximo el gran margen espectral que ofrecen las fibras ópticas como medio de transmisión. Experimentos de multiplexación de canales en longitud de onda con separaciones de algunos nanómetros, que permiten multiplicar por un orden de magnitud la capacidad máxima alcanzada mediante técnicas de multiplexación temporal, son habituales. La posibilidad más ambiciosa consiste en permitir separaciones en longitud de onda del orden de magnitud de la velocidad de transmisión. Con estas técnicas de multiplexación en frecuencias ópticas pueden plantearse teóricamente capacidades globales de transmisión superiores a 1 Tbps.

Experimentos de multiplexación de canales en longitud de onda (...) permiten multiplicar por un orden de magnitud la capacidad máxima alcanzada mediante técnicas de multiplexación temporal

Más aun que la capacidad total de transmisión, la posibilidad de disponer en una red de telecomunicación de centenares o miles de canales de baja velocidad (del orden de 155 Mbps), promete revolucionar profundamente la concepción de sociedad actual. Se podrán aportar servicios de telecomunicación con aplicación a la industria de servicios (como el teletrabajo en oficinas virtuales), al entretenimiento (como el vídeo bajo demanda) y otros servicios que aún no podemos tan siquiera imaginar. El interés actual en Comunicaciones Ópticas está principalmente centrado en los sistemas de comunicación con multiplexación y en la aplicación de los nuevos componentes (multiplexores, demultiplexores, amplificadores ópticos, conversores de longitud de onda, encaminadores en longitud de onda y conmutadores ópticos) y técnicas a la constitución de redes ópticas. La

independencia de las señales ópticas a diferentes longitudes de onda hacen que ésta sea una opción natural para redes de acceso múltiple, para aplicaciones que se benefician de un medio de transmisión compartido y para redes con gran número de usuarios. Además, el uso de múltiples longitudes de onda reducirá sensiblemente el número de fibras utilizadas a la hora de implementar una arquitectura de red fiable y robusta frente a fallos.

Las técnicas ATM y SDH han sido adoptadas en redes ópticas, aunque han sido completadas con la introducción de nuevas capas de red con tecnología totalmente óptica que son necesarias controlar y gestionar. El hecho de disponer de un número de portadoras elevado presentes de forma simultánea en la red obliga a que el operador a disponer de un sistema de gestión de los nuevos recursos disponibles y que facilite la operación, el mantenimiento y, en alguna medida, la administración de la red.

LA GESTIÓN DE LA RED ÓPTICA

Existe un principio en Telecomunicación que menciona que *no vale la pena instalar lo que no puede controlarse*. De manera que el futuro y la viabilidad de las redes ópticas está íntimamente ligado con la capacidad de control y gestión de dichas redes y de sus recursos. Es por ello que diversas iniciativas se han establecido para el estudio, realización y estandarización de sistemas de gestión de redes ópticas. A nivel mundial pueden encontrarse iniciativas en Japón con un proyecto de la compañía NTT sobre redes de transporte fotónico, en USA con los proyectos **MONET** (Multiwavelength Optical Network), **AON** (All-Optical Network) de MIT, AT&T y DEC, y **NTONTC** (Nationally Transparent Optical Network Consortium) de las compañías Nortel/BNR, Hughes, Rockwell, Sprint, Pacbell, Bay Area.

En Europa podemos encontrar en el marco de los proyectos ACTS las siguientes iniciativas: **METON**, **MEPHISTO** y **MOON**.

El proyecto **METON** (Metropolitan Optical Network) con participación de Ericsson (Suecia), CSELT (Italia), DT (Alemania), Ericsson (Italia), FT-CNET (Francia), HHI (Alemania), National Micro-Electronics



R.C. (Irlanda), Royal Institute of Technology (Suecia), Technical University of Denmark (Dinamarca), Telia (Suecia) y Thomson (Francia); cuyo objetivo fundamental es desarrollar una capa de transporte basada en técnicas de WDM para soportar tráfico ATM/SDH a un número elevado de usuarios en una red de ámbito metropolitano multiservicio.

La UPC participa en los otros dos proyectos ACTS (MEPHISTO y MOON) que son los que más íntimamente están relacionados con la gestión de redes ópticas.

PROYECTO AC209-MEPHISTO

Objetivos

El principal objetivo de MEPHISTO es aplicar los principios de gestión de redes (TMN) a redes avanzadas totalmente ópticas, donde la multiplexación en longitud de onda (WDM) se emplea para la transmisión y para propósitos de enrutamiento. Con este fin, el proyecto desarrollará un innovador y genérico modelo de información para la operación y la gestión de redes y de elementos de red ópticos. MEPHISTO adaptará también y desarrollará aplicaciones software de gestión para realizar gestión de fallos, configuración, protección, restauración y prestaciones, de acuerdo con el nuevo modelo de información. Finalmente, el proyecto MEPHISTO demostrará y validará su modelo de información mediante una plataforma de emulación y de un prototipo de red óptica WDM en anillo.

Desarrollo Técnico

El proyecto identificará en primer lugar y examinará los elementos de red ópticos y los bloques funcionales, la funcionalidad óptica específica y los parámetros ópticos específicos que se deben controlar y monitorizar en el contexto de la operación y gestión global de red. Estos parámetros serán definidos, incluyendo el nivel al cual el correspondiente control de información debe hacerlos disponibles y procesados. Así, un adecuado conjunto de

*El principal objetivo de
MEPHISTO es aplicar
los principios de gestión
de redes (TMN) a redes
avanzadas totalmente
ópticas*

objetos gestionados con un atributos y comportamientos bien definidos, será desarrollado para permitir una aproximación genérica para el control y la gestión de redes fotónicas, independientemente de su arquitectura interna y la tecnología empleada en los diferentes elementos de red ópticos.

El correspondiente conjunto de especificaciones en la arquitectura funcional y los aspectos de gestión de redes ópticas será abordado aplicando aproximaciones metodológicas innovadoras, cumpliendo las recomendaciones tanto de UIT-T y de ETSI.

MEPHISTO desarrollará un modelo de información compatible TMN para redes ópticas genéricas, con la intención de preservar los nuevos grados de flexibilidad y funcionalidad ofrecidos por las nuevas capas ópticas (constitución de redes WDM, transparencia a la velocidad de transmisión y al formato de modulación, esquemas rápidos de protección). Aplicaciones de gestión básicas (gestor-agente) se desarrollarán de acuerdo con el nuevo modelo de información, para proporcionar servicios de configuración, fallos y prestaciones. Este desarrollo empezará en base a agentes SDH y prototipos de gestores previamente desarrollados modularmente, de acuerdo con los conceptos y arquitectura de TMN. Se realizará la actualización con los nuevos módulos adecuados para redes fotónicas. Por un lado, un nuevo agente será implementado, incluyendo un interfaz software de gestión con programas de control en tiempo real para el hardware del prototipo, y por otro lado, el interfaz software de gestión para la plataforma software de emulación.

Finalmente, se procederá al test del sistema de gestión compuesto por la plataforma de gestión, el software de la plataforma y el prototipo hardware usando el mismo interfaz Q y el apropiado agente.

Contribución de la UPC

La contribución de la UPC al desarrollo técnico del proyecto puede resumirse en los siguientes puntos:

1. Análisis del impacto de la arquitectura de red óptica en el sistema de gestión de la red.
2. Identificación de los elementos de red óptica a gestionar. Determinación de sus parámetros, su funcionalidad y sus interacciones con el sistema de gestión.
3. Determinación de las estrategias de control de la red óptica y su aplicación a las áreas de gestión de configuración, fallos y prestaciones.
4. Colaboración en la preparación de las contribuciones a los comités de estandarización.

Resumen del experimento

Las aplicaciones de gestión software serán probadas y su comportamiento demostrado en dos diferentes montajes experimentales:

Una plataforma de emulación software, capaz de simular diferentes tipos de redes fotónicas será empleado para demostrar el rango total de las funcionalidades especificadas, incluyendo las más sofisticadas.

Un prototipo de red en anillo WDM, constituida por amplificadores ópticos y tres módulos de extracción-inserción de señal óptica (OADMs), que serán actualiza-

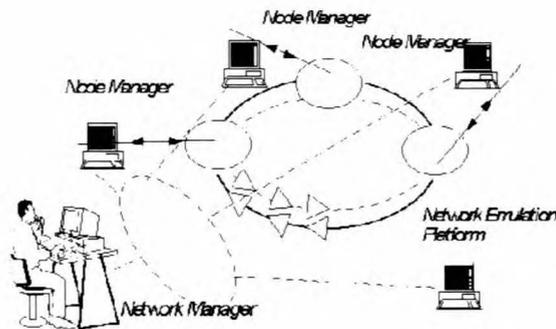


Figura 1. Esquema de la plataforma experimental del proyecto MEPHISTO

dos para cumplir con los principios de TMN y para demostrar la viabilidad práctica real del modelo de información definido, de las funcionalidades ópticas seleccionadas y de las nuevas aplicaciones de gestión.

Aspectos importante

El planteamiento genérico orientado a aplicación del proyecto MEPHISTO para la gestión de redes de transporte tratará:

- La definición del modelo de información genérico para las redes fotónicas asegurando la compatibilidad con otros tipos de red y con los principios de TMN.
- La interrelación de agentes de gestión, gestores y sistemas de operación para redes fotónicas y elementos de red, incluyendo los aspectos de compatibilidad entre plataformas de trabajo.
- El impacto de los requisitos tecnológicos en el sistema de gestión, tanto en las aplicaciones software como en los interfaces software-hardware.
- Contribuciones a los comités internacionales de estandarización y a los foros sobre control y gestión de redes fotónicas.

Resultados esperados

Los principales resultados esperados del proyecto son:

- Definición de un innovador y genérico modelo de información, compatible TMN, para la operación y gestión de redes fotónicas, válido para diferentes elementos de red ópticos y asegurando la compatibilidad transversal.
- Desarrollo de un prototipo de aplicaciones de gestión para agentes y gestores WDM y demostración en una red óptica experimental.
- Determinación de tecnologías que permiten desarrollos industriales software y hardware para implementar redes ópticas WDM transparentes y totalmente gestionadas.
- Contribuciones a los estándares internacionales en gestión WDM.

PROYECTO AC231-MOON

Objetivos

MOON es un proyecto que pretende el desarrollo de un marco para la gestión de la capa fotónica de la futura

red de transporte pan-europea. Las funcionalidades primordiales serán implementadas en un demostrador de campo, la llamada red MOONET. Se incluye la gestión de cross-connects ópticos que utilizan multiplexación por división en frecuencia (FDM) y enlaces de transmisión de cientos de kilómetros con amplificadores ópticos en línea. Los objetivos del proyecto son:

- Identificar los elementos de red de las redes ópticas, tales como los cross-connects ópticos (OCCs), regeneradores ópticos, y terminales multiplexores ópticos (OTMX), que deben ser controlados en el contexto de la gestión de la red y la operación y mantenimiento.
- Examinar la aplicación de conceptos de las redes de transporte existentes, en relación con la operación, administración y mantenimiento (OAM) y gestión de red por un sistema de gestión de red de telecomunicación (TMN).
- Adaptar y desarrollar OAM, TMN y conceptos de protección para redes de transporte ópticas, incluyendo protocolos, objetos gestionados y la definición de sus atributos.
- Demostrar y validar estos conceptos en un experimento real de campo llamado MOONET.

Desarrollo Técnico

Las redes de transporte totalmente ópticas se descomponen en tres capas localizadas entre la capa de sección de regeneración de su capa cliente (SDH) y la capa de medio físico. La información característica y las funciones de procesamiento de transporte para cada capa serán definidas para asegurar la adecuada funcionalidad OAM. Esta funcionalidad será soportada por un canal adicional (overhead) usando una frecuencia adicional en cada enlace.

Para la gestión de la sección de regeneración óptica un canal de supervisión será implementado usando técnicas de FDM. Un regenerador óptico consiste en un amplificador de línea y, cuando sea necesario, un módulo de compensación de dispersión. Una señal fuera de banda (respecto a la banda de los amplificadores ópticos utilizados) se empleará como canal de supervisión. Esta solución garantiza una clara separación entre OAM y los datos de información de los usuarios. La señal de supervisión se terminará en cada regenerador, extrayéndola antes de los dispositivos de amplificación, convirtiéndola en señal eléctrica procesándola e insertándola de nuevo ópticamente después del dispositivo de amplificación. En los nodos con OCCs el canal de supervisión se termina finalmente y se proporciona un interfaz adecuado para el sistema de gestión de red.

Los operadores de redes de telecomunicación esperan que los suministradores de equipos proporcionen soluciones más que componentes de red. Además, esperan conseguir una solución compatible con sus aplicaciones de gestión TMN. Por este motivo, se emplean dispositivos de mediación (mediation devices) en multitud de aplicaciones. Estos dispositivos de mediación proporcionan un interfaz estándar (Q3) para TMN. No obstante,

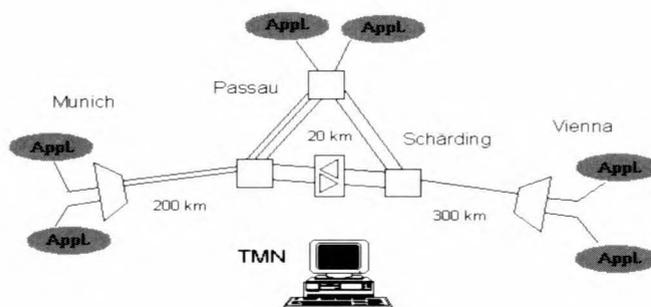


Fig 2. Plataforma experimental del proyecto MOON

existen numerosos interfaces a los elementos de red de la aplicación. Uno de los OCCs de MOONET tendrá un interfaz Q3, para conectar los otros dos al sistema TMN se usarán dispositivos de mediación.

Contribución de UPC

La contribución de la UPC al desarrollo del proyecto MOON se puede concretar en los siguientes aspectos:

- Determinación de los parámetros de control de la red óptica significativos para el sistema de gestión.
- Medida de la calidad de las señales ópticas sin interferencia en el tráfico eléctrico.
- Propuesta de estudio de control de calidad de los canales ópticos. Estudio sobre la estimación de la degradación de la calidad en los mencionados enlaces.
- Desarrollo de nuevas técnicas avanzadas para la supervisión de redes ópticas multiportadora.

Resumen del experimento

La experiencia de campo MOONET se basará en enlaces FDM y los OCCs del proyecto ACTS PHOTON, AC084. Este proyecto utiliza la red PHOTONET configurada como una estrella. El proyecto MOON extenderá dicha red.

En primer lugar, dos OCCs adicionales se suministrarán por parte de algunos socios del consorcio. Los OCCs se adaptarán a la red y se actualizarán para proporcionar un interfaz de gestión de red. Estos dos OCCs se integrarán con la aplicación de gestión basándose en un sistema de operación TMN (TMN-OS) y con los amplificadores ópticos repetidores de línea gestionados.

Finalmente, los dos nodos suplementarios se integrarán con la red existente y con los OCCs actualizados. En este momento, MOONET será una red en malla total con tres OCCs y dos terminales multiplexores ópticos.

Aspectos importantes

Estos son la gestión de OCCs y de regeneradores ópticos. La definición de un modelo apropiado de información para los objetos gestionados de estos elementos de red es importante para poder conseguir una solución de

gestión que permita adaptarse fácilmente a los sistemas de gestión actual de las redes de telecomunicación eléctricas.

Especial atención se pondrá en la gestión de configuración y de fallos. La naturaleza óptica de las señales influye decisivamente en la realización de dichas funciones de gestión. El reto técnico es doble: restringir la presentación al nivel de gestión de red de los parámetros significativos y necesarios, y conseguir tanta información como sea posible de las señales ópticas sin tener acceso al tráfico eléctrico.

Resultados esperados

La configuración de la experiencia de campo dará lugar a las pruebas de la funcionalidad de una red óptica gestionada. Su estructura permitirá la introducción de una variedad suficiente de fallos para asegurar la evaluación de la funcionalidad de la red.

Como ejemplo, el fallo de un enlace de fibra que conecte a dos OCCs puede ser simulado prácticamente para probar los servicios de notificación de fallos suministrados por el área funcional de gestión de fallos en el sistema de gestión. Escenarios de fallos incluirán el fallo de un OCC, de un amplificador óptico y la situación de excesiva atenuación de señal. Ejemplos de gestión de configuración serán el proceso de enrutamiento y el ajuste del nivel de potencia óptica.

El acceso a las aplicaciones será sencillo, ya que los equipos de transmisión SDH estarán conectados permitiendo la conexión a la red pública. Para ambas áreas funcionales, configuración y fallos, se comprobará la interacción con los sistemas de SDH.

CONCLUSIÓN

En estos años estamos asistiendo a la consagración de la tecnología óptica en el ámbito de las redes de telecomunicación. Prueba irrefutable de ello, es la necesidad manifiesta por parte de los operadores de red, de gestión de los nuevos recursos inherentes a la utilización de esta tecnología.