

DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA MAN WDM TRANSPARENTE BASADA EN UN PROTOCOLO ROUND ROBIN SÍNCRONO CON RESERVAS

Pablo Calatayud, Manuel López-Amo, David Benito, Alayn Loayssa y María José Erro

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Pública de Navarra
mla@unavarra.es

Jose Javier Astrain

Departamento de Matemática e Informática
Universidad Pública de Navarra
josej.astrain@unavarra.es

RESUMEN

Dos de los principales inconvenientes de las redes de comunicaciones actuales son, por un lado, la falta de capacidad para absorber el espectacular aumento del tráfico de los últimos años, y por otro, la gran diversidad de protocolos de comunicaciones utilizados, e incompatibles entre si. En este trabajo se propone un nuevo tipo de red MAN transparente, de gran capacidad de tráfico y fácilmente escalable. Además, esta red proporciona alta seguridad en la transmisión y en el funcionamiento. Por otro lado, garantiza el manejo de tráfico sensible y no sensible al retardo con calidad de servicio. El diseño se centra en el nivel físico y el subnivel MAC de la torre OSI.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño de la red parte de los requisitos siguientes: Una muy alta velocidad de transmisión por canal (10 Gbps), transparencia total respecto al tipo de datos y al protocolo (IP, ATM, UDP,...), alta seguridad tanto en la transmisión como en el funcionamiento de la red, muy alta capacidad de tráfico, calidad de servicio (QoS) y posibilidad de ampliación sencilla.

Para ello se considera una red todo óptica WDM (con multiplexación en longitud de onda) basada en la topología de anillo, en la que un canal lógico se asocia a cada destino. Por tanto, se asume que los nodos están equipados con un transmisor sintonizable y un receptor fijo. Se considera el caso particular de la topología de anillo ranurado, más precisamente, en anillos multicanal ranurado. Con respecto a otras topologías, como las redes en estrella, los anillos permiten sincronización a muy altas velocidades de transmisión, permitiendo un acceso por slots. Así ofrecen un uso flexible y eficiente del ancho de banda óptico disponible para comunicación de paquetes. Además, tiene la ventaja de una mayor resistencia, particularmente frente a roturas en la fibra y fallos en los componentes electrónicos.

Los canales lógicos de transmisión se obtienen por una combinación de WDM y diversidad espacial, puesto que en este caso se puede cumplir los objetivos de fiabilidad, escalabilidad y gran capacidad de tráfico. Además, para garantizar la escalabilidad de la red, se divide en secciones independientes respecto al balance de potencias, cada una compuesta de un nodo el tramo de fibra óptica hasta la siguiente sección. Diseñando apropiadamente una sección genérica, la ampliación de la red se consigue mediante la inserción directa de la nueva sección, con

sólo el requisito de mantener la latencia del anillo con la inclusión del tramo de fibra apropiado en cada nodo.

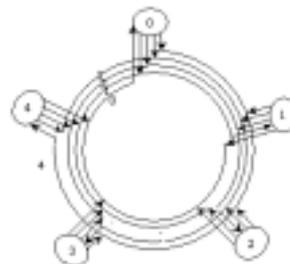


Figura 1. Topología lógica de la red de 5 nodos

Asociar un canal con cada destino implica que todas las fuentes que necesitan transmitir al mismo destino deben compartir el correspondiente canal. Por ello se requiere un protocolo de control de acceso al medio (MAC) para arbitrar el acceso a los canales compartidos. Para ello se ha analizado un protocolo particular, libre de colisiones llamado Round Robin Síncrono con Reservas (SR³)[1], el cual, a pesar de su simplicidad, permite casi una óptima explotación de los recursos disponibles mientras garantiza un acceso equitativo a todos los nodos. Además, permite una integración muy eficiente de múltiples clases de tráfico, soportando servicios de mejor esfuerzo (*best-effort*) y servicios de calidad garantizada (*guaranteed quality*) como vídeo, voz y servicios interactivos multimedia.

La transparencia respecto al tipo de datos se logra usando la conmutación de etiquetas (flujo etiquetado). En esta red se transmiten paquetes de 1024 bits. Sólo se requieren unos pocos bits para la identificación del nodo remitente puesto que los paquetes están enrutados desde su transmisión. En cada paquete se puede incluir cualquier información, la red se encarga de transmitirla y serán los protocolos de nivel superior en los nodos destino los que unirán y tratarán la información recibida adecuadamente.

1.1 Diseño

Tanto la arquitectura como el protocolo seleccionados imponen unos requisitos al nivel físico de la red. Los más importantes son:

a) Delimitación del tiempo de transmisión y marcación de los slots usados en cada canal a los nodos de la red. Se propone el uso de una subportadora en cada canal. La subportadora en cada canal tiene la misión de marcar el tiempo de slot de transmisión e indicar al nodo los que puede usar para transmitir. Si un nodo quiere transmitir en un slot determinado de un canal, inspecciona

primero si está ocupado, si no lo está envía sus datos durante el tiempo de slot acompañados de una subportadora marcando así el slot como usado.

b) La latencia del anillo debe ser múltiplo entero de la duración de la trama SRR, de M-1 slots de duración. Siendo M el número de nodos de la red.

Debe hallarse la longitud de fibra necesaria entre cada nodo para cumplir este requisito y el tramo de ampliación requerido con cada nuevo nodo insertado en la red.

c) Necesidad de sincronización global de la secuencia de slots. Para lograr este objetivo se propone el envío de la señal de reloj con un período igual al tamaño del slot en un canal dedicado en un extremo en la banda de transmisión. Cada nodo tendrá un reloj interno con ese mismo período que se sincronice periódicamente con la señal del canal de reloj.

Se ha realizado la optimización de parámetros del sistema y el estudio del comportamiento mediante la herramienta de simulación OptSim, en su versión 3.0.

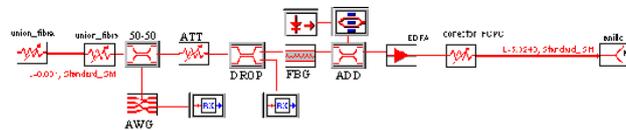


Figura 2. Diagrama de bloques de una sección genérica

La fibra óptica de 1m de longitud después del conector de entrada introduce un retardo de 5ns para dar tiempo a la sintonización del láser a la longitud de onda adecuada. El acoplador 50-50 que le sigue, actúa como monitor de la señal. Extrae una porción para obtener la subportadora de marcación de slots para cada canal mediante una multiplexor integrado AWG.

El siguiente elemento es un atenuador variable. Tiene la misión de garantizar que entre cada sección, la potencia óptica que tiene la señal en el drop no varíe. La señal, desde que se introduce a la fibra, sufre atenuación y amplificación. Con el atenuador se reduce el exceso de amplificación óptica para cumplir el balance de potencias. De esta forma, se consigue que cada sección sea independiente respecto a la potencia.

El multiplexor óptico add-drop se realiza mediante dos acopladores 50-50 y una red de difracción. La función de transferencia de la red de difracción se genera en la herramienta de cálculo Matlab, solucionando las ecuaciones de acoplo para los modos fundamentales LP_{01} [2]. Esa función se inserta en OptSim mediante la opción de FBG definida por el usuario. Se elige una red de difracción Bragg (FBG) uniforme porque su objetivo es el filtrado y este tipo de FBG no introducen distorsión de fase en el ancho de banda del dispositivo. Además, se opta por apodizar la FBG para eliminar en lo posible los lóbulos secundarios de la respuesta en frecuencia ya que estos introducen diafonía indeseable entre los canales adyacentes. El taper seleccionado es de tipo gaussiano de orden 5. Con esta selección se consigue que los lóbulos secundarios de la función de transferencia sean nulos aunque amplían el ancho de banda y la pendiente del filtro no es demasiado abrupta. Pero aún así, el compromiso entre estos parámetros es adecuado.

Por último, el amplificador óptico garantiza el cumplimiento del balance de potencias.

Se ha simulado una red de 5 nodos. El láser sintonizable requerido tiene una potencia óptica de -1 dBm. La distancia

mínima inicial entre nodos es de 5 Km. Los resultados obtenidos respecto al BER se representan en la figura 4. Para todas las secciones es menor que 10^{-12} .

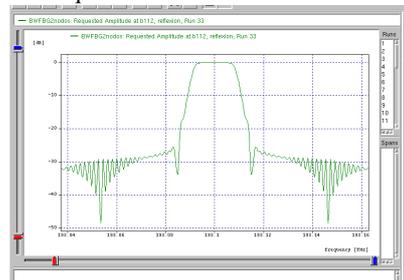


Figura 3. Función de transferencia de reflexión de la FBG

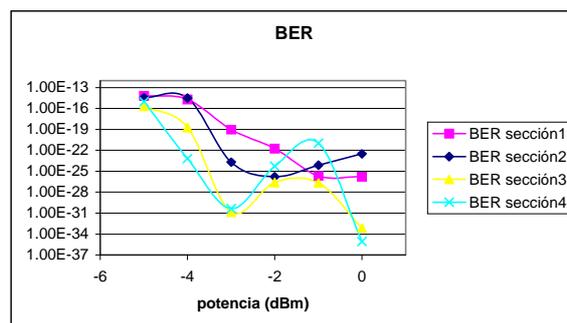


Figura 4. Resultados de la simulación para la red de 5 nodos.

2. CONCLUSIONES

Con este diseño se logra una red WDM transparente, de gran capacidad y fácilmente escalable. El sistema diseñado garantiza una calidad de servicio que lo haría apto para constituir la red troncal de una operadora de televisión por cable.

Para una distancia inicial de 5 Km entre nodos, se puede lograr una red de 30 nodos (es decir, 30 canales) por fibra, sin necesidad de compensación de la distorsión. Si la distancia inicial fuese menor el número máximo de nodos aumentaría. Cada canal es de 10 Gbps, por lo que la capacidad de transmisión total por fibra es de 300 Gbps. La inserción de un nuevo nodo es directa y sólo requiere la ampliación del tramo de fibra adecuado en las secciones ya instaladas para cumplir el requisito de latencia. La ampliación de la red en más fibras sólo tiene el límite del coste del sistema, puesto que la inserción de otra fibra (30 nodos más) implica la duplicación de los elementos ópticos.

3. AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno de Navarra y a CICYT- TIC98-0397-C03-01 y TIC98-1073-C02-02 por su financiación.

4. REFERENCIAS

- [1] Ajmone Marsan, Marco and Bianco, Andrea, "All-Optical WDM Multi-Rings with Differentiated QoS", IEEE Comms., Febrero 1999.
- [2] Erro Betrán, María José. "Simulación y Generación de Redes Bragg". Proyecto final de carrera. Octubre 1996