

TÉCNICAS DE INTERPRETACIÓN Y PROCESADO DE LAS SEÑALES PROCEDENTES DE UN SISTEMA SENSOR CUASIDISTRIBUIDO POR OTDR

J.L. Arce Diego, A.B. de la Calzada, F. Madruga Saavedra, J. Echevarría, J.M. López-Higuera
 Grupo de Ingeniería Fotónica, Departamento de TEISA. Universidad de Cantabria, Avda. Los Castros s/n,
 39005 Santander.

Abstract: An optical time reflectometer is automated to located and to measure losses and reflections in events along the entire fiber span. Experimental results confirm that this techniques enables fiber testing and quasidistributed sensor measurements with no human intervention.

Introducción

La reflectometría óptica en el dominio del tiempo (OTDR) es una técnicas de medida importante en el área de los sistemas de comunicaciones y de los sensores de fibra óptica. Permite la localización de eventos tanto reflectivos como no reflectivos a lo largo de los mismos, pero tiene una serie de limitaciones como son: la dependencia entre la resolución entre eventos y el rango dinámico, la resolución en la medida de reflexiones, y la incertidumbre que la intervención del operario introduce en el proceso de medida, entre otras. En esta comunicación se presentan un conjunto de técnicas basadas en la interpretación de la traza OTDR previamente capturada en un ordenador (PC) mediante el bus GPIB, que permitirán la caracterización automática, completa y precisa de los eventos y perturbaciones a lo largo del sistema de fibra con la intervención mínima del operario. Además se incluye un método simple y preciso para determinar la reflectividad de un evento, conector, transductor, a lo largo de un canal de fibra óptica, o de un sensor en un sistema cuasidistribuido.

Procedimiento y teoría

En la Fig. 1 se muestra el montaje experimental empleado. En el mismo se observa una red de fibra óptica formada por conectores y bobinas de fibra conectada al reflectómetro, un OTDR comercial (HP8147A) controlado por PC a través del bus GPIB. La traza del OTDR se transfiere al ordenador en forma de una matriz $2 \times N$ (x_i, y_i), donde x_i es la distancia en metros desde el OTDR a los puntos del canal de fibra bajo test, e y_i es la potencia en dB de los mismos. Existiendo básicamente dos tipos de eventos, los reflectivos y los no reflectivos que el equipo debe de localizar y caracterizar.

Localización de eventos

Para tal fin se ha empleado un algoritmo para localizar la reflexión de Fresnel del extremo final de la fibra. Una vez conocida la situación de dicha reflexión, que marca el final de la fibra, se obtiene la derivada en cada punto de la traza mediante la expresión¹

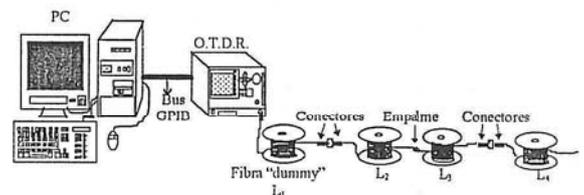


Fig. 1 Montaje experimental

$$\frac{dy_i}{dx_i} = \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \frac{x_{i+1} + x_i}{x_{i+1} - x_{i-1}} + \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \frac{x_i - x_{i-1}}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

para $1 < i < N$, donde N es el total de puntos en la traza hasta llegar al que marca el inicio de la reflexión final, calculado como se acaba de describir. La localización de eventos reflectivos y no reflectivos se realiza de forma independiente. El inicio de eventos reflectivos se realiza en el punto sobre la traza en que dy_i/dx_i supera un umbral prefijado (≈ 0.5 dB/Km, máxima variación en atenuación para una fibra monomodo a 1330 nm). El final de la reflexión está marcada por el valor de x_i para el que el valor negativo de la derivada supera cierto umbral ($dy_i/dx_i > -10$). La localización de eventos no reflectivos no sigue el procedimiento anterior, debido a que "la caída" en la gráfica de la derivada que los mismos provocan podrían no superar nunca el umbral prefijado pasando desapercibidos. Para resolver ésta limitación en la localización de eventos no reflectivos se analiza el signo de la derivada, buscando las zonas donde toma un elevado número de valores negativos consecutivamente, posteriores a la zona muerta originada por las reflexiones inicial y final de Fresnel, a continuación se guardan como posiciones finales de cada una de estas zonas, las que cumplen que $(dy_i / dx_i) > -10$, y se comparan con las posiciones finales de cada evento reflexivo, calculadas antes, para distinguirlos de éstos. La posición inicial está marcada por el valor x_i a partir del cual la derivada pasa de ser positiva, a tomar el primer valor negativo de un gran número consecutivo de ellos. Permitiendo acceder a una tabla de eventos que además de indicar las posiciones de inicio y fin de los mismos informa si

son de tipo reflexivo o no, y conocer la potencia en cualquier punto de la traza.

Medida de reflexiones

Una vez conocidas las posiciones en la fibra donde el reflectómetro detecta la presencia de eventos reflexivos, resulta interesante poder medir su reflectancia con una precisión mejor que la proporcionada por el OTDR (2 dB). Para tal fin se ha utilizado un método analítico-experimental para la medida de reflexiones. El método analítico exige una calibración previa del equipo que permita conocer el valor experimental del coeficiente K de retroesparcimiento de la fibra utilizada, y almacenar en la memoria del reflectómetro la traza de una reflexión pura, $R(t)$, y que se puede obtener mediante la expresión

$$R = \frac{K}{D_{z_0}(t_0)} \int_0^{t_1-t_0} [G_{z_0}(t_0+u) - D_{z_0}(t_0+u)] du$$

donde R, G y D son las señales reflejada, retroguida y retroesparcida respectivamente, y z_0 , t_0 y t_1 la posición, y los tiempos de inicio y fin del evento, respectivamente. Realizando la captura de la traza de la red de fibra que presente los eventos reflexivos, cuya reflectancia se desea conocer, $G(t)$, se conoce de forma inmediata $G(t_0)=D(t_0)$ y $G(t_1)$. La señal $D(t)$ se determina de forma analítica y en consecuencia la reflectancia, obteniéndose precisiones de 0.2 dB, permitiendo medir atenuaciones, pérdidas y reflectancias en los distintos eventos presentes en la fibra menores de -60 dB.

Resultados experimentales

Éste apartado recoge los resultados experimentales obtenidos al aplicar a una red de fibra el proceso de automatización para la localización de eventos y de medida de reflectancias mencionados. Para verificar las técnicas de localización de eventos en una red de fibra desarrolladas se implementó, en primer lugar, el montaje de la figura 1, para así disponer de dos eventos reflexivos y otro no reflexivo intermedios, proporcionados por dos conectores mecánicos y un empalme. A continuación se muestran las gráficas obtenidas mediante Excel, correspondientes a la traza del montaje, figura 2, y su derivada, figura 3, para 4000 puntos de muestreo, el límite máximo de puntos que Excel puede representar gráficamente (8000 en Matlab). La discriminación de los 14141, que la traza posee, hasta reducirlos a 4000, se realiza eliminando aquellos cuyo valor de potencia se repetía consecutivamente o que difieren del valor anterior en menos de 0.002dB, además de limitar el número de puntos de ruido en la traza. Estas técnicas están actualmente siendo aplicadas en nuestro laboratorio a la interrogación mediante OTDR de redes de sensores de fibra óptica cuasidistribuidos².

Conclusiones

El resultado de este trabajo permite a cualquier usuario efectuar de forma automática desde un PC las siguientes tareas: Variar a voluntad los parámetros del OTDR y seleccionar el modo de medida, controlar las opciones de la pantalla,

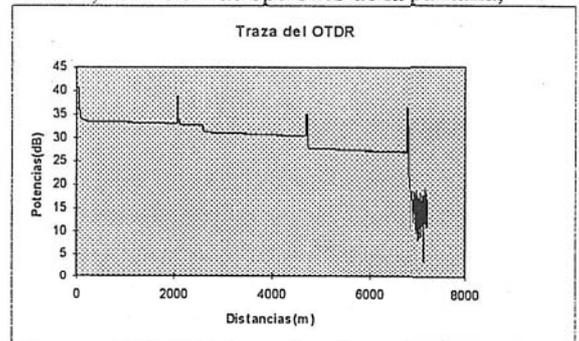


Fig. 2 Traza del montaje experimental en Excel

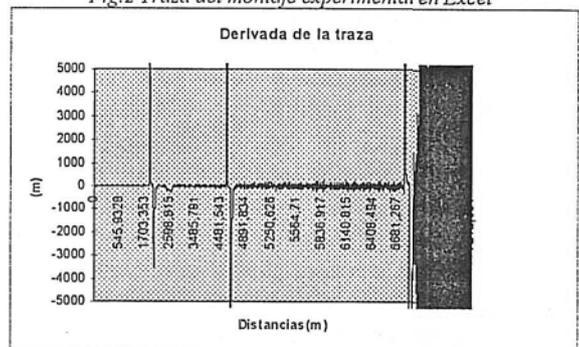


Fig. 3 Derivada de la traza de la fig. 2

adquirir salvar e imprimir una traza, realizar operaciones de fichero, estimar el nivel de ruido que presenta una traza, almacenar los valores de todos o parte de los puntos que componen la traza, potencias, distancias, u otros de interés, en ficheros de texto, para ser tratados como vectores en otras aplicaciones como Matlab, pasar los valores citados al libro y hoja de cálculo del programa Excel que se desee, para por ejemplo, ver la representación gráfica de la derivada de la traza o de la reflectancia de los posibles eventos reflexivos en función de la precisión con la que puedan medirse.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido soportado por el proyecto CICYT TIC'95-0631-C04-01.

Referencias

- 1 V. C. Y. So, J. W. Jiang, J. A. Carguill y P. J. Vella, J. of Light. Tech., Vol. 8, N° 7, pp. 1078-1082, 1990.
- 2 J.L. Arce, J. Echevarría, M.A. Morante, A. Cobo, F. Madruga, M. Lomer, J. M: López-Higuera, "Analog optical U shaped Fibre Transducer Based on Index Modulation for Quasidistributed Sensing", aceptado en el European Workshop on OFS, Julio 1998, Peebles, Escocia.