

IPv4/IPv6 升级改造途径探究

朱立科

(青岛远洋船员职业学院数字信息中心, 山东 青岛 266427)

摘 要:近年来, 国家工信部、国资委多次发文要求中央企业带头推进 IPv6 升级改造工作, 用 5 到 10 年的时间形成下一代互联网自主技术体系和产业生态, 建成全球最大规模的 IPv6 商业网络。本文融合了双栈技术和地址转换技术对某央企院校校园网进行了 IPv4/IPv6 升级改造, 实现了 IPv4/IPv6 无感知互访。通过使用双栈技术, 成功完成了学院网站群的 IPv6 改造, 实现了校内、校外用户在纯 IPv6 网络环境下与 IPv4/IPv6 双栈网络环境下, 对学院门户网站以及所有子网站的访问; 通过使用地址转换技术, 成功实现了外网用户在纯 IPv6 网络环境下与 IPv4/IPv6 双栈网络环境下, 对于校内业务系统等的访问要求, 以最小的花费, 实现了校内业务系统为 IPv6 网络用户提供服务的功能。

关键词: IPv4; IPv6; 双栈技术; 地址转换技术

中图分类号: TP311

文献标识码: A

引言

随着移动互联网、物联网、工业 4.0 等新兴产业迅速发展, 接入网络的终端数量呈指数级增长, 从传统的 PC、手机, 到未来无处不在的物联网终端, 都需要通过 IP 地址接入互联网。目前 IPv4 地址已经全部分配完毕, 地址紧缺的问题十分严峻。同时, IPv4 网络设计缺陷所造成的传输效率和安全性也已经跟不上各种互联网接入的需求。为解决上述问题, IPv6 顺势而生。首先, IPv6 具有更大的地址空间。IPv4 中最大地址个数为 2 的 32 次方, 而 IPv6 最大地址个数为 2 的 128 次方, 相当于地球上每一平方米都可以有 10 的 26 次方个地址。其次, IPv6 传输效率更高。IPv6 的路由表更小, 提高了路由器转发数据包的速度, 通过更有效地处理数据包来简化和加速数据传输, 消除了检查数据包完整性的需要, 从而节省了移动数据所花费的宝贵的路由器时间。同时, IPv6 具有更高的安全性。在 IPv6 网络中, 用户可以对网络层的数据进行加密并对 IP 报文进行校验, 极大地增强了网络安全。

截止到 2020 年 12 月, 全球 IPv6 用户数达到 12 亿以上, 西欧、美国和南亚地区 IPv6 普

及率较高, 比利时普及率高达 55.98%, 美国为 35.57%, 印度为 48.7%。我国目前普及率为 7%。虽然普及率较低, 但我国在技术研发、网络建设和应用创新方面均已取得重要阶段性成果, 已具备大规模部署的基础和条件。近年来, 国家工信部、国资委多次发文要求中央企业带头推进 IPv6 升级改造工作, 用 5 到 10 年的时间形成下一代互联网自主技术体系和产业生态, 建成全球最大规模的 IPv6 商业网络。基础运营商已全面支持 IPv6 接入能力, 可以根据互联网业务诉求申请 IPv6 公网地址、DNS AAAA 注册等。本文以某央企院校校园网为例, 探讨 IPv4/IPv6 升级改造途径。

1 校园网 IPv4/IPv6 升级改造目标

该校校园网属于典型的传统 IPv4 网络, 绝大多数设备、终端和信息系统等均只支持 IPv4 协议, 只有一台防火墙具有 IPv4/IPv6 转换模块。为适应网络世界的发展, 必须要对原有网络进行 IPv6 升级改造。本次 IPv6 升级改造需实现以下三个目标:

(1) 校园网内网用户可以访问互联网上基于 IPv6 的资源;

(2) 校外 IPv6 用户可以访问学院门户网站

收稿日期: 2022-04-02

作者简介: 朱立科 (1975—), 男, 硕士, 高级工程师

群及主要的信息系统（如企业微信、教学系统、学习平台等）；

（3）实现 IPv4 与 IPv6 双栈并行访问方式。

2 IPv4 到 IPv6 升级改造技术分析

从 IPv4 到 IPv6 升级改造主流技术主要涉及三类：IPv4 到 IPv6 地址转换技术、IPv4 到 IPv6 全双工双栈技术、IPv4 到 IPv6 隧道技术。

2.1 IPv4 到 IPv6 地址转换技术

采用 IPv4 到 IPv6 地址转换技术需要原有校园网络建设成熟稳定，且所有校园网络三层设备均为 IPv4 设备。采用该技术实现从 IPv4 到 IPv6 网络改造，需要在校园网出口路由器部署 IPv6 地址和静态路由，在防火墙配置 IPv4 到 IPv6 地址转换设备，校园网内部的 IPv4 网络配置不变。当校外的用户通过 IPv6 网络请求访问校内业务系统时，其 IPv6 网络的请求信息在校园网防火墙设备转换为对应校内业务系统的 IPv4 的请求报文。这时的用户请求可以直接访问校内基于 IPv4 地址的业务系统服务器。IPv4 到 IPv6 地址转换原理如图 1 所示：

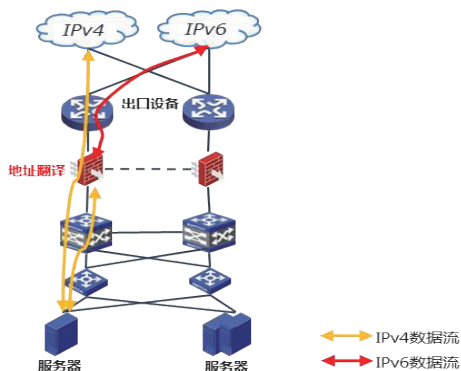


图 1 IPv4 到 IPv6 地址转换技术原理图

地址转换技术优点是改动最小，内部服务器无需切换为 IPv6，适合迅速切换业务，开销小，管理简单；缺点是破坏了 Internet 节点的对等性、溯源困难、需应用协议关联等。防火墙成为业务瓶颈，不利于开展大规模业务。

2.2 IPv4 到 IPv6 隧道技术

采用 IPv4 到 IPv6 隧道技术同样需要原有校园网络建设成熟稳定，且所有校园网络三层设备均为 IPv4 设备。采用该技术实现校外 IPv6 网络用户访问校内业务系统，需要在校内网络边界处新增 1 台 IPv6 出口路由器。新增的 IPv6 出口路由器与学校数据中心原有 IPv4 核心交换机相连

接，校内原有网络部署不变。隧道技术原理如图 2 所示：

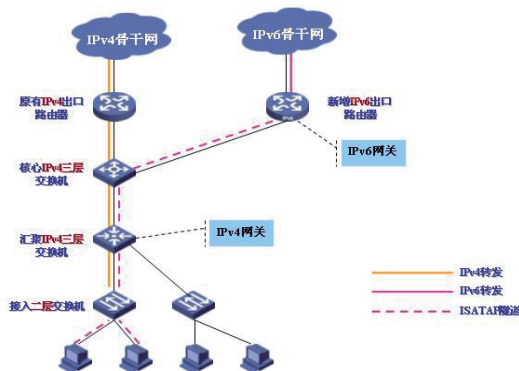


图 2 IPv4 到 IPv6 隧道技术原理图

隧道技术的优点是原有网络拓扑和路由由几乎无需调整，客户端只要简单设置即可访问全球 IPv6 资源；缺点是隧道技术属于过渡技术，不是最终的理想方案，隧道两端点设备需要额外的系统开销。

2.3 IPv4 到 IPv6 全双工双栈技术

基于 IPv4 到 IPv6 全双工双栈技术的 IPv6 升级改造，需要所有校园网络三层设备均为 IPv4/IPv6 双栈设备；同时还要求在校网出口路由器部署 IPv6 地址和 EBGp4+ 路由协议（可扩展的多种网络层协议，它规定了多种网络层协议对 IPv6 协议的支持）发布 IPv6 公网路由，校内网络设备、安全设备均具备双栈功能。

校园网中部署 IPv6/IPv4 双栈网络原理如图 3 所示。其中 IPv6 网络部分与原有网络 IPv4 部分融合，这样对于学校外部网络的双栈用户可以同时访问 IPv6 和 IPv4 服务器。对于双栈终端，IPv4 网关和 IPv6 网关均部署在汇聚 3 层交换机上，网络内所有三层设备均是双栈设备，既运行 IPv4 路由协议也运行 IPv6 路由协议。不同协议的数据转发路径可能一致，也可以不同。

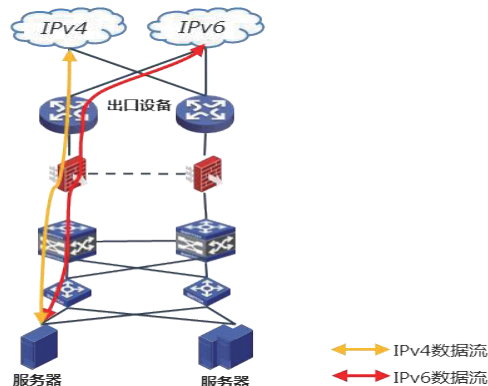


图 3 IPv4 到 IPv6 全双工双栈技术原理图

双栈模式的优点是不必为不同类型的用户单独部署网络配置, 开销小, 管理简单, IPv4 和 IPv6 的逻辑界面清晰, 单独新建 IPv6 组网的模式, 对原有业务不会产生影响; 缺点是由于校园网原有网络都是 IPv4 网络, 要建设全双栈网络, 需要对原有网络承载能力进行评估, IPv6 对于设备的转发表项需求更大, 需要预留充分的余量来支撑 IPv6 业务。

3 校园网 IPv4 到 IPv6 改造方案

经综合分析三类主流技术的优缺点, 并结合学院实际, 本次升级改造采用了 IPv4/IPv6 双栈技术和地址转换技术的混合设计方案, 确保 IPv4 网络结构不变, 通过配置操作系统、中间件、信息系统以及路由设备的策略, 在基于 IPv4 的骨干网络中增加对于 IPv6 的支持, 从而形成 IPv4 与 IPv6 共存的网络结构; 然后逐渐消除 IPv4 网络, 最后形成完整、纯粹的 IPv6 网络。

3.1 校园网内私有 IPv4 地址的终端设备 (PC, 移动设备等) 使用互联网上 IPv6 信息资源的问题解决方案

解决这一问题主要是开通终端的 IPv6 访问功能; 配置好出口设备的 IPv6 路由; 将核心交换机、防火墙以及 DNS 域名解析系统等配置相关的 IPv6 策略。

3.2 基于私有 IPv4 开发的信息系统提供 IPv6 服务的问题解决方案

这类情况主要涉及校园网网站和货代考试系统。这两个系统的 IPv6 升级改造方案基本一致, 采用公有 IPv6 地址私有化技术处理。即在过渡期内为每一个私有 IPv4 地址分配一个与之相对应的私有 IPv6 地址。该私有 IPv6 地址具有如下特性: 与公有 IPv6 地址完全相同、从外网访问该地不能直接访问、需防火墙上配置私有 IPv6 与公网 IPv6 同名 (同地址) 映射, 从而实现过渡时期内网与外网 IPv6 地址同名不同质、IPv4 业务与 IPv6 业务并行运行的功能。同时还要对业务内部和中间件进行改造。对中间件进行策略配置以及业务系统翻译改造, 内部无需大的调整, 只需对代码调用逻辑中涉及的源 IP 地址进行部分改造。内部服务器、操作系统、中间件、程序代码调用逻辑等全部改造为双栈, 业务代码中涉及 IP 地址请求的代码调用, 修改为域名调

用。通过该技术实现了过渡期内 IPv4 与 IPv6 共同运行, 在未来条件成熟时, 去掉局域网的边界, 形成墙内墙外 IPv6 地址的统一, 消除内网私有 IPv6。

3.3 DNS 服务器改造方案

增加 AAAA 解析记录, 完成域名和 IPv6 地址映射; DNS 域名服务器配置 IPv6 地址, 接受 IPv6 协议的 DNS 请求。

利用上述方案实现了学校校园网 VLAN 161—165 网段、服务器区域 VLAN 10 网段的 IPv6 改造。在学院内部网络启用了 IPv6 的 DNS 服务器功能, 实现了学院客户端网络的 IPv6 访问需求; 同时在服务器端部署网端达 IPv6 协议转换平台, 将内部的网站服务器实现 IPv6 的协议转换, 实现现有服务器从 IPv4 到 IPv6 的平滑过渡, 提供了学院对外门户网站等门户系统的 IPv6 访问功能。该方案的业务并行访问解析过程如图 4 所示。

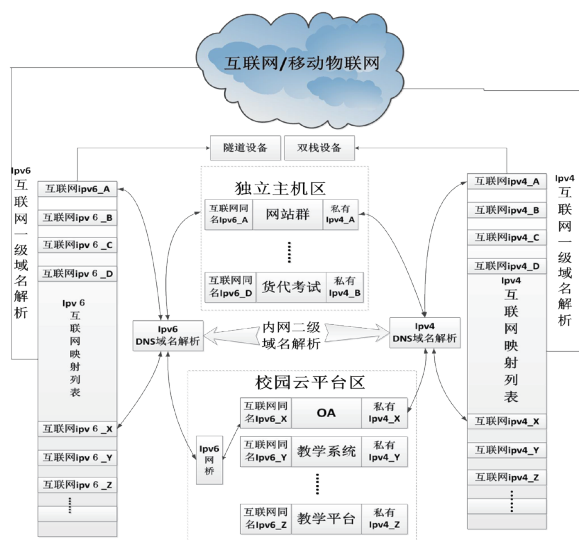


图 4 IPv4/IPv6 业务并行访问解析图

4 成果及经验总结

本次校园网升级改造有机融合了双栈技术和地址转换技术。通过使用双栈技术, 成功完成了学院网站群的 IPv6 改造, 实现了校内、校外用户在纯 IPv6 网络环境下与 IPv4/IPv6 双栈网络环境下, 对学院门户网站以及所有子网站的访问; 通过使用地址转换技术, 成功实现了外网用户在纯 IPv6 网络环境下与 IPv4/IPv6 双栈网络环境下, 对于校内业务系统等的访问要求, 以最小的花费, 实现了校内业务系统为 IPv6 网络用户提供服

的功能。

通过本次校园网 IPv6 升级改造, 实现了 IPv4/IPv6 无感知互访, 对 IPv6 的部署有了初步体验, 取得了宝贵的 IPv6 改造经验, 为其他高校校园网 IPv6 网络建设提供了镜鉴。

参考文献:

[1] 杜红林. IPv6 双栈技术在校园网中过渡设计

与实现——以贵州师范大学校园网为例 [J]. 信息技术与信息化, 2019, (5): 97 — 100.

[2] 李勇. IPv6 校园网过渡技术在模拟器中的设计与实现 [J]. 曲靖师范学院学报, 2018, (6): 53 — 55.

[3] 常伟鹏, 袁泉. 校园网由 IPv4 到 IPv6 的过渡技术浅析 [J]. 中国管理信息化, 2019, (22): 160 — 162.

IPv4 / IPv6 Upgrading Method Exploration

ZHU Li—ke

(Digital Information Center, Qingdao Ocean Shipping Mariners College, Qingdao266427, China)

Abstract: In recent years, the Ministry of Industry and Information Technology and the State-owned Assets Supervision and Administration Commission have repeatedly issued documents requiring central enterprises to take the lead in promoting the upgrading of IPv6 work, to form the next generation of Internet independent technology system and industrial ecology in 5 to 10 years, and to build the world's largest IPv6 commercial network. This paper integrates the dual-stack technology and the address conversion technology to upgrade the IPv4 / IPv6 campus network belonging to a central enterprise, and realizes the IPv4 / IPv6 unperceived mutual visits. By using dual-stack technology, successfully complete the IPv6 transformation, off-campus users have access to IPv4 / IPv6, through the address conversion technology, and successfully realize the access requirements in pure IPv6 network environment and IPv4 / IPv6, with the minimum cost of campus service system for IPv6 network users.

Key words: IPv4; IPv6; double-stack technology; address conversion technology.