

以太网四代交换机的演进史

以太网称霸

作为一种原理简单、便于实现同时又价格低廉的局域网链路层技术，以太网正在成为网络领域的基础和垄断承载技术。40 年风雨兼程，以太网逐渐赢得业界普遍认同，成为最有前途的网络技术。这其中，更高性能的快速以太网和千兆以太网的出现，可以说是以太网飞速发展、迅速称霸局域网并将触角渗透到城域网的翅膀。

1973 年，施乐帕洛阿尔托研究中心的罗伯特·梅特卡夫 (Robert Metcalfe) 给他 PARC 的老板写了一篇有关以太网潜力的备忘录，这被认为是以太网的源起点。1976 年，梅特卡夫和他的助手 David Boggs 发表了一篇名为《以太网：局域网计算机网络的分布式包交换技术》的文章。1977 年底，梅特卡夫和他的合作者获得了“具有冲突检测的多点数据通信系统”的专利。多点传输系统被称为 CSMA/CD（带冲突检测的载波侦听多路访问），从此标志以太网的诞生。

1979 年，梅特卡夫离开施乐成立了 3Com 公司。3com 对迪吉多、英特尔和施乐进行游说，希望与他们一起将以太网标准化、规范化。这个通用的以太网标准于 1980 年 9 月 30 日出台，当时业界有两个流行的非公有网络标准令牌：环网和 ARCNET，在以太网大潮的冲击下，它们很快萎缩并被取代。

今天，3Com 已经消失，而以太网却呈现出了万夫莫挡的霸气。

四代交换机演进史

从 1989 年第一台以太网交换机面世至今，经过 20 多年的快速发展，以太网交换机在转发性能上有了极大提升，端口速率从 10M 发展到了 100G，单台设备的交换容量也由几十 Mbps 提升到了几十 Tbps。凭借着“高性能、低成本”等优势，以太网交换机如今已经成为应用最为广泛的网络设备。

随着以太网的发展，以太网交换机也在持续演进。早期的以太网设备如集线器是物理层设备，不能隔绝冲突扩散，限制了网络性能的提高。交换机（网桥）作为一种能隔绝冲突的二层网络设备，极大地提高了以太网的性能。随着技术的发展，如今的交换机早已突破当年桥接设备的框架，不仅能完成二层转发，也能根据 IP 地址进行三层硬件转发，甚至还出现了工作在四层及更高层的交换机。

根据交换机工作的协议层次，将交换机划分为：二层交换机、三层交换机和多层多业务交换机，简单回顾一下交换机的发展历程。

交换机前身：集线器

说到交换机，不得不先说一下和交换机外观非常类似的集线器。

集线器 (Hub) 工作于 OSI (开放系统互联参考模型) 参考模型第一层，即“物理层”，其主要功能是对接收到的信号进行再生整形放大，以扩大网络的传输距离，同时把所有节点集中在以它为中心的节点上。



由于集线器收到报文会向所有端口转发，同时只能传输一个数据帧，通过集线器相连的所有主机处于同一个冲突域中，因此，当有多台主机同时发送数据报文时，大量的冲突将导致性能显著下降，这也意味着集线器所有端口都要共享同一带宽，以集线器为核心构建的网络是共享式以太网的典型代表。

严格来说，集线器不属于狭义上的交换机范畴，但由于集线器在网络发展初期具有举足轻重的作用，在很长时间内占据着目前接入交换机的应用位置，因此往往也被看成是（第）一层交换机。

典型产品有：3COM 3C16410 集线器、Cisco 1538 集线器。

二层交换机

交换机是在多端口网桥的基础上逐步发展起来的，Kalpana 公司在 1989 年发明了第一台以太网交换机，EtherSwitch EPS-700，对外提供 7 个固定端口。

最初的交换机是完全符合 OSI 定义的层次模型的，也就是说工作在 OSI 模型的第二层（数据链路层），因此也被称为二层交换机。二层交换机识别数据帧中的 MAC 地址信息，主要根据 MAC 地址选择转发端口，算法相对简单，便于 ASIC 实现，因此转发性能极高。交换机的出现，解决了集线器的冲突域问题，使得以太网从“共享式”步入了“交换式”时代，大大提高了局域网的性能。

典型产品：Cisco 2960 系列交换机、Huawei 5700-LI 系列交换机。

三层交换机

在引入 VLAN 之前，交换机只能隔离冲突域，而不能分割广播域。然而在 TCP/IP 协议栈进行通信时，广播或组播类型的协议报文会被广泛使用，如 ARP/RIP/DHCP 等。如果整个网络只有一个广播域，一旦发出广播报文，就会传遍整个网络，这样不仅会影响到网络带宽，而且还会对网络中的主机带来额外的负担。

随着时间的推移，网络由最初的军事、科研用途逐渐融入人们的日常生活，网络用户数急速提升，广播域带来的问题愈发明显。虽然 VLAN 在交换机上能够实现广播域的隔离，但 VLAN 之间的转发还是要通过路由器来完成。相对于交换机而言，路由器不仅价格昂贵，而且性能较差，无法满足大量用户对大带宽的需求，人们呼唤能工作在 ISO 模型第三层的交换机，在满足客户需求的同时继续保持“高性能、低成本”的传统优势。

三层交换机的发展经历了一个小插曲。由于早期的 ASIC 芯片无法独立完成三层转发的完整功能，2002 年左右出现的“三层交换机”采用了广为流传的“一次路由多次交换”技术，逻辑上可以看成在原有二层交换机之上“扣了一个三层的帽子”，因此对外表现为“弱三层、强二层”的特点。但随着芯片技术的发展，很快 ASIC 就支持了硬件路由查找功能，真正实现了全硬件三层转发的交换机，因此最终“三层交换机”只是昙花一现，很快被全硬件三层转发的交换机所取代。为了避免与前期的“三层交换机”相混淆，支持全硬件三层转发的交换机往往也称为路由交换机。

典型产品：Cisco 3750-X 系列交换机、Huawei 5700-EI 系列交换机。

多业务交换机

近年来，尤其是万兆以太网出现后，语音、视频、游戏等高带宽业务逐步开始普及，这些业务的开展和部署对网络设备的要求已经不仅仅是完成数据的连通性，还提出了一些新的需求，比如安全性、可靠性、QoS 等。同时为了降低组网成本，简化管理维护，网络设备的功能出现了融合的趋势，这就催生了交换机支持多层转发，融合增值业务的能力。

由于 ASIC 芯片能力的限制，当前的多业务交换机采用了基本二、三层业务“叠加”上层增值业务的混合模型，在组网应用时对外呈现为多台物理设备，本质上是多台设备安装在同一机框内，没有实现真正的融合。因此，这种混合模型的多业务交换机距离客户心目中期望的真正多业务交换机还有一定差距。

典型产品：Cisco 6500 系列交换机、Huawei S9700 系列交换机。其中 Huawei S9700 交换机采用全分布式硬件转发架构，单机交换容量最大可达 18.56Tbps，

最大支持 12 个业务槽位，支持防火墙/NAT、负载均衡、无线 AC、IPSec VPN 等多种增值业务能力。

为了便于对比，我们把上面几代产品简单列表如下：

阶段	产品	典型产品	转发硬件	应用场景
第一代	集线器	3Com 3C16410 集线器 Cisco 1538 集线器	ASIC	共享式局域网
第二代	二层交换机	Cisco 2960 系列交换机 Huawei S5700-LI 系列交换机	ASIC	小型局域网
第三代	三层交换机	Cisco 3750X 系列交换机 Huawei S5700-EI 系列交换机	ASIC	中小型局域网
第四代	叠加型多业务交换机	Cisco 6500 系列交换机 Huawei 9700 系列交换机	ASIC+ 多核 CPU 混合模型	各美园区网 城域网

面向未来网络，第五代交换机呼之欲出

近几年来，云计算、BYOD 移动办公、SDN、物联网、视频以及大数据等新概念层出不穷，引发了对高密度、高性能、更灵活、更大规模以太网的需求，由此引发了新一轮以太网交换技术的革命性增长。

总体来说，新业务环境对以太网交换机的期望集中在以下几个方面：

全可编程能力

业务灵活性是当前交换机面临的巨大挑战。为了增加交换机的业务灵活性，厂商往往采用可编程 ASIC 技术实现多业务能力，但可编程 ASIC 仅具备部分可编程能力，如自定义报文解析，带来的业务灵活性非常有限，无法完全满足快速多变的业务需求。因此未来的交换机必须具备完全可编程能力才能满足快速变化的业务需求。用户通过升级软件的方式即可支持新业务，而无需更换硬件，保护客户的前期投资。

此外，为了达到简化管理、流量优化、快速部署的目的，SDN 也正以不可阻挡之势冲击着现有网络架构，除了当前的 Openflow1.3 标准，各厂商也都在推出自己的 SDN 标准。SDN 本身也要求下一代交换机必须具备完全可编程能力，确保网络能够平滑向 SDN 演进。

高度“一体化”

从最早的交换、路由功能融合，到运营商的 Triple-Play 三网合一（语音、数据、数字电视），再到数据中心的三网合一（计算、存储、通信），网络功能的融合一直是个大趋势，而这背后的推动力都是为了降低组网成本，简化管理维护。

以园区应用为例，WLAN 及 BYOD 的快速发展使得无线用户迅猛增加，而目前无线用户的接入和管理分别是由不同的设备来完成的，这给 IT 管理和维护人员带来了很大负担，因此迫切要求第五代交换机能够实现无线有线的融合，支持有线用户、无线用户的统一接入和统一策略。另外，随着网络全面步入“以用户为中心”的时代，精细化用户管理也已成为园区网络中不可或缺的一部分。虽然独立 BRAS 设备在功能上能满足园区需求，但其不菲的价格阻碍了在园区网的应用，因此交换机融合 BRAS 功能也将是一个趋势。

超大硬件表项资源

到 2015 年，连接到 Internet 上的终端将达到 33 亿，其中 70%以上是物联网应用，而随着物联网 One M2M 标准组织的建立，IPv6 应用将进一步在能源、电力、交通等行业扩张。物联网带来了无限连接需求，要求网络设备必须具备更大的表项规格，以适应网络 5-10 年的扩张能力。

强大的 QoS 能力

如何保证网络应用端到端的 QoS 一直是交换机面临的重大挑战。

进入富媒体时代后，网络上承载着大量的实时视频类业务，不仅需要较大的网络带宽，而且对网络的时延和丢包率有着很高的要求。而 IP 网络的一个重要特点就是流量的不确定性和突发性，为了避免大量丢包引入的时延和额外带宽开销，要求网络设备具备一定的吸纳突发的能力和精细化的队列调度能力。

此外，网络级 QoS 检测和呈现一直是 IP 网络的一个难点。在新部署业务时，用户要能够准确判断当前网络是否满足需求；由于网络质量是动态的，在业务运行期间，用户还需要及时感知到网络质量的变化情况，并及时做出响应，如切换到备份链路。

在过去的二十多年中，以 ASIC 芯片为核心的传统交换机凭借着“高性能、低成本”等优势已成为应用最为广泛的网络设备，然而在面对云计算、BYOD 移动办公、SDN、物联网以及大数据带来的变化和挑战时，ASIC 芯片灵活性差的缺点使得传统交换机难当重任，继续在 ASIC 平台上采用混合模型修修补补也无法延续交换机昔日的辉煌，只有通过变革与创新才能保持交换机的竞争力。要实现交换技术在上述几点的突破，就必须对交换机底层架构进行革命性提升，我们将其定义为第五代交换机。