

小直径光缆让数据中心受益良多

作者：Michael Connuaghton, Berk-Tek公司

为 40G 和 100G 以太网规划基础设施，就必须采用并行光技术。但是并行光技术并不完全等同于带状光缆。

尽管目前全球经济持续低迷，但数据中心仍然保持不断增长。数据中心对带宽、可靠性和连接密度的要求都很高。其中缆线的部署必须能够满足上述要求，以保证为未来的增长提供一定的灵活性。

然而，随着 40/100G 以太网标准 (IEEE 802.3ba) 的开发使用，数据中心管理者正面临在已有固定预算的限制下，如何优化设备配置的问题，以保证满足现在和未来的需求。今天，部署一个高效数据中心的同时，还必须考虑能够自适应未来的业务增长。而这必然包含对标准的理解和对光缆技术和类型的应用。

IEEE 802.3ba 标准的效果

目前 IEEE 802.3ba 标准的开发正在进行，它为数据中心和高性能计算 (HPC) 应用制定相应规范。由于它仍然属于以太网，受益于以太网协议的固有优点，IEEE 802.3ba 在一些重要方面继承了前辈的特点。

链路长度减少：对目前 10GbE 收发器成本的担忧，促使人们将链路长度从典型 LAN 骨干线路的 300 米降低下来。对于绝大多数数据中心，其规模决定了 100 米是比较合适的。当然有些情况也会选择 150 米或更长的链路。传输链路的缩短使得收发器的能力可以得到充分利用。

两级数据速率：两级数据传输速率并不是 10 倍的关系，这还是头一遭。40G 和 100G 两级速率同时开发，其

结果显示，40Gbps 更加适合数据中心近期的发展需要。在数据中心服务器中部署 40GbE 的成本较低，因此更容易得到选择。不过，对长途交换运营商和 HPC 应用环境而言，100Gbps 却更具吸引力。

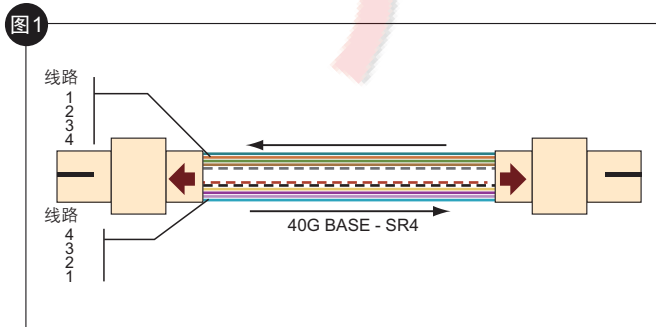
并行传输：在短距离应用环境中，信号可以通过多条光纤实现并行传输。这项技术的称呼很多，包括并行光技术、空分复用、多路分布等。但这项技术需要解决偏移问题。

选择光纤以提高寿命：在恰当的运营条件下，光缆的合理使用年限一般会超过 10 年。当系统链路向高速传输迁移时，对 OM3 多模光纤的最低要求是在 850nm 处的有效模式带宽 (EMB) 为 2000MHz·km。而最新的 OM4 光纤具备 4700MHz·km 的 EMB，这使它的链路长度可以扩展到 150 米。

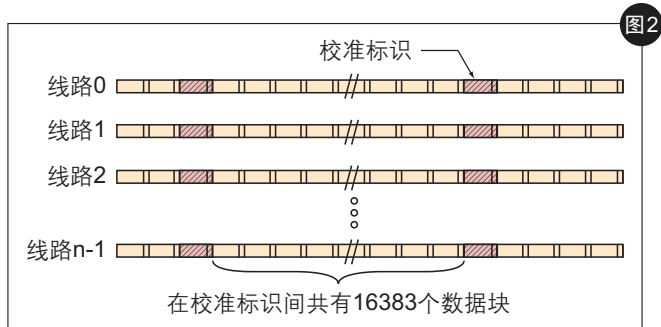
并行光技术的影响

如上所述，在多模光纤安装中，应用 40/100GbE 导致对并行光技术的需求。在大多数数据中心中，40GbE 仍是速率的首要选择。不过这些场合也可以选择 100GbE。

从成本角度看，采用并行传输的方式比在一根光纤中采用串行或复用方式传输 40Gbps 信号更为经济。为了利用已有技术，可以将 4 路 10GbE 信号在收发器中复用，以获得 40Gbps 速率。而这将需要 8 根光纤 (发射加接收)。而在大多数案例中，实际会采用 12 根光纤构成的光缆，



使用并行光技术需要多路光纤，譬如 12 路光纤。



信号定时校准标识。

表 1 并行多模光纤链路中引起偏移的因素。

偏移因素	最差情况 (ps/m)	最大动态变化 (ps/m)
数值孔径 (NA)	13.6	0
光纤束长度	25.0	0
光纤应力/应变	4.4	4.4
不同模式延迟	0.3	0.3
色散 (群时延)	2.1	2.1
合计	45.4	6.8

如图 1 所示。

由于每条路径是一条独立信道，因此接收机能够将四条路径合并以生成原始信号。而信号到达的时刻不同，最早到达和最晚到达数据的相对时间延迟被称为“偏移”。大多数偏移可以通过每个路径中包含的信号定时校准标识加以消除，如图 2 所示。

但是，路径本身也会产生偏移。目前 IEEE 802.3ba 允许光纤的偏移为 79ns。如表 1 所示的光纤的 5 个参数，会直接产生偏移。表中区分了静态和动态偏移。静态偏移主要由光纤的固有结构造成，不会随时间变化而变化。而动态偏移受到光纤的机械和环境变化的影响。在这些影响因素中，数值孔径 (NA) 和光纤束长度差属于静态量，是造成光纤偏移的最大分量。线缆应力和应变效应、不同模式的延迟和波长抖动引起的群时延效应属于动态量。

由于光纤束长度对偏移的影响非常大，因此必须要求带状光缆满足偏移需求。为了验证其正确性，Nexans 数据通信能力中心 (DCCC) 专门研究比对了不同光缆类型的相对偏移特性。研究数据证实，由于光纤束长度的原因，带状光缆难以获得较低的光偏移。研究结果还显示：

光缆中光纤的参数 (NA、不同模式时延、色散等) 对偏移的影响非常显著。这些参数与光缆的结构无关。

由于制造过程引起的光纤应力效应是动态偏移的主要因素。(有研究显示，带状结构由于此参数引起的性能劣化较其它结构更加严重。)

松管光缆的偏移性能比 IEEE 标准草案的指标要求好一个数量级。

数据中心关注的主要问题

数据中心管理者关心的最主要问题之一是空间的利用效率。随着有限空间内带宽需求的不断增加，光缆设

表 2 MDP 与堆叠带状光缆的外径比较。

光纤数	直径		最小弯曲半径 (in)		重量 (lbs/1000ft)	
	MDP	带状	MDP	带状	MDP	带状
12	0.160	0.48	2.4	7.2	15	140
24	0.180	0.48	2.7	7.2	22	140
36	0.231	0.48	3.5	7.2	28	140
48	0.231	0.48	3.5	7.2	33	140
72	0.274	0.48	4.1	7.2	33	140

施必须越来越小，以保证为预期的增长提供充足的容量。40/100GbE 标准最直接的后果就是对多模光纤数量的需求显著提高。每个端口不再只有两根光纤，取而代之的是每端口需要 8 根 (用于 40GbE) 甚至 20 根光纤 (用于 100GbE)。这对光纤高密度设计提出了进一步要求。

另一个主要问题是功耗。人们已经对数据中心的用电效率倍加关注。通过链路汇聚可以获得 40 甚至 100Gbps 的速率，但是供电功率也相应提高了。采用 40/100GbE 交换机可以降低每比特瓦特数，还能减少发热源，从而减少制冷器，以达到降低最终所需交换机数量的目的。用电效率的提高将显著节约运营成本。

运营可靠性也排在数据中心各种需要考虑的因素的前列。停工期的损失可以用百分比或比特的方式表示——但在今天的市场上，企业声誉才是最为关键的。采用可靠的技术，选择值得信赖的供应商，是达到可靠性目标的最好办法。

数据中心的缆线选择：带状或松管光缆

大多数并行光系统都是用带状光缆。低偏移的带状光缆通常都是独立 12 路结构。不过，绝大多数数据中心链路需要更多的光纤，这就导致必须将很多带状光缆堆叠起来。

带状光缆的最大问题来在于，即使光缆被折弯，光纤也只能处于固定位置。光纤不能自由移动会导致应变，结果会提高传输损耗。减轻机械损耗的普遍方法是采用较大尺寸、较小弯曲的光缆结构。这种结构减少了光纤的弯曲量，但也提高了安装难度。

松管光缆应运而生，并包含很多变种。其共同特征是将多个 250μm 包层的光纤松弛的放在一个管子中。这种结构保证了光纤不会产生机械应变，而且允许改变光纤的

下转第 23 页



器件厂商的机遇和挑战

绿色需求最后集中在器件厂商身上，它们需要制造更低能耗的器件，功能却更复杂，例如高速率、高灵活性、高可靠性、小体积——却要与之前的器件价格一样。这些问题都要通过基础研究来解决，还需要引入新的概念。

一个现在已经从研究阶段进入大规模实施阶段的“绿色”方案是光传输的新型调制技术。在过去，高速光传输意味着高速开关控设备，导致了不断提升的设备需求、更复杂的网络结构、更多的网络附加器件（例如色散补偿器件、增益斜率补偿器件、偏振模色散补偿器件等）。然而在 40Gbps 中，产业界接受了强度和相位调制的概念（一般来说采用 APSK 或者强度相移键控，如图 2 所示），通过减少波特率来减少网络复杂度。100Gbps 的下一步创新，如双偏振技术，将会使得网络设计者以更低的速率来支持巨大的网络容量提升，而不需要昂贵和非绿色的升级方案。

电信行业的基础研究不断进行。从芯片级到板卡级，随着硅基光子学的研究，如 IBM 的 Terawave 项目和 INSiAVA 和 Kotura 等创业公司在能耗和信号处理速度方面的创新，芯片到芯片、板卡到板卡之间光信号的传输即将有新的突破。

Infinera 和 Luxtera 等公司在光子集成电路 (PIC) 方面有所创新，制造了传输系统有史以来最小的发送机、

调制器和接收机，使得高速器件的能耗大幅降低。

单芯片系统创新不断将更多的功能集成到更小、更低功耗的封装中。在高速电路的低能耗设计方面进一步的研究成果即将从实验室诞生，而且在接下来的三到五年内将对产业界产生影响。

对于器件厂商和研究人员来说，挑战很艰巨，机会也很多。这是多少年来首次为了满足客户需求而进行研究，意味着产业界即将经过新一轮的产品、技术创新，也有可能产生一到两个新兴公司。

整个产业链的机遇

绿色革命给产业链的任何一环都带来了机遇。系统层面，绿色网络的新需求使得运营商开始讨论新设备、新结构、以及传统供应商外的新设备制造商。能耗减少以及其它的绿色革命都成为大大小小的运营商正式的 RFP（招标书）中的需求。那些能够开发低能耗、低维护成本和低网络复杂度的设备制造商将有全新的机会。

电信行业绿色革命的根本在于减少成本，这不是什么新概念。全新的概念在于产业界一致认为节省能量的重要性和容量扩充和性能创新一样重要。当产业界达成了共识，则一定会有创新型厂商、研究人员和企业的机遇。[LWC]

上接第18页

相对长度。光纤束长度不同是产生偏移的主要原因。但是如前所述，在 DCCC 的测试中，使用松管时 40/100GbE 的偏移特性比最坏情况好很多。而且，松管结构保证光纤受到的应力最小——而光纤应力是导致动态偏移的主要原因。

松管光缆比带状光缆更加紧凑。更小的直径和更高的可靠性使得其更加适合用于机柜和配线架的布线。

举例来讲，表 2 比较了带状光缆和称为“MDP”的松管光缆。如表所示，减少的松管光缆尺寸进一步降低了整个光缆的尺寸。由于尺寸和重量的降低，线路的成本也得到了极大节约。这样的设计同时具备了类似带状光缆的长度控制能力和松管光缆的低应力能力。在集线器和跳线板上，光缆可以很容易地连接。

MDP 光缆非常适合于预先端接结构。预先端接结构不仅保证了端面连接的质量，而且节约了安装时的

人力。

选择最佳线缆

随着数据速率的不断提高，每链路所需的光纤数量也在不断增加。光纤的数量正在成指数增长。当我们审视数据中心的需求时，可以发现，松管光缆，尤其是小尺寸的光缆具备以下多种优点，是多模光纤部署的最佳选择：

标准兼容：这种光缆目前可以应用于 1 或 10GbE 系统，未来也支持 40/100GbE 系统。

机械优势：这种光缆安装容易，可与不同光缆管理系统连接，将安装时的准备工作和劳动力降到最低。

费用降低：尺寸降低、劳动力和材料的节约，都促使总费用大大降低，最终为用户提供了更好的投资回报。[LWC]