



Diseño, despliegue y utilización de una red óptica metropolitana IP-DWDM

Design, Deployment and Use of an IP-DWDM Optical Metropolitan Network

◆ C. García, F. Valera, L. Bellido et al.



PREAMBULO es un proyecto cuyo principal objetivo es instalar, configurar y operar una infraestructura de investigación de red metropolitana de fibra óptica que proporcione un servicio de transporte de datos utilizando IP directamente sobre DWDM

Resumen

PREAMBULO es un proyecto subvencionado por el MCYT, cuyo principal objetivo es instalar, configurar y operar una infraestructura de investigación de red metropolitana de fibra óptica que proporcione un servicio de transporte de datos utilizando IP directamente sobre DWDM. La primera parte del artículo describe en detalle la arquitectura de red que se ha implantado, tanto a nivel físico como lógico y en la que están involucradas tres sedes diferentes: la Universidad Carlos III de Madrid, la Universidad Politécnica de Madrid y Telefónica I+D. Sobre esta infraestructura, se han llevado a cabo diferentes actividades que se describen en la segunda parte del artículo: multi-videoconferencias, experiencias de IPv6, experiencias de tele-educación, redes privadas virtuales de nivel 2, etc.

Palabras Clave: DWDM, GigaEthernet, VLAN, Tele-Educación, VPNL2.

Summary

PREAMBULO is a currently running research project, funded by the Spanish Science and Technology Ministry, and whose main objective is to install, configure and operate a metropolitan fiber optic research infrastructure, providing a data transport network using IP directly over DWDM. The first part of this article describes the build up of both the physical and the logical network that involves the three different participating nodes: Universidad Carlos III de Madrid, Technical University of Madrid and Telefónica I+D. The second section of this article describes the different activities that have been experienced over this infrastructure: multi-video conferences, IPv6 experiences, e-learning experiences, layer 2 VPN solutions.

Keywords: DWDM, GigaEthernet, VLAN, eLearning, VPNL2.

1.- Introducción

Pese a que la existencia de infraestructuras de red basadas en fibra óptica no es hoy en día ninguna novedad, lo cierto es que en general las soluciones que se plantean para el transporte de datos sobre dichas infraestructuras vienen derivadas de arquitecturas de protocolos sustentadas normalmente por SONET o SDH.

El proyecto PREAMBULO (*Prototipo de red multiservicio de muy altas prestaciones basada en IPv4/IPv6 sobre multiplexación por longitud de onda*) es un proyecto perteneciente al plan nacional I+D+I 2000-2003 del MCYT, que plantea la instalación, configuración y operación de una red de investigación de fibra óptica en la Comunidad de Madrid, que proporcione un servicio de transporte de datos utilizando IP directamente sobre DWDM, entre los tres nodos de la red: la Universidad Carlos III de Madrid, la Universidad Politécnica de Madrid y Telefónica I+D.

La primera parte del artículo describe detalladamente la arquitectura del sistema, comentando las diferentes alternativas de diseño contempladas y la solución que finalmente se consideró como la más adecuada para proporcionar un servicio de transporte de datos (nivel 2) lo suficientemente flexible como para adecuarse a la heterogeneidad de las aplicaciones que se querían poner en funcionamiento. La segunda parte del artículo hará un repaso de las experiencias más importantes llevadas a cabo una vez se finalizó la fase de instalación de la infraestructura de red.

2.- Proyecto PREAMBULO

2.1.- Objetivos

La mayoría de las redes desplegadas en la actualidad que ofrecen servicios IP sobre fibras ópticas con WDM, no ofrecen el servicio IP directamente sobre WDM (2 capas), sino que tienen una arquitectura en 3 capas, de modo que una parte de las funciones se realizan en la capa óptica (WDM), otra parte en la capa SDH (en cada longitud de onda se envían tramas SDH) y a continuación los datagramas IP vienen empaquetados en los contenedores virtuales SDH.

FIG 1: ENTIDADES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO PREAMBULO



Sin embargo, el uso de IP directamente sobre WDM plantea ventajas (económicas, de gestión, menos sobrecarga) que hacen interesante su desarrollo, a pesar de los temas que quedan todavía por investigar (control del tráfico, recuperación de caídas de enlaces de la red y calidad de servicio).

El proyecto PREAMBULO se fundamenta en la previsión de que a medio plazo se va a producir una implantación masiva de infraestructuras de transmisión WDM que, además de soportar los servicios existentes actualmente, deberán ofrecer una respuesta eficiente en prestaciones y coste a un mercado de servicios dominado claramente por la tecnología IP.

El núcleo de la red se puede descomponer en el nivel físico, o de transmisión por fibra óptica, el nivel DWDM y el nivel de enlace

2.2.- Arquitectura

La red de PREAMBULO se puede dividir por un lado en un núcleo de red, que proporciona la interconectividad necesaria para proporcionar un servicio de redes de área local virtuales (VLANs) entre los tres centros participantes, y la periferia de la red, compuesta por los distintos equipos de nivel 2 y 3 que se conectan en cada centro a este núcleo para dar un servicio IP o IPv6 a los distintos proyectos de investigación y experiencias que utilizan la infraestructura de PREAMBULO. En esta sección se detalla la arquitectura del núcleo de la red, cuya puesta en marcha ha constituido uno de los principales hitos del proyecto.

2.2.1.- Núcleo de la red

El núcleo de la red se puede descomponer en el nivel físico, o de transmisión por fibra óptica, el nivel DWDM y el nivel de enlace.

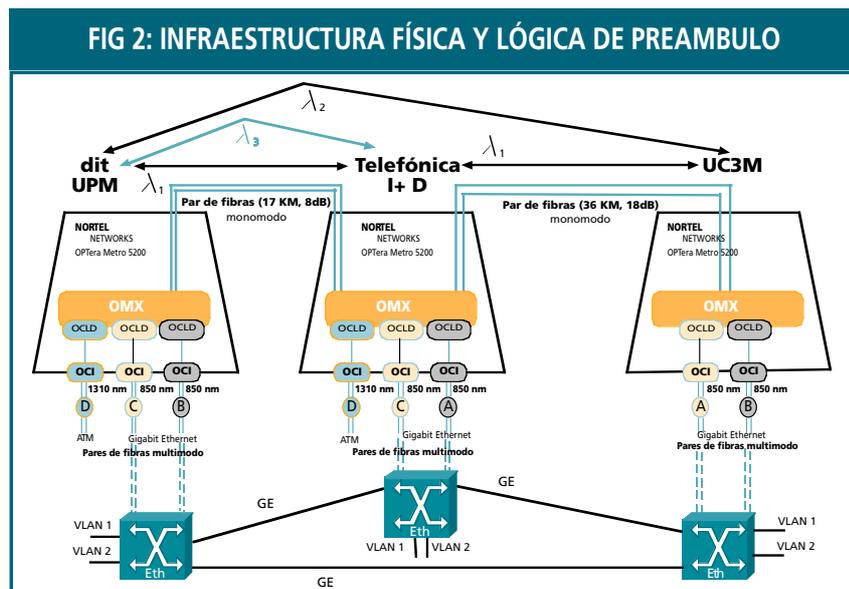
En el nivel físico, la red está soportada por dos pares de fibras monomodo: uno entre TID y UPM, y otro entre TID y UC3M. Sobre esta configuración "en línea", se ha establecido una red DWDM con una topología en triángulo, en la que los tres centros están conectados dos a dos. La configuración de red en el nivel DWDM se representa en la figura 2, en la que se muestran los tres multiplexores DWDM conectados entre sí por los enlaces de fibra óptica.

Los equipos multiplexores son Nortel Optera Metro 5200. Los multiplexores en UPM y UC3M se han desplegado como terminales, de manera que todas las longitudes de onda utilizadas tienen su terminación en ellos. En cambio, el multiplexor en TID se ha desplegado como OADM (optical add/drop multiplexer), de manera que actúa como terminal para las longitudes de onda que soportan la comunicación hacia TID, y deja pasar las longitudes de onda para la comunicación UPM-UC3M, permitiendo, por tanto, una topología en triángulo entre los tres centros.



En cuanto al nivel de enlace, el proyecto se ha centrado en proporcionar una infraestructura que ofrece un servicio de VLANs entre los tres centros participantes

En cuanto a la conexión hacia la red de cliente, los equipos multiplexores proporcionan interfaces ópticas mediante las tarjetas denominadas OCI (optical-channel interface). En la red desplegada las interfaces utilizadas han sido Gigabit Ethernet-SX (850 nm) y ATM.



En cuanto al siguiente nivel, el nivel de enlace, el proyecto se ha centrado en proporcionar una infraestructura que ofrece un servicio de VLANs entre los tres centros participantes, utilizando los enlaces GE del nivel inferior. En un principio se evaluó la posibilidad de utilizar los enlaces GE para interconectar directamente routers IP de altas prestaciones, y proporcionar un servicio IP a los usuarios de la red PREAMBULO. Sin embargo, la utilización de conmutadores de nivel 2 ofrece las siguientes ventajas:

- Flexibilidad, versatilidad. Principalmente, la posibilidad de ejecutar diversos experimentos en paralelo y la asignación del ancho de banda disponible en fragmentos de 10/100/1000 Mbps
- Separación, independencia entre tráficos de distintos experimentos.
- Utilización de equipamiento más barato, tanto los conmutadores Ethernet, como las interfaces de nivel 2 a 100 Mbps para routers, sistemas finales (servidores) o conmutadores Ethernet adicionales.

En la decisión adoptada, también se consideró la posibilidad de reutilización de equipamiento ya existente y de los equipos adquiridos cuando el proyecto finalice.

Las características generales de la red de nivel 2 son las siguientes:

- Topología en triangulo entre los conmutadores Ethernet de cada centro (uno o varios por centro), a través de los enlaces GE proporcionados por la red DWDM.
- Los enlaces troncales se configuran como enlaces inter-switch ("trunks"), de forma que transporten tráfico de todas las VLANs

- Cada puerto de los conmutadores Ethernet se configura como perteneciente a una determinada VLAN o como "trunk", en caso de conectar routers o servidores que pertenezcan a varias VLANs simultáneamente.

2.3.- Experiencias

Después de proceder con la instalación de la infraestructura de red que se acaba de describir y de realizar las correspondientes pruebas de conectividad tanto a nivel físico como a nivel lógico entre las VLANs definidas, se dio por finalizado el proceso de implantación y se inició a continuación la fase de experiencias propiamente dicha (finales de 2002).

De entre las experiencias más importantes, realizadas hasta el momento, hay que destacar:

- **Pruebas de conectividad:** puesto que la infraestructura a nivel físico no conforma un anillo completo, hubo que recurrir a un conexionado interno de los equipos para hacer las pruebas de conectividad.
- **Transporte de tráfico IPv6:** una de las primeras experiencias que se realizaron fue la migración de la maqueta IPv6 nativa implementada en el proyecto LONG[2], de tal forma que las conexiones entre UC3M, UPM y TID se han visto notablemente mejoradas.
- **Multihoming IPv6:** está previsto realizar diferentes pruebas de multihoming en IPv6 entre las diferentes sedes del proyecto.
- **Vídeo-conferencias:** la red de PREAMBULO se ha utilizado también para posibilitar la transmisión de eventos científico-tecnológicos (congresos, charlas, etc.). Las jornadas Telecom I+D 2002, Telecom I+D 2003 [3], o el IPv6 Forum [4], por ejemplo, se hicieron llegar a las universidades utilizando PREAMBULO.
- **Experiencias de tele-educación:** la asignatura "Redes de Banda Ancha" perteneciente a la titulación de Ingeniería de Telecomunicación e impartida de forma distribuida ente las Universidades Politécnicas de Madrid, Valencia, Barcelona y la Universidad Carlos III, también se ha visto favorecida por el soporte dentro de las sedes de Madrid que se ha tenido por parte de PREAMBULO.
- **Multi-vídeoconferencias:** se utilizó una herramienta desarrollada por Telefónica I+D que transmitía vídeo y audio multicast sin comprimir, generando unas tasas de tráfico muy apropiadas, además de para la realización de multi-vídeoconferencias, para utilizar la herramienta como generador de tráfico en otras pruebas de carga.
- **Redes privadas virtuales de nivel 2:** además de las experiencias de alto nivel realizadas sobre la red, PREAMBULO, como infraestructura de red metropolitana que es, se apuntó en su momento como el entorno perfecto para llevar a cabo también experiencias reales con equipamiento capaz de proporcionar soluciones de conectividad a bajo nivel. El artículo describe las pruebas llevadas a cabo con diferentes equipos proporcionados al efecto por Nortel Networks y que implementaban soluciones de conectividad basadas en VPN de nivel 2 según los drafts 'LPE' y 'laserre-vkompella'.

Agradecimientos

Este artículo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto PREAMBULO por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCyT), a través de su Plan Nacional I+D+I 2000-2003.

Las pruebas de VPN de nivel 2 han sido posibles gracias a la colaboración de Nortel Networks, que proporcionó tanto los equipos como la formación necesaria para llevarlas a cabo.



La red de PREAMBULO se ha utilizado también para posibilitar la transmisión de eventos científico-tecnológicos



Referencias

- [1] PREAMBULO. *Prototipo de red multiservicio de muy altas prestaciones basada en IPv4/IPv6 sobre multiplexación por longitud de onda* (TIC2000-0268-P4-C03-01).
<http://www.it.uc3m.es/preambulo>
- [2] LONG. *Laboratories Over Next Generation Networks*. IST-1999-20393.
<http://long.ccaba.upc.es/>
- [3] Jornadas Telecom I+D. www.telecom-id.com
- [4] IPv6 Forum. <http://www.ipv6forum.com>
- [5] Virtual Private LAN Service over MPLS.
<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-laserre-vkompella-ppvnpn-vpls-03.txt>

Carlos García

(cgarcia@it.uc3m.es)

Francisco Valera, Luis M. Díaz

Arturo Azcorra

Universidad Carlos III de Madrid
Departamento de Ingeniería Telemática

José L. Peña, Isidro Cabello

Rafael López

Telefónica I+D,

Luis Bellido, David Fernández

Julio Berrocal

Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Ingeniería Telemática