

# Topologías Ópticas en Bus Simple y Doble con Amplificación Distribuida para la Multiplexación en Longitud de Onda de Sensores Fotónicos

Silvia Abad, Manuel López-Amo, José Miguel López Higuera, David Benito, Amaya Unanua y Elisa Achaerandio

Universidad Pública de Navarra, Dpto. Ingeniería eléctrica y electrónica, Campus de Arrosadía, 31006 Pamplona

**ABSTRACT.-** In this paper a comparison between a single and a double optical fiber bus is made. These structures are used to provide wavelength-division-multiplexing of four photonic sensors, and include distributed amplification in order to counterbalance the losses induced by the distribution architecture.

## 1. Introducción

Una de las topologías físicas más utilizadas para la multiplexación de información es la topología en bus, debido a su simplicidad de cableado. El principal inconveniente de esta topología es la pérdida de potencia experimentada por las señales al atravesar los acopladores utilizados para la distribución de señal. Para superar esta limitación se ha propuesto la sustitución de la fibra convencional que une los distintos acopladores por fibra óptica dopada con erbio [1], lo que permite proporcionar una ganancia que compense las pérdidas sufridas por la señal en el paso por el acoplador inmediatamente posterior a cada tramo de fibra. Este tipo de amplificación óptica distribuida proporciona una potencia constante a cada sensor y minimiza las pérdidas totales de la estructura de multiplexación, por lo que permite aumentar el número de sensores multiplexados en una única estructura. Como inconveniente, el uso de amplificación óptica introduce una nueva fuente de ruido, el ruido de emisión espontánea amplificada (ASE), que puede degradar la calidad de las señales.

## 2. Desarrollo experimental

Las estructuras simple y doble implementadas se presentan en la figura 1. Se utilizan sensores de temperatura de fibra estrechada (*tapers*) que proporcionan modulación de amplitud de la señal óptica [2]. La multiplexación se realiza en el dominio de la longitud de onda (WDM), asignando cada longitud de onda a un sensor mediante el uso de redes Bragg (FBG), que funcionan como filtros en reflexión de 0,5 nm de anchura de banda. Las longitudes de onda de operación de las cuatro redes Bragg utilizadas han sido escogidas dentro de la zona plana del espectro de ganancia de la fibra dopada con erbio con el fin de minimizar las diferencias de potencia entre los distintos canales. Como fuente de señal se utiliza un láser sintonizable de tercera ventana que proporciona señales de -10 dBm y para el bombeo se ha escogido una fuente de 980 nm con 60 mW de potencia. La potencia de bombeo y la longitud de fibra escogidas son las necesarias para producir una ganancias de 1 dB en cada segmento, de modo que se compensen las pérdidas introducidas por los acopladores 90:10 utilizados en la distribución.

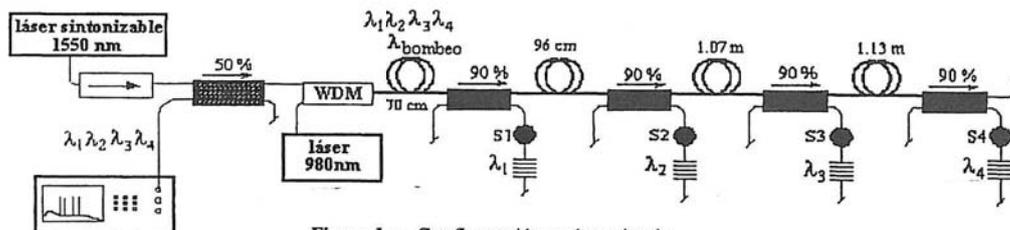


Figura 1 a - Configuración en bus simple

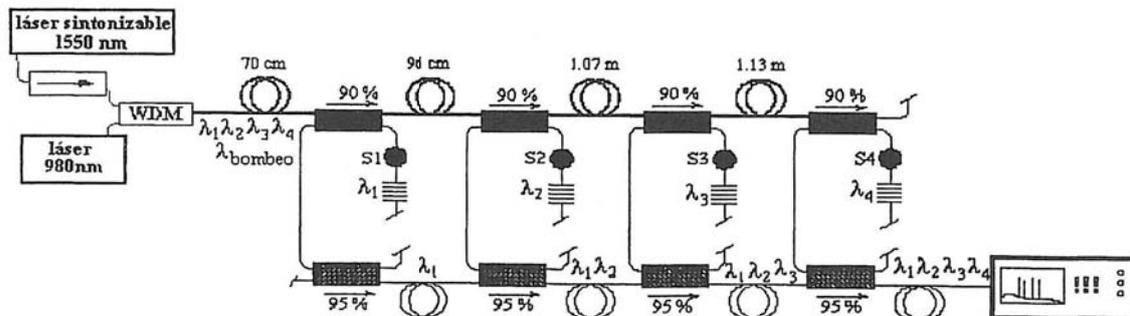


Figura 1 b.- Configuración en bus doble

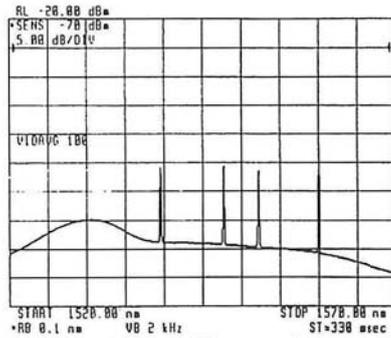


Figura 2.- Espectro de salida en configuración simple

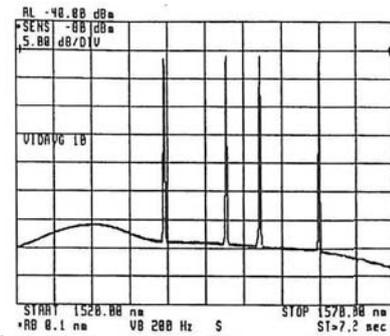


Figura 3.- Espectro de salida en configuración doble

### 2.1 Topología simple

En la topología simple (figura 1a) un único bus compuesto por fibra amplificadora y acopladores 90:10 soporta ambos sentidos de propagación, utilizando en cabecera un acoplador 50:50 que separa las señales de entrada y de vuelta de los sensores. El uso de un único láser obliga a interrogar los sensores de forma alternativa. De disponer de un array de láseres, cada uno sintonizado a la longitud de onda de una de las redes Bragg, la información de los sensores podría obtenerse de forma simultánea. La figura 2 muestra los resultados obtenidos al superponer las señales de los cuatro sensores sobre el fondo de ruido ASE producido por la fibra amplificadora. Los valores de potencia de señales, potencia de ruido y relación señal-ruido (SNR) para cada canal son los mostrados en la tabla 1. La diferencia entre los canales extremos se ha reducido de un valor de 3.6 dB, correspondiente a una estructura pasiva, a 1.7 dB. Los valores de SNR obtenidos son cercanos a los 13 dB, y pueden resultar insuficientes para algunas aplicaciones, especialmente aquella que utilizan modulación de amplitud.

### 2.2. Topología doble

Con el fin de aumentar la relación señal-ruido se propone la estructura doble de la figura 1b. En esta estructura el bus superior está formado por fibra amplificadora, mientras el inferior es de fibra estándar. La señal modulada es recogida en el bus inferior a través de acopladores 95:5, por lo que los caminos de las señales de entrada y salida son distintos y se evita el uso del acoplador de cabecera. La relación de acoplo 95:5 ha sido escogida con el fin de reducir las pérdidas del bus inferior, que no serán compensadas por la fibra amplificadora. En este caso, se ha proporcionado una ganancia ligeramente superior a las primeras etapas amplificadoras con el fin de compensar las mayores pérdidas que sufrirán estas señales en su recorrido

por el trayecto inferior. Los resultados obtenidos son los de la figura 3 y la tabla 1. En la configuración doble el nivel de potencia de las señales es similar al obtenido en configuración simple, ya que se compensan las mayores pérdidas de la estructura doble con la eliminación del acoplador 50:50 de cabecera. Por otra parte el nivel de ruido ASE disminuye en 20 dB debido a las pérdidas introducidas en él por los acopladores 90:10 y 95:5 sucesivamente. La relación SNR resultante es de más de 32 dB, que supone una mejora substancial respecto de la configuración simple.

### 3. Conclusiones

Se han comparado experimentalmente dos topologías en bus óptico amplificado para la multiplexación WDM de sensores fotónicos con modulación de amplitud. La mejora ostensible en la calidad de la señal recibida con la configuración doble se ve contrarrestada por la mayor complejidad y coste de dicha estructura. Las estructuras expuestas incluyen únicamente cuatro sensores, pero el sistema es fácilmente ampliable, quedando el número de sensores limitado por la potencia de bombeo remanente en la espina del bus y por la separación en longitud de onda de los canales dentro del ancho de banda de la fibra amplificadora.

### 4. Agradecimientos

Agradecemos la financiación del proyecto CICYT-TIC98-0397-C03 y del Gobierno de Navarra, así como la ayuda proporcionada por P. Urquhart, R. Hernandez, A. Loayssa, P. Arregui y I. Matías.

### 5. Referencias

- [1] R. Hernández, M. López-Amo y P. Urquhart, IEEE Journal of Lightwave Technology, V. 16 pp. 485-489, 1998
- [2] P. Datta, I. Matías, C. Aramburu, A. Bakas, M. López-Amo y J.M.Otón, Microwave and Optical Technology Letters, V.11 n.2, pp.93-95, 1996

$\lambda$ (nm)	Configuración en bus simple			Configuración en bus doble		
	Señal (dBm)	Ruido (dBm)	SNR (dB)	Señal (dBm)	Ruido (dBm)	SNR (dB)
1539.60	-41.0	-53.7	12.7	-41.7	-74.0	32.3
1547.77	-40.9	-54.2	13.3	-41.7	-74.6	32.9
1552.23	-41.7	-55.0	13.3	-41.9	-74.9	33.0
1560.09	-42.6	-55.6	13.0	-40.9	-75.5	34.6

Tabla 1.- Valores de potencia y de relación señal-ruido para los cada canal en las topologías simple y doble