

自由空间光学 FSO 简介

天宝导航有限公司 Brian MacLeod

天宝导航有限公司（以下简称 Trimble®）已经推出了一系列的自由空间光学通信产品，并随之发布了一系列的无线备份产品。

自由空间光学（通常缩写为 FSO）系统使用红外激光器来携带通过空气的信号。FSO 系统将与一些射频产品，包括微波系统产生竞争，并对其有一定的优势。FSO 产品有广泛的应用范围，包括：

- 服务供应商
- 灾难性恢复
- 临时事件
- 数据中心应用
- 视频和监测站
- WiFi 热点回程
- 光纤扩展/LAN 扩展
- 建筑物到建筑物之间的连接
- 移动回程/4G / LTE
- 企业 IT 网络
- 校园网
- 政府与公共安全
- 运输网络
- 天然气和电力应用
- 事件数据收集互联网
- 广播与演播室传输

表 1: FSO 应用的代表样例

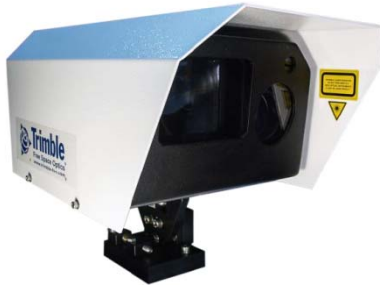
FSO 系统可作为网络链接技术进行部署，并且它将适用于大多数网络配置。Trimble® FSO 产品利用以太网网络接口（铜和光纤）和 SNMP（简单网络管理协议）实现其功能。因此，它们与现有的网络部署有着广泛的兼容性，同现有的网络工具协同使用时仅需最低限度的培训。

以下内容将会更详细的介绍这些应用。首先，我们介绍如何将 FSO 系统接入网络。本次介绍将使用户明白为什么 FSO 能够以最小的成本，安装实施快速和降低额外开销，并支持如此广泛的应用场景。



自由空间光学（FSO）链路简介

自由空间光学传输是一种使用激光器或 LED 设备携带信息进行数据通信的技术。和低频系统，例如微波系统不同，自由空间光学传输的高频“载体”将利用光的特性进行传播。该系统为窃听设备创建了无射频“旁瓣”，并且不会被传统的无线电技术拦截。



FSO 系统中的独立设备叫做“激光头”。它包含有发射器，接收器，光学器件，控制机制，环境控制设备以及网络连接设备。

激光头的网络连接常常是基于现存的标准，例如以太网标准进行连接。物理连接介质包括铜线或光纤电缆。

图 1：激光头

如图 2 所示，FSO 链路的最基础设置是点对点（PTP）连接。该配置中包含有两台“激光头”，它们在基站链路路径线路中互相指向另一台。

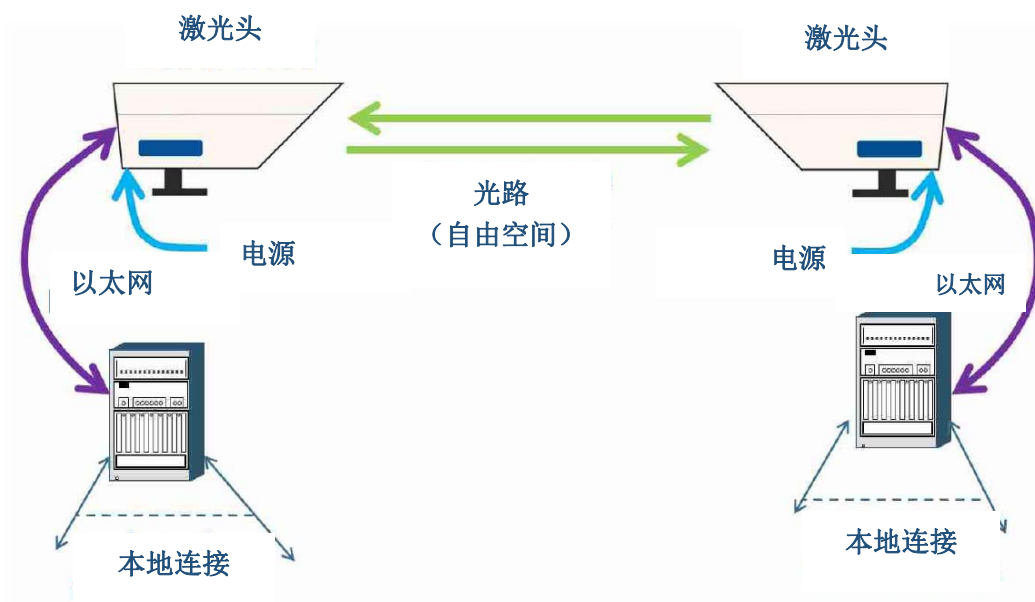


图 2：点对点链路中的自由空间光学传输

每一台激光头都包含有一个光学发射器和一个能够使用镜头控制光束的光学接收器。发射器向另一台激光头上的接收器发送数据。另一台也是如此，从而实现“全双工”。发射器和接收器之间的一条 100 Mbps 链路具有的“总容量”为 200 Mbps，每个方向同时有 100 Mbps。

全双工模式运行使 FSO 链路和本地网络中以铜线或光纤连接的链路类似。相反，大多数的无线电系统都是半双工（全双工无线电也存在，但是用户却不得不使用多个无线电信道以同步接收两个方向的数据传输）模式。

自由空间光传输是一种数据级技术

自由空间光传输提供了一种类似于双绞线电缆或光纤电缆以太网链路的底层物理链路。这些链接支持更高级别的网络功能，包括交换和路由。

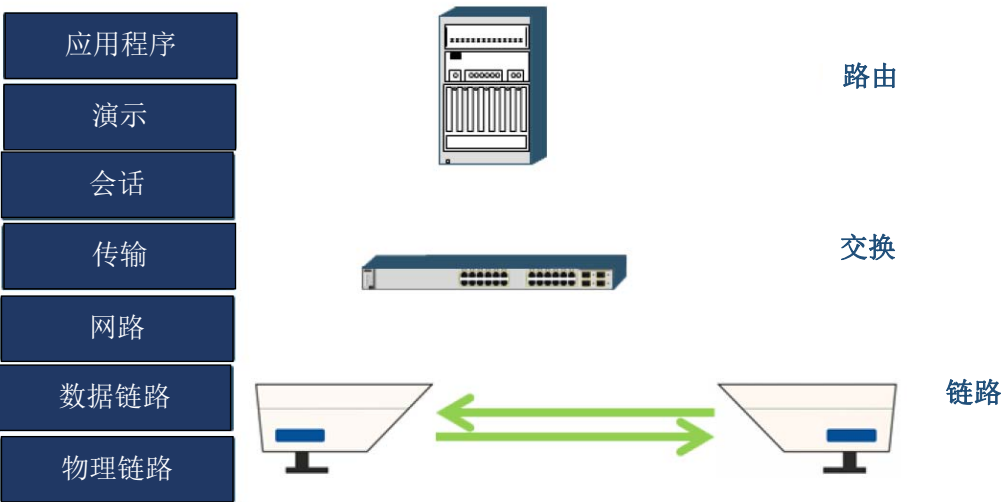


图 3：FSO 链路等同于光纤或双绞线链路

使用高级网络协议，FSO 链路还可以布置在许多配置中，包括并行的冗余链路，中继，环状，网状和自主系统中。以下列举了在顺序愈加复杂的配置中布置 FSO 链路的示例。

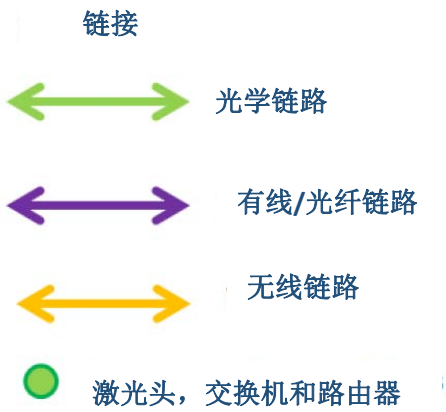


图 4：网络要素

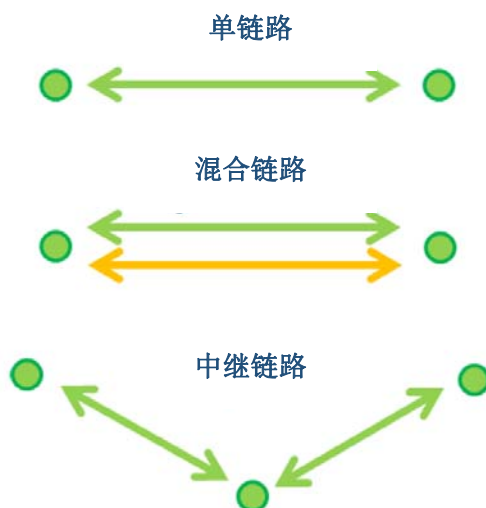


图 5: 单路径系统

单路径系统可以在没有其它高级网络设备存在的情况下运行。例如包含有并行 FSO 链路和无线链路的混合链路即可用于冗余和高级链路。针对该应用的 Trimble® FSO 产品包括基于硬件的激光无线速效交换机。使用该产品，路由器即可无需切换至备份链路。

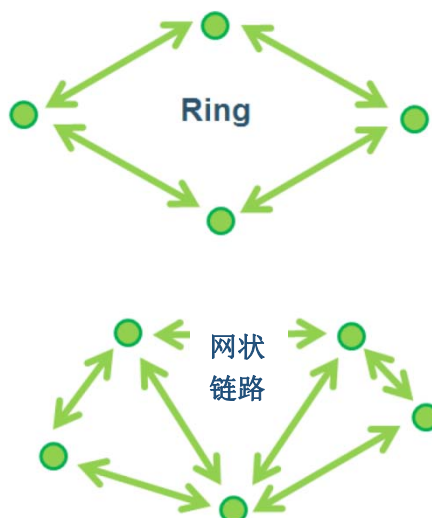


图 6: 多路径系统

比较可知，多路径系统需要在交换或路由层为网络流量指派合适的方向。

为什么使用自由空间光学链路？

目前，大多数网络默认的连接介质都是光纤电缆。还有一些链路或连接可能会使用双绞线或其它铜线连接。当无法铺设光纤电缆时，主要的替代品有：

- 租用线路/网络容量
- 微波
- FSO

为什么选择 FSO：挖掘成本

当您需要铺设新光纤或铜线缆时，您必须将它们挂在电线杆上（最便宜）或者将它们埋在地下（最贵）。电缆的成本可能会不变，或者会随着时间的推移而下降，但是挖沟和安装的成本却在不断升高。在曼哈顿，公用事业的挖沟成本差不多在每英里 100-300 万美元。

在人口密集的城市环境中，您还需要路权。获得这些许可可能要花很长时间来并可能有其它花费，包括对环境影响研究的成本。您可能还需要支付收购费或使用费。获得许可后，由于对现有环境的破坏（交通，挖沟，修便道，水平钻井），您还会有大量的花费。您可能还需要暂时或永久地安置现有的服务。

无线电和 FSO 系统可以避免这些花费，并能够减少建设时间。然而，获取无线电许可证可能也需要花费一段时间。如果您使用 FSO，则可以避免许可证拖延时间。

为什么选择 FSO：租用线路成本

租用一个网络中的通信线路或容量通常都需要按月支付费用，或者签订长期合同。另外，由于您无法控制网络的规定或管理方式，所以也可能会偶尔出问题（请参阅以下延迟信息）。

为什么选择 FSO：抗雨衰，抗大气和射频干扰

传统的微波通信系统都会受到雨水的影响。正如 Crane 模型和 ITU-R P.530 模型[1]（帮助用户应对雨衰的常用设计工具）中演示的一样，雨水或“抗雨衰”是十分重要的因素。FSO 系统使用的高频带将使雨水对该系统的影响大大降低。

为什么选择 FSO：RF 大气干扰

在一定条件和位置中，要消除 RF 大气干扰对微波传输的影响，用户需要花费高昂的成本。例如技术多元化，建设高塔或者搬迁设备[2]。

为什么选择 FSO：RF 干扰

微波和无线电系统会对其它无线电系统产生 RF 干扰，并且同时也会接收其它系统发出的干扰。在人口密集的城市地区，这种干扰将会使新链路无法设立。FSO 不易受 RF 干扰，并且不会对其他无线电链路产生 RF 干扰。

为什么选择 FSO：低延迟

相比于光纤，FSO 具有较低延迟。相比于无线电或微波系统，FSO 延迟更低。光纤电缆延迟通常会比自由空间光传输高 50%。处于一些特定原因，无线电系统具有更高的延迟。

大气影响和 FSO

在太空中，自由空间光系统可以延伸很远。在地球上，由于大气影响和安全原因，该技术只能布置为短线或中线链路。出于实用性目的，FSO 技术一般可布置几米（穿过马路）到 5km（3 英里）范围内的链路。如果链路无需较高的可用性，则可以将距离延长（10-15km 或 6-9 英里）。有报告显示，在某些军事系统中，如果将设备放置在高地（山顶）上，则在长达 80km（50 英里）的范围内都可以为稳定运行[3]。

应用：短期通信

快速安装和无需许可证的特性使得 FSO 非常适用于短期部署。应用场景各有不同，包括但不限于音乐会，运动赛事，博览会，赛马会，飓风、洪水、龙卷风、地震、火山爆发，道路建设，建筑施工，视频监控，犯罪侦查，临时交通高峰，国事访问，内乱等等。

应用：搭载网络

FSO 的低建设成本，高性能及混合链路的高适用性为其网络搭载应用提供了显著的优势。许多没有铺设光缆的商业写字楼都可以通过 FSO 链路和铺设光纤网络的建筑物相连。网络运营商可以根据每座建筑物的情况区别对待，并且无需增加重大成本。运营商还可以使用 FSO 在新的，小型房间中部署回程，包括基于 LTE 和 4G 无线网络的高速数据包。

应用：网络服务供应商（ISP）/无线 ISP（WISP）

ISP 和 WISP 应用包括回程，数据中心连接，构建扩展（铺设光纤的建筑扩展至未铺设光纤的建筑），塔至塔的扩展，链路备份和链路交叉。

应用：辅助建筑连接—LAN 扩展

附近的扩展设施可以快速地连接起来（无需挖掘，无需许可证，无需路权）并且相比于光纤连接或租用连接成本更低。

应用：企业

企业网络通常都是以太网（光纤和双绞线物理层）TCP/IP 协议和 SNMP 管理的组合为核心，并由 WiFi 系统扩展进行信息的传输流动。FSO 链路层技术，以太网连接性和 SNMP 管理的特性使得 Trimble® 产品易于集成至企业网络，从而灵活，快速的响应企业需要，并节省成本。

应用：电力和天然气设备

变电站会为变电站导出的所有有线通信设备购置昂贵的隔离设备。非导电 FSO 光束将会为变电站提供一种成本更低，更灵活的选择。在天然气系统中，有害的环境使有线连接的使用变得更为复杂。FSO 可以为天然气系统提供一种更为灵活的解决方案。

FSO 优势汇总

特性	优势
无许可证	无费用。无需申请。无需批准。无频谱协商。
光路	无路权协商，无路权费用
光学通信	无 RF 干扰，射频窃听，串扰或 RFI。无线电工具（例如，频谱分析仪）无法检测光束。
高频	携带更多数据
雨水影响	优于微波和毫米波

表 2：自由空间光传输的优势

参考文献

- [1] ITU-R 建议书 P.530 (09/2013)，2013©国际电信联盟
- [2] 微波无线电传输设计指南，特雷弗·曼宁，©2009 Artech House 出版社
- [3] 国防科工委，2014 年 11 月，第 36-37 页，©2014 国防工业协会

天宝导航有限公司

美国加利福尼亚州美国加州桑尼维尔市 Stewart Drive935 号

邮编 94085

Trimble® 导航有限公司©2015 版权所有。

Trimble，地球和三角形组合标志是在美国专利和商标局和其他国家注册的 Trimble® 导航有限公司商标。所有其他商标均为属各自所有者财产。PN TSG1110 (05/15)

