

探讨在数据中心的结构化布线系统和柜顶交换两种方式的利与弊

摘要

对于每一个数据中心和 CIO 来说，没有单一的可解决一切的布线配置，数据中心专业人士和 IT 经理需要根据其特定的需求检查每个解决方案的利与弊。本文致力于在评估柜顶交换（ToR）和结构化布线配置时所需考虑的众多因素。讨论包括这些配置对于总体管理的影响；可扩展性和更新；互操作性；设备、维护和布线成本；端口利用；功率消耗和冷却要求。

带宽需求和可扩展性、服务器虚拟化、高性能交换能力以及更高的密度都迫使对一个数据中心适用的各种不同的布线配置进行仔细地检查。目前的数据中心布线配置选择也受到了更低功率消耗的影响，要确保关键设备的高效冷却以及预算限制和管理结构。

引言

由于数据中心变得更加复杂，布线系统设计和拓扑变得很关键。

当第一个数据中心被建时，最终用户的终端是通过点对点方式进行连接。对于没有可预见的增长或者重新配置需求的小型计算机房，这是一个可行的方案。随着计算需求增长和新设备的增加，这些点对点连接导致了布线系统的混乱，并带来相关的复杂性和更高的成本。

作为响应，像 TIA-942-A 和 ISO 24764 之类的数据中心标准推荐采用分层结构化布线基础设施来连接设备。代替点对点连接，结构化的布线系统使用配线区来为设备之间提供灵活的、基于标准的连接，比如从交换机到服务器之间的连接、服务器到存储设备之间的连接以及交换机到交换机之间的连接(参见图 1)。

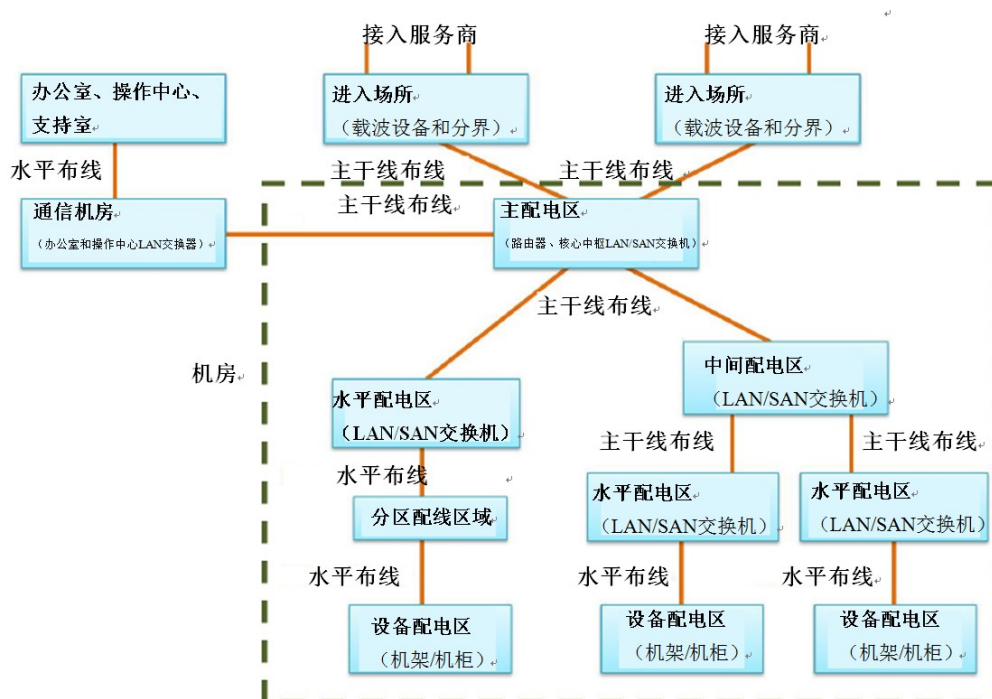


图 1: TIA-942-A 数据中心拓扑(类似于 ISO 24764)

使用当今的高性能服务器和虚拟化，单一机架的服务器比以往任何时候都能传送出更多的应用。作为响应，几家交换机制造商推荐了一种柜顶交换(ToR)的配置，也即把更小的（1RU 到 2RU）边缘交换机放在每个服务器机架或者机柜的顶部，并且通过短的预连接小尺寸可插拔的（例如，SFP+和 QSFP）双心同轴跳线、有源光缆跳线或者 RJ-45 模块化跳线与在机架中的服务器直接连接。

ToR 显著地增加了交换机的数量并且降低了结构化布线系统的初始安装数量。它通常被推荐用于一次性机架布置，可以限制机架之间的铜布线系统使用量，支持东-西（例如，服务器对服务器）流量和机架级别的管理能力。符合 TIA 942-的结构化布线系统和 ToR 都有优点和缺点。为了更好地满足数据中心的需求，当选择布线配置时，检查结构化布线系统和 ToR 对于整体运行成本以及其他费用的影响是非常重要的。

可管理性考虑

在选择布线系统基础设施之前，数据中心专业人士应当考虑运行结构和策略。

使用结构化布线，镜像交换机端口和服务器端口的配线架通过永久(固定的)链路和一个或者多个中央配线区域的配线架连接在一起。这些配线区域，也被称作分布区域，有可能位于柜列的末端或者中部。通过在中央配线区域进行跳线重置或者光纤跳线的连接完成移动、增加和更改（MAC）。信道中的固定部分保持不变，交换机和设备也是不需要被接触且是安全的。这创造了一个“any-to-all”配置，在该配置中任何的交换机端口可以与任何的设备端口相连接。而且，结构化布线系统可以按照任意合适的长度在现场端接，以维护一个清洁的、无松弛的外观。

在一个 ToR 配置中，在每个机架顶部的交换机与同一机架内的服务器直接相连，这就要求所有的变更必须在每个单独的机架（或者机柜）中完成。这消除了中央配线的使用，并且减少了数据中心结构化布线的数量（参见图 2）。在一个 ToR 配置中，移动、增加和更改（MAC）会变得更加复杂并且更加费时——尤其是在有数百个机柜的大型数据中心的。所有的变更必须在单独的机架或者机柜中进行，而不是在一个方便的中心配线区域进行跳线管理。在这里识别一个需要更改的特定的机架或者机柜可能会是一个复杂的过程。

当一些单独的服务器机架及其相应的交换机需要作为一个单独的实体来进行管理或者通过应用被隔离时，ToR 可以是这样的数据中心的一个解决方案。ToR 不允许网络管理员将交换机与服务器的管理分开，当这些小组想分开管理交换机和服务器时，以及当为了安全目的想对交换机进行保护时，ToR 将会成为问题。

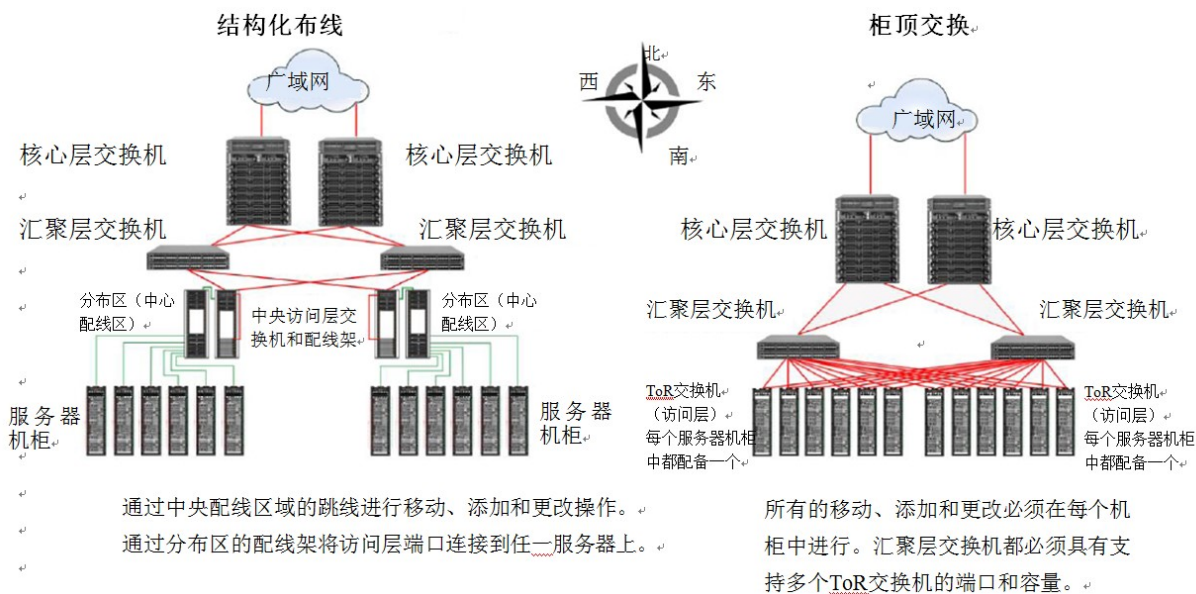


图2：结构化布线系统对 ToR 拓扑。ToR 消除了分布式区域内的中央配线。说明：设计是基于一个三层交换机结构。

可扩展性和升级考虑

布线系统设计能够最大程度地限制或者提高机架、服务器和端口的密度。

相比结构化布线配置，在 ToR 配置中进行广泛的交换机升级会影响更多的交换机，并且要求在网络中心的设备具备足够的端口密度和带宽容量以支持交换机的数量增加。在结构化布线中，一个单独的交换机升级可以提高数据中心中多个服务器机架中的服务器的连接速度。而一个单独的 ToR 交换机的升级却只能提高同一个机架的服务器的连接速度。

使用短距离小尺寸可插拔的双心同轴电缆跳线的 ToR 交换机不能支持网络自适应。而用于结构化布线系统的双绞线是向下兼容的，因此它支持网络自适应，也即单独的端口可以依据连接的设备自动在万兆和千兆应用之间转换。自适应功能可以按照需要对部分交换机或者服务器进行更新，确保设备迁移更有成本效益。若没有自适应功能，一个交换机的升级将要求所有与该交换机相连的设备同时进行升级，也即要求一下子承受所有的升级成本。

因为 ToR 的小尺寸可插拔的双心同轴电缆跳线通常要比在结构化布线系统中的铜跳线更贵，而有些设备供应商要求使用他们的跳线并会迫使跳线随设备一起更新，这会使得成本进一步地升高。而在结构化布线中，只要使用了符合标准要求的光纤和铜缆布线，中心物理层基础设施或者布线信道的固定部分通常是一次性安装完成的。

在使用小尺寸可插拔的双心同轴电缆跳线的 ToR 配置中，交换机和服务器之间的距离在被动模式下被限制在 7 米的长度。当每一个机架始终做为一个单独的单元进行管理时是没有问题的，如果需要变更，这些短长度的跳线会限制设备的位置。结构化布线系统的长度最大到 100 米，允许灵活的设备放置。

互操作性问题

开放式系统确保更多的选择和更加有竞争力的市场地位。

互操作性和开放式系统概念是布线行业标准的“基本原则”。数据中心的经理们期待并重视互操作性，无论采用哪一家的设备和哪一种布线设计，都希望能确保性能和一个具有竞争力的市场来平衡他们现有的布线投资。

遗憾的是，某些交换机供应商现在要求在使用小尺寸可插拔的双心同轴电缆跳线时，需要采用其专有的电缆跳线来进行 ToR 交换机与服务器之间的连接。某些 ToR 交换机还设计了检查电缆上的供应商安全 ID 的功能，当检测到不受支持的供应商 ID 时要么显示出错，要么阻止端口的功能。虽然这有助于保证用于相关电子设备的跳线都是经过厂商认证的，但是这样就将数据中心经理们锁定在专门的解决方案，也就限制了数据中心的设计选项。这与几十年来成功应用在数据中心行业的基于行业标准的光纤连接和铜缆连接有着实质的区别。

由新罕布什尔大学互操作性实验室（UNH IOL）进行的第三方独立测试证实了来自布线厂商的小尺寸可插拔的双心同轴电缆跳线通过了与多个供应商的 ToR 交换机之间的互操作性测试，而这些 ToR 交换机原本是设计成不兼容外来跳线而应该显示出错的。这些试验证明并不需要采用专用电缆。也有可能这些交换机的设计，在与未受支持的供应商 ID 连接时，并不会真正阻止端口的功能。

维护、设备和布线成本

布线系统的选择对于成本有很大的影响。

由于在每个机柜中需要放置一个 ToR 交换机（或者在双重的分主和次的网络中放置两个 ToR 交换机），交换机端口的总数量取决于数据中心的机柜总数量，而不是需要用于支持设备的交换机端口的实际数量。与结构化布线系统相比，ToR 将使所需的交换机和电源的数量几乎翻倍。不像无源的结构化布线系统一样，ToR 交换机需要电力并进行维护。例如，基于一个实际的 39-机柜的数据中心，使用分开的双网络，用于 ToR 设备和维护的费用要比结构化布线系统的费用的两倍还要高(请参见图 3)。

在结构化布线系统中使用配线区域对于布线系统的成本也会产生影响。ToR 节省了结构化布线系统的费用，但是设备跳线的费用增加会抵消节省的费用，尤其是当交换机供应商要求采用他们的专用电缆跳线时。如图 3 所示，每个所用端口的 ToR 电缆跳线的成本是结构化布线系统成本的两倍多。即使不考虑 ToR 电缆跳线的成本，结构化布线系统的成本也只相当于通过采用结构化布线系统而节省下来的总的设备和维护费用的大约百分之五。结构化布线系统通常具有 15 年到 25 年的质保期(取决于制造商)，而大部分电子设备供应商提供的线缆跳线的质保期平均为 90 天。

设备和单价	ToR		结构化布线		总共节省的费用
	数量	价格	数量	价格	
32-端口 10G ToR 交换机 (\$15000)	78	\$1,170,000	35	\$525,000	\$645,000
冗余电源 (\$500)	78	\$39,000	35	\$17,500	\$21,500
SFP+ Uplink 端口 (\$1500)	312	\$468,000	140	\$210,000	\$258,000
32-端口聚合交换机 (\$25000)	10	\$250,000	5	\$125,000	\$125,000
SFP+模块 (\$5000)	80	\$400,000	40	\$200,000	\$200,000
冗余电源 (\$500)	10	\$5,000	5	\$2,500	\$2,500
核心交换机 (\$800000)	2	\$160,000	2	\$160,000	0
冗余电源 (\$7500)	2	\$15,000	2	\$15,000	0
Uplinks 光纤卡 (\$70000)	4	\$280,000	2	\$140,000	\$140,000
布线总价	\$240,000		\$110,000		\$130,000
设备总价 (不包括软件)	\$2,787,000		\$1,395,000		\$1,392,000
3 年维护费	\$1,200,000		\$570,000		\$630,000
总计	\$4,227,000		\$2,075,000		\$2,152,000

图 3: 基于在印刷时的 MSRP, 针对一个实际的 39 个机柜的数据中心的 ToR 和结构化布线的成本对比 (假设每个机柜平均为 5 到 6 千瓦, 双网络, 冗余电源, 每个机柜有 14 个服务器, 每个交换机有四个 uplink, 每个使用的 ToR 端口都配置 2.5-米 SFP+ 直接连接跳线, 而且结构化布线系统采用 6A 类 UTP 线缆)。

另外, 一个 ToR 的设计还会增加服务器的成本。采用双绞线网络接口卡(NICs)的服务器通常要比采用 SFP+ 或者 QSFP 的网络接口卡的那些服务器更便宜。许多服务器平台在本机主板上也带着双绞线铜缆网络接口卡。当需要部署 ToR 时, 在连接小尺寸可插拔的双心同轴电缆跳线时, 将需要采购 SFP+或者 QSFP 的网络接口卡, 每个网络接口卡的价格大约为\$400 到\$800。

交换机的端口使用率 结构化布线系统能够使端口访问和端口使用最大化

DataCenter Dynamics 和 Gartner Group 的研究表明供应到服务器机柜的平均功率范围在 5 千瓦和 6 千瓦之间。让我们假设, 在每个机柜中的服务器数量大约是 14 个。因此实际所需的服务器交换机端口通常比在 ToR 交换机上的可用的端口数量更低。例如, 在一个 32 端口的交换机中只有 14 个端口被用起来, 其余的 18 个端口将保持不用。假如在服务器机柜中使用更多数量的服务器并提供更高的功率, 将提高 ToR 交换机上的端口使用率。相关的经济性需要根据实际的设计和部署的服务器类型来确定。

当使用分体式双网络, 其中每个机柜有 14 台服务器, 每台服务器都与两个 32 端口的交换机连接, 那么总共 64 个端口中, 只有 28 个端口用于 14 台服务器, 留下 36 个端口未用。当这种情况应用于图 3 所示的实际 39 个机柜的案例中时, 就导致了 1,404 个未用端口, 相当于购买了将近 44 个没有必要的交换机 (参见图 4)。

采用结构化的布线系统, 实际上所有的可用端口都被充分利用了, 因为它们没有被限制在一个单一的机柜里。取而代之的, 在 ToR 配置中只限于单一机柜的 32 个交换机端口, 在结构化布线中可以按需分开, 可以通过配线区域分配给任何一个服务器机柜。即使边缘交换机被用于提供东西通讯流量 (即, 服务器-对-服务器), 结

结构化布线系统允许将交换机放在配线区域的中心，这样就减少了未被使用的端口数量并且降低了出入汇聚层和核心交换机的南北通讯流量。

设备	ToR				结构化布线系统			
	单位	总端口数	使用的端口数	未使用端口数	单位	总端口数	使用的端口数	未使用端口数
32-端口10G ToR交换机	78	2496	1092	1404	35	1120	1092	28
32-端口汇聚交换机	10	320	312	8	5	160	140	20
用于核心Uplinks的光纤卡	4	128	40	88	2	64	20	44
使用的端口总数		2944	1444	1500		1344	1252	92

图4: 针对一个实际的39个机柜的数据中心的ToR和结构化布线的端口利用率对比 (假设每个机柜平均5到6千瓦, 双网络, 冗余电源, 每个机柜14台服务器, 每个交换机4个uplink端口)。

由于在高密度服务器环境下未使用端口的数量会较少, 为了支持充足的服务器, 提供给服务器机柜的功率现在向上达到了20千瓦, 这个功率还可以往上增加。例如, 在一个有200个机柜的高密度服务器群中, 每个机柜带有40台服务器和一台48端口的交换机, 未用端口的数量达到了1600个 (因为每个机柜有8个未用端口), 成本大约为\$735,000。即使在这样高密度环境中, 使用结构化布线系统仍然能够节省将近85%。因此在选择ToR配置时能否有效地管理未用的交换机端口是一个关键的考虑因素。值得注意的是有些数据中心使用交换机光纤结构, 与三层交换结构相比, 在未用端口数量以及设备和布线系统数量方面会有不同的结果。但不管怎样, 结构化布线系统的优势依然明显。

功率消耗增加

设备和端口利用率对于功率消耗有很大的影响。

由于能源成本继续上升, 电力变得更加昂贵, 电力消耗在当今的数据中心经理中是首要关注的问题之一, 绿色倡导已备受瞩目。如下面的图5所示, 采用结构化布线系统能够利用所有的交换机端口, 这就可以大大降低交换机的数目和所需的电力, 节省超过一半。这有助于降低设备和能源成本, 有助于进行“绿色”应用, 例如LEED、BREEAM或者STEP。由于结构化布线系统需要更少的供电, 将来升级到更高效的电源时就会更加方便, 也更具成本效率。

设备	ToR	结构化布线系统
32-端口10G ToR 交换机	78	35
冗余电源	78	35
SFP+ Uplink 端口	312	140
32-端口汇聚交换机	10	5
SFP+ 模块	80	40
冗余电源	10	5
核心交换机	2	2
冗余电源	2	2
用于Uplinks的光纤卡	4	2
交换机总数	90	42
电源总数	90	42

图5: 使用结构化布线系统时交换机和电源的数量, 是使用ToR时的数量的一半不到, 因此降低了功率消耗

在一个ToR配置中, 若交换机的端口被全部使用时, 只要在机柜里增加一台新的服务器, 就需要一台另外的交换机以及另外的电源。这会拿走一些原本可以分配给服务器的潜在电力。而且, 提供给机柜的电力也有可能

不够支持这些额外的负载。即使虚拟化技术降低了服务器和相关的电力和冷却系统的数量，ToR 要求的电源增加数量潜在地抵消了某些虚拟化的节省。

即使在空闲状态，未用的交换机端口也在消耗电力，记住这一点很重要。另外，在 ToR 中使用的边缘交换机在中央处理单元中需要处理更多的指令。这可能会引起潜在的没有预计到的功率峰值。不管采用何种配置和技术，功率消耗随着交换机类型和制造商而变化，应当在整个数据中心中对实际的端口消耗或者功耗进行检查。

冷却和故障率考虑

设备的不正确布置会严重破坏最佳数据中心的冷却和在线计划。

虽然 ToR 交换机从技术上可以放置在机柜的中央或者底部，但为了更容易接入和进行管理，经常将它们放置在顶部。根据 Uptime Institute，放置在机架顶部三分之一处的设备的故障率比放置在下部三分之二处的设备的故障率高三倍。在一个结构化布线系统配置中，无源部件（如配线架）通常放置在顶部的位置，留出下面较冷的空间来放置设备。

由于较短的布线长度，以及不允许在不同机柜之间进行配线的政策，ToR 的设计也会锁定设备位置。这可能会阻止把设备放到最利于电力和冷却的位置上。例如，如果网络预算不允许装备另一个带有 ToR 交换机的机柜，新的刀片式服务器就只能限制在能够提供网络端口的的位置。这会导致热点产生，对于在相同的冷却区内的邻近设备造成负面影响。结构化布线系统则避免了这些问题。

结论

许多因数影响了对布线系统配置的选择，没有单一的解决一切的布线配置方案。ToR 配置对于小型的服务器机房更加有意义，因为这时要求独立的机柜，或者可以管理更多的未用端口。但是，数据中心经理应当仔细地考虑在图 6 中介绍的利与弊。

ToR 优势	ToR 劣势
<ul style="list-style-type: none">减少了结构化布线的数量更低的布线基础设施成本基于机架的布线管理和更改基于机架的访问，用于应用分离基于机架的交换机更新	<ul style="list-style-type: none">显著增加的设备、维护和布线系统成本较差的端口使用率功率消耗增加可扩展性和更新受到限制 – 不支持互操作性和自适应应用在大型数据中心更耗时的 MAC有限的设备布置和潜在的热点

图6: ToR 的优势和劣势

当为数据中心选择布线配置时，整体的研究包括了整个的管理、可扩展性和更新、互操作性、设备维护和布线系统成本、端口利用、电力和冷却要求，应由设施和所有的网络部门来承担，并最终做出最佳的决定。虽然 ToR 经常被认为是结构化布线系统部署的一个替代方案，但在许多情况下，为了支持 KVM 的中心转换，或者其它可控的或者不可控的管理和数据中心监测，结构化布线配置必须与 ToR 共存。