

光网络物理层安全的定位与监测

汇报人: 刘泽宇



目录CONTENTS



01 OTDR基本原理

02 OTDR工作原理

03 光纤监测

04 OTDR应用



OTDR工作原理



光在光纤中传输时,会产生(1)各向同性的瑞利散射;(2)在光纤的末端或者断点处,会产生较强的菲涅尔反射光。这两种光都会向后传播回光的入射端。

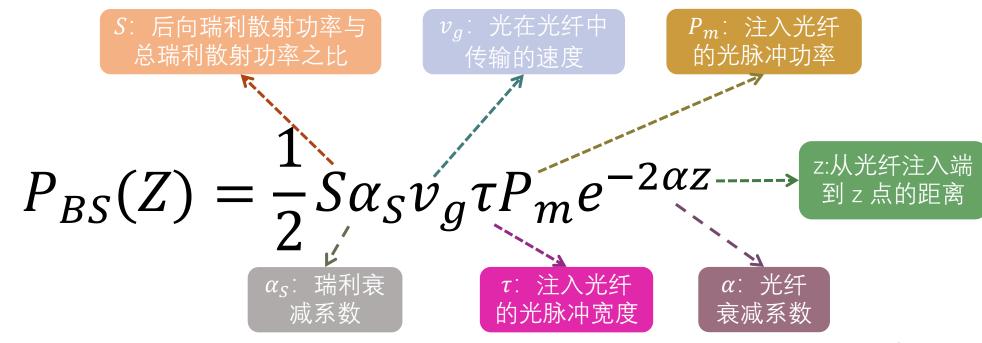
OTDR 通过在光纤一端注入光脉冲,检测回传到注入端的瑞利散射光和菲涅尔反射光,并得出光纤的损耗信息以及光纤链路中熔接点、断点等事件的精确位置。

瑞利散射



光纤制作过程中,玻璃会出现分子级大小的密度不均匀,导致玻璃 材料折射率的不均匀,产生了瑞利散射。

在光纤的注入端得到的光纤中某点 z 处的后向瑞利散射光功率 $P_{BS}(Z)$ 为:



菲涅尔反射



光在光纤中传输时,当遇到断点或端面时,由于光从一种介质(光纤)进入另一种介质(空气),就会产生菲涅尔反射。 对于来自光纤上 z 点处的菲涅尔反射光,光纤注入端得到的光功率 $P_f(Z)$ 为:

$$P_f (Z) = RP_m e^{-2\alpha z}$$

R: 光纤中 z 点处的菲涅尔反射系数。入射光与端面垂直的情况下, 菲涅尔反射系数 R 为:

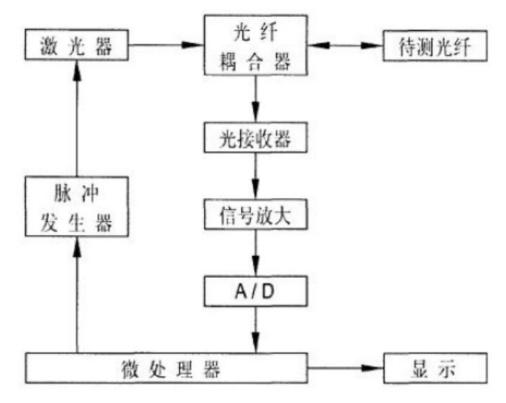
$$R = (\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1})^2$$



OTDR工作原理



在光纤一端注入光脉冲,同时检测返回注入端的瑞利散射光信号和 菲涅尔反射光信号,需要连续发送多次脉冲,然后对结果进行平均处 理,从而了解光纤链路的传输特性。

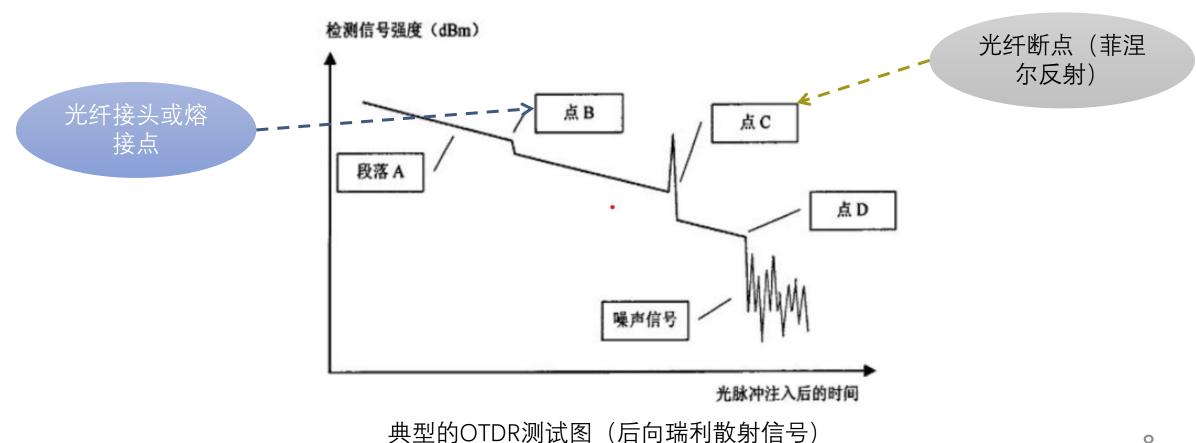


OTDR 的工作原理框图

OTDR测试图



光脉冲在光纤中传输, 随着传输距离的增加, 强度不断减弱, 因此返 回信号的强度也逐渐减弱,所以曲线总体上呈现递减趋势。



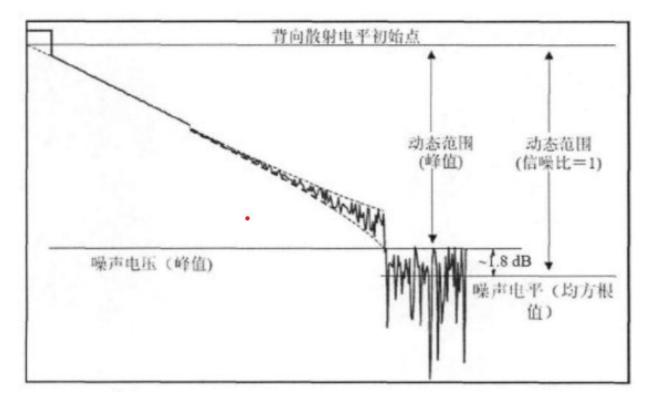
8

OTDR动态范围



动态范围通常有两种定义方式:

- 一、从初始后向瑞利散射功率到噪声功率峰值的光纤链路损耗差值。
- 二、从初始后向瑞利散射功率到噪声功率均方根值的光纤链路损耗差值。



OTDR动态范围



动态范围R可表示为:

$$R = 5\log \frac{\eta \tau P_m}{P_n}$$

 η 为固定值, τ 为注入光纤的光脉冲宽度, P_m 为注入光纤的光脉冲功率。 P_n 为接收灵敏度。

由此可知, OTDR 的动态范围与以下三个变量相关

一: 注入光纤的光脉冲宽度;

二: 光脉冲功率;

三:接收机灵敏度。





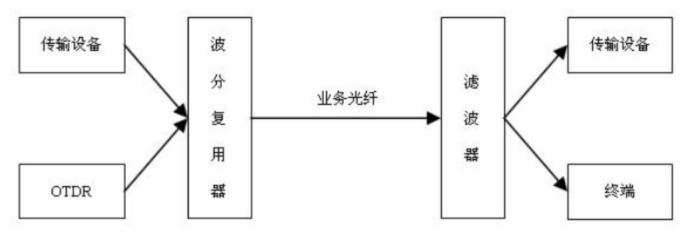
在线监测



在发送端,将测试波长和工作波长复用到一根业务光纤上;在接收端,再将测试波长和工作波长分离。

缺点:

- 一、需要增加波分复用器、滤波器等器件、增加了成本
- 二、需要对业务光纤进行改造,对业务信号传输的可靠性和稳定性产生威胁。



在线监测原理图

备纤监测



从理论上讲,一根光缆中的所有光纤,它们受外力破坏、环境影响的程度基本相同,所表现出的故障特性也基本相同。所以可以通过监测备纤来判断业务光纤和其他光纤的状况。



备纤监测原理图

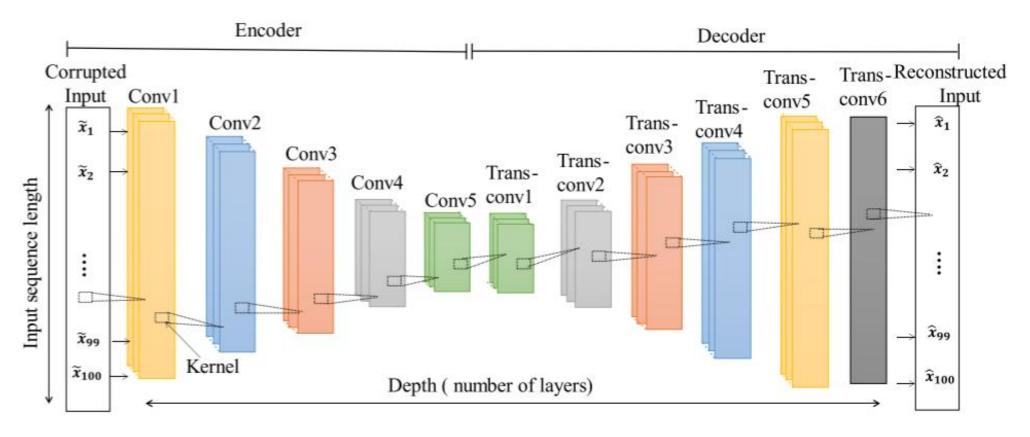




DCAE模型



DCAE 模型用于消除 OTDR 信号中的噪声。编码器将长度为100的带噪OTDR序列作为输入,获取其特征。再用解码器尝试重建输出。



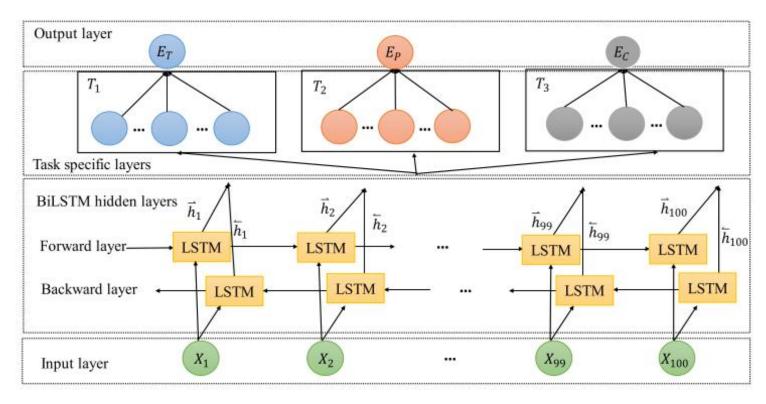
BiLSTM模型



BiLSTM模型以长度为 100 的 OTDR 序列作为输入,并同时输出事件类型 (E_T) 、事件位置 (E_P) 和事件原因 (E_C) 。

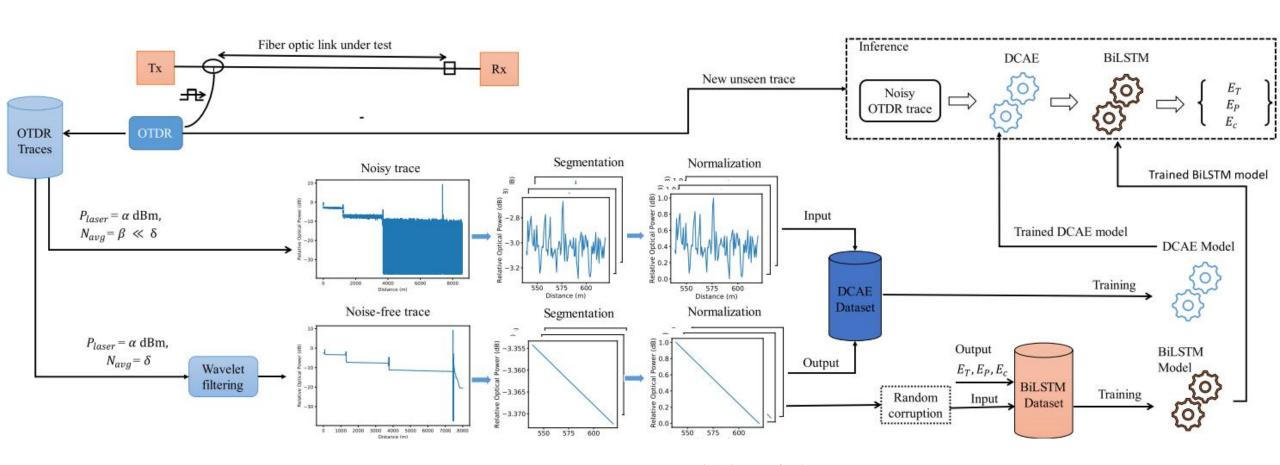
LSTM: 一种特定类型的循环神经网络, 用于处理顺序数据并捕获长期

顺序依赖性。



完整流程





DCAE 和 BiLSTM 模型组合的测试流程



感谢观看!

THANKS FOR WATCHING

