

Medidas OTDR, pérdidas de retorno e inserción en un solo puerto para caracterización de enlaces ópticos

Artículo cedidopor Inycom



www.electronica.inycom.es

Por Benjamin Cuenot, —
Charlène Roux, Alban
De Moncuit y Olivier
Receveur de JDSU

Una nueva combinación de pruebas de OTDR y de pérdidas de transmisión en las medidas rápidas de los enlaces ópticos, permiten la medida secuencial bidireccional de la pérdida de retorno e inserción óptica a través de una sola conexión óptica con el método de onda continua.

Introducción al método de medida

El número cada vez mayor de abonados, junto con la creciente demanda de ancho de banda, significa que los proveedores deben instalar cables de fibra óptica cada vez más con más rapidez. Verificar el cumplimiento de las especificaciones del fabricante del sistema es necesario durante la instalación y la fase de pruebas de aceptación [1]. Estas pruebas deben ser fáciles de realizar para que los operadores de campo puedan ejecutarlas en menos tiempo. El nuevo conjunto de herramientas de JDSU ofrece una función de prueba integrada que re-

duce el tiempo de prueba y los costes de despliegue. Ningún otro producto disponible en el mercado combina un OTDR y test de pérdidas que realiza automáticamente estas pruebas a través de una única conexión óptica. En este artículo se presenta un conjunto de herramientas que permite rápida medidas de pérdida de inserción (IL = Insertion Loss) y la pérdida de retorno óptico (ORL = Optical Return Loss), utilizando técnicas de onda continua, caracterizando su rendimiento mediante el análisis teórico y validación experimental. En la actualidad, los usuarios pueden elegir entre estas longitudes de onda a prueba 1310, 1550 y 1625 nm. El conjunto de herramientas incluye una serie de dos unidades de medida a que se refiere como unidades A y B, cada uno conectado a una plataforma de base. Cada unidad incluye múltiples láseres y un medidor de potencia óptica combinados en una única salida de fibra mediante un acoplador de 3 dB como en cualquier OTDR. Estos dispositivos pueden funcionar con onda continua (CW = Continuous Wave), además utiliza luz pulsada para operaciones en OTDR. Cada plataforma de base también se puede integrar un medidor de potencia óptica adicional que se requiere para las mediciones de ORL. Para un correcto funcionamiento, los usuarios deben realizar un procedimiento de referencia antes de la medida de enlace, como muestra la Figura 1, que podrá ser completado utilizando el método lado a lado (SbyS = Side By Side) o de bucle invertido (LB = LoopBack). Además, una referencia cero-offset ORL, es necesario para medir el ORL.

1b, donde cada una de las unidades está conectada a su plataforma base. Durante la referencia LB, la pérdida de inserción del cable IL, el medidor de potencia se calcula primero como la diferencia entre la potencia registrada y la potencia calibrada de fábrica.

En una segunda fase, la potencia del láser óptico se ajusta de modo que la potencia registrada sea $P_{Tx} = -6,5$ dBm al final del cable. Después de realizar cualquiera de estas referencias, los cables de interconexión deben permanecer conectados a las unidades de medida o se producirá una variación de IL después de la reconexión. Además del procedimiento de referencia LB, las mediciones del enlace ORL requiere del conocimiento de la potencia de cero-offset ORL, o la potencia medida P_0 , debido a las pérdidas de retorno de la unidad. La figura 1c muestra cómo realizar la referencia de cero-offset ORL.

La conexión del cable J1 entre la unidad y la terminación no reflectante garantiza una pérdida de retorno muy baja. Durante la referencia de cero-offset ORL, el láser se comporta como un medidor de potencia en el mismo puerto de medida de la potencia óptica reflejada, P_0 , que está vinculada a la directividad del acoplador de 3 dB en el interior de la unidad de medida y las pérdidas de retorno de los conectores acoplados a la salida de la unidad.

Figura 1. Reference procedures

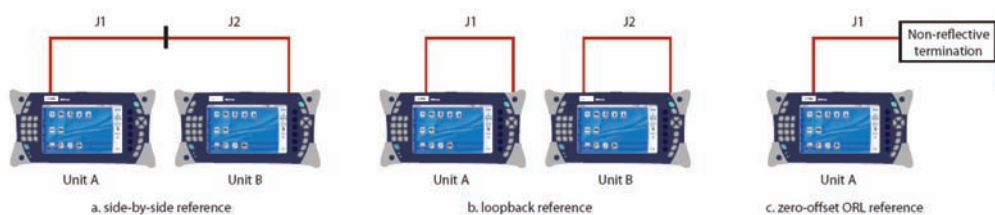
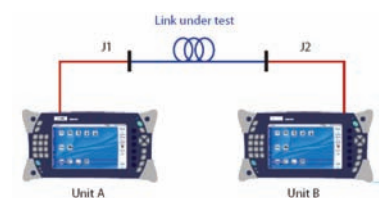


Figura 2. Experimental procedure for IL and ORL measurement of the link under test using the tool set

duce el tiempo de prueba y los costes de despliegue. Ningún otro producto disponible en el mercado combina un OTDR y test de pérdidas que realiza automáticamente estas pruebas a través de una única conexión óptica. En este artículo se presenta un conjunto de herramientas que permite rápida medidas de pérdida de inserción (IL = Insertion Loss) y la pérdida de retorno óptico (ORL = Optical Return Loss), utilizando técnicas de onda continua, caracterizando su rendimiento mediante el análisis teórico y validación experimental. En la actualidad, los usuarios pueden elegir entre estas longitudes de onda a prueba 1310,

El modo de referencia SbyS puede ser utilizada para realizar medidas IL. Las dos unidades están conectadas entre sí, como se muestra en la Figura 1a, con dos cables, J1 y J2. El paso de referencia permite a los medidores de potencia de ambas unidades, medir la potencia óptica P_{Tx} emitida por el laser de la otra unidad menos la IL de los dos cables.

Sin embargo, no siempre es posible llevar a cabo este procedimiento debido a la distancia entre cada extremo del enlace que se está probando; por lo tanto, los técnicos pueden utilizar el modo de referencia LB, tal como se describe en la Figura



Después de completar los procedimientos de referencia, llevaremos a cabo la medida del enlace que se muestra en la Figura 2. Conecte cada una de las unidades y su cable asociado en ambos lados del enlace bajo prueba. Las medidas de IL y / o ORL se puede realizar en una o ambas

unidades durante la misma prueba. Los datos obtenidos se muestran a continuación en ambas unidades. IL debe ser de 40 dB o menos, de forma que las dos unidades de medida se pueden comunicar correctamente la una con la otra.

Durante la medida, la unidad A emite una potencia óptica P_{Tx} . Al mismo tiempo, para una medida ORL, la unidad A también mide la potencia reflejada P_{ori} , mientras que la alta reflectancia en la unidad B (por el fotodiodo) está oculta de modo que no afecta a la medida del ORL. Para una medida de IL, la unidad B mide la potencia óptica recibida P_{Rx} . El valor de IL en el enlace, se calcula como la diferencia entre la potencia emitida y recibida a través de la fórmula 1 en el modo SbyS y la fórmula 2 en el modo de LB. El valor de ORL se calcula utilizando la fórmula 3. Cada medida tiene una duración de aproximadamente 10 segundos para una longitud de onda dada.

$$IL = P_{Tx} - P_{Rx} \quad (1)$$

$$IL = -6.5 - (P_{Rx} + IL_{patchcord}) \quad (2)$$

$$ORL = \frac{P_{Tx}}{P_{ORI} - P_0} \quad (3)$$

Análisis teórico y validación experimental de las incertidumbres de medida

La incertidumbre de medida está relacionada con las diversas incertidumbres de los dispositivos que se han utilizado y los métodos de medida. De los análisis de incertidumbre anterior, hemos evaluado experimentalmente las incertidumbres típicas de los diferentes componentes del conjunto de herramientas que se pueden combinar para calcular la incertidumbre estándar de las medidas IL y ORL.

Por ejemplo, utilizando la referencia SbyS, debemos considerar primero la linealidad del medidor de potencia $\sigma_{PM_lin} = 3,5\%$ y la estabilidad del láser $\sigma_{laser_stab} = 0,23\%$. También debemos considerar el hecho de que entre las etapas de referencia y de medida, se añade un conector "back-to-back" para inducir una incertidumbre $\sigma_{connector}$ de 1,16% respecto a la pérdida de inserción. La pérdida dependiente de

la polarización (PDL) de los distintos componentes de la unidad deben incluirse también, resultando una incertidumbre σ_{PDL} del 2.21%.

Por último, durante la referencia, la fuente láser emite una gran potencia, que satura el medidor de potencia, a pesar de que esta compensado, dando todavía lugar a una incertidumbre σ_{PM_sat} de 2,35% sobre la potencia medida P_{Tx} . Todas estas incertidumbres son independientes y tienen una distribución de Gauss, a excepción de la vinculada a la PDL. La incertidumbre de la medida de IL, usando la referencia SbyS se puede aproximar utilizando la fórmula 4.

$$\sigma_{IL_side-by-side}^2 \approx \sigma_{PM_lin}^2 + \sigma_{connector}^2 + \sigma_{PM_sat}^2 + \sigma_{PDL}^2 \quad (4)$$

Se obtuvo una incertidumbre típica de 4,95%, o 0,21 dB, para la medida de IL usando la referencia SbyS. Del mismo modo, se obtuvo la incertidumbre estándar de 9,8%, o 0,4 dB, para la medida de IL y 8,3%, o 0,34 dB, para las medidas de ORL con referencias LB.

Con el fin de confirmar el funcionamiento de este conjunto de herramientas, se construyó un enlace calibrado usando una fibra de 2,5 km de longitud con el estándar SMF-28, un acoplador de 3 dB, y dos atenuadores ópticos variables (VA), como se muestra en la figura 3. Todos los conectores ópticos eran pulidos angularmente para reducir las pérdidas de retorno, con excepción de los relativos a cada lado de la fibra de 2,5 km. La pérdida de inserción entre la entrada y la salida del acoplador de la fibra puede variar-se hasta los 55 dB al ajustar VA-1.

Para cada ajuste del VA-1, medimos con precisión el valor de IL usando fuente CW estables, usaremos un medidor de potencia óptica de precisión (LPB-150), y los tres métodos de medida de puente de cables [2]. Durante las mediciones, VA-2 fue configurado

en el modo "Beam-Block", de manera que la luz reflejada no interfiriera con la medida precisa de IL. Del mismo modo, al ajustar VA-2, la pérdida de retorno medida a partir de la entrada del acoplador, puede variar entre 10 y 55 dB. Para cada ajuste de AV-2, el valor de ORL se midió con precisión con el uso de fuentes estables de CW y un medidor de potencia óptica de precisión, así como un acoplador de 3 dB, calibrado con alta directividad, siguiendo la técnica de reflectometría óptica en CW [3]. Para esta medida, VA-1 se encuentra en el modo "Beam-Block" para evitar que el ORL medido se vea afectado por la retro dispersión

(backscattering) de luz Ray-leigh en la fibra de 2,5 km.

La combinación de las diferentes incertidumbres estándares de los dispositivos utilizados la calibración de este enlace, o la estabilidad del láser, la linealidad del medidor de potencia de precisión, el PDL de los diferentes componentes y las incertidumbres debido a los otros componentes, proporciona una incertidumbre de 0,1 y 0,2 dB, para los valores calibrados de IL y ORL, respectivamente. Además, la repetitividad de los atenuadores variables es inferior a 0,01 dB, asegurando un enlace estable y calibrado con precisión.

Se utilizó este enlace para evaluar los resultados de las medidas de IL y ORL de nuestro conjunto de herramientas, con 14 unidades diferentes, ocho de los cuales funcionaron a 1310 y 1550 nm, mientras que los otros 6 también lo hicieron a 1625 nm. Para cada unidad, se realizaron dos series de medidas utilizando los modos de referencia SbyS o LB y eligiendo al azar el funcionamiento de la unidad en el otro lado del enlace. Debido a la asimetría del enlace calibrado, sólo la unidad A midió las características del enlace. Se

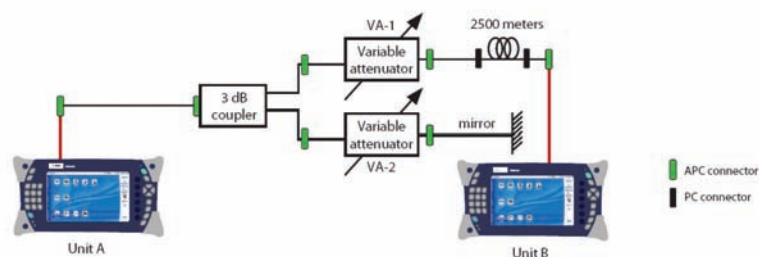


Figura 3. Calibrated link for experimental validation

Tabla 1. Performance of the measurement with the too set obtained with the 14 units

Wavelength	IL Measurement (SbyS mode)		IL = 35 dB	ORL Measurement		ORL = 40 dB
	Typical Error (dB)	Maximal Error (dB)	Repeatability (dB)	Typical Error (dB)	Maximal Error (dB)	Repeatability (dB)
1310 nm	0.25	0.61	0.02	0.40	1.16	0.06
1550 nm	0.17	0.51	0.02	0.40	1.26	0.06
1625 nm	0.12	0.26	0.02	0.32	1.03	0.09

realizaron varias pruebas para determinar la exactitud de la IL entre 6 y 40 dB en pasos de 1 dB, la exactitud de ORL fue de 10 a 45 dB en pasos de 2 dB, así como la capacidad de repetición, o la desviación estándar, que se estimó para 30 medidas. A partir de estos resultados, se estimó el error en comparación con las mediciones obtenidas durante la relación de calibración. Tenga en cuenta que la desestimación de las incertidumbres de las mediciones de la relación de calibrado se debió a su bajo impacto. En la Tabla 1 se detallan las estadísticas obtenidas con estas 14 unidades.

Observamos en primer lugar la excelente repetitividad del conjunto de herramientas para ambas mediciones, se obtuvieron resultados repetitivos de alrededor de 0.02 dB para IL y por debajo de 0,1 dB para ORL. De una medida de IL, usando como referencia SbyS se obtuvo un error por debajo de 0,25 dB y un error máximo de 0,61 dB. Del

mismo modo, de una medida ORL se obtiene un error inferior a 0,4 dB y un error máximo de 1,26 dB. La medida de IL también fue probada en el modo de LB y se obtuvo un error de alrededor de 0,4 dB y un error máximo de 1,09 dB. Estos valores fueron consecuentes con los obtenidos utilizando un enfoque analítico. El rendimiento, ligeramente inferior para la medida de IL en el modo de LB, se debe al hecho de que, en este modo de particular medida se combinan varias fuentes de incertidumbre, en particular las precisiones de los dos medidores de potencia y el de la fuente durante la calibración en fábrica.

Conclusión

Se investigó un único OTDR "todo-en-uno" de JDSU, herramienta de medida para la pérdida de inserción y de retorno que permitiera el despliegue rápido y eficaz de cualquier

cable de fibra óptica. Proporcionó una información acerca de la exactitud y la repetitividad de las medidas, así como el margen dinámico de medida, que confirma su importancia para la caracterización del enlace y las pruebas de aceptación. 

Referencias

- [1] Fibre the home Council Europe, FTTH test guidelines: http://wiki.ftthcouncil.eu/index.php/FTTH_Handbook/FTTH_Test_Guidelines
- [2] IEC standard 61280-4-2, "Fibre optic cable plant – single-mode fibre optic cable plant attenuation". Chapter 5.1.3.
- [3] IEC standard IEC-61300-3-6, "Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Examinations and measurements – Return loss" Chapter 4.2.