DOI：10.19789/j.1004-9398.2023.02.003
文献引用：孙光懿.国内院校IPv6应用生态建设路径研究[J].首都师范大学学报（自然科学版），2023，44（2）：11-14. SUN G Y. Research on the path of IPv6 application ecology construction in domestic universities[J]. Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition），2023，44（2）：11-14.

国内院校IPv6应用生态建设路径研究*

孙　光　懿**

（天津音乐学院网络安全和信息化办公室，天津　300171）

摘要：当前，国内高校IPv6规模部署工作虽已初现成效，但与西方发达国家高校相比，仍存在一定差距，尤其是在IPv6应用生态建设层面。本文基于国内高校在IPv6应用生态建设中普遍存在的问题，分别从管理、基础网络IPv6承载力、出口链路、网站和应用系统升级改造、安全防护体系建设、专技人才队伍建设和宣传推广等角度，就如何应对进行了分析与思考，并提出了应对之策。

关键词：IPv6；IPv6规模部署；IPv6应用生态建设
中图分类号：TP393　　**文献标识码**：A

Research on the path of IPv6 application ecology construction in domestic universities*

SUN Guangyi**

（Office of Network Security and Information，Tianjin Conservatory of Music，Tianjin　300171）

Abstract：At present，although the scale deployment of IPv6 in domestic colleges and universities has achieved initial results，there is still a certain gap compared with colleges and universities in western developed countries，especially at the level of IPv6 application ecological construction. Based on the common problems existing in the construction of IPv6 application ecology in domestic colleges and universities，from the perspectives of management，basic network IPv6 carrying capacity，export link，website and application system upgrading，security protection system construction，professional talent team construction，publicity and promotion，this paper analyzes and considers how to deal with them and puts forward solutions.

Keywords：IPv6；IPv6 scale deployment；IPv6 application ecology construction
CLC：TP393　　**DC**：A

0　引　言

下一代互联网IPv6不仅是互联网应用创新的基石，而且还是建设网络强国的必要举措。“十三五”以来，党和国家高度重视下一代互联网IPv6规模部署工作，先后印发实施了《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》《国家“十四五”规划纲要》《国家信息化发展战略纲要》《IPv6流量提升三年专项行动计划（2021—2023年）》等一系列指导性文件，上述文件都无一例外地把下一代互联网

收稿日期：2021-11-09
* 2021年度天津市教育科学规划课题“国内高校IPv6部署现状及对策研究”（HCE210340）
** 通信作者：84732197@qq.com

IPv6演进升级作为重点任务,且明确要求教育系统加快推进IPv6规模部署工作。当前,国内高校正掀起以下一代互联网IPv6规模部署为导向,大力建设教育新型基础设施的热潮,IPv6基础网络设施和应用系统升级改造方兴未艾。与此同时,一些制约IPv6健康有序发展的问题有待进一步解决。这需要以习近平总书记关于网络强国的重要论述为指导思想和根本遵循,坚持以人民为中心的发展思想,保持战略定力,聚焦薄弱环节、精准发力,着力弥补IPv6应用层面短板弱项,强化广大师生需求拉动作用,实现IPv6基础网络升级改造和相关应用协同演进,进而为"十四五"期间智慧校园建设提供坚实支撑。

1 建设IPv6应用生态的意义

国内高校是下一代互联网IPv6的先行者和实践者[1-3]。早在2011年,国内高校就依托科研、人才和创新力等优势,对下一代互联网IPv6展开了研究和部署[4]。迄今经过十余年的持续建设,当前国内多数高校IPv6基础路网铺设工作已圆满完成,实现了既定工作目标,即"通路"和"可用",其中通路指建成IPv6网络高速公路,可用指校园网用户可以正常使用IPv6网络。按照教育部统一部署,下一步国内高校将精准、科学有序推进IPv6规模部署工作走向深入,其工作思路也将转变为"通车""好用""爱用""全用"。通车指提高网站、APP、云端及各类应用系统对IPv6的支持度;好用指实现IPv6网络性能和服务能力与IPv4网络趋同或超越IPv4网络;全用指最终替代IPv4网络,实现校园网IPv6网络单栈部署。通车已成为今后国内高校IPv6规模部署工作的首要目标任务,可以预见未来几年是国内高校凝心聚力、攻坚克难,实现通车的关键阶段,各高校只有提高站位、找准定位和主动作为,切实建立起较为完善的校园IPv6应用生态,通车的目标任务才有可能被真正实现。

2 IPv6应用生态建设存在的问题

2.1 认识高度和实践深度不够

近年来,国内高校愈来愈意识到IPv6应用生态建设的重要性,从体制机制、政策体系和技术力量等方面给予了较多支持,但从学校整体角度,一方面对IPv6应用生态建设的认识高度和实践深度不够,还没有完全认识到IPv6应用生态建设对高校IPv6规模部署工作的重要提升作用,没有调动全校力量共同参与到IPv6应用生态建设中来,没有找到局部与全局,当前与未来的平衡点;另一方面在IPv6应用生态建设中没有形成"一盘棋"的全局思维,在规划建设和后续管理过程中相关部门仍存在各自为政的现象。

2.2 校园网IPv6基础网络承载力还有待提高

国内多数高校IPv6基础路网铺设工作虽圆满完成,但校园IPv6基础网络承载力还有待进一步提高[5-8]。待提高内容包括:(1)与校园IPv4网络相比,校园IPv6网络在响应时间、平均丢包率、速率、域名系统(domain name system,DNS)解析时延、首页响应时延、延积、网络视频播放卡顿率及链路稳定性等性能指标上还存在一定差距;(2)校园IPv6流量比例相比校园网用户数比例依旧偏低;(3)数据中心、云端以及终端设备对IPv6支持度不高;(4)相关支持IPv6的网络设备默认开启IPv6的比例不高;(5)高校自建DNS服务器对IPv6域名的正向解析和反向解析能力还需提高。

2.3 校园网IPv6出口链路单一

当前国内多数高校IPv6网络只有一条Cernet2出口链路[9],且带宽瓶颈问题日益突出,无法满足"十四五"期间智慧校园建设的整体需求。具体表现为:校园网IPv6用户访问非教育网IPv6资源时,存在互联网运营商间网络慢速互连的现象,由此造成网络延迟较大,用户用网体验欠佳。同样,当校园外网IPv6用户访问校园IPv6资源时,也存在上述问题。在可预期的未来几年,随着国内高校IPv6网络与教育教学的深度融合,各类应用系统和网络新媒体、以及智慧教室的普及必然会对校园网IPv6出口链路和带宽提出更高性能的要求。

2.4 网站和应用系统对IPv6支持度不高

与欧美发达国家高校相比,当前国内高校网站和应用系统的IPv6使用程度较低,多数高校只实现了IPv6网络环境下网站或应用系统首页IPv6可达[10],而二级、三级或更深层次的页面链接IPv6依旧不高,关键核心业务如流媒体视频、图片、动画等仍在使用IPv4协议建立网络连接。总体而言,国内高校基于网站和应用系统的IPv6改造深度、广度、力度远未达标。

2.5 IPv6安全风险防范能力不足

随着IPv6规模部署工作的深入推进,国内高校在应用系统安全防护领域面临新的风险和挑战:(1)技术层面。虽然IPv6的安全性相比IPv4有了大

幅提高,但仍存在可被攻击者利用的漏洞[11-12],如:攻击者可利用IPv6邻居发现协议伪造路由通告进行攻击;攻击者可利用IPv6特有的重复地址检测(duplicate address detect,DAD)机制进行攻击;IPv6地址空间广阔,海量的IPv6地址给IP地址溯源和管控带来了前所未有的挑战。(2)管理层面。一方面当前国内高校部署IPv6更多采用的是双栈技术,即校园网同时运行着IPv4与IPv6独立网络,此举无形增加了设备和应用系统在公网的暴露风险,其遭受黑客攻击的概率也大幅增加;另一方面国内高校多数网络安全设备虽支持IPv4/IPv6双栈,但在IPv6网络环境下安全防护能力偏弱,无法应对未来IPv6应用生态建设的需要。

2.6 IPv6专技人才短缺

国内高校IPv6应用生态建设能否走向深入,归根结底是人才问题,只有念好人才经,组建起一支政治过硬、业务精湛的IPv6专技队伍,此项工作才能开拓创新、稳步向前推进。不难发现,当前国内高校IPv6专技人才严重短缺,已成为制约IPv6技术与应用创新最为突出的因素。实施IPv6专技人才建设工程,建立健全专技人员IPv6培训体系和长效管理机制已刻不容缓。

3 应对策略

3.1 加强IPv6应用生态建设归口化管理

进一步强化大局意识和全局思维能力。建立相关制度明确IPv6应用生态建设归口管理部门,从全局高度给予足够的重视,成立党委领导下IPv6应用生态建设领导小组,将不同职能处室的工作人员根据实际需要“聚合”在一起,充分利用各方力量和各类资源,形成合力,拧成“一股绳”,形成“一盘棋”,织成“一张网”,努力形成纵向贯通、横向联动、外向借力的工作格局。

各高校要紧紧围绕“十四五”建设和发展目标,完善统筹协调机制,实施综合治理,加快推进IPv6应用生态建设与学校各项工作深度融合,以融合促创新、以创新促发展,有效促进校园IPv6网络从通路向通车转变,从可用向好用转变,从外部拉动向内生驱动转变,最终实现广大师生爱用、全用。

3.2 努力提升基础网络IPv6承载力

基础网络IPv6承载力是IPv6规模部署工作的基石,国内高校开展IPv6应用生态建设,首当其冲就是要进一步强化基础网络IPv6承载力。在具体实践过程中:一方面,要牢固树立问题意识,透过问题看本质,找出解决问题的突破口;另一方面,要以问题导向、目标导向和结果导向为原则,持之以恒坚持创新驱动发展战略,久久为功,筑牢IPv6规模部署工作基础底座,为全面开展IPv6应用生态建设做好支撑。

总体而言,国内高校提升基础网络IPv6承载力和服务力可从以下6个方面入手:(1)夯实基础,着力提升校园IPv6网络各项性能;(2)努力提高IPv6活跃用户数,不断激发内生发展源动力,量变引起质变,只有IPv6活跃用户数达到一定规模,IPv6应用生态才有可能被真正建立起来;(3)解决校园IPv6部署工作堵点,提高终端节点对IPv6的支持能力;(4)增强DNS服务器IPv6域名解析能力,提供多出口状态下IPv6域名智能解析服务,确保IPv6域名解析能力与IPv4域名解析能力趋同;(5)循序渐进提升数据中心、边缘云对IPv6的支持能力,进一步扩大校园IPv6网络覆盖范围;(6)持续改进校园IPv6网络运行维护保障,着力提升校园IPv6网络业务开通、故障排错等网络服务能力。

3.3 积极开通互联网运营商IPv6出口链路

开通互联网运营商IPv6出口链路,实现校园网从IPv4多出口向IPv6多出口转变。此举措:首先,可有效提高国内高校IPv6出口链路的可靠性,避免单点故障现象的发生(当中国教育科研网IPv6出口链路出现故障时,校园网用户可通过其他互联网运营商IPv6出口链路访问互联网资源)。其次,可有效扩容国内高校IPv6出口带宽,缓解用网高峰时段IPv6出口链路拥堵问题。再次,可通过在校园网中联合应用目的路由、策略路由及NAT66等技术实现IPv6出口链路流量负载均衡,避免互联网运营商间网络慢速互联现象的发生。最后,提升IPv6用户用网体验,即当校园网用户访问中国教育科研网IPv6资源时,数据包经中国教育科研网IPv6出口链路去往目的地址;而当校园网用户访问非教育网IPv6资源时,数据包则经其它互联网运营商IPv6出口链路去往目的地址。

3.4 强化网站和应用系统IPv6升级改造

强化网站和应用系统IPv6升级改造:一方面对于现有网站和应用系统,高校可采用7层反向代理或NAT64技术[13-14],可快速实现IPV6与IPV4网络互访,分批次逐步提高网站和应用系统IPv6浓度,确保深层次页面链接、页面文件以及大流量核心业务支持IPv6访问;另一方面对于增量网站和应用系统,在项目前期就应将同时支持IPv4/IPv6双栈纳入整体需求,并在技术上做好区域、地址和安全规划

工作,近而从源头上实现升级改造。

3.5 积极推进IPv6安全防护体系建设

坚持以“大概率思维”应对“小概率事件”,切实增强校园IPv6网络安全风险意识和忧患意识,全面提升校园IPv6网络安全防护能力[15-16]。不断增强“四个意识”,深入学习领会《习近平关于网络强国论述摘编》的深刻内涵。坚持底线思维,明确重点环节,狠抓工作落实,充分认识加强和改进IPv6安防工作的重要性和紧迫性。加强IPv6网络环境下风险隐患排查和风险评估,提升应对有组织网络攻击威胁的能力。加强校园IPv6网络安防技术手段建设,细化安全设备IPv6配置,提升全天候全方位网络安全态势感知和防御能力。开展针对IPv6环境下等保定级备案工作。强化IPv6网络环境下安全事件应急处理能力。坚持安全可控和IPv6应用生态建设并重,做好校园IPv6网络的“管”“防”“建”“用”。

3.6 多措并举,加强IPv6专技人才队伍建设

加强IPv6专技人才队伍建设,不仅是国内高校IPv6应用生态建设的需要,而且还是国内高校深入贯彻落实IPv6规模部署工作的重要举措。如果没有一定规模的IPv6专技人才队伍作为支撑,无论是校园IPv6应用生态建设,还是校园IPv6网络的日常运维都将变得举步维艰。总体来说,国内高校加强IPv6专技人才队伍建设可从以下3个方面入手:(1)要高度重视,在筑牢组织保障制度和长效管理机制上下功夫。各高校应把IPv6专技人才队伍建设作为“十四五”时期重点工作来抓,并结合自身实际,制定出台相关制度文件,明确人才培养总体目标和基本思路。(2)要在IPv6专技人才培养对象上下功夫。坚持不拘一格降人才的选人思想,不搞论资排辈,不用一把尺子衡量,真正把政治立场坚定、专业能力强的优秀人才选拔出来。让人才的创造力竞相迸发、聪明才智充分涌流。(3)要拓宽渠道,在建立健全IPv6培训体系上下功夫。一方面要定期选派一定数量的专技人员参加IPv6相关技术培训,重点提升其对IPv6工作原理掌握和网络设备运维能力;另一方面要加强与上级单位和兄弟院校的合作和经验交流,建立实训基地,为培养IPv6专技人才搭建高水平科研平台。

3.7 加强宣传推广

加强IPv6应用生态建设宣传推广。充分利用海报、图解和短视频等形式面向师生加强IPv6相关应用推广。面向师生广泛宣传IPv6应用生态建设的重要意义,营造广大师生共同参与推进IPv6应用生态建设的良好氛围。定期发布兄弟院校和其他行业IPv6应用生态建设优秀案例,发挥示范引领作用。

4 结束语

虽然IPv6技术有其巨大的优势,但IPv6的实现是一个可持续发展的、长远的战略目标,绝不可能一蹴而就。面对IPv6的机遇与挑战,国内高校须保持战略定力,坚持目标不变、方向不变,集中精力促进下一代互联网IPv6与高等教育的深度融合,努力打造与自身战略发展相适应的应用生态环境。

参 考 文 献

[1] 孙宏建,宋峰.广电网络IPv6演进路线和技术初探[J].中国有线电视,2021(9):947-950.

[2] 王维.IPv6网络安全威胁的分析与研究[J].中国管理信息化,2021,24(17):178-180.

[3] AHMED A, ASADULLAH S. Deploying IPv6 in broadband access networks[M]. Hoboken: John Wiley & Sons,2019.

[4] DOOLEY M, ROONEY T. IPv6 deployment and management[M]. Hoboken:John Wiley & Sons,2017.

[5] 崔北亮,岳阳.IPv6中邻居发现协议剖析及攻防探索[J].南京工业大学学报(自然科学版),2021,43(6):746-754.

[6] 下一代互联网国家工程中心,全球IPv6测试中心.2021全球IPv6支持度白皮书[R/OL].[2021-09-30]. https://www.cfiec.net/.

[7] 吴建平.IPv6给互联网体系结构创新带来历史机遇[J].中国教育网络,2018(增刊1):20-21.

[8] 邬贺铨.坚决向IPv6迈进邬贺铨解读中国下一代互联网部署[J].中国教育网络,2018(增刊1):16-19.

[9] 赵肃波.中国IPv6发展与网络安全挑战[J].信息安全研究,2019,5(3):261-272.

[10] 杨国良,李阳春,伍佑明.IPv6技术、部署与业务应用[M].北京:人民邮电出版社,2019.

[11] 王世新.向纯IPv6演进[J].中国教育网络,2021(1):16.

[12] 李星.纯IPv6:机遇和挑战[J].中国教育网络,2020(9):1.

[13] 闫建文.互联网时代背景下的IPv6规模部署探析[J].信息与电脑(理论版),2018(15):183-184.

[14] 马丹妮,葛坚.我国IPv6规模部署进展[J].信息通信技术与政策,2019(8):22-26.

[15] 杨威,赵鑫,高立同,等.山西师大校园网IPv6技术升级与应用[J].中国教育信息化,2011(23):71-73.

[16] 孙光懿,贾英霞.多出口校园网仿真设计与实现[J].首都师范大学学报(自然科学版),2020,41(6):6-13.

(责任编辑:马田田)