



运营商 IPv6 规模商用工程部署实践

白晨鹏,关 炜

(中国电信股份有限公司陕西分公司 西安 710004)

摘 要:通过对 IPv6 过渡技术原理及部署情况的分析,结合中国电信股份有限公司陕西分公司下一代互联网规模商用部署情况,简要分析了运营商从 IPv4 向 IPv6 过渡的思路和技术的选择,以帮助运营商向 IPv6 技术平滑演进,缓解 IPv4 地址枯竭带来的困扰。

关键词: IPv6; IPv4; 规模; 部署; NAT444; DS-Lite

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.12.027

Practice of Large-Scale Commercial Engineering Deployment of IPv6 of Operator

Bai Chenpeng, Guan Wei

(Shaanxi Branch of China Telecom Co., Ltd., Xi'an 710004, China)

Abstract: The IPv6 transition technologies were discussed and the guidelines were offered on how to select different transition technologies for network service provider base on the in-depth analysis of practical deployment of IPv6 on the IP network of Shaanxi Telecom.

Key words: IPv6, IPv4, scale, deploy, NAT444, DS-Lite

1 概述

为尽快实现国内互联网由 IPv4 向 IPv6 的过渡,缓解 IPv4 地址枯竭及新兴技术对 IP 地址的海量需求,国家发展和改革委员会于 2012 年 3 月 29 日下发了《关于印发下一代互联网“十二五”发展建设的意见》的指导性文件,明确了我国下一代互联网的发展目标、路线图和时间表。同时要求三大电信运营商结合地址短缺情况,分别选择部分试点城市,选择合适的技术路线,改造 IP 城域网络,解决 IPv4 地址短缺,实现 IPv6 规模商用部署。中国电信股份有限公司陕西分公司(以下简称陕西电信)作为规模商用部署试点省之一,积极参与了运营商 IPv6 规模商用的前期论证、业务测试验证及规模商用的工作,通过近两年的调研、规划及网络和 IT/IP 支撑系统改造等工作,已具备了开

通 IPv6 用户接入的能力。

2 规模商用技术路线

2.1 过渡技术

电信运营商网络由 IPv4 向 IPv6 过渡过程可分为 3 个阶段。网络过渡初期,在当前纯 IPv4 网络中逐渐引入 IPv6,形成双协议栈网络,用户可通过 IPv6 接入互联网,但网络应用与承载仍然以 IPv4 技术为主;在第二个阶段,随着 IPv6 在网络中应用范围的扩大和 IPv6 用户数量的增加,IPv4 与 IPv6 将在网络中长期并存;远期随着应用和用户逐渐向 IPv6 技术的迁移,将逐步演进到以 IPv6 技术为主或者纯 IPv6 网络。

在演进过程中,各类标准化组织、运营商及研究机构提出了多种网络过渡技术及方案。这些方案总体可分为双

协议栈、隧道、地址/协议转换 3 类技术,其中针对电信运营商互联网宽带接入用户的平滑演进,NAT444 和 DS-Lite 两种技术的标准化程度及应用成熟度相对较高,且可以在短期内有效缓解 IPv4 地址耗尽对电信运营商业发展带来的制约。根据对这两种技术的不同选择,电信运营商的网络过渡技术路线如图 1 所示。

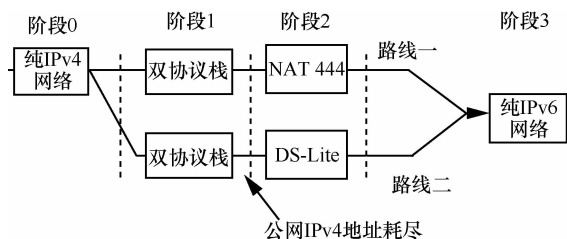


图 1 IPv6 迁移路线

路线一在过渡阶段采用 NAT444 技术,运营商网络引入 IPv6 后,通过在网络中部署运营商机地址转换(carrier grade NAT,CGN)设备,宽带接入用户同时获得运营商分配的保留 IPv4 地址与合法 IPv6 地址,用户发起 IPv4 公网访问时,使用保留 IPv4 地址并在网络侧 CGN 设备转换为合法 IPv4 地址;用户发起 IPv6 访问时,直接使用合法 IPv6 地址,有效缓解宽带接入用户对合法 IPv4 地址的占用。

路线二在过渡阶段采用 DS-Lite 技术,运营商网络引入 IPv6 协议后,通过在网络中部署地址转换设备 AFTR(address family transition router),宽带接入用户获得运营商分配的合法 IPv6 地址,同时生成 DS-Lite 标准规定的保留 IPv4 地址,用户发起 IPv4 公网访问时,使用标准规定的保留 IPv4 地址,并通过 IPv6 隧道将数据分组转发到地址转换设备 AFTR,将保留 IPv4 地址转换为合法 IPv4 地址;用户发起 IPv6 访问时,直接使用合法 IPv6 地址。

2.2 NAT444 技术及部署

NAT444 技术最初由日本运营商 NTT 提出,运用 NAT444 技术的网络结构模型如图 2 所示。

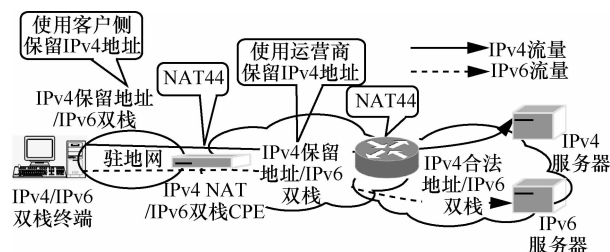


图 2 NAT444 网络结构模型

NAT444 的基本思想是在网络中部署运营商机地址转换设备,与用户侧设备(CPE)中的 NAT 功能共同组成两级

地址转换,在 3 类 IPv4 地址块之间进行 IPv4 地址转换。

第 1 类地址块是用户驻地网络中使用的保留 IPv4 地址块,一般由 CPE 管理,使用 RFC1918 中定义的保留 IPv4 地址段,与运营商无关;第 2 类地址块是 CPE 与运营商 CGN 设备之间使用的保留 IPv4 地址,使用 RFC6598 中定义的共享地址空间 100.64.0.0/10 或 RFC1918 中定义的保留 IPv4 地址段,由运营商进行管理;第 3 类地址块是在公众互联网中使用的合法 IPv4 地址。

用户侧设备(CPE)中的 NAT 功能在上述第 1 类和第 2 类地址块之间进行 IPv4 地址转换,运营商 CGN 设备在上述第 2 类和第 3 类地址块之间进行 IPv4 地址转换。通过两次地址转换,用户终端可使用驻地网中的保留 IPv4 地址正常访问公众互联网中使用的合法 IPv4 地址的服务器及应用。

2.3 DS-Lite 技术及部署

DS-Lite 技术由美国运营商 Comcast 在 2008 年提出,该技术通过在用户驻地网或用户终端范围内引入使用私有 IPv4 地址的轻量级双协议栈,解决 IPv6 用户通过纯 IPv6 网络接入,访问 IPv4 应用的问题。DS-Lite 技术于 2011 年 8 月在 IETF 完成标准化。DS-Lite 网络结构模型如图 3 所示。

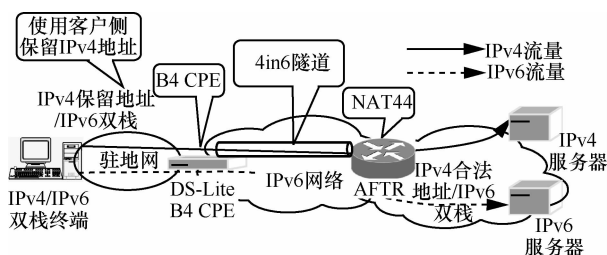


图 3 DS-Lite 网络结构模型

DS-Lite 网络结构中包括 3 个组件模块:CPE 中内置的 B4 模块,网络侧的 AFTR 模块,B4 模块与 AFTR 模块之间的 4in6 software 隧道。其中 CPE 在驻地网中为用户终端分配客户侧使用的保留 IPv4 地址,用户终端使用保留 IPv4 地址发起对合法 IPv4 地址服务器的访问,当报文到达 CPE 后,由 CPE 中的 B4 模块将报文封装到 4in6 software 隧道中,封装后外层数据分组为 IPv6 数据分组,通过 IPv6 路由将报文转发到 AFTR 设备,由 AFTR 设备解封后,提取内层 IPv4 报文,并将 IPv4 报文中使用保留 IPv4 地址的源地址转换为合法 IPv4 地址。经过 AFTR 设备的地址转换,用户终端可正常访问公众互联网中使用合法 IPv4 地址的



服务器及应用。

从 IPv4 地址转换的角度,NAT444 技术与 DS-Lite 技术本质上均为 NAT44 技术,均通过 TCP/UDP 端口复用的方式提高合法 IPv4 地址的利用率,因此具有相同的合法 IPv4 地址使用效率,同时也都具有 NAT44 技术对应用不完全透明的局限性。两类技术的主要区别如下:

- NAT444 技术可以独立于 IPv6 技术在纯 IPv4 环境中部署,DS-Lite 技术要求网络中必须部署 IPv6 协议栈;
- NAT444 技术要求运营商在城域网范围或 BRAS 范围内统一规划保留 IPv4 地址,DS-Lite 技术不需要运营商进行保留 IPv4 地址的规划;
- NAT444 技术不加载 IPv6 技术时,运营商不需要改造 CPE,就可以实现对 NAT444 技术的支持,DS-Lite 技术需要对 CPE 进行改造,在 CPE 中增加 B4 模块。

3 技术选择及改造

陕西电信选择了西安、宝鸡、渭南 3 个城域网进行 IPv6 技术试商用部署。经过分析,对 IPv6 技术需求较强烈的客户主要包括高校、科研院所及大型企业,这类客户大部分集中在西安,因此西安电信城域网开放 IPv6 业务的需求较迫切。为了避免在城域范围内进行保留 IPv4 地址的规划,西安城域网选择 DS-Lite 过渡技术,由于 DS-Lite 技术要求家庭网关支持 B4 功能,而现网存量用户家庭网

关均不支持该功能,因此西安电信优先对新增用户开展 DS-Lite 业务部署,存量用户通过综合终端管理系统(integrated terminal management system,ITMS)的优化改进,对硬件支持 DS-Lite 功能的家庭网关通过远程升级改造方式,有序推进存量用户的 DS-Lite 业务部署。

由于 DS-Lite 技术部署过程中,对存量用户家庭网关改造过程持续时间长、难度大,短期内无法有效释放存量用户占用的公有 IPv4 地址,而 NAT444 技术在不加载 IPv6 时不需要对家庭网关进行改造,可以快速释放存量用户占用的合法 IPv4 地址,因此在宝鸡和渭南两大城域网中部署了 NAT444 技术,直接将普通公众用户的公有 IPv4 地址一次性修改为私有地址,释放出对应的公有 IPv4 地址供其他未部署 IPv6 的地址发展业务使用。

西安、宝鸡、渭南 3 个城域网进行 IPv6 过渡技术改造的方案如图 4 所示。

3 个地市的城域网网络结构均采用扁平化结构,网络总体分为城域网出口路由器(核心层)、业务控制层和接入层 3 个层次。城域网出口路由器采用大容量级联设备,通过 10 Gbit/s/40 Gbit/s 电路上联 163 骨干网。业务控制层 BAS/MSE 设备均采用双上行连接方式,以等带宽电路同时连接到两台城域网核心设备,使用 10 Gbit/s 上行链路,每台 BAS 在城域范围内覆盖若干二层接入片区。接入层以 PON 技术为主,通过 FTTx 技术实现宽带个人用户及各类大客户的接入。

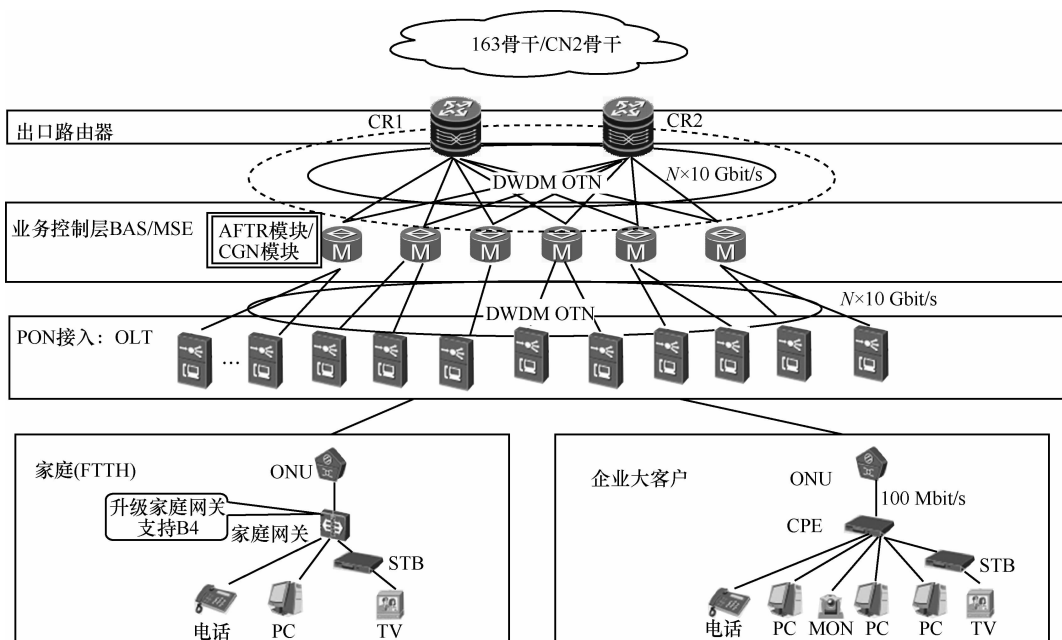


图 4 西安/宝鸡/渭南城域网网络结构

在各城域网网络改造中,DS-Lite/NAT444 技术分别需要在网络中增加 AFTR/CGN 模块。从模块的形态看,存在设备插卡与独立设备两种形态,由于独立设备形态的模块需要通过网络链路与现网设备互联,不仅成本高,而且增加了较多故障点,因此陕西电信采用了设备插卡形态的 AFTR/CGN 模块。从模块在城域网中的部署位置及所在层次考虑,AFTR/CGN 模块可以集中部署在 CR 设备或分散部署在业务控制层各个 BAS 设备,但集中部署的可靠性较差,AFTR/CGN 故障状态下影响范围较大,因此陕西电信选择分散式部署方式。具体部署方式如图 4 所示,在西安城域网,业务控制层所有 BAS 设备均增加板卡形态的 AFTR 设备,为各自片区宽带用户提供 DS-Lite 隧道终结及地址转换功能;在宝鸡、渭南城域网,业务控制层所有 BAS 设备均增加板卡形态的 CGN 设备,为各自片区的宽带用户提供地址转换功能。

为了全面支撑 IPv6 业务的开展,并满足日常网络运维需要,陕西电信同步了 AAA 系统、DNS、网管系统、ITMS 等 4 个 IP 支撑系统,对 CRM、话单采集、计费、服务开通、资源管理、自动激活、施工调度、服务保障、ODS/EDW 等 9 个 IT 支撑系统进行 IPv6 相关功能升级和改造,对业务受理、开通、装机、移机等过程中的资源管理、业务开通、网元激活、计费出账、数据分析等处理功能进行相应改造,实现对 IPv6 相关业务全流程的支持,保障业务的正常发展和网络

的日常维护。

其中 IP 支撑系统的改造具体包括下列内容:AAA 系统在 RADIUS 认证、计费报文中增加对 IPv6 属性的支持;DNS 增加对 AAAA 记录的支持,实现 IPv6 域名的解析;网管系统通过软件升级实现对 IPv6 MIB 变量的读写、IPv6 拓扑发现功能和 IPv6 网络的故障管理等功能;ITMS 对业务下发和终端管理能力进行优化增强。

IT 支撑系统改造内容如图 5 所示,具体内容包括:CRM 系统增加 IPv6 属性记录及展示能力;资源系统提供在端口级标识 IPv6 能力;开通激活及保障系统增加 IPv6 属性传递和工单打印功能;计费系统提供 IPv6 话单采集及 IPv6 流量计费功能;各系统接口对 IPv6 属性的传递。

4 结束语

综上所述,从 IPv4 地址转换的角度看,两种过渡技术本质均为 NAT44 技术,都具有 NAT44 技术的局限性。NAT444 独立于 IPv6 技术部署时为私网单栈,与 IPv6 共同部署时为私网双栈,私网单栈无需改动 CPE,工作量相对较小,可较快缓解 IPv4 地址耗尽的问题,因此适合在短期内需要大量释放存量合法 IPv4 地址的场景,但不利于推动 IPv6 技术的部署。DS-Lite 技术需要网络中部署 IPv6 技术,技术相对复杂,工作量较大,部署周期较长,但有利于推动 IPv6 技术部署。

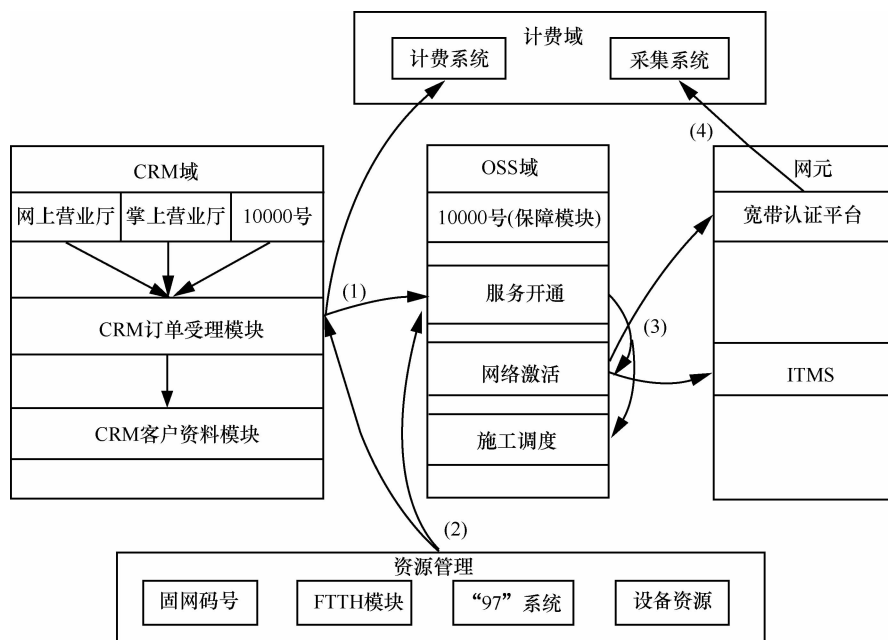


图 5 IT 支撑系统改造点



在进行网络层面 IPv6 技术部署时,为保障业务的正常开展和网络的日常运维,必须需同步 IP、IT 支撑系统进行全面的 IPv6 改造。

运营商一旦决定部署过渡技术,一般来说都需要 1~2 年的时间进行系统改造、技术方案验证、持续推进部署等,需要投入大量的人力物力。因此,运营商需要结合 IPv4 地址消耗情况、业务场景和演进策略等综合因素选择合适的方案。

参考文献

- 1 Yamagata I, Shirasaki Y, Nakagawa A, *et al.* NAT444 Draft-Shirasaki-NAT444-06. IETF Internet-Draft, July 2012
- 2 Durand A, Droms R, Woodyatt J, *et al.* Dual-Stack Lite Broadband Deployments Following IPv4 Exhaustion. RFC6333, August 2011
- 3 Yamagata I, Miyakawa S, Nakagawa A, *et al.* Common Requirements for Carrier-Grade NATs (CGNs). RFC6888, April 2013
- 4 Rekhter Y, Moskowitz B, Karrenberg D, *et al.* Address Allocation for Private Internets. RFC1918, February 1996
- 5 Weil J, Kuarsingh V, Donley C, *et al.* IANA-Reserved IPv4 Prefix for Shared Address Space. RFC6598, April 2012

- 6 Srisuresh P, Holdrege M. IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations. RFC2663, August 1999
- 7 Storer B, Dos Santos M, Toutain L, *et al.* Softwire Hub and Spoke Deployment Framework with Layer Two Tunneling Protocol Version 2 (L2TPv2). RFC5571, June 2009

[作者简介]



白晨鹏,男,中国电信股份有限公司陕西分公司网络发展部高级工程师,主要研究方向为 IP 骨干网及 IP 城域网。



关伟,男,中国电信股份有限公司陕西分公司网络发展部工程师,主要研究方向为 IDC 及 IP 支撑系统。

(收稿日期:2013-12-03)

· 简讯 ·

“冷备份+热备份”无缝保护海关业务——迈普 4G 方案在上海海关取得成功应用

上海海关是国家设在上海口岸的进出境监督管理机关,肩负着很多重要职责,安全稳定的网络对于上海海关而言非常重要。目前随着 3G/4G 技术的逐渐成熟和商用范围的逐步扩大,3G/4G 业务接入以其快速部署能力且兼具方便迁移、价格低廉等优势日益成为一种重要的网络接入手段,因此采用 4G 为现有业务提供新的接入保护手段显得十分必要。

海关“大现场”业务流量较大,为了更有力地保障大现场的工作,采用 3G/4G 网络冷备份的方式为大现场做备份。事先将 3G/4G 路由器配置好,一旦某个大现场出现问题,由工作人员携带 3G/4G 路由器前往大现场,设备开机即可接入海关的网络,确保业务的续行。因此,“大现场”冷备份 3G/4G 路由器需要具有以下特点:携带方便、3G/4G

与国密一体化、安全可靠。

对于海关“小现场”而言,本身只有一条 MSTP 线路上行,故 3G/4G 热备份方式是必不可少的。小现场对于 3G 路由器主要有以下需求:3G/4G 与国密一体化、3G/4G 线路与有线信道热备份、安全可靠、网管需求(如果需要实时网管查看设备状态,则 3G/4G 拨号需要时时在线)。

迈普 4G 解决方案为上海海关带来的独特价值包含:3G 到 4G 平滑升级,只需将海关原有迈普 MP1800 路由器的 3G 模块升级为 4G 模块,即可支持 4G 方案,最大限度地保护投资;安全可靠的无线网络,应用 1 台高集成度的迈普路由器,进行端到端 IPSec 加密;信道热备份,确保业务畅通;更强大的汇聚能力,MP7500E 路由器硬件分布式实现的 IPSec/L2TP 可随着板卡叠加而增强性能,真正实现大容量汇聚;E3G 平台轻松管理 4G 终端。迈普正致力成为移动互联网应用的领导品牌!