

## Mediciones de OTDR en la última milla

### Errores en GPON y XGS-PON en el camino

También en nuestro país, la tecnología de la fibra óptica está conquistando la última milla. Se están tendiendo nuevas fibras y los hogares y las empresas se están conectando a velocidades récord. Además, la cantidad de fibra ya desplegada es cada vez mayor; esto y la creciente complejidad debida a las diferentes tecnologías y a los errores durante el despliegue están provocando cada vez más interrupciones en el servicio.

Por otra parte, las conexiones de fibra también muestran efectos de envejecimiento, a menudo en función de cómo y cuándo se colocaron. Al fin y al cabo, hace más de 20 años que se inició la implantación de fibra óptica a nivel nacional en España. Aunque los fabricantes suelen indicar tiempos de uso superiores a los 20 años, éstos suelen ser sólo válidos en condiciones de laboratorio. Además del tiempo, el material utilizado, la temperatura y las condiciones de instalación también desempeñan un papel importante. Especialmente las fibras sometidas a tensión y presión -ya sea durante la instalación o debido a las condiciones cambiantes del subsuelo a lo largo del tiempo- cambian sus propiedades de transmisión. Esta es, por ejemplo, la razón por la que

deben colocarse en forma de hélice, para que tengan una cierta reserva. Una fibra sometida a tensión puede tener efectos negativos similares a los de las macrocurvas o las conexiones que no sellan correctamente, que con el paso de los años se convierten cada vez más en un problema debido a la suciedad y la humedad. Estas son precisamente las cosas que requieren la intervención de técnicos bien equipados con una frecuencia cada vez mayor.

#### Entonces, ¿qué tiene que hacer un técnico in situ?

Pues bien, la máxima prioridad cuando se trabaja en líneas de fibra óptica es la limpieza. La mayoría de los problemas con las conexiones de fibra óptica se deben a conectores contaminados. Esto puede deberse a una mala ejecución durante el despliegue o a problemas que surgieron posteriormente (véase más arriba).

Por lo tanto, se recomienda encarecidamente proceder de la siguiente manera en la resolución de problemas de PON (véase la Fig. 1).

Por supuesto, está en la naturaleza del ser humano optimizar sus procesos y procedimientos y omitir uno u otro paso para ahorrar tiempo y dinero. En este caso se tiende a ahorrar en el último paso. Los técnicos están equipados con herramientas de inspección y limpieza y, desde hace algún tiempo, también con medidores de potencia óptica, pero si éstos atestiguan un nivel deficiente, la correcta identificación del problema suele ser caro. Por lo tanto, sería ideal que el técnico de campo pudiera llevar a cabo inmediatamente la resolución de problemas de reflexión con un OTDR. Porque, como ya se ha dicho, en los casos más raros, para encontrar la avería no es necesaria una obra de ingeniería civil, sino conocimientos especializados y el equipo de prueba y medida adecuado.

Uno de los pocos fabricantes que ofrece algo así es intec GmbH, radicado en Lüdenscheid (Alemania), que lanzó hace dos años el ARGUS® 300, un concepto novedoso de comprobador multifunción. Con él, se pueden realizar y registrar todos los pasos de prueba mencionados con un solo dispositivo compacto.

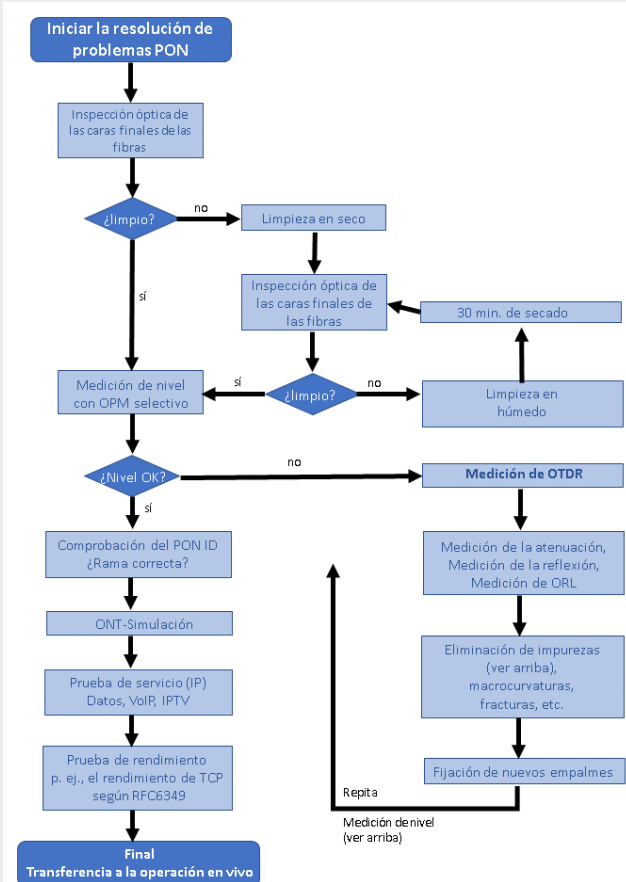


Figura 1: El procedimiento descrito se considera el estándar de referencia para la resolución de problemas PON.



GESELLSCHAFT FÜR  
 INFORMATIONSTECHNIK mbH

## ¿Usar el mismo OTDR para todas las aplicaciones? ¿Qué tiene de especial el área de despliegue de la última milla?

La mayor parte de las conexiones de fibra desplegadas en la última milla son redes ópticas pasivas, las llamadas PON. En la actualidad, millones de clientes en Europa ya están conectados a redes GPON (UIT-T G.984.3); paralelamente, muchos países ya están empezando a desplegar la llamada XGS-PON (UIT-T G.9807.1, PON simétrica a 10 Gigabit/s) sobre las mismas fibras; en muchos lugares está sur-

este caso, la longitud de onda de mantenimiento a 1650 nm es ideal. Esto da exactamente una longitud de onda en la 2ª y otra en la 3ª ventana óptica. Las ventanas ópticas son rangos de longitud de onda especialmente adecuados para la transmisión de datos, ya que algunos rangos son más adecuados y otros peores debido al material utilizado.

Para la red troncal y los enlaces de larga distancia con fibras multimodo y velocidades superiores a 10 Gbit/s, hay que tener en cuenta otros dispositivos de medición. Sin embargo, aquí suele haber

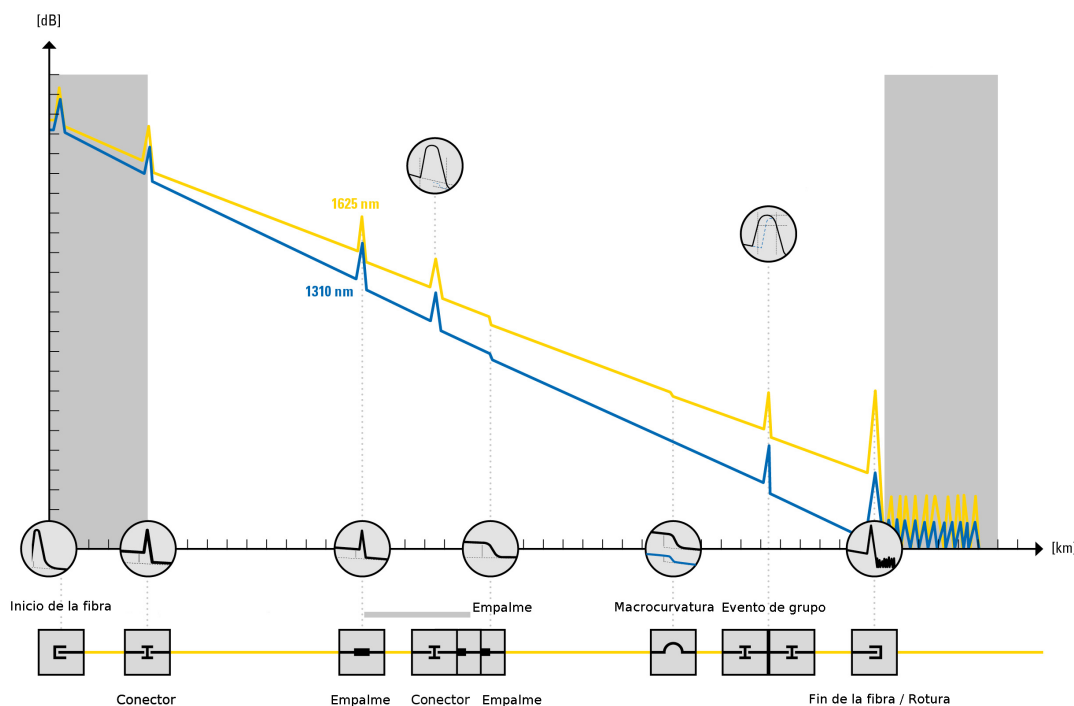


Figura 2: Ejemplo de eventos mapeados en una traza de OTDR.

giendo la llamada operación híbrida o mixta, algo que finalmente se implementará en todos los mercados.

Las redes PON van siempre sobre fibras monomodo a distancias relativamente cortas, teóricamente hasta un máximo de 20 km, pero en la práctica mucho más cortas a menudo. Un OTDR debe tener esto en cuenta, en lo referente la anchura de pulso y las zonas muertas (ver más abajo).

A continuación, está la cuestión de la longitud de onda que el OTDR debe poder cubrir. GPON utiliza 1310 nm (subida) y 1490 nm (bajada), y XGS-PON 1270 nm (subida) y 1577 nm (bajada). Además, muchos enlaces de fibra activa, como Active Ethernet o AON (Red Óptica Activa), utilizados a menudo en las conexiones FTTH por algunos operadores de redes urbanas, funcionan con fibras monomodo exactamente a estas longitudes de onda y con distancias de enlace similares.

Por lo tanto, un OTDR adecuado para la resolución de problemas de PON debe admitir al menos dos longitudes de onda. Por un lado, una de las mencionadas longitudes de onda utilizadas habitualmente en la práctica (por ejemplo, 1310 nm), si la red o el tramo a medir está fuera de servicio, y por otro lado, una segunda longitud de onda que permita realizar mediciones en servicio sin interferencias, lo que es especialmente importante si no se tiene acceso a ambos lados de la fibra óptica. La segunda longitud de onda debe estar lo más alejada posible de las longitudes de onda vivas; en

problemas masivos en la red con muchos clientes afectados; esto no puede ni debe ser cubierto el mismo OTDR específico para el área de acceso.

Un OTDR para el área de acceso localiza rápida y fácilmente los problemas desde el cliente individual hasta el splitter, raramente más allá. Si el problema está detrás del splitter, es decir, más hacia la red troncal, suele verse afectada toda la rama PON y, por tanto, varios clientes al mismo tiempo.

### Pero, ¿qué hace realmente un OTDR?

Un OTDR mide la atenuación causada por diferentes eventos en el trayecto y en el propio evento, y puede determinar la longitud del trayecto, así como localizar los empalmes y los conectores, junto con el tiempo de propagación del pulso reflejado (véase la Fig. 2). Si el OTDR tiene también dos longitudes de onda, es posible incluso detectar y localizar una violación del radio de curvatura (macrocurvatura) midiendo a ambas longitudes (por ejemplo, en modo automático).

Para ello, un OTDR genera un pulso que se acopla a una fibra como señal óptica a través de un acoplador bidireccional, generado por un diodo láser. A continuación, a través del mismo acoplador, analiza las partes del pulso reflejadas por la dispersión Rayleigh (atenuación) y la reflexión Fresnel (localización).

Las ondas electromagnéticas, incluida la luz, son dispersadas en

todas las direcciones por pequeñas moléculas (dispersión Rayleigh), ya que el material de una fibra de vidrio no es ideal, sino que se caracteriza por sus irregularidades. Esto se debe, entre otras cosas, al proceso de fabricación y a la calidad del material utilizado. Estas impurezas provocan a su vez fluctuaciones no deseadas en el índice de refracción (IoR, Index of Reflection), que describe la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de propagación en el material de la fibra.

Parte de la luz también se dispersa de vuelta al OTDR, la medición de su intensidad (medición de la retrodispersión) da como resultado la pérdida óptica de retorno (ORL), que permite una declaración sobre la longitud de la fibra, la atenuación (atenuación) por kilómetro, así como la pérdida de inserción (IL) y la pérdida por reflexión (reflectancia) en los eventos. Se aplica lo siguiente: cuanto mayor sea la retrodispersión, mayor será la atenuación del enlace.

La reflexión de Fresnel desempeña un papel en la localización de los eventos. La reflexión "total" de las ondas electromagnéticas en las transiciones de materiales debido a un salto en el índice de refracción se produce en la tecnología de la fibra óptica, especialmente en los conectores (vidrio-aire-vidrio). Las roturas de fibras, el final de una fibra abierta, las impurezas o los arañazos en las superficies de los extremos de las fibras también provocan estos efectos: las pérdidas de Fresnel. Un empalme mal ejecutado también puede hacerse visible como resultado. La luz de una determinada longitud de onda choca con dicho evento y se refleja con mucha más fuerza y dirección en relación con la dispersión Rayleigh.

El acoplamiento de un pulso definido con precisión, por ejemplo con una longitud de exactamente 10 ns, permite detectar la reflexión del mismo en un evento y así medir su tiempo de trayecto (camino de ida y vuelta). Con este tiempo medido y el conocimiento del índice de refracción de la fibra, se puede determinar con mucha precisión la distancia del evento al OTDR.

## ¿Qué hay que tener en cuenta a la hora de elegir un OTDR?

Rango dinámico, nivel de acoplamiento y promedio

Además de la anchura de pulso variable (véase más adelante) y el nivel de acoplamiento, una importante característica de calidad es el rango dinámico disponible. La anchura del pulso y el nivel de transmisión determinan conjuntamente la cantidad de energía que se puede poner en el pulso y, por tanto, en la línea. El rango dinámico describe en qué medida los pulsos transmitidos pueden ser atenuados por la distancia y los eventos y seguir siendo reconocidos tras la dispersión y la reflexión. También puede describirse como la sensibilidad del OTDR.

Se puede utilizar un tiempo medio ajustable para aumentar aún más el rango dinámico repitiendo la medición. Si se dispone del tiempo necesario para que el aparato de medición realice varias mediciones y promedie los resultados, por ejemplo, 60 segundos, se obtiene una mejor relación señal/ruido y, por tanto, mejores resultados al final.

Sin embargo, para un OTDR utilizado especialmente en PONs, un rango dinámico de, por ejemplo, 20 dB es suficiente. En combinación con un alto nivel de acoplamiento y una anchura de pulso de, por ejemplo, 100 ns, es posible -dependiendo de la calidad de la fibra y del número de eventos- hacer estimaciones sobre distancias de varios kilómetros (véase más arriba). El

mercado también ofrece dispositivos con mejor rango dinámico y tiempos de promedio más altos, pero para distancias cortas en el área de conexión podría estar gastando mucho dinero innecesariamente.

Por lo tanto, al trabajar con el OTDR, es mucho más importante garantizar unas condiciones de acoplamiento ideales. Si éstas son deficientes, por ejemplo, debido a un conector defectuoso, arañazos o impurezas, se reduce la intensidad del pulso y, por tanto, el rango dinámico y la precisión de la medida desde el principio. Por ello, la inspección y la limpieza mencionadas al principio son de gran importancia.

Anchura de pulso y zonas muertas

El criterio más importante es la resolución espacial, es decir, la precisión con la que el OTDR puede proporcionar las distancias a los eventos. En este caso se aplica lo siguiente: cuanto más estrecho sea el pulso, mejor será la resolución: a 10 ns, se pueden alcanzar en teoría precisiones de hasta 1 m. Por supuesto, sigue habiendo desviaciones e incertidumbres debidas a la longitud de la distancia, la propia medición, la temperatura y otras influencias, pero entonces ya no son tan importantes.

Por lo tanto, es importante garantizar que la anchura de los impulsos sea ajustable hasta cierto punto. Al principio, puede tender a elegir siempre el más alto, pero tenga cuidado: cuanto más amplio sea el pulso, más probable será que cubra los eventos que están próximos entre sí. Como regla general, se pueden distinguir dos eventos si están separados por al menos media anchura de pulso. Si se esperan "muchos" eventos al medir líneas cortas, es aconsejable elegir un pulso más corto. También debería ser posible configurar la longitud prevista de la fibra en el dispositivo, ya que esto determina el tiempo de funcionamiento del pulso en la línea y, por tanto, tiene una influencia directa en la zona muerta.

Existen dos tipos de zona muerta: la zona muerta de eventos, que indica la distancia entre dos eventos (véase más arriba), y la zona muerta de atenuación, que determina la distancia mínima entre dos eventos para que la atenuación pueda seguir determinándose con precisión; ambas definen conjuntamente la llamada zona muerta total. Se suele especificar para anchos de pulso muy pequeños (por ejemplo, 10 ns) y debe estar en el rango de unos pocos metros.

La precisión de la medición de la atenuación, la linealidad -ya sea de la distancia o del evento- es otro criterio de selección importante; una desviación de  $\pm 0,05$  dB/dB es más que suficiente para su uso en el área de acceso.

En general, sin embargo, la precisión viene determinada por el número de puntos de datos registrados, es decir, en cuántos valores individuales puede almacenar la medición el aparato de medición. Cuantos más puntos de datos estén disponibles, mayor será la resolución y la precisión. Para la aplicación descrita anteriormente, son suficientes 100.000 puntos de datos. 300.000 puntos de datos son ideales, especialmente para las distancias más largas.

Al igual que con las mediciones TDR en el par de cobre, también es importante conocer la fibra que se va a medir para las mediciones OTDR. Por lo tanto, hay que poder introducir los parámetros importantes de la fibra para obtener los resultados más precisos. Entre ellos se encuentran sobre todo el índice de refracción (IoR), el coeficiente de retrodispersión de Rayleigh (BC) y el coeficiente de atenuación (ACI).

## ¿Cómo puede el OTDR ayudar al usuario?

Los dispositivos con modo automático hacen muchas cosas de forma totalmente automática y son especialmente recomendables para los principiantes. Aquí, las pruebas con diferentes longitudes de onda y anchos de pulso se llevan a cabo de forma automática y los resultados se procesan convenientemente en una tabla de eventos con la ayuda de información de símbolos, longitud y distancia. Lo ideal es que un buen OTDR cuente incluso con la evaluación de tipo pasa/falla, para lo cual debería poder configurar los valores límite correspondientes para los eventos empalme, macrocurva y conector. Algunos dispositivos vienen incluso con una evaluación preparada de antemano según la norma UIT-T G.671 o TIA 568.3-D, lo que, por supuesto, facilita un poco las cosas, pero los valores no se pueden adaptar a sus propios requisitos de calidad, que pueden ser mayores.

Sin embargo, como todo principiante llega a tener experiencia en algún momento, tiene mucho sentido prestar atención al hecho de que también hay un modo manual con gráficos OTDR independientes y un modo en tiempo real (Real-Time), con el que también se pueden detectar de forma fiable los eventos que cambian rápidamente. Con el modo automático, esto se deja más bien al azar.

Antes y después de la fibra, el protector de puertos

Independientemente de si es un principiante o un experto, de si realiza mediciones en modo automático o en tiempo real, nunca trabaje sin fibras de lanzamiento previa y posterior, al principio y al final de la línea, y asegúrese de que se las ofrecen cuando compre un OTDR. A menudo, es precisamente el conector de la fibra que se va a medir el que causa los principales problemas; el desgaste y la contaminación son los problemas más comunes y mayores en este caso. Si se conectara la fibra a medir directamente al OTDR, no se podría evaluar la influencia del conector en el conjunto de la línea, ni siquiera con pulsos pequeños, porque la zona muerta del evento (ver arriba) es mayor que cero, pero el conector está prácticamente a cero. Conectando delante una fibra de lanzamiento de, por ejemplo, 1.000 m de longitud, se garantiza que este evento pueda evaluarse con precisión.

Un efecto similar se produce al final (EoF - End of Fiber): Si el último conector de la fibra que se va a medir está abierto, se produce una reflexión completa en el extremo de la fibra, por lo que no es posible hacer una evaluación de la calidad del siguiente conector. No se puede ver si es precisamente este último conector al final de la fibra el que causa verdaderamente el problema,

debido a la contaminación, por el que se llamó al técnico. Sólo si se utiliza una fibra de arrastre, el último conector abierto que se evalúa se convierte en un conector completo con una atenuación medible.

Las fibras previas y posteriores deben ser siempre del mismo tipo de fibra y más largas que su propia zona muerta de atenuación. Asegúrese de que la fibra previa y la fibra posterior son de alta calidad, los conectores en una medición OTDR deben ser siempre de la máxima calidad y, a ser posible, no deben desgastarse rápidamente. Por lo tanto, se debe incluir en el suministro un llamado protector de puertos: puede conectarse entre el OTDR y la fibra delantera y protege tanto el conector real del dispositivo de medición como la fibra delantera, y puede sustituirse de forma fácil y económica después de unos 100 ciclos de acoplamiento.

Protocolo de registro y medición:

En el caso de los trabajos por encargo, por ejemplo para un operador de red o para la documentación propia, también es importante poder exportar todos los datos recibidos completamente del aparato de medición para su posterior análisis. Se debe poder exportar un archivo SOR (Standard OTDR Record) normalizado con todos los puntos de datos. Los visores SOR gratuitos permiten entonces un análisis en profundidad hasta el punto de datos individual.

A la hora de seleccionar los equipos de prueba y medida óptica, preste mucha atención al campo en el que opera para tener a mano exactamente la solución adecuada cuando surjan los problemas. El uso de un comprobador multifunción puede ahorrar mucho tiempo, ya que se puede realizar una primera evaluación de forma inmediata: especialmente en el caso de problemas "pequeños" (impurezas, problemas de contacto, etc.), no es necesario esperar al experto.



GESELLSCHAFT FÜR  
INFORMATIONSTECHNIK mbH

Rahmedstraße 90  
D-58507 Lüdenscheid

Tel: +49 2351 9070-0  
Fax: +49 2351 9070-70

E-Mail: [sales@argus.info](mailto:sales@argus.info)  
Internet: [www.argus.info/es](http://www.argus.info/es)