

数据中心 线缆基础架构

AOC 和 DAC 测试与安装新方法

数据中心是海量信息交换的场所，因此，在数据中心的建设过程中，关键要求是要扩展容量。在数据中心内，除了对电源、冷却、存储和交换的要求外，实用而高效的布线也必不可少。数据中心大致可划分为超大规模数据中心、多租户数据中心和私有数据中心。本文所述线缆的使用，即有源光缆 (AOC) 和直连铜缆 (DAC)，包括分支线缆，适用于所有三个类别。本应用指南介绍了一些实用的操作注意事项，例如在数据中心对 AOC 和 DAC 进行验证以节省时间并降低成本。

数据中心架构

图 1 举例说明了一个数据中心及其与外部世界的互联。数据中心可能有几种不同的架构：

架顶 (TOR) 架构，机架内交换机和服务器之间的布线即存在于这个架构中。这一架构的优点是可以减少总体布线量，而缺点是，使用的以太网交换机端口数局限在一个机架内，则效率会有所降低。

列末/列中 (EOR/MOR) 配置，在这种配置中，交换机端口集中在一起，通向更长的线缆。有两种 EOR/MOR 的例子：在一种情况下，线缆直接连接在服务器和交换机端口之间。在另一种情况下，物理连接会经过接插面板，这种连接方式的优点是能够提高连接灵活性，而缺点是会增加线缆数量。

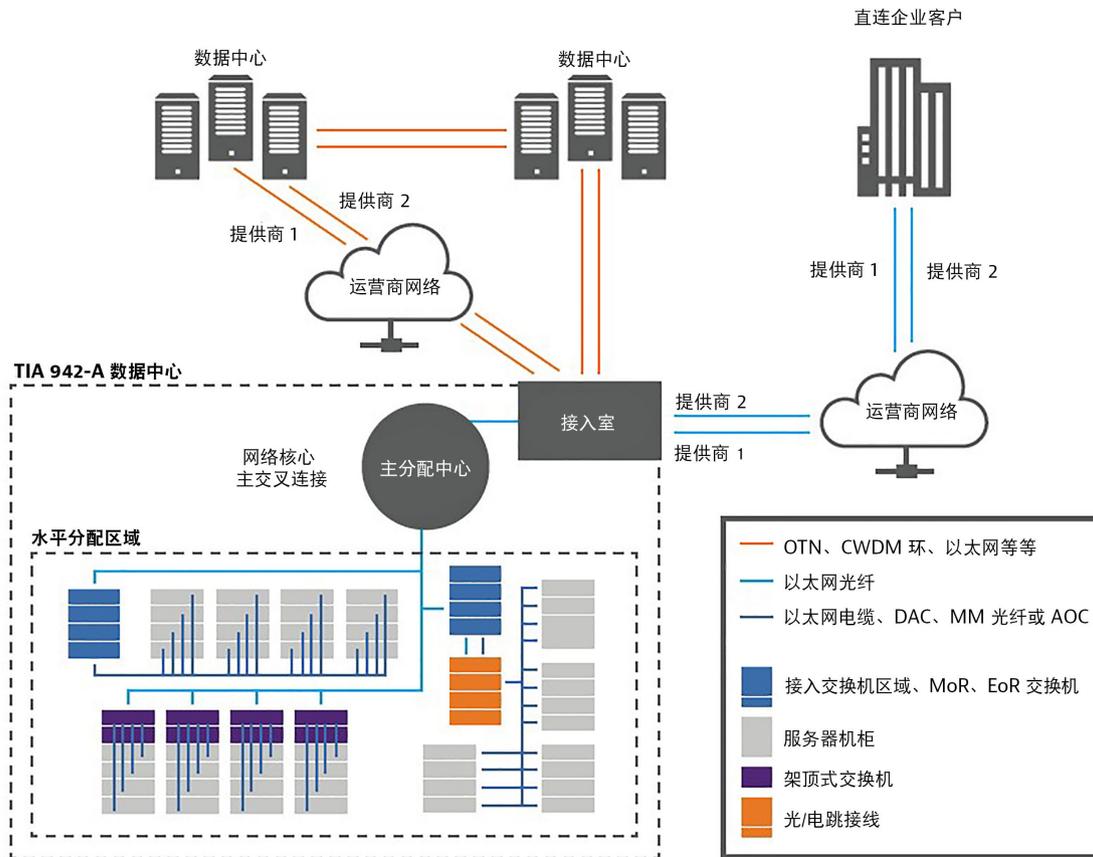


图1. 数据中心架构

有源光缆

图2和图3中所示的有源光缆在数据中心中的限定范围互联应用中使用。对于40GE、100GE和400GE的高速链路而言，这意味着使用带状线缆上的多个数据通道。而对于10GE、25GE或50GE，每个方向一条通道或光纤就足够了。AOC通常采用多模光纤，而某些（比如PSM4和FR4）使用单模光纤。一个关键特性是：AOC采用与可插拔光学器件相同的框架，并在线缆的每一端执行光电转换。实际应用时，这意味着40GE和100GE为QSFP端接（400GE为QSFP-DD），10GE和25GE为SFP端接。因此，AOC是有源的，并且除了光缆之外还包括收发器、控制芯片和模块。AOC线缆的长度是固定的，最短只有几米，也有可能达到100米以上。图3显示了分支线缆的示例，例如4x10GE、4x25GE或可能的4x100GE。从技术上而言，AOC不必符合某种以太网接口类型的要求，尽管许多人在其编码信息都建议采用特定类型；表1列出了可能的以太网接口类型。在该表中，RS-FEC代表Reed-Solomon前向纠错；这种数字机制旨在通过向信号中添加冗余，在远端实现码字的自我纠错，从而延长传输距离。在指定用于线缆时，RS-FEC算法运行在物理连接每一端的以太网交换机和服务器上。



图2. AOC线缆



图3. AOC分支线缆

表 1. 以太网接口类型

以太网速率	接口类型	最长距离	中	光纤数/波长	波长范围	RS-FEC	可插拔类型
400GE	400GBASE-DR4	500 米	SM	每个方向 4 条光纤	850 纳米	是 RS (544, 514)	QSFP56-DD 或 OSFP
	400GBASE-SR8	70 米	OM3 MMF	每个方向 8 条光纤	850 纳米	是 RS (544, 514)	QSFP56-DD
		100 米	OM4 MMF	每个方向 8 条光纤	850 纳米	是 RS (544, 514)	QSFP56-DD
	400GBASE-SR4.2	70 米	OM3 MMF	8 条光纤 每个方向 2 λ	850 纳米	是 RS (544,514)	QSFP56-DD
		100 米	OM4 MMF	8 条光纤 每个方向 2 λ	850 纳米	是 RS (544,514)	QSFP56-DD
		150 米	OM5 MMF	8 条光纤 每个方向 2 λ	850 纳米	是 RS (544,514)	QSFP56-DD
	400GBASE-CR8	3 米	双轴线缆	每个方向 8 条线缆	不适用	是 RS (544, 514)	QSFP56-DD
100GE	100GBASE-DR	500 米	SMF	每个方向 1 条光纤	1310 纳米	是 RS (544,514)	QSFP28 或 QSFP56
	PSM4 MSA	500 米	SMF	每个方向 4 条光纤	1310 纳米	是 RS (528,514)	QSFP28
	100GBASE-SR4	70 米 100 米	OM3 MMF OM4 MMF	每个方向 4 条光纤	850 纳米	是 RS (528,514)	QSFP28
	100GBASE-CR4	5 米	双轴线缆	每个方向 4 条线缆	不适用	是 RS (528,514)	QSFP28
50GE	50GBASE-SR	70 米	OM3 MMF	每个方向 1 条光纤	850 纳米	是 RS (544,514)	QSFP28 或 SFP56
	50GBASE-SR	100 米	OM4 MMF	每个方向 1 条光纤	805 纳米	是 RS (544,514)	QSFP28 或 SFP56
	50GBASE-CR	3 米	双轴线缆	每个方向 1 条线缆	不适用	是 RS (544,514)	QSFP28 或 SFP56
40GE	40GBASE-SR4	100 米 150 米	OM3 MMF OM4 MMF	每个方向 4 条光纤	850 纳米	否	QSFP+
	40GBASE-CR4	7 米	双轴线缆	每个方向 4 条线缆	不适用	否	QSFP+
25GE	25GBASE-SR	70 米 100 米	OM3 MMF OM4 MMF	每个方向 1 条光纤	850 纳米	是 RS (528,514)	SFP28
	25GBASE-CR	5 米	双轴线缆	每个方向 1 条线缆	不适用	是 RS (528,514)	SFP28
	25GBASE-CR-S	3 米	双轴线缆	每个方向 1 条线缆	不适用	否	SFP28
10GE	10GBASE-SR	33 米 400 米	62.5 微米 MMF 50 微米 MMF	每个方向 1 条光纤	850 纳米	否	SFP+
	10GBASE-CR	15 米	双轴线缆	每个方向 1 条线缆	不适用	否	SFP+

直连铜缆

图 4 中所示的直连铜缆 (DAC) 是一种替代方案, DAC 线缆是由铜而不是光纤制成的。DAC 可能是无源的, 用于电气直连, 而如果 DAC 的内置连接器中集成了信号处理电路, 则它也可能是有源的。如同 AOC 一样, DAC 可通过 SFP 或 QSFP 端接, 具体情况取决于线路速率。与 DAC 线缆相比, AOC 线缆支持更长的传输距离, 功耗更低, 并且更加轻巧。不过, 它们的成本更高, 并且光纤与铜缆相比更易损坏。与连接到可插拔光学器件的传统光缆相比, AOC 线缆简化了安装, 无需考虑互联损耗, 并且在连接之前不再需要清洁和检测光纤端面。但是, 在前面介绍的使用接插面板的 EOR/MOR 配置中, 则不能使用 AOC 线缆。对于 AOC 线缆, DAC 线缆也可作为分支使用。



图 4. DAC 线缆

操作难题

由于 AOC 和 DAC 线缆没有提供对实际光纤或铜缆布线的测试通路, 因此无法使用传统的介质测试和认证工具来认证线缆。作为替代, 必须要使用可接受双 SFP/QSFP 收发器并可生成和分析流量的测试工具。为了确保任何网络性能问题都不是由 AOC/DAC 线缆或其安装所导致的, AOC 和 DAC 测试是关键步骤。要考虑到这一点: 与提前测试线缆相比, 在安装之后对故障线缆进行故障排查成本更加高昂。一方面, 必须要跟踪和定位远端。AOC/DAC 线缆故障原因包括简单的制造缺陷 (极性错误或颠倒), 或者在装运过程中贴错标签或损坏。对于 AOC, 线缆可能会由于过度弯曲, 从而导致高损耗或者光纤损坏。而对于 DAC 而言, 可能会存在 EMI 降级情况, 从而导致比特误码率过高。在安装之前, 技术人员可以选择使用配备双端口 SFP/QSFP 的测试设备对所有 AOC/DAC 线缆进行测试, 或者对某一批次收到的部分线缆进行简单的抽样测试。仅仅是因为两个线缆连接器末端之间距离的原因, 就需要两台设备才能对已安装线缆进行故障排查。

比特误码率测试

最简单高效的线缆测试方式是运行一种测试模式, 其结果可与比特误码率 (BER) 阈值进行比较。包括分支的 AOC 和 DAC 线缆的技术数据表上通常会有 BER 评级, 特别是这些线缆将与采用了 RS-FEC 算法的设备一起使用时。此 BER 评级取决于线缆的类型、线路速率以及以太网接口的类型。如果线缆将用于有 RS-FEC 的流量传输 (速率通常为 400GE、100GE、50GE 和 25GE), 则会有误码纠错前的评级和误码纠错后的评级。在这种情况下, 建议使用接近于线缆 BER 的纠前 BER 阈值执行线缆测试, 要求测量的 BER 小于阈值。对于未使用 RS-FEC 的 40GE 和 10GE 线缆, 预期 BER 阈值必须小很多, 因为这些电路上没有误码纠错机制。在这些情况下, 如果 AOC 或 DAC 没有 BER 评级, 则建议的阈值 BER 为 10^{-12} 。对于 10Gbps 或更高的线路速率, 每条线缆一分钟的测试时间已经完全足以获取有意义的 BER 结果。线缆测试的最佳实践过程将会生成测试报告, 其中包括可从 AOC 或 DAC 线缆中读取的线缆标识符, 例如序列号。总而言之, 为了确保线缆在连接到数据中心中的交换机和服务器时能够正常工作, 依据 AOC 或 DAC 线缆的目标 BER 阈值对这些线缆进行测试是一种有意义的方法。

VIAVI MTS 5800-100G

为了测试 AOC 和 DAC 线缆，VIAVI 提供了线缆测试集成脚本，以自动化 AOC/DAC/分支线缆组件测试。线缆测试除了支持分支线缆外，还支持 AOC 和有源/无源 DAC 的测试。这样的分支线缆可以用来自每个端接点的单个单元进行测试；作业管理器工具将结果封装在单个测试报告文件中。图 5 中所示的 VIAVI MTS 5800-100G 能以高达 112Gbps 的线速率提供全功能测试。5800-100G 支持双端口功能的所有以太网速率，其中包括 10/100/1000BASE-T、光 GE、10GE、25GE、40GE、50GE 和 100GE。除了城域网、主干网和数据中心互联外，技术人员还可对包括 AOC/DAC 线缆的许多应用进行测试。尽管尺寸不大，但 5800-100G 可执行从 DS1/E1 到 OTU4 的测试，包括 CPRI、光纤通道、PDH、SONET/SDH、OTN 和以太网。此外，5800 平台还可扩展支持 OTDR 模块、自动对焦的光纤端面检测以及高级定时和同步功能。StrataSync 支持所有这些工具，它可提供基于云的资产管理、配置和报告，轻松实现管理和共享。5800-100G 是一套完整的测试和测量解决方案，可支持数据中心的用户对数据中心的各种需求，包括 AOC 和 DAC 线缆测试。VIAVI 还推出了 OneAdvisor-1000，支持高达 400GE 的所有速率。



图 5. MTS 5800-100G

作者：VIAVI Solutions 高级产品经理 Guylain Barlow