

Medidas bidireccionales con el OTDR: Fibras MM Vs. Fibras SM

Traducción de la "Application Note" 043 de EXFO: Bidirectional OTDR testing: Multimode Vs Singlemode fibers.

Según crece la competencia, en Europa, entre las nuevas compañías europeas de telecomunicaciones y las ya establecidas, la fiabilidad de la red emerge como el factor decisivo de victoria en la batalla para asegurarse una clientela fija a largo plazo. Sencillamente; la proximidad de la era de la red con descarga inmediata no permite a los operadores tolerar por más tiempo problemas de servicio, ni en el cable ni tan siquiera en una de sus fibras ópticas destinadas al transporte de múltiples canales de varios Gigabit por segundo.

Una vez instalado un cable, los responsables de la red deben tener garantizado el que cada canal óptico cumpla o exceda las especificaciones del operador. El reflectómetro óptico (OTDR) sigue siendo el único aparato de medida válido para la caracterización de las fibras ópticas con el nivel de detalle preciso, generando gráficas distancia/atenuación, a la vez que medidas de atenuación y de pérdidas en empalmes, defectos, curvaturas, cocas, o de inserción en las transiciones.

Es sabido por los usuarios de OTDRs para fibras SM que, en algunas ocasiones, en el paso de la luz de una fibra a otra, el efecto backscatter da lugar a una ganancia aparente. Al combinarse esta "ganancia" con la atenuación correspondiente al empalme, la pendiente de la curva permanece inalterada, originando un *evento 0 dB*

En este punto, y como consecuencia del fenómeno antes descrito, la traza del OTDR no registra ninguna pérdida, ni ganancia, por lo que el OTDR no registrará ningún evento. Al realizar la medida desde el extremo opuesto de la fibra, indicará una pérdida excesiva. La media de ambas mediciones reflejará la realidad en ese evento concreto.

Asimismo, en las fibras SM, las medidas tomadas desde ambos extremos pueden ser comparadas, y sus valores promediados para eliminar las *ganancias* ficticias -o eventos positivos-, observados frecuentemente y que sorprenden al observador poco experimentado. De hecho, este procedimiento de promedio elimina el error debido a las diferencias de índice de backscattering entre fibras diferentes, y proporciona medidas más seguras en cada evento.

Una de las principales ventajas de la utilización del OTDR es la posibilidad de analizar las fibras accediendo solamente a uno de sus extremos, precisando

únicamente de una medida y de la actuación de un técnico. En realidad, esta ventaja es únicamente real en las instalaciones realizadas con fibra MM. En el mundo del SM, donde los operadores exigen un control muy estricto del balance óptico, las mediciones bidireccionales están al orden del día.

Mediciones ópticas

Para obtener una caracterización fiable con el OTDR es imprescindible el realizar una adquisición de datos muy cuidadosa. Desgraciadamente, la mayoría de los técnicos de campo esperan milagros de su instrumentación. Una vez que el OTDR “ve” el extremo opuesto de la fibra, se supone que cada evento presente en el enlace estudiado puede ser correctamente identificado y medido con precisión.

En muchas ocasiones, desafortunadamente, esta es una presunción sin fundamento; generalmente porque la calidad de la detección del evento depende en gran parte de la relación señal/ruido (SNR). Esto significa que cuando la toma de datos contiene mucho ruido electrónico – por ejemplo, como consecuencia de un tiempo de promediado insuficiente o de unos parámetros incorrectos – el OTDR tendrá dificultades para medir las pérdidas, y, eventualmente, para localizar los eventos con un nivel de seguridad aceptable.

El OTDR inyecta pulsos cortos de luz (similares entre sí) en el núcleo de la fibra, y después recoge *chispazos* en los bajos niveles de señal reflejada (con respecto al tiempo) que retornan al mismo extremo del enlace. Dado que el pulso lumínico se desplaza a lo largo de la fibra, está sometida a las pérdidas por difusión Rayleigh (retrodispersión): parte de la señal continúa a lo largo de la fibra, parte es desviada lateralmente al cladding, y el resto es retrodispersada hacia hasta alcanzar el fotodetector del OTDR. Analizando la velocidad con la que la intensidad de la señal disminuye (pendiente), el OTDR es capaz de establecer la atenuación en cada segmento de la fibra estudiada.

Disminuciones repentinas de los niveles de señal lumínica (típicamente el ancho de impulso) indican la presencia de un evento no reflexivo – un empalme por fusión entre dos fibras, por ejemplo-. En cualquier caso, el ancho de pulso está sometido también a un fenómeno denominado reflexión de Fresnel. Este se da cuando la luz pasa de un medio a otro – como desde el vidrio al vidrio pasando por el aire, como sucede en los conectores o roturas de fibra- y experimenta un brusco cambio de índice de refracción. En ambos casos, fenómenos reflexivos o no reflexivos, el OTDR estima las pérdidas calculando la diferencia de intensidad de señal retrodispersada antes y después de la localización del evento.

Esto se ve complicado por el hecho de que la potencia óptica medida por el OTDR es afectada por el índice de retrodispersión de la fibra (consecuencia a su vez de su ancho de campo modal). Esto se magnifica cuando el OTDR debe estimar las pérdidas en un evento, como es el empalme por fusión, que implica a dos fibras de anchos de campo modal levemente distintos.

Ventajas de la bidireccionalidad

Los instaladores de redes solventan este problema realizando medidas bidireccionales. Dado que las consecuencias de las diferencias entre los índices de retrodispersión son invertidas al realizar las medidas desde extremos opuestos, la media de ambos resultados elimina los errores debidos a la mezcla de fibras. Obviamente, es muy importante que las tomas de datos originales sean de alta calidad, ya que la premediación posterior únicamente disminuirá la incertidumbre del resultado obtenido.

Se dan asimismo otras ventajas al realizar medidas bidireccionales. Para los neófitos, las mediciones desde ambos extremos eliminarán las supuestas *ganancias*. Estos eventos *positivos* pueden darse al empalmar entre sí tres secciones de fibra en los cuales el central tiene un diámetro de núcleo superior a los de los extremos. El escalón positivo de la traza del OTDR tiene su origen en un nivel superior de señal retrodispersada proveniente del segmento central de fibra.

El análisis bidireccional pone asimismo de manifiesto eventos situados en una zona muerta en una dirección, pero no en la otra. Las zonas muertas se dan cuando el detector del OTDR es *cegado* temporalmente por las reflexiones de Fresnel, lo que imposibilita el medir con garantía los bajos niveles de señal existentes en esa zona del enlace. Esto es especialmente cierto en el interfaz óptico entre la fibra y el equipo de medida. (En ambos extremos del enlace estudiado).

Además, es importante señalar que el análisis bidireccional puede resaltar los *eventos 0 dB*, cuando un empalme entre dos fibras no muestra pérdida ni ganancia, en la traza sencilla del OTDR. En otras palabras, la señal pasa de un extremo de la fibra al otro, y la retrodispersión incrementa el nivel de señal en la cuantía exacta para compensar la atenuación del empalme. En ese caso, la toma de datos desde ambos extremos permitirá detectar el evento.

No obstante ello, hay que tener en cuenta los incrementos de coste y tiempo necesarios para realizar las medidas bidireccionales – obviamente pueden ser precisos otro equipo de medidas y otro técnico-, pero los vendedores de equipos han estudiado los pasos necesarios para hacer esta técnica atractiva a los técnicos de medidas. Por ejemplo, algunas compañías ofrecen en la

actualidad software de análisis específicos para la realización automática de forma segura y más o menos automática de medidas tomadas unidireccionalmente. Algunos fabricantes ofrecen sistemas que vinculan entre sí las trazas de OTDR obtenidas desde los extremos opuestos del enlace. Esta posibilidad *extremo a extremo* es especialmente necesaria para los vanos de gran longitud (hasta de más de 400 Km.) que encontramos en los tendidos submarinos.

Análisis en fibras multimodo

Los principios teóricos que aconsejan promediar las medidas bidireccionales en las f.o. SM no son de aplicación para las fibras multimodo (MM). Dado que la propagación de la señal en ambas direcciones utiliza distintos y variados modos de propagación, es erróneo el asumir que las pérdidas reales serán idénticas en ambos sentidos. De hecho, la transmisión de una fibra a otra de mayor diámetro experimentará posiblemente pérdidas muy bajas, mientras que la transmisión desde una fibra ancha a otra más estrecha experimentará pérdidas importantes. Otro punto importante a considerar es el que las pérdidas efectivas de inserción (IL) entre dos fibras no dependen únicamente de las fibras en sí, sino también de la distribución modal de la luz en el interior de las fibras inyectoras (*launch fibers*).

Dado que el impacto de los diferentes índices de backscattering entre dos fibras multimodo varía al realizar medidas bidireccionales, el resultado final no proporcionará las pérdidas reales del empalme, al contrario de los que sucede con las SM. De hecho, las pérdidas reales de un empalme MM están condicionadas al sentido en el que se realizan las medidas.



En cualquier caso, un incremento potencial en el aseguramiento de las medidas en fibra multimodo carece de importancia, ya que en este tipo de aplicaciones el balance óptico posible es muy superior al existente en las instalaciones. De hecho la atenuación en las fibras MM puede llegar a ser 20 veces superior a la de las fibras SM.

Por otra parte, las fibras MM son utilizadas normalmente en instalaciones en las que las parejas de conectores de altas pérdidas sustituyen a los empalmes de fusión. Por ello, el asegurar la calidad de las medidas mediante las mediciones bidireccionales ($\pm 0,02$ dB) carece de gran importancia, dejándose para casos puntuales.