

Quais são os parâmetros relacionados à resolução de um OTDR e como afetam os testes em redes POLAN?

Paulo S. Marin

Doutor em EMI/EMC, especialista em infraestrutura de TI

Coordenador da CE 003:046.005 ABNT/Cobei

(Artigo publicado na revista RTI, Ano XXV, Nº 288, maio/2024 – Interface)

Para a discussão dos parâmetros ópticos mais relevantes associados aos OTDR para o teste de redes POLAN, vou considerar a topologia apresentada na Figura 1.

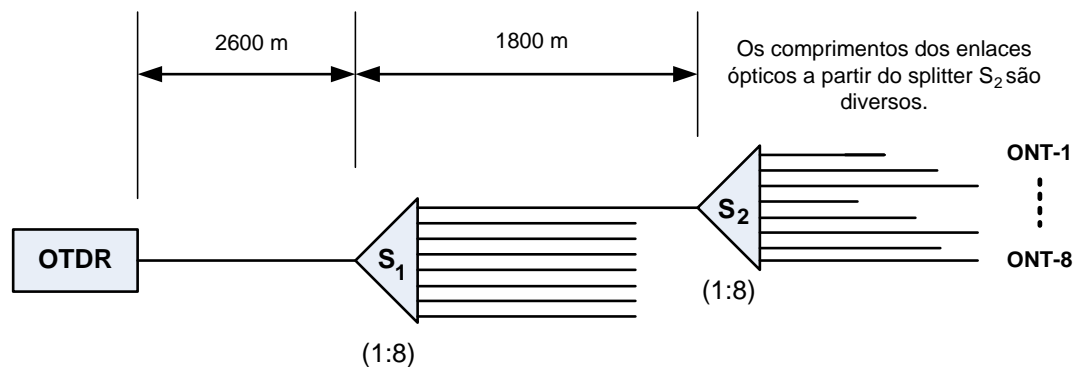


Figura 1 – Topologia de uma rede POLAN e o OTDR representado na posição da OLT

É importante levar em consideração, com base na figura 1, que enlaces POLAN em geral têm perdas ópticas altas principalmente porque os splitters estão relativamente próximos entre si, ou seja, os enlaces ópticos entre eles e, entre eles e os dispositivos e equipamentos que conectam, estão relativamente próximos e as reflexões de sinais são altas. Isso é em relação a uma configuração de rede PON típica, na qual os comprimentos entre dispositivos e componentes ópticos estão na casa de dezenas de quilômetros.

Portanto, é de se esperar que as perdas sejam altas em distribuições POLAN devido a potência das fontes ópticas, que causam perda de retorno e reflectância importantes.

Quanto aos parâmetros ópticos de especial interesse em redes POLAN e testes com OTDR, é importante citar a escala dinâmica, a largura de pulso de teste e as zonas mortas.

Escala dinâmica

A escala dinâmica está relacionada diretamente a perda óptica máxima que um OTDR pode analisar a partir do nível de reflexão recebido em sua porta em relação a um nível de ruído específico. Em outras palavras, trata-se da diferença entre o nível de reflexão mais alto

recebido e o nível de ruído do instrumento e está associada a capacidade de o OTDR medir a perda total do enlace óptico inteiro sob teste. A escala dinâmica pode ser entendida também, como a distância máxima de fibra óptica que o pulso de teste mais largo pode atingir. Assim, quanto maior a escala dinâmica de um OTDR, maior será a distância a ser atingida.

Para entender o que a escala dinâmica de um OTDR significa, vejamos como esse parâmetro pode ser calculado, conforme mostrado na fórmula 1.

$$Escala_{dinâmica} = Comprimento_{fibra\ óptica} \cdot Coeficiente\ de\ atenuação_{fibra\ óptica} \text{ (dB)} \quad [1]$$

O comprimento da fibra óptica é especificado em metros (m) e o coeficiente de atenuação, em dB/km.

Portanto, se tivermos um OTDR com escala dinâmica útil de 30 dB e um enlace óptico com fibra monomodo (ITU-T G.652.D) de uso externo (planta externa), com um coeficiente de atenuação de 0,19 dB/km no comprimento de onda de 1550 nm, teremos a possibilidade de analisar um enlace óptico com cerca de 158 km desse tipo de fibra óptica, conforme o cálculo a seguir:

$$Escala_{dinâmica} = Comprimento_{fibra\ óptica} \cdot Coeficiente\ de\ atenuação_{fibra\ óptica}$$
$$Comprimento_{fibra\ óptica} = \frac{Escala_{dinâmica}}{Coeficiente\ de\ atenuação_{fibra\ óptica}} = \frac{30}{0,19} = 157,9 \text{ km} \quad [2]$$

No exemplo acima não foram consideradas atenuações adicionais provenientes de componentes ópticos como emendas, splitters e acopladores ópticos. Para complementar essa discussão, considerando a mesma fibra óptica monomodo, ou seja, com coeficiente de atenuação de 0,19 dB @ 1550 nm e emendas a cada 3 km, cada uma com 0,05 dB de atenuação, o mesmo OTDR com escala dinâmica de 30 dB útil seria capaz de atingir um enlace óptico com cerca de 144 km de extensão. Nesses casos, a perda adicional deve ser subtraída da escala dinâmica do OTDR.

A escala dinâmica varia com a largura do pulso de teste e depende da técnica de detecção empregada pelo OTDR para a caracterização do traço. Portanto, diferentes larguras de pulsos estarão associadas a diferentes escalas dinâmicas.

Largura de pulso

Outro parâmetro importante na definição da distância máxima que um OTDR pode atingir é a largura de pulso de teste. Quanto maior o comprimento do enlace óptico a ser medido, maior deve ser a largura do pulso de teste. No entanto, mesmo que um OTDR tenha escala dinâmica adequada para o enlace a ser analisado, se o operador escolher uma largura de pulso muito estreita, o sinal de teste do OTDR pode não alcançar todo o enlace sob teste.

Quando o traço apresenta muito ruído, há duas formas para melhorar sua resolução: o tempo de aquisição pode ser melhorado, aumentando a relação sinal/ruído e mantendo uma boa resolução para pulsos estreitos (mas a relação sinal/ruído não pode ser melhorada indefinidamente), ou um pulso com maior energia pode ser utilizado para melhorar a resolução, lembrando que as zonas mortas se estendem ao longo de toda a largura do pulso.

O tempo de duração de um pulso, ou seja, sua largura, está de fato associado a uma distância. De forma simplista, a largura do pulso de teste tem um comprimento. No OTDR, o pulso transporta energia necessária para gerar reflexões no enlace óptico para sua caracterização e consequente apresentação na forma de traço exibido na tela do OTDR. Assim, quanto menor a largura do pulso, menor a energia que ele transporta e menor a distância a ser atingida para a caracterização do enlace óptico. Pelo mesmo princípio, um pulso de teste mais largo deve ser utilizado para enlaces ópticos mais longos.

Em resumo, um pulso com largura correta deve ser selecionado para caracterizar de forma precisa o enlace óptico sob teste.

Zonas mortas

As zonas mortas são provenientes de reflexões e há dois tipos de zonas mortas: de evento e de atenuação. Ambas são provenientes de reflexões e são expressas em distância (metros) que variam de acordo com as potências dos sinais refletidos. Uma zona morta é definida com base no tempo durante o qual o detector está temporariamente cego devido à alta quantidade de luz refletida até que se recupere e possa fazer a leitura novamente. Quando utilizamos um OTDR, o tempo é convertido em distância e, conseqüentemente, quanto mais reflexões, maior o tempo de recuperação do detector e maiores as zonas mortas.

A zona morta do evento é a distância mínima após uma reflexão onde um OTDR pode detectar outro evento. Em outras palavras, é o comprimento mínimo de fibra necessário entre dois eventos reflexivos.

A zona morta de atenuação é a distância mínima após uma reflexão onde um OTDR pode medir com precisão a perda de um evento consecutivo. Zonas mortas de atenuação curtas permitem que o OTDR detecte um evento consecutivo e também a perda de eventos muito próximos no enlace sob teste.

As zonas mortas também são influenciadas pela largura do pulso de teste. As especificações usam a largura de pulso mais curta para fornecer zonas mortas mais curtas. No entanto, as zonas mortas nem sempre têm o mesmo comprimento; elas aumentam à medida que a largura do pulso aumenta.

Voltando ao esquema da figura 1, o OTDR está conectado a um segmento de fibra óptica com 2600 m de comprimento que termina no Splitter S₁ (1:8). Uma de suas saídas está conectada a um segmento de fibra óptica com 1800 m de comprimento terminado no Splitter S₂ (1:8), cujas saídas são terminadas em pontos de terminação óptica (não representados na figura 1)

aos quais as ONT1 a 8 são conectadas. Os segmentos de fibras ópticas das saídas de S_2 têm comprimentos diversos.

Para uma primeira caracterização geral da rede POLAN sob teste, como exemplo, um pulso de teste com largura de 300 ns, no comprimento de onda de 1625 nm pode ser utilizado. No entanto, com esse pulso de teste o OTDR não será capaz de caracterizar o enlace total sob teste, ou seja, os segmentos de fibras ópticas a partir do splitter S_2 não serão detectados.

Em um próximo teste, com a largura do pulso de teste reduzida consideravelmente, por exemplo, para 20 ns, os segmentos de fibras ópticas entre o splitter S_2 e cada ONT (ONT1 a ONT 8) passam a ser detectados e caracterizados no traço do OTDR.

De qualquer forma, para a caracterização precisa do enlace sob teste, mostrando inclusive todos os oito eventos reflexivos (ONT1 a ONT8), o OTDR precisa ter uma alta resolução espacial e zonas mortas muito pequenas. A resolução espacial pode ser entendida como o comprimento mínimo de fibra óptica que um OTDR pode medir efetivamente.

Para a caracterização completa de todo o enlace óptico, todas as reflexões adjacentes às oito ONT conectadas às saídas de S_2 deverão ser resolvidas. Isso é possível com o uso de um pulso de teste com largura adequada e ferramentas adicionais de diagnóstico que os OTDR podem ter.

Em resumo, para testes efetivos em redes POLAN, instrumentos (OTDR) com escala dinâmica alta (35 dB em geral) e pulsos de testes com larguras muito estreitas são necessários, concluindo a discussão iniciada no início deste artigo.

Em outras palavras, enlaces ópticos curtos (característica comum de redes POLAN) são mais críticos para análises com OTDR, o que requer operadores com conhecimentos sólidos sobre os parâmetros a serem configurados, métodos de testes e instrumentos de teste adequados.