

# 高校校园网 IPv6 升级改造的探索与实践 ——以广东创新科技职业学院为例

李峰易帅

(广东创新科技职业学院 广东东莞 523960)

**【摘要】** 随着当前线上教学的蓬勃发展,传统的 IPv4 网络的不足渐渐凸显。各地高校已经开始结合实际情况,积极践行校园网升级改造工作。2019年9月,广东省教育厅发布了《全省教育系统加快推进 IPv6 部署实施意见》,强调高校校园网 IPv6 升级改造的重要性。广东创新科技职业学院以此文件精神为契机,积极地全面推进校园网 IPv6 升级改造工作。本文以广东创新科技职业学院的网络升级改造为例,主要从“IPv6 网络发展的背景”“IPv6 协议的基本概念”“高校校园网 IPv6 升级改造的技术思路”以及“高校校园网 IPv6 升级改造要注意的问题”几个方面展开论述,借此分享 IPv6 升级改造相关经验。

**【关键词】** 高职院校;校园网;IPv6;升级改造

DOI: 10.18686/jyfyzy.v3i2.35215

## 1 IPv6 网络发展的背景

### 1.1 IPv4 地址的枯竭

随着当今互联网飞速发展,不断产生着许许多多新型的网络应用模式。而这些应用模式也在催化一场对传统网络的大变革。在此环境下,IPv4 逐渐无法适应新时代互联网需求。目前,像“IP 路由表膨胀”“地址空间枯竭”这些 IPv4 存在的典型问题已经日渐凸显。Internet 最初设计的全球 IPv4 地址总基数 43 亿个地址空间 ( $4.294 \times 10^9$  个)<sup>[1]</sup>,但由于各行各业对网络地址空间的需求越来越大,IPv4 地址枯竭问题日益严重<sup>[2]</sup>。2019年11月26日,全球 43 亿 IPv4 地址已经正式耗尽。导致 IPv4 地址枯竭的原因主要有以下几个方面。

第一,虚拟化的发展趋势。随着数据中心技术的不断发展,传统形式的数据中心正在发生着巨大的改变,虚拟化技术的出现也大大的提高了数据中心物理服务器的使用效率。虚拟化可以把物理设备虚拟成大量的虚拟机<sup>[3]</sup>,但由于每台虚拟机都变成了独立的个体,因此就需要配备不同的 IP 地址,这也大大增加 IP 地址的需求量。

第二,移动设备迅速扩充。随着移动互联网的普及和深入,各种各样的移动端智能设备,开始广泛应用于生产、生活领域。这其中,比较典型的是“智能手机”。智能手机已经成为 Internet 家族的主要成员之一,除此之外,还有平板电脑、网络机顶盒、智能家居等新兴电子产品的出现都加剧了 IP 地址的消耗速度,最终导致 IPv4 地址的枯竭。

第三,IPv4 的私有地址冲突。IPv4 中的私有地址虽然从一定程度上缓解了公用 IPv4 地址紧张的问题,但是从大的范围来看,还是无法避免 IPv4 的私有地址冲突问题。

第四,IPv4 地址使用效率低。在 20 世纪 70 年代初期,在互联网及 IPv4 诞生之时,IPv4 地址就被作为重要的战略资源进行储备,比如美国的一些知名的大学和

科研院所在那个时期获取了大量 IPv4 地址,但他们实际的需求量并不大。也就是说,虽然这些单位拥有大量 IP 地址,但他们根本用不到这些 IP 地址,或者说他们使用效率比较低。这不仅会造成资源浪费,还加速了 IPv4 地址枯竭。

除此之外,随着互联网的不断发展,IPv4 在使用的过程当中也产生了很多的网络安全问题,这些问题也使得互联网用户的网络安全风险日趋升高,对互联网未来的发展也造成了阻碍。

近年来,在国家的信息化会议、网络安全会议上,领导人也多次提出“网络强国”的思想,指出“网络强国”的重要性。当前,面对 IPv4 地址已接近枯竭的现状,如何大力普及、科学运用 IPv6 技术服务大众群体,逐渐成为国家网络发展进程中的重要问题。

### 1.2 国家从战略高度推进 IPv6 部署

2017年11月,国务院办公厅、中共中央办公厅联合发布《推进互联网协议第六版(IPv6)规模部署行动计划》,对我国未来网络信息技术的发展做出了要求和指示。在这之后,教育部根据国务院的指示精神发布了《推进互联网协议第六版(IPv6)规模部署行动计划》,对高等院校部署 IPv6 相关工作进行了更为详细的指引,明确指出高等院校要做好互联网协议第 6 版,即 IPv6 相关部署工作,有效推动了高等院校 IPv6 相关工作的执行。现阶段,从全国范围来看,有一部分高等院校已经基本实现 IPv6 向全校普及,并达到 IPv6 升级改造的条件,还有一部分高等院校还没有达到 IPv6 升级改造的基础条件或者在校园网部分关键系统中优先实现 IPv6 的升级改造。

## 2 IPv6 协议的基本概念

### 2.1 IPv6 的地址格式

IPv6 在二进制下的地址长度是 128 位,以 16 位作为

一个小组，一般用冒号“:”来分隔，总共是8组。这其中，每组也可以由4位十六进制数来表示，比如2001:0DA8:C0A2:0110:04C0:FD02:5B10:1009。

## 2.2 IPv6 的报文结构

当前，IPv6的报文主要由两个部分构成，分别是“负载”和“头部”。包头包含：通信类别、协议版本、负载长度、流标记、跳段数限制、下一报头、目的地址、源地址。

## 2.3 特殊的 IPv6 地址

在 IPv6 地址中，有一些地址具有特殊功能或用途，这里列举几个具有代表性的特殊地址：

(1) 回环地址，它的表示方法是0:0:0:0:0:0:0:1，或者::1，它与 IPv4 地址中的 127.0.0.1 这个地址的使用方法相似。

(2) 未指定地址，它的表示方法是0:0:0:0:0:0:0:0，或者::，这个地址最大的特点是在配置 IPv6 的缺省路由时可以使用。

(3) 链路本地地址，FE80::/64，链路本地地址的引入是 IPv6 地址的一个非常方便的地方，它可以在节点未配置全球单播地址的前提下，仍然互相通信。

(4) 私有 IP 地址，FD00::/8，使用方法与 IPv4 中的私有地址相似。

(5) 组播地址，FF00::/8，在 IPv6 中不存在广播报文，部分广播的应用使用组播来实现，广播本身就是组播的一种应用<sup>[4]</sup>。

## 3 高校校园网 IPv6 升级改造的技术思路

### 3.1 常用的 IPv6 技术简介

整体上来说，从 IPv4 升级到 IPv6，可以使高校校园网得到很好地改善。这一点主要体现在两个方面：一方面是解决“网络安全性问题”，另一方面是解决“IP 地址数量不足问题”。那么，如何将 IPv4 升级成 IPv6？从学校目前网络的实际情况来看，“网络升级技术方案”主要有两种，下面将分别对这两种方法进行介绍。

第一，IPv4/IPv6 双协议栈技术。

在双栈技术对网络进行改造时，主要是采取让硬件设备、软件设备同时运行 IPv4、IPv6 协议栈，并同时处理 IPv4、IPv6 的数据包，支持 IPv4、IPv6 同时访问。由于硬件设备、软件设备的改造程度不同，可以分为2种实施思路：

思路1，局部升级，出口边界进行 IPv4 和 IPv6 的转换。

在这种实施思路下，需要扩充一个支持 IPv6 NAT 设备或者在出口设备上增加 IPv6 的 NAT 转换功能，然后通过运营商，接入 IPv6 出口。这样一来，就可以增加 IPv6 地址的域名解析。在 NAT 设备位置，把网站 IPv4 地址换成 IPv6 地址，NAT 设备可以把访问业务系统的 IPv6 报文换成 IPv4 报文。NAT 设备和内网的 IP 终端（主

要包括 PC 和服务器等）只采用“IPv4 地址”，在支持 IPv6 的 NAT 设备或是出口网关设备上运行 IPv4、IPv6 双栈。总体来说，这项技术改造，最主要还是需要用到 NAT64 跟 DNS64。至于其它业务系统、安全设备、网络设备等等，不需要进行太多调整，这种做法更多的运用到。采用这种思路进行改造具有以下优势及不足，优势在于：

(1) 经济性。以最低的代价实现网络出口升级以满足需求，降低升级改造的成本，适合于网络新旧设备数量较多的情况。

(2) 操作简便性。在对校园网内用户“无感”的情况下，完成对校园网的 IPv6 升级改造，降低用户因网络升级而产生的系统操作难度。

不足在于：在重要的硬件需要升级为 IPv6 平台时，需要在多处进行 IPv4 与 IPv6 的转换设置，使得操作复杂度增加。

思路2，全局升级，网络出口及其他网络设备和终端同步进行 IPv6 全面升级<sup>[5]</sup>。

在这种思路的基础上进行改造的话，创新学院首先需要通过运营商，接入 IPv6 出口，并且需要向运营商申请一个大的 IPv6 地址段，以及增加 IPv6 地址的域名解析。外网区域进行 IPv6 改造，学校可以对业务系统开启 IPv6 网关、防火墙对 IPv6 的支持以及开启 OSPFv3 协议，从而保证 IPv6 地址在内部的可达性。然后，在学校内部网络设备上，要配置 IPv6 地址，并且使用静态路由或者 RIPng 协议进行 IPv6 全网路由的动态更新，最终实现 IPv6 主干网全覆盖。这项技术改造就完全符合 IPv6 网络架构，学校也不需要业务负载均衡设备、网络出口设备上进行 IPv4、IPv6 转换<sup>[6]</sup>。需要注意的是，学校在进行全外网改造之前，要对设备参数进行调研，判断其是否支持 IPv6 地址转发。采用这个思路改造同样也具有以下两点优势：

(1) 先进性。通过对校园网进行全局性的 IPv6 升级，可以使得使用校园的用户直接将 IP 网络终端升级为 IPv6，后面无需再做二次升级，提高了升级效率。这一点对于校园网内的一些重要的信息系统服务器来说尤为重要。

(2) 对于网络管理人员来讲，不再需要对 IPv4 和 IPv6 协议之间的转换做更多的设置，也提高了管理的效率。

不足在于：

(1) 采用这种思路进行实施，对全网中使用的网络设备要求必须都要支持 IPv6，这对于不能支持 IPv6 的老旧设备较多单位来讲，更换设备无疑会增加一笔大的成本。

(2) 对于网络管理人员来讲，全局升级 IPv6 意味着所有用户都将不得不在自己使用的 IP 终端上启用 IPv6 协议，且 IPv6 地址本身的复杂度相比于 IPv4 也增加了不少，如何制定 IPv6 地址分发策略将是摆在面前的一个难题。

第二, 网络地址转换 / 协议转换技术。

在网络地址转换 / 协议转换技术中, 广东创新科技职业学院的 IPv4 源站数据不需要进行修改。学校可以通过 DNS, 将 IPv6 用户的访问请求, 借助协议转换技术, 解析到 IPv6 地址上, 然后在 IPv4 源站读取数据, 通过协议转换, 再发送给 IPv6 用户。这项技术也可以理解为“云转换技术”。学校租用互联网公司的云转换服务后, 就可以实现这项技术<sup>[7]</sup>。使用网络地址转换 / 协议转换技术的优势是, 学校原有的网络设备、业务系统等, 都不需要进行特殊调整, 改造起来比较简单、快捷。这也将是未来 IPv6 应用场景的一种新思路。

### 3.2 技术方案

当前, 在我国范围内, “CERNET (中国教育科研网)” 是规模最大的 IPv6 主干网。为全面实现 IPv4 向 IPv6 的过渡升级, 广东创新科技职业学院现已经正式通过了教育科研网申请, 开始部署了其分配的 IPv6 地址。对应于前面提到的两种 IPv6 部署的技术思路, 就自然地产生了两种主要技术方案:

第一是“反向代理技术”。这项技术指的是在应用系统外部, 设置 1 台, 或者 2 台地址协议转换设备, 把 DNS 解析至设备 IPv6 地址<sup>[8]</sup>。这样一来, 即使学校原来的 IPv4 应用系统、网站不更改, 外网 IPv6 用户也可以通过转设备, 访问内部的 IPv4 资源。与此同时, 内网用户也可以通过转换设备, 访问外网的 IPv6 资源, 这种方式的中心可以理解为 4to 6 以及 6to 4 的转换。

第二种就是“双栈技术”<sup>[9]</sup>。这项技术可以对学校系统、设备、网站、服务器等, 进行全方面的升级改造, 可以支持 IPv4、IPv6 两个协议栈同时运行, 也可以支持 IPv4、IPv6 用户访问。

### 3.3 技术规程

考虑到学校硬件资源、师资团队等多方面现实因素, 创新学院对于 IPv6 升级改造工作, 可谓任重道远, 要循序渐进地部署、实施<sup>[10]</sup>。具体的操作要按照以下几个步骤来进行:

首先, 学校在获取到运营商的 IPv6 地址资源后, 在出口网络接入运营商的网络当中, 将申请到的 IPv6 地址, 设置在出口网关上。

其次, 与运营商进行技术上的沟通, 使得学校分配到的地址资源可以在运营商的城域网中正常进行使用, 这一点主要是在运营商的路由上来实现。与此同时, 在反方向上, 要在路由器、防火墙上使用 IPv6 协议, 为域名配置 IPv6 地址, 学校的其它网站、系统等都不需要改变, 最终使得添加到 IP 终端上的地址可以被正常的进行访问。

最后, 也是十分重要的一点, 对应在 IPv4 中使用的 A 记录和 PTR, 学校需要开启的是 IPv6 版的 A 记录和 PTR, 称为“AAAA 记录”以及“whois 记录”, 把访问请求解析至转换设备的 IPv6 地址。除此之外, 学校要密切关注国家相关部门发布的 IPv6 系列文件, 在国家正规

文件的指导下, 不断完善 IPv6 升级改造工作。

作为校园网的网络管理人员来讲, IPv6 在技术上是需要遵循上述的步骤去实施的, 而对于技术方案上的选择上则需要去结合学校目前的实际状况来确定, 在关键的信息系统上优先使用双栈技术去实现。对于建设时间较早的办公和教学区如遇到旧设备无法支持 IPv6 的情况, 则需要对这样的区域采取改造的可行性分析, 如果在成本上可以接受的范围内更换成可以支持 IPv6 的新设备的话, 那么可以考虑使用双栈技术方案实现; 否则就需要在上层性能更好的设备上配置“反向代理”用 6to 4 和 4to6 的转换方案来解决。

## 4 高校校园网 IPv6 升级改造要注意的问题

### 4.1 网络安全问题

对于校园网 IPv6 升级改造工作, 不仅要注重技术性问题, 更重视网络安全问题。在校园网为学生和老师带来诸多便利的同时, 网络安全风险也必须重视起来。为了更好地规避网络风险, 进一步保证校园网的安全性, 创新学院多措并举, 致力于从不同方面树立网络安全意识, 提升校园网络抗风险等级, 降低校园网络风险发生概率。具体来说, 网络安全防范可分为以下几个方面。

#### 4.1.1 以人为本, 树立网络安全防范意识

在进行 IPv6 升级改造工作过程中, 学校始终强调要牢固树立网络安全防范意识。具体来说, 一方面, 开展广泛的“线下宣传”。在校园中的走廊、宿舍楼、图书馆、食堂、楼梯间等场所, 以张贴网络安全宣传海报和滚动播放防骗宣传短片等方式, 对当前社会上惯用的“电信诈骗”“套路贷”“网络传销”等犯罪手法进行披露和展示, 让学生、教职工可以潜移默化之中受到触动, 深刻了解增强个人网络安全意识的重要性。此外, 学院还充分发挥了学生的主体作用, 广泛征集学生的创意海报, 让学生自主成为校园网络安全宣传中的一份子; 定期配合国家网络安全宣传周活动, 举办网络安全知识竞赛活动, 通过比赛调动学生参与学习网络安全知识的积极性。另一方面, 在 IPv6 升级改造工作中, 学校开展了全面的“线上宣传”。通过在学校官方网站、微信公众号、今日头条、抖音、快手短视频等新媒体平台, 让学生、教职工只要打开手机, 就能了解专业的网络安全防范技巧。

#### 4.1.2 制定完善网络安全规章制度

在 IPv6 升级改造工作中, 创新学院强调从制度入手, 以制度化模式, 加强网络安全防范相关工作。具体来说主要体现在两个方面。一是在 IPv6 升级改造工作中, 学校制定了《广东创新科技职业学院信息安全应急预案》《广东创新科技职业学院实名制上网管理办法》等相关制度文件。这样一来, 无论是学生, 还是教职工, 都可以从制度入手, 科学、规范地处理网络风险; 二是在 IPv6 升级改造工作中, 学校不仅要制定一系列标准



化制度, 还要严格监督制度的执行情况。为了促进制度落实到位, 创新学院特别设置了“网络安全防范监督机制”。对于网络安全管理中发现的新问题, 以及网络安全管理的整改进度, 管理者要及时跟进, 用行动落实监督管理行为、管理结果, 这也是学院不断倡导的一种校园文化; 此外, 在 IPv6 升级改造工作中, 创新学院强调从管理上进行优化、升级, 要求安全管理要“责任到人”。明确“谁来做、谁负责、谁监督、谁反馈”。在“责任到人”的管理模式下, 在出现突发状况时, 可以迅速找到解决问题的责任人, 追溯问题根源。对于忽视网络安全的个人和集体, 将给予问责和追责, 以督促相关部门、相关工作人员, 改进网络使用方法, 科学使用校园网, 共同维护校园网的健康环境。

#### 4.2 提高校园网用户在升级改造中的参与度

校园网的 IPv6 升级改造可以说是一件十分艰巨的任务, 这其中, 不单单是网络技术人员任务, 更是关系到使用校园网的每一个用户的事。因此, 如何去调动校园网的用户共同参与到升级改造当中也是一个十分关键的因素。

##### 4.2.1 提高师生对升级改造工作的参与度

从使用者层面, 对于 IPv6 升级改造工作, 学院强调要优化 IPv6 升级改造流程, 提升 IPv6 升级改造效率。具体来说, 第一, 在 IPv6 升级改造工作中, 学校从顶层设计入手, 除了网络技术人员参与落实 IPv6 升级改造工作外, 广大师生群体作为每一个校园网的用户个体, 亦要参与到学习使用新的 IPv6 网络。在制定“IPv6 升级改造方案”时, 可以邀请教职工和学生代表参与讨论, 让他们以使用者的角度, 为 IPv6 升级改造相关工作献计献策, 这样使得在改造过程中可以发现存在的问题, 在用户使用的磨合期中不断提升 IPv6 升级质量。第二, 在 IPv6 升级改造工作中, 学院要通过这个契机, 进一步完善教师队伍建设。比如, 学校可以定期组织“网络技术培训”“网络安全培训”等活动, 让教师和学生通过这些

学习活动, 全面提高自身网络素养。这不仅有利于学校 IPv6 升级改造工作, 还会促进教师信息化教学, 推动高校教育教学改革。

##### 4.2.2 学校对于升级改造工作的支持

从学校层面来分析, 对于 IPv6 升级改造工作是一件十分艰巨的任务, 要立足学院长远发展。具体来说, 一方面, 在 IPv6 升级改造工作中, 要在顶层设计上体现出学校对于 IPv6 网络基础设施规划上的前瞻性。无论是硬件准备, 还是人才配备, 学校要始终站在前端, 为升级改造整体工作把握好方向, 做好全盘部署; 另一方面, 在 IPv6 升级改造工作中, 学院亦要充分发挥真抓实干的开拓精神。要想推动 IPv6 升级改造相关工作, 立足于需求为先, 一切改造工作都紧扣需求来进行。比如在硬件准备方面, 学校要成立专门的调研小组, 在此过程中可以借鉴其它院校的 IPv6 升级改造硬件情况, 并结合学校自身条件, 制定出整体性的“IPv6 升级改造硬件部署计划”。然后, 让具体负责的部门、工作人员, 可以根据整体性计划, 进行合理分解, 一步步落实下去。这样一来, IPv6 升级改造工作就可以有条不紊地进行。

## 5 结语

在现如今新技术发展突飞猛进的时代里, 网络技术的更新也需紧跟时代的步伐。大数据、云计算、物联网、区块链等新应用的飞速发展也决定了传统网络的升级改造是势在必行的。IPv6 是当今互联网发展大趋势, 但从 IPv4 到 IPv6, 仍然要经历一个过程。在这个过程中, 广东创新科技职业学院既要有 IPv6 升级改造的魄力, 也要有 IPv6 升级改造的耐心, 才能循序渐进地实施各项具体工作。相信在创新人坚持不懈的努力下, 这项工作也一定可以取得一个不错的成效。

**作者简介:** 李峰 (1984.3—), 男, 辽宁阜新, 中级, 研究方向: 计算机应用及计算机网络技术。

## 【参考文献】

- [1] 崔勇, 吴建平. 下一代互联网与 IPv6 过渡 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2017 (12): 32-33.
- [2] 马莹, 侯国平, 张维理. 基于双栈技术的校园网络设计方法 [J]. 通信技术, 2017, 42 (10): 102-104.
- [3] 杨巧霞. IPv4/IPv6 过渡技术和方案分析 [J]. 计算机与通信, 2017 (10): 48-52.
- [4] 刘大伟, 陈亮, 丁琳琦. 华为 HCIE 路由交换学习指南 [J]. 人民邮电出版社, 2017 (8): 28-29.
- [5] 周军宏. 关于校园网 IPv6 升级的思考 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2019 (12): 67-69.
- [6] 刘清涛. IPv6 网络体系结构与网络改造 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2018 (10): 144-145.
- [7] 薄晓旭. 等保 2.0 正式实施网络等保进入主动防御时代 [J]. 中国航空报, 2020 (3535): 53-54.
- [8] 张珂. 网络安全等级保护测评中的网络及通信安全测评 [J]. 微型电脑应用, 2020 (1): 39-40.
- [9] 两高校“校园网 IPv6 技术升级”项目通过验收 [J]. 中国教育网络, 2012 (8): 7.
- [10] 尹文皓. 高校校园网 IPv6 升级改造分析与探索 [J]. 科学与信息化, 2018 (35): 138+140.