



路由型家庭网关在 IPv6 规模商用工程中的方案设计

孙培良¹, 周翔², 陈仲华¹

(1. 中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122;

2. 中国电信股份有限公司上海分公司 上海 200120)

摘要:通过对 IPv6 在下一代互联网部署中的技术演进分析,说明运营商在 IPv6 终端规模部署中的难点,结合家庭网关在 IPv6 网络建设中的关键作用,简要分析了家庭网关的技术原理,提出了路由型家庭网关在 IPv6 规模部署过程中的技术优势和可实施方案,以帮助运营商和业界加快 IPv6 规模部署的进程。

关键词:IPv6;规模部署;家庭网关;路由型

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015043

Design of Routing Home Gateway in Large-Scale Commercial Engineering Deployment of IPv6

Sun Peiliang¹, Zhou Xiang², Chen Zhonghua¹

(1. Shanghai Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200122, China;

2. Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: By analyzing the technology evolution of IPv6 in the deployment of IPng, indicate the difficulties to CP in large-scale deployment of IPv6 terminals. Combined with HG's key role in IPv6 network construction, the technical principle of HG was analyzed, the technical advantages of routing HG in large-scale deployment of IPv6 terminals were explained, and an implementable scheme was proposed to help CP, and the whole industry, to speed up the scale deployment of IPv6.

Key words: IPv6, scale deployment, home gateway, routing

1 引言

2012年,国家发展和改革委员会(以下简称发改委)下发了“关于组织实施2012年下一代互联网技术研发、产业化和规模商用专项的通知(发改办高技[2012]291号)”,要求电信运营商在下一代互联网的网络建设规模为:骨干网和约10%城域网支持IPv6;制定大规模公众网络由IPv4向IPv6平滑演进过渡方案,实现IPv4和IPv6网页浏览业务互通;IPv6宽带接入用户数超过800万。

2013年8月国务院发布了“宽带中国”战略实施方案,“宽带战略”首次成为国家战略性公共基础设施方针,其中一个重要目标为:积极稳妥推进下一代互联网发展演进,开展IPv6小规模商用试点,探索形成成熟的商业模式和技术演进路线。

电信运营商作为承接国家下一代互联网专项工作主体,为配合发改委下发的下一代互联网专项工程和工业和信息化部制定的“宽带中国”战略,电信运营商扩大了现场试验的规模,主要的过渡技术有双栈技术、隧道技术等过



渡技术,为网络用户和 CP/SP 提供 IPv6 网络接入环境。目前,电信运营商的骨干网基本上都完成了双栈部署和改造,北(京)、上(海)、广(州)等主要城市的城域网开启了双栈并引入 DS-lite(dual-stack lite,轻型双栈)等过渡技术。城域网已经具备了一定规模的 IPv6 覆盖能力,但是接入网还没有完成全面的双栈覆盖,这涉及多个环节,其中一个主要环节就是终端设备的双栈接入能力,即采取何种有效的措施实现 IPv6 网络的全网覆盖。

家庭网关作为连接用户 LAN 和运营商宽带网络的纽带,在 IPv6 网络全覆盖中扮演着极其重要的角色,具备控制和调节用户终端接入 IPv6 网络的功能,具有规模部署 IPv6 网络的天然优势。但在实际现网部署中,业界主要聚焦于城域网的 IPv6 改造和建设,与 IPv6 在城域网建设中有条不紊的推进相比,用户侧实现 IPv6 规模覆盖甚至全覆盖还存在一定的难度,在目前市场上大部分终端还不支持 IPv6 的情况下,用户基本上没有兴趣去接入 IPv6 网络,对产业链的下游厂商而言,也没有驱动力去大规模研发和生产支持 IPv6 的终端设备。这样对提升 IPv6 网络的使用率和 IPv6 流量贡献不大,也影响了 IPv6 产业的良性发展。如何破解发展的瓶颈是本文讨论的议题,也是当前下一代互联网重点需要关注的方向。

2 IPv6 在实现规模部署的关键点

由于目前互联网规模以及网络中 IPv4 的用户和设备数量相当庞大,IPv4 向 IPv6 的过渡不可能一次实现,必然是一个循序渐进的过程,要实现 IPv4 到 IPv6 的平稳过渡是一个复杂的过程。在“2012 IPv6 过渡技术国际测试大会总结会议”上,中国下一代互联网专家委员会主任委员、中国工程院院士邬贺铨表示,既要确保已有的 IPv4 的用户体验,又要解决部署中面临的一系列问题,同时如何为 IPv6 的用户增加新的应用,这是部署下一代互联网取得成功的关键,也是网络演进面临的最大挑战。

IP 产业链组成相当复杂,演进过程牵涉产业链的方方面面,整个产业链实现从 IPv4 迁移到 IPv6 是一个极其复杂的系统工程,各个环节都有迁移的要求,且各个环节必须保证迁移过程的基本同步,才能实现从 IPv4 到 IPv6 的平稳迁移,迁移过程中主要涉及四大环节:CP/SP、电信运营商、终端以及产业链。

- CP/SP 环节:国内支持 IPv6 的 CP/SP 还比较少。
- 运营商:IPv6 演进有较长过渡时期,且投资巨大。

- 终端:商用 IPv6 终端还比较少。
- 产业链:产业链处于起步阶段,IPv6 相关产品和应用还比较匮乏。

对于业界而言,目前市场的热点主要聚焦于城域网过渡技术,主流是公网双栈、私网双栈和轻型双栈这 3 种业界所公认技术。

2.1 公网双栈

公网双栈即在目前的 IPv4 公网单栈基础上叠加 IPv6 协议栈,因为运营商城域网中没有引入私网地址,没有隧道封装解封装,无需在网络侧引入特殊的设备或板卡来辅助实现,公网双栈的技术现状主要体现在对 IPv6 的支持程度上。

2.2 私网双栈

私网双栈(NAT444)是一种向下一代互联网过渡的技术模型,由 IPv6 和具有 CGN(carrier grade NAT)功能的 IPv4 组成,用于运营商在公有 IPv4 地址枯竭时规模使用 NAT 技术,同时引入 IPv6 技术。

2.3 轻型双栈

轻型双栈方案采用 IPv4-in-IPv6 隧道和 NAT 两个基本技术,使宽带网络业务提供商可以在大量用户中共享 IPv4 地址,同时支持 IPv4 和 IPv6 应用,针对 IPv4 业务,终端用户通过 IPv6 网络构成的隧道与 IPv4 业务平台实现端到端通信。IPv6 业务直接通过 IPv6 网络实现可达。

主流的过渡技术是运营商能够把控的,按照国家和行业规划可以稳步推进,也是满足 IPv6 网络规模覆盖和全覆盖的基础。但是用户的使用行为、终端(PC、Pad 等)和互联网应用是电信运营商无法控制的,这样对于下一代互联网的迁移存在很大的障碍,从电信运营商网络建设和维护的实际出发,怎样从 IPv4 网络平滑过渡到 IPv6 网络,是个艰难的推进过程,如果网络流量一直停留在 IPv4 网络,将无法缓解 IPv4 地址紧缺问题,同时影响产业的升级改造过程。由此可以提出一个设想,是否可以从网络终端的接入技术方面寻求突围,家庭网关作为宽带用户局域网与运营商城域网之间连接的桥梁,在此环节寻求突破,这是电信运营商可控的环节,宽带用户的接入网终端——家庭网关也是运营商接入网组成部分,可以发挥积极的作用,引导用户首选使用 IPv6 网络,以此形成庞大的用户基数,养成用户的使用习惯,从而城域网和接入网可以平滑地向 IPv6 网络迁移。

3 运营商网络接入终端的技术

网络接入终端是制约 IPv4 向 IPv6 网络迁移的一个关键因素,家庭网关这个网元在网络迁移过程中起的作用将很大程度上决定了 IPv6 网络建设的进度和推进过程中覆盖的广度。以下对家庭网关的工作原理做简要的分析。

家庭网关是位于现代家庭内部的一个网络设备,它的作用是使家庭宽带用户连接到 Internet,使位于家庭中的多种智能设备都能得到 Internet 服务或者使这些智能设备相互之间实现通信。简单地说,家庭网关是使家庭内部多种智能设备之间实现联网以及从家庭内部到外部网络实现互联的一座桥梁。从技术角度说,家庭网关在家庭内部以及从内部到外部实现桥接/路由、协议转换、地址管理和转换等网络功能。

家庭网关在网络中的位置如图 1 所示。

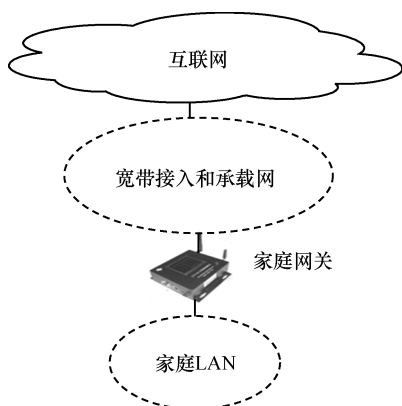


图 1 家庭网关在网络中的位置

在网络侧,家庭网关设备与运营商宽带接入网对接,完成用户接入、网络地址分配、用户信息认证等功能,转发用户上网数据分组。

在用户侧,家庭网关设备支持家庭 LAN 的对内、对外网络连接,提供如智能终端设备的网络地址分配、地址解析、数据转发等功能。

3.1 家庭网关主要工作原理

家庭网关主要为用户提供双栈接入服务,需要支持 IP 协议栈、数据转发和 DNS 解析功能。

(1) IP 协议栈

- 根据获取 IP 地址的类型,自动启用相应的协议栈。
- 访问外网时,能够根据外网目的 IP 地址的类型,自动选择相应的网络连接或启用相应的协议栈进行

外网访问。注:若外网目的地址 IPv4/IPv6 同时存在,家庭网关工作在路由型模式下,可通过配置优选使用 IPv6 网络。

- 在启用 IPv4/IPv6 双栈协议时,根据用户数据的协议(IPv4 或 IPv6)进行同协议类型的路由转发。

(2) 数据转发功能

- 上联城域网接入设备,实现基于用户侧数据的目的 IP 地址进行转发。
- 下联用户终端,进行用户局域网数据转发或者上传/下载 Internet 流量。

(3) DNS 功能要求

- 家庭网关支持 DNS relay (中继),将家庭网络内部设备的 DNS 请求转发至 DNS 服务器,并将服务器的 DNS 响应转发至家庭内部网络设备。
- 支持每个 WAN 连接使用对应的 DNS 服务器,家庭网关应支持自动获取或在静态 IP 地址时手工配置 DNS 服务器信息。

3.2 路由型和桥接型技术方案对比

家庭网关主要分路由型家庭网关和桥接型家庭网关。

路由型家庭网关由 WAN 口发起 PPPoE 拨号,获得接口地址、DNS 和网关地址,然后再向 LAN 侧的终端分配 RFC1918 定义的私有地址、DNS 和缺省网关。

桥接型家庭网关由用户 PC 终端通过 PPPoE 拨号软件发起拨号,家庭网关本身只做 PPP 报文的透传。

表 1 是两种部署方案的对比分析。

从技术、用户体验和业务发展 3 个维度可以看到,家庭网关选取路由模式进行部署,具有诸多优点:

- 技术上简单可行,可代替用户终端进行拨号;
- 用户无感知,不会影响用户现有业务和使用体验;
- 业务发展方面有利于产业链发展,有利于政府以及电信运营商调整 IPv6 发展节奏,对产业链的上游和下游也有驱动力。

由此笔者认为,电信运营商在下一代互联网建设过程中部署路由型家庭网关,具有天然的技术优越性,同时保证了用户上网的良好感知,是比较理想的实现 IPv6 规模部署解决方案。

4 通过家庭网关实现 IPv6 规模部署解决方案

IPv4/IPv6 双栈路由型家庭网关的方案部署,需要进行业务和流程设计,以达到首次上线时进行远程配置下发,



表 1 路由型和桥接型家庭网关技术对比

方案对比	技术分析	用户体验	对业务发展的影响
路由模式	· 不增加 PPPoE 会话数,不增加局端设备压力; · 家庭网关自动发起 IPv6 拨号	无感知	· 电信运营商需对家庭网关和系统软件升级; · 可快速发展和普及 IPv6 用户; · 可带动 IPv6 产业发展
桥接模式	· PPPoE 会话数翻倍,增加局端设备压力; · AAA 服务器需要调整相关策略; · 需要用户终端发起 IPv6 拨号; · 目前用户自购路由器不支持 IPv6 功能	· 有改变,用户需启动 PPPoE 拨号设备的 IPv6 协议栈; · 用户需对终端进行 IPv6 PPPoE 拨号	· 用户终端设备需软件升级; · 目前大部分终端(如手机、Pad 等)硬件还不支持 IPv6; · IPv6 用户发展缓慢; · IPv6 产业缺乏驱动力

用户终端即插即用。方案设计力求一次部署完成,后续不影响用户的上网体验。着重在以下几个方面做详细设计。

4.1 业务流程设计

- 网关采用路由模式,负责发起建立 PPPoE 隧道,IPv4 和 IPv6 报文都接入同一个 PPPoE 隧道。
- 用户终端业务报文在经过网卡进行以太网封装后转发至网关。
- 网关将报文接入 PPPoE 隧道,封装 PPPoE 和 PPP 头,不封装业务 VLAN。
- 网络接入设备(PON、交换机等)为用户报文打上 VLAN 标签,发送至 BRAS(broadband remote access server,宽带接入服务器)。
- BRAS 剥离 VLAN,终结处理 PPPoE 报文,剥离 PPPoE 和 PPP 报文头,对用户的业务报文三层 IP 转发。
- 城域网网络设备对用户终端业务报文进行三层 IP 转发。

4.2 用户接入设计

用户网络接入流程如图 2 所示。

- 为不改变用户体验,保持 3 层网关组网方式。
- 考虑 BRAS 设备 PPP 会话数资源限制,建议单 PPPoE 会话进行限制。
- 网关 IPv6 接入采用 ND+PD 方式。
- BRAS 新增公网双栈用户域,新增 ND+PD 地址池。
- 网关 WAN 口采用独享模式。

考虑到小部分操作系统不支持 DHCPv6,建议网关 LAN 口采用 SLAAC 方式分配最终用户 IPv6 地址。

4.3 DNS 方案设计

DNS 获取方案:BRAS 下发给家庭网关,家庭网关实现 DNS 代理。DNS 报文交互流程如图 3 所示。

(1)IPv6 DNS:网关通过 DHCPv6 获取 DNSv6 地址,CPE 下发 DNSv6 给 PC。

(2)IPv4 DNS:网关将 LAN 的 IPv4 地址作为 DNSv4 服

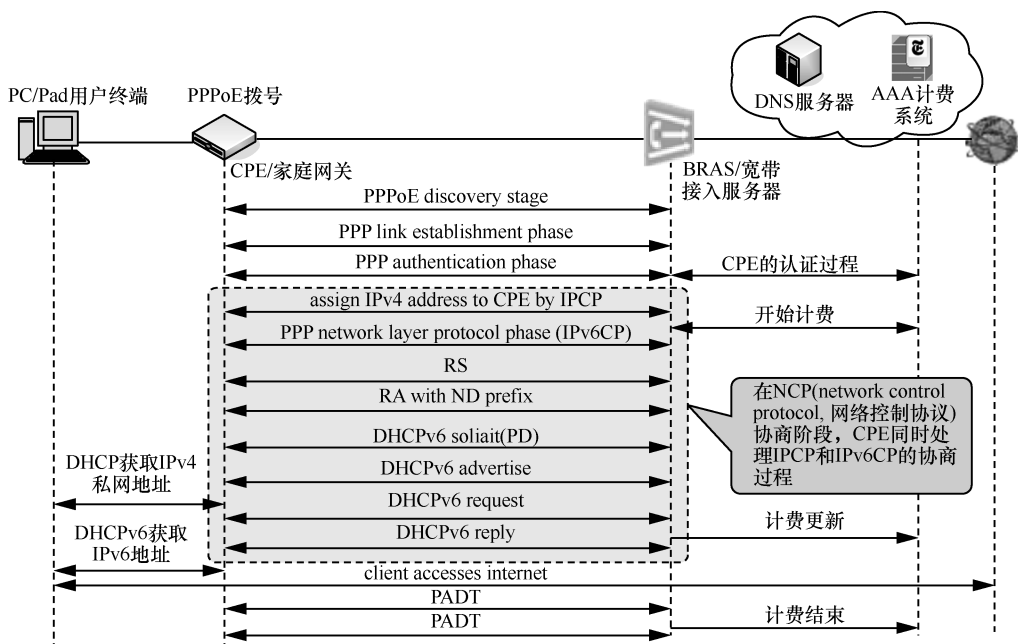


图 2 用户网络接入流程

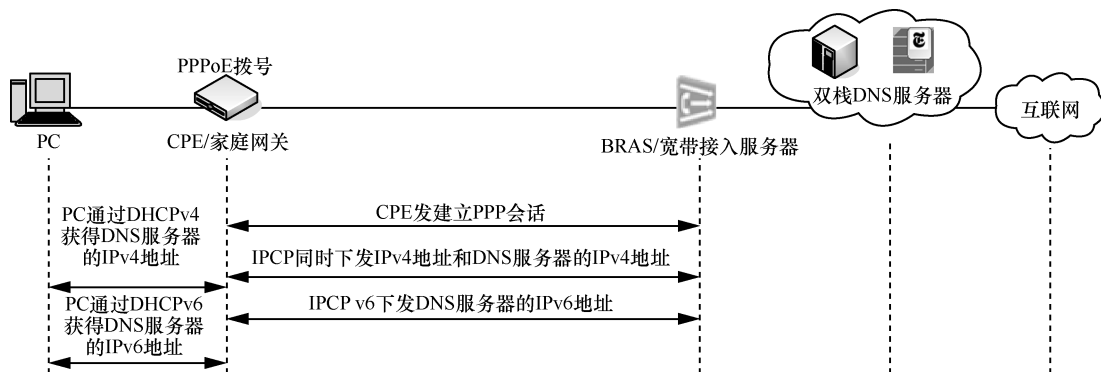


图3 DNS 报文交互流程

务器地址下发给 PC。

(3) DNS 代理:

- PC 发送 IPv4 的 A/AAAA (32 bit IPv4 DNS 记录/128 bit IPv6 DNS 记录) 请求给网关, 网关的 DNS 模块实现 LAN 口 DNSv4 和 WAN 口 DNSv6 间的代理功能;
- PC 发送 IPv6 的 A/AAAA 请求给网关, 网关的 DNS 模块实现 LAN 口 DNSv6 和 WAN 口 DNSv6 间的代理功能。

当家庭网关满足以上 3 点技术要求后, 用户的终端接入家庭网关, 将优先访问 IPv6 网络资源, 当用户需要的资源还未实现时, 其终端将继续使用 IPv4 网络资源, 丝毫不影响用户的业务使用。

5 结束语

选用家庭网关的双栈路由模式, 具有很大的优势, 电信运营商在 IPv6 公客宽带接入用户具有一定的主导权和主动权, 相对于桥接型家庭网关纯粹二层透传用户数据而言, 运营商在三层路由型家庭网关的用户发展速度、规模、商用范围、增值业务方面可控, 且已经抢占了 IPv6 宽带接入的先机, 可朝着全网商用迈进。

IPv4 向 IPv6 网络过渡是一件复杂的事情, 除了需要进行网络改造以外, 还需要对家庭网关等接入终端进行改造或升级, 以实现 IPv6 用户的有效接入, 提升 IPv6 网络流量。在不同的过渡阶段, 不同的应用场景, 选择和调整相应的部署方案, 可实现 IPv4/IPv6 平滑过渡, 加快下一代互联网产业的规模集聚效应和快速发展。

参考文献

- 1 Durand A, Droms R, Woodyatt J, *et al.* Dual-Stack Lite Broadband Deployments Following IPv4 Exhaustion. RFC6333, 2011

- 2 Deering S, Hinden R. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. RFC2460, 1998
- 3 Crawford M. Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks. RFC2464, 1998
- 4 Varada S. IP Version 6 over PPP. RFC5072, 2007
- 5 Loughney J. IPv6 Node Requirements. RFC4294, 2006
- 6 Byrne C. IPv4 Service Continuity Prefix. RFC7335, 2014
- 7 戴源, 杨建, 袁源等. 下一代互联网 IPv6 过渡技术与部署实例. 北京: 人民邮电出版社, 2014
- 8 Dai Y, Yang J, Yuan Y, *et al.* Next Generation Internet IPv6 Transition Technology and Deployment with Instances. Beijing: Posts and Telecom Press, 2014
- 9 谢胜利, 余荣, 吴宗泽等. 家庭网络第 3 部分内部网关规范. GB/T30246.3-2013, 2014
- 10 Xie S L, Yu R, Wu Z Z, *et al.* Home Network—Part 3: Internal Gateway Specification. GB/T30246.3-2013, 2014

[作者简介]



孙培良, 男, 中国电信股份有限公司上海研究院工程师, 主要研究方向为 IP 城域网、物联网、IP 网络安全等。

周翔, 男, 中国电信股份有限公司上海分公司高级工程师, 长期从事 IP 网络规划工作, 主要研究方向为 IP 骨干网、IP 城域网、下一代互联网等。

陈仲华, 男, 中国电信股份有限公司上海研究院高级研发工程师, 多年从事 IP 网络技术研究及开发工作, 主要研究方向为 IPv6、物联网、SDN/NFV、IP 安全等。