

自由空间光通信技术范围研究

Dave Harney和Mara Nieuwsma

使用高带宽干线把商用大楼和住宅大楼、大学校园和政府大楼连接起来至关重要，同时也极具挑战性。有多种连接方案可供选择，包括安装光纤电缆、租赁黑光纤或服务供应商用户服务、安装桥接式无线系统。高速公路、街道、停车场、航道、铁路沿线、密集的管道和管线都可能会导致惊人的成本障碍，而不能在大楼之间实现物理有线连接。高带宽租赁服务尽管可靠性高、实现简便，但成本也比较高。桥接式无线技术由于实现简便，可靠性接近有线网络，已经得到广泛接受。必须认识到，并没哪种最优秀的技术适用于所有方案，每种连接方案都有自己的优势。本文将重点介绍自由空间光通信技术(FSO)，这是一种双向点到点光束无线技术，为真正宽带园区连接提供了极具吸引力的、耐用的、经济的高带宽选项。本文还在各种应用和环境中比较了光学无线系统与基于RF的知名无线系统。

什么是自由空间光学器件？

FSO采用视线激光器生成的光束，通过空气从一台设备到另一台设备发送宽带数据、语音和视频。这一技术可以视为与通过光纤电缆实现的光通信有线传输同等的光通信无线传输技术。FSO设备通过TIA/EIA标准铜缆或光纤结构化布线系统连接到网络上。通过IP业务发送的任何应用都可以通过FSO传送，包括语音、数据、视频和安全应用。

FSO系统在两个不同的波长传输窗口中提供：780-850 nm和1520-1600 nm。780 - 850 nm系统可靠、经济、适合大多数应用，包括1 Gb/s以太网；1520-1600 nm系统则可以以更高的功率发送数据，在晴朗的天气中传输更远的距离。业内已经大量对比780-850 nm FSO系统与1520-1600 nm系统在大气事件中(特别是在雾天中)的性能。在设备之间的距离小于500米时(典型的园区链路)，如果不考虑到雾的密度，这两种技术之间没有什么性能差异。如果考虑到成本影响，采用1520 - 1600 nm波长的系统成本可能要比780-850 nm系统高出10倍。

从实现角度评估无线系统

在评估任何无线系统时，必须考虑带宽能力、传输吞吐量、可靠性、安全功能以及实现成本。这些因素相结合，可以帮助确定哪类系统为用户环境提供了最高性能和价值。

带宽能力和传输吞吐量

为园区应用提供的常见FSO产品的带宽范围可以运行10 Mb/s系统直到1.25 Gb/s系统。对园区应用，FSO在高速网络中拥有带宽优势。

在大多数FSO系统中，数据吞吐量受到其支持的网络性能的限制。FSO吞吐量并不象RF系统那样由传输频率确定，而是取决于发送和接收发射的光学信号的能力。只要保持足够的光束强度，FSO系统中的传输数据吞吐量将保持不变。我们再与光纤比较一下。如果光纤链路中的衰减太高，那么将不能实现有效传输。收到的数据不会由于衰减信号而在光纤网络中衰落，它要么不传输任何数据，要么传输完全错误。而在RF系统中，在信号强度衰减时，系统会切换到较低的数据速率，以保持链路。在晴朗的天气中吞吐量为24 Mb/s的RF链路在暴风雨中可能会下降到18 Mb/s, 12 Mb/s, 6 Mb/s。

可靠性

无线系统可能会由于大气因素、环境因素和障碍物而中断或性能下降。FSO系统对雨水的容忍度要高于RF系统，在没有检测的情况下更不容易劣化，并可以内置追踪系统降低移动的影响。

天气的影响

在发送光时，大气事件可能会导致散射，衰减在两台设备之间传送的激光数量，导致信号丢失，在最坏的情况下会导致传输错误。影响最大的大气事件是雾。由于雾是可变事件，因此系统性能宽泛地取决于能见距离。红外光线在雾天中传送的能见距离大约可以提高一倍。因此，如果在恶劣天气条件下能够看到对面的大约一半距离，那么FSO系统仍能保持链路。雨、雪和污染物也会影响信号衰减，但一般来说，在园区距离限制范围内，其对性能的限制要远远低于雾。应对天气事件的有效措施是采用对焦波束，并辅以自动对准功能，以减缓对发送信号的影响。

波束对准和障碍物的影响

保持波束对准是影响FSO系统性能的一个重要因素。即使安装正确，FSO接收机仍会受到安装所在的大楼运动的影响。运动可以由明显因素引起的，如大风，也可以是由比较小的条件引起的，如温度变化。可以使用两种基本方法，处理对准变化：窄的具有自动追踪功能的对焦波束，或没有追踪功能的宽波束。具有自动追踪功能的系统可以在引起传输中断前补偿运动。在确定自动追踪需求时，距离和传输速度是两个主要考虑因素。短的(小于200米)环境稳定的10 Mb/s链路要比安装在40层大楼上的500米1.25 Gb/s链路更可靠。宽波束有效扩大了目标接收面积，问题在于，波束越宽，越容易发生衰减，也就越容易受到天气影响。

视线障碍也会降低性能，但经过正确培训的安装人员会考虑当前和未来的永久障碍物，以最大限度地降低传输中断的可能。临时障碍物，如小鸟，一般不会导致传输中断。如果小鸟飞过激光路径，那么接收的光的数量会下降，但仍足可以实现数据传输。如果大型物体完全挡住波束，那么数据会瞬时中断。如果网络正在使用TCP/IP，那么通过重传数据可以解决这个问题。

安全

所有无线系统都特别关注安全。因为RF系统向所有方向放射信号，因此很容易被拦截。所以通常会采用编码和硬件措施，来改善RF网络的安全性能。FSO的单向光波使得很难拦截信号。通过FSO捕获数据广播需要接入或中断没有检测到的光束。由于FSO系统一般安装在屋顶上或电梯窗户中，因此拦截者必须克服这种物理障碍，才能在不中断传输的情况捕捉光束。此外，许多制造商采用小型设计，其与安全摄像机非常象，可以威慑潜在的入侵者。

经济

FSO在其支持的距离范围内是一个经济的选择。事实上，在同一应用中，FSO系统的成本可能要比敷设传统光缆节约80%，而且可以在几天内就投入运行。挖电缆沟不仅成本高，而且可能会导致其它问题，如交通拥堵，破坏自然区域和历史名胜。由于这些问题，许多美国城市正在考虑推迟光纤电缆沟的挖掘工作。FSO链路还可以作为商业资产，比从电话公司租赁线路便宜，吸引力更高。与有线方案和租赁线路方案不同，FSO系统是可以根据用户要求部署及再部署的硬件设备。

各个因素评估：FSO与RF比较

鉴于FSO在各种因素中的表现，我们有必要在每种应用中比较基于RF的无线系统。表1评估了每种系统的优点。

表1

因素	自由空间光通信系统	RF 无线系统
带宽	10 Mb/s - 1.25 Gb/s	11 Mb/s - 100 Mb/s
传输吞吐量	取决于网络	取决于频率 高衰减=恶化
天气	在雨天中较好	在雾天中较好
障碍物	可以耐受小的障碍	耐受性强
安全	很难拦截信号	容易拦截信号
成本	\$15,000 - \$35,000	\$1,000 - \$50,000+

FSO已经投入使用

许多需要在大楼之间迅速部署可靠、经济、安全宽带链路的不同机构和公司已经采用FSO。两个最新实例演示了FSO无线网络在涉及历史古迹时所有拥有的独特优势。在其中一个实例中，客户不能使用手提钻在人行道上打孔，来建立千兆位以太网连接，以便把局域网扩展到最近修复的受到保护的历史名胜中。在链路安装之后不久，该地区遭遇了大暴雨，在不到两个小时内，这个城市中的降雨量接近6英寸。尽管雨水成灾，但FSO系统仍能不间断工作，在大楼之间提供了一条可靠的链路。

在另一个实例中，由于不能敷设硬件布线，把摄像机连接到安全网络上，客户不能实施部署监控摄像机的安全方案。障碍物是一处受到保护的历史名胜。高度安全的FSO链路为这一应用提供了很好的选择。

物理障碍物的影响，如高速公路、铁路、甚至工业园区中的其它建筑物，都是促使采用无线系统的主要因素。一家高科技制造商需要在被一条四车道高速公路隔开的大楼之间建立一条宽带链路，它最终采用了FSO系统。但是，FSO并不只是适用于高科技公司。一家纸制品公司也采用了FSO，因为混凝土、其它结构及工厂周围非常热的RF环境导致了許多障碍。

如前所述，FSO采用视线技术，因此几乎不可能拦截或盗取其传送的数据。一家大型金融公司最近发现硬件有线连接的连接被切换，而不得不采用FSO链路实现灾难恢复。对这家公司来说，安全是其关键考虑因素。他们现在正扩大FSO的使用范围，作为网络冗余的主要备份手段。风险管理对主要医院和医疗中心至关重要，他们必须遵守联邦法律，保守患者记录的秘密。正因如此，一家医疗机构安装了FSO，在医疗中心和相距大约0.25英里以外的大楼租用办公室之间建立一条安全网络链路。除安全外，这一链路还必须迅速建立，同时还要跨过附近的一条公路。FSO满足了所有这些需求，其高带宽功能可以轻松地在大楼之间传输大型医疗成像文件。

必需认识到，并没有最优秀的技术可以满足所有方案，每种连接方案都有自己的优势。在网络设计人员考虑本地区常见天气问题的影响、无线链路距离、用户带宽要求及潜在的补充备份系统时，可以实现高度有效的FSO无线网络。由于能够迅速部署无需执照的安全、高带宽、独立于协议的无线系统，FSO很快将被市场广泛接受。

DAVE HARNEY现为MOLEX公司光纤产品经理，他在这一行业中拥有22年的工作经验，他的

联系办法是：DAVE.HARNEY@MOLEX.COM。

MARA NIEUWSMA现为MOLEX公司市场专员。她的联系办法是：
MARA.NIEUWSMA@MOLEX.COM。

MOLEX CANOBEAM自由空间光通信系统

Molex现在提供Canon生产的、具有实时波束自动追踪功能的Canobeam自由空间光通信(FSO)点到点无线系统。Molex与Canon的独家代工合作关系，使Molex能够作为结构化布线系统的自然延伸，提供自由空间光通信系统。

Canobeam可以桥接最远2公里(1.24英里)的距离，支持从25 Mb/s (兆位/秒)到1.25 Gb/s (千兆位/秒)的各种数据速率。

Canon的Canobeam系列FSO传输系统为最后一英里宽带数据网络连接提供了优异的选择。Canobeam顶级型号MFSO-130在100米到1,000米(约2/3英里)距离内提供了1.25 Gb/s的数据速率。Canobeam的MFSO-100系列包括MFSO-110，在20米到500米距离内提供了25 Mb/s - 156 Mb/s的各种数据速率。Canobeam MFSO-120提供的数据速率与MFSO-110相同，但支持的距离为100米到2公里。

Canobeam还拥有自动追踪功能，MFSO-100系列所有三种型号都标配这一功能。这一功能自动调节FSO光束，“立即”补偿大风、温度变化、大楼内部的HVAC系统或其它因素可能导致的振动。通过内置自动追踪功能，Canobeam的光束轴连续自动校正，一直在Canobeam系统的双向收发站之间精确、连续、可靠地传输数据。Canon是唯一提供标配自动追踪功能的制造商，其价位与没有标配追踪功能的系统相比极具竞争力。

如果要求超过2公里的宽带连接，或如果没有清楚的视线，可以对连接Canobeam设备，转发信号。Canobeam MFSO-130的3R功能(再整形、再定时和再生)可以在不降低信号强度和质量的情况下中继数据信号。

Canobeam MFSO-100系列数据收发机可以安装在室内，只要两台设备位于一条直接视线上，就可以实现窗户对窗户或窗户到屋顶传输。所有MFSO-100系列Canobeams都标配内置Canobeam管理面板。通过这一功能，用户可以通过SNMP或Telnet(用于监测和设置)监测Canobeam收发机的状态。此外，可以通过FTP(用来传输日志数据)把诊断日志存储在PC中。

在由Molex认证安装商安装后，所有Molex自由空间光通信系统依行业标准都拥有1年的产品更换保修。在指定Molex企业布线网络部的解决方案时，您可以从Molex的全球资源、超过行业标准的性能及创新解决方案中受益。