

## 室内高速光缆：如何测试基于激光技术的网络

美国福禄克网络公司

基于协议的(例如千兆以太网)网络的大量安装刺激了局域网中使用光缆的迅速增加，这样就可以满足那些日益增长的带宽和传输速度的需求。多模光缆，特别为千兆网而使用，以及单模光缆作为高速传输介质开始在建筑物中大量铺设。因此，为了获得快速的数据传输速率，使用激光光源而取代了 LED 光源。因为激光光源即可以在多模光缆中使用，也可以在单模光缆中使用，所以测试的要求就改变了。安装和维护光缆或光缆网络的工程师必须学习新的光缆测试过程并且了解如何选择正确的测试仪器以获得精确的测量结果。

### 光缆传输基础

了解一下激光和 LED 光源的区别以及单模和多模光缆的区别就会知道为什么高性能，高速度的光缆网络需要正确选择与之相适应的测试仪器。

### 激光和 LED

激光发射功率很大，发射的光很集中，而 LED 通常发射的光很散且功率低。相对 LED 来说激光还可以发送高速的脉冲，这也是在高速网络中使用激光的主要原因。对单模光缆链路，通常使用 Fabry-Perot 激光光源，而新的 VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) 激光在多模光缆的短波长千兆网中使用。

### 多模光缆和单模光缆

单模光缆和多模光缆在物理上的主要区别是缆芯的尺寸。多模光缆有两种缆芯尺寸 (50.0 $\mu\text{m}$  和 62.5 $\mu\text{m}$ )，单模光缆的额定尺寸是 9.0 $\mu\text{m}$ 。多模光缆可以让光信号以多种路径(或模式)传输，而单模光缆，就象其名字那样，只允许光以一个路径传输。(参见图 1)

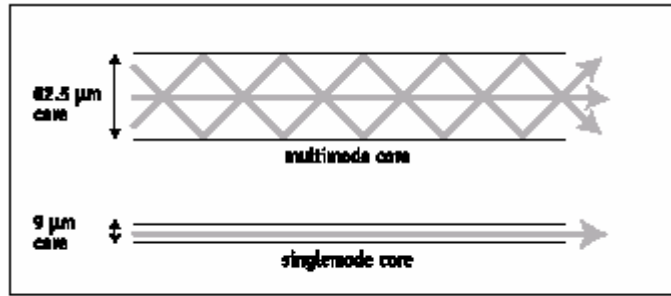


Figure 1

### 高次模式和低次模式

在单模光缆中，因为只有一种模式，称之为“基波”或“低次模式”，它在光缆纤芯的中心传输。相反，多模光缆含有多次模式。那些被限制在纤芯中心传输的称之为“低次模式”，而那些在靠近纤芯外部传输的称之为“高次模式”。这个差别对光损耗测试是非常重要的，因为高次模式更容易受到光缆弯曲而造成衰减。

激光和 LED 在实际的工作中也有区别。因为激光光源的能量集中在光缆的中心，在多模光缆中只有低次模式被真正使用。然而 LED 产生称之为溢出发射的情况，因为它完全充满了整个光缆为所有模式所使用，包括低次模式和高次模式。(参见图 2)

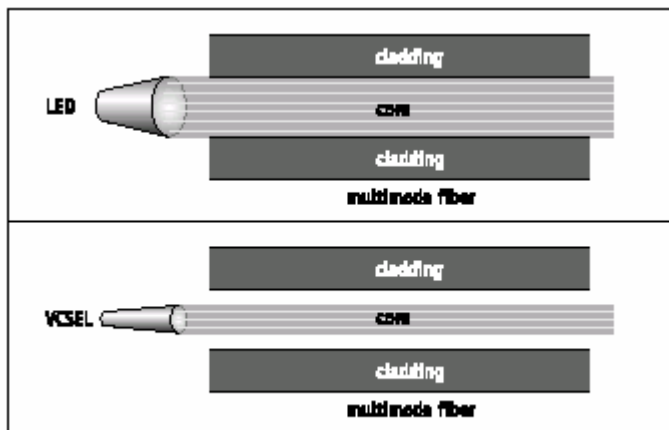


Figure 2

因此，多模光缆使用 LED 光源比使用激光光源，例如 VCSEL 光源，更容易受到衰减。所以这也是为什么 VCSEL 激光光源被选作高速网络应用的一个主要原因。

现在我们了解了光源和光缆的一些主要区别，下面让我们讨论基于激光的网络正确测试方法。首先让我们看一下单模光缆。

### 测试单模激光网络

单模光缆使用激光光源传输，因此应该使用激光光源拉测试。但是如果你已经有了 1300nm 的 LED 光源怎么办？你是否可以使用它来测试单模光缆？回答是你可能可以用，但是强烈建议不要使用，因为这种方法受到很多的限制。首先，在激光光源(62.5μm 多模光缆内部光缆)和网络光缆之间(9.0μm)存在相当大的损耗。这种光缆缆芯不匹配形成的损耗大约是 -20dB。参见图 3 中光缆尺寸不匹配的情况说明。因此，你测试的实际距离就受到了限制。

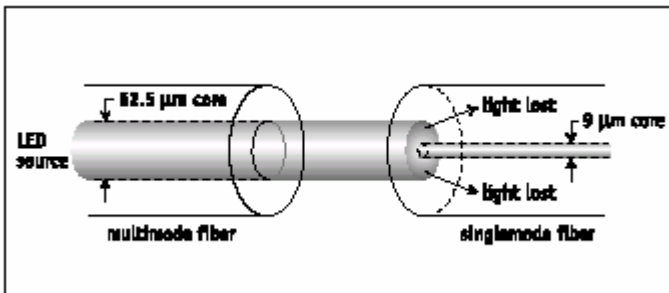


图 3

但是更重要的是，如果你只在 1300nm 的波长上进行了损耗测试，你就会漏掉单模光缆测量时最重要的部分 - 在 1550nm 波长上的损耗。当测试单模光缆时，应该正确地评估被测光缆链路在任何可能工作的波长上的特性。如果象上面讨论过的，使用 LED 测试单模光缆，你只能知道光缆链路在 1300nm 是性能。但是因为单模光缆在其整个寿命中可能会遇到使用 1550nm 来进行传输，因此，在两个波长上进行测试是很重要的。特别重要的是在 1550nm 上的测试，因为 1550nm 波长比 1310nm 波长更容易受到由于完全而带来的损耗。(参见表 1)。如果安装的光缆网络只在 1310nm 是测试，你可能仍然会受到严重由于弯曲造成的影响，而这在 1310nm 的波长上不能发现。如果一旦网络的应用使用到 1550nm 波长就可能会出问题，因为 1550nm 波长的衰减更容易受到弯曲的影响。

	3 turns on 11.5 mm mandrel (more bending)		3 turns on 18 mm mandrel (less bending)	
	$\lambda = 1310 \text{ nm}$	$\lambda = 1550 \text{ nm}$	$\lambda = 1310 \text{ nm}$	$\lambda = 1550 \text{ nm}$

9.0 μm core step-index singlemode fiber (3.0 mm cord)	2.6 dB	23.6 dB	0.1 dB	2.6 dB
--	--------	---------	--------	--------

表 1

测试 11.5mm 和 18mm cylinders are severe。它们不是模拟实际的应用情况，但是说明了波长和损耗之间的关系，这种情况可能在安装过程中无意造成。

上述的说明都证明在测试单模光缆时遵循正确的测试方法是多模重要。总而言之，根本的是测试基于单模光缆的网络要使用激光光源且在 1310nm 和 1550nm 波长上测试。

### 千兆以太网的多模光缆测试

基于多模光缆的网络很多都在运行千兆以太网，所允许的损耗测试指标比 10 或 100M 光缆网络严格很多。于是测试方法和精度就相应更加关键。对千兆网来说，使用 VCSEL 激光光源在 850nm 上进行光的传输以及常规的 Fabry-Perot 激光光源在 1310nm 上传输。(因为 1301nm 的 VCSEL 激光光源还没有商业化的产品)。

测试千兆网的多模光缆时使用和实际光源类型相同的光源是非常重要的，所以激光是最佳选择。为什么呢？因为 LED 发送的光很宽且能量发散，其充满整个多模光缆而且和激光光源相比有很多高次模式。这些高次模式更容易受到弯曲的影响造成很大的衰减。此外如果在光缆和光缆之间的连接时有不匹配的情况存在时，(对位不齐是肯定存在的)，接收端的光缆就不能收到全部的能量。相反，集中的激光光源对对位不齐(连接不匹配)就不那么敏感。(参见图 4)。

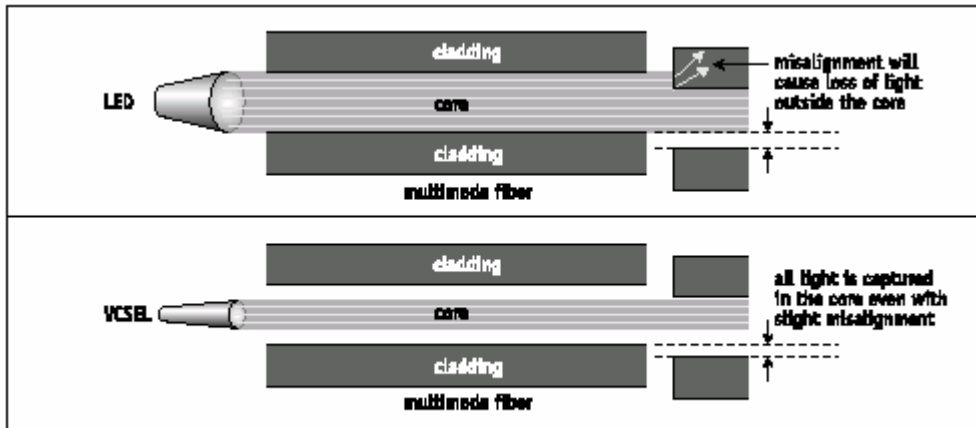
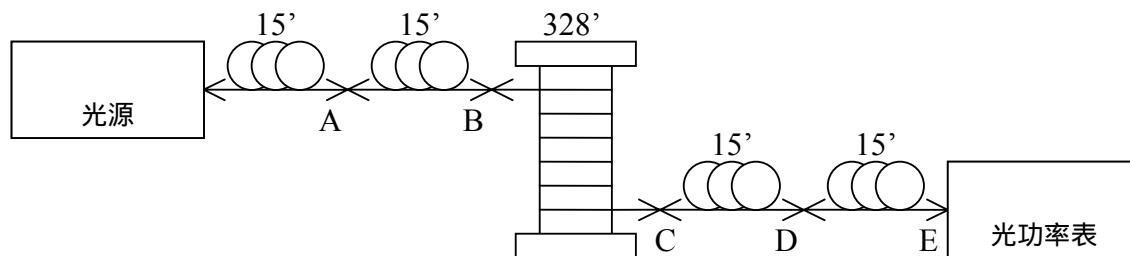


Figure 4

因此,使用 LED 进行测试时的损耗比使用 VCSEL 光源大很多(由于弯曲以及连接器的损耗)。(参见表 2)。



Source Type	Loss
850 nm LED	2.69 dB
850 nm laser (VCSEL)	2.12 dB

表 2

其结果是当使用 LED 测试时很可能得到不合格测试结果(特别是使用要求很严格的千兆以太网标准时),而实际的光缆链路是合格的链路。而不合格的测试结果导致花费大量的时间来检查可能根本不存在的故障。测试千兆网使用在多模光缆 1310nm 的情况是相同的。

## 结论

安装单模光缆和多模光缆用于支持千兆以太网的应用正在迅速增加。这些高速网络使用不同的激光光源作为传输源。对网络的基础光缆结构使用和交换机以及其它网络设备相同类型的光源进行光缆链路的认证测试,就可以确保光缆链路可以满足网络应用的要求。