

# 基于 IPv6 的下一代网络在校园网中的实现\*

肖 崑

(重庆师范大学网络管理中心,重庆 400047)

**摘要** 本文简要介绍了下一代互联网的发展,研究了从 IPv4 到 IPv6 的过渡方式,包括双协议栈技术、隧道技术以及网络地址转换/协议转换技术,重点解决了以下几个问题:①通过在校网出口增加双栈交换路由设备并使用双栈技术,实现了一条线路同时连接 CERNET 与 CERNET2 网络;②在校内核心交换机上建立 ISATAP 隧道入口,使校内用户可以通过隧道方式访问 CERNET2 资源;③在 UNIX 系统上使用 Bind 9 搭建了基于 IPv6 协议的域名系统,能同时为 IPv4 和 IPv6 网络解析校内 IPv6 域名。目前,重庆师范大学 IPv6 网络的基础结构和基础应用服务已经构建完毕,为以后从 IPv4 网络向 IPv6 网络过渡做准备,也为没有构建 IPv6 校园网的学校提供参考。

**关键词** IPv6 ;CERNET2 隧道技术 域名系统

**中图分类号** TP31

**文献标识码** :A

**文章编号** :1672-6693(2009)04-0082-04

随着 Internet 的发展越来越快,当前采用的 IPv4 网络协议也被广泛使用。但由于 IPv4 协议本身的缺陷和局限性,使得 Internet 的应用在很多方面受到限制,因此 IETF 提出了研究开发下一代 IP 协议,即 IPv6 协议。IPv6 具有长达 128 位的地址空间,可以彻底解决 IPv4 地址不足的问题;除此之外,IPv6 还采用了分级地址模式、高效 IP 包头、服务质量、主机地址自动配置、认证和加密等许多技术<sup>[1]</sup>,弥补了 IPv4 协议的许多缺陷,并极大地提高了安全性。目前世界上许多国家都开展了基于 IPv6 协议的下一代互联网 Internet2 的建设,而国内下一代互联网工程的最大核心网和唯一学术网 CERNET2 也已建成并投入使用,为各高校和科研机构的资源共享与教学科研提供了可靠的网络基础平台。

## 1 下一代互联网

### 1.1 下一代互联网介绍<sup>[2,3]</sup>

从 1996 年起,美国国家科学基金会就设立了“下一代 Internet”研究计划 NGI,进行高速计算机网络及其应用的研究。1998 年美国 100 多所大学联合成立UCAID(University corporation for advanced internet development),建设了另一个独立的高速网络试验床 Abilene,并于 1999 年 1 月开始提供服务。美国国家自然科学基金会还于 2005 年开始了 FIND

计划,在这个计划里,主要研究面向端到端的网络体系结构和设计。另外,日本、韩国以及欧洲的一些国家也分别建立了各自的下一代互联网,并以此为基础全面进行下一代互联网各项核心技术的研究和开发。

为建设我国的下一代互联网高速试验环境,2003 年我国启动了“中国下一代互联网示范工程 CNGI”。第二代中国教育和科研计算机网 CERNET2 是“中国下一代互联网示范工程 CNGI”中最大的核心网和唯一学术网,它以 2.5~10 Gbps 速率连接全国 20 个主要城市的 25 个 CERNET2 主干网的核心节点,为全国几百所高校和科研单位提供 1~10Gbps 的高速 IPv6 接入服务,并通过中国下一代互联网交换中心 CNGI-6IX 高速连接国内外下一代互联网。CERNET2 已成为目前世界上规模最大的纯 IPv6 下一代互联网主干网,也为我国基于 IPv6 的下一代互联网技术研究提供了广阔的试验环境。

### 1.2 IPv4 到 IPv6 的过渡技术<sup>[4,5]</sup>

现有的几乎每个网络及其连接设备都支持 IPv4,要想一夜间就完成从 IPv4 到 IPv6 的转换是不切实际的,因此必须使用过渡技术,主要包括以下几种类型。

1.2.1 双协议栈技术 IPv6 和 IPv4 是功能相近的网络层协议,两者都基于相同的物理平台,而且其传

\* 收稿日期 2008-12-03 修回日期 2009-05-06

资助项目:重庆市教委科技项目(No. KJ080828)

作者简介:肖崑,男,实验师,硕士研究生,研究方向为计算机网络、GIS。

输层协议 TCP 和 UDP 又没有任何区别。由图 1 所示的协议栈结构可以看出,如果一台主机同时支持 IPv6 和 IPv4 两种协议,那么该主机既能与支持 IPv4 协议的主机通信,又能与支持 IPv6 协议的主机通信,这就是双协议栈技术的工作原理。

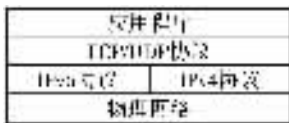


图 1 IPv4/v6 双协议栈的协议结构

1.2.2 隧道技术 随着 IPv6 网络的发展,出现了许多局部的 IPv6 网络,但是这些 IPv6 网络需要通过 IPv4 骨干网络相连。为了将这些孤立的“IPv6 岛”相互连通,并实现在当前的 IPv4 网络中 IPv6 节点与 IPv4 节点之间的 IP 通信,就必须要把 IPv6 数据报封装在 IPv4 数据报中进行传输,即“隧道”技术。隧道是 IPv4 向 IPv6 过渡的初期最易于采用的技术。

隧道技术只要求在隧道的入口和出口处进行修改,对其它部分没有要求,因而非常容易实现。但是隧道技术不能实现 IPv4 主机与 IPv6 主机的直接通信。

1.2.3 网络地址转换/协议转换技术 网络地址转换/协议转换技术 NAT-PT(Network address translation protocol translation)通过与 SIIT 协议转换和传统 IPv4 下的动态地址翻译(NAT)以及适当的应用层网关相结合,实现了只安装 IPv6 的主机和只安装 IPv4 机器的大部分应用的相互通信。

## 2 IPv6 校园网的实现

要搭建 IPv6 校园网,必须先向教育网信息中心申请 IPv6 地址段和本校的 IPv6 域名。下面就高校如何实现具有基本应用的 IPv6 校园网进行阐述。

### 2.1 连接 CERNET2

根据各主节点提供接入方式的不同,目前各高校主要有两种方式与 CERNET2 连接(默认主节点的路由器支持双栈技术)。

1)使用两条链路分别与主节点提供的 CERNET 和 CERNET2 连接。该方式要求高校必须具有一个支持双栈技术的路由器或具有两个路由器分别支持 IPv4 和 IPv6,并且必须要铺设两条链路。这种方式配置起来非常简单,IPv4 网络与 IPv6 网络互不干扰。

2)只有一条链路与主节点连接。该方式要求高校的出口路由器必须支持双栈技术,如果路由器

不支持双栈,而直接更换路由器的成本又太高,就必须在路由器的外部加装一台支持双栈技术的交换机与主节点对接。配置时首先在本端双栈交换机与主节点对接的接口上打开 IPv6 功能,并分别配置主节点给予的 IPv6 和 IPv4 接口地址,然后建立路由连接,原有的 IPv4 路由保持不变,而 IPv6 的路由可以根据主节点的路由方式选择使用静态路由协议或 OSPFv3 动态路由协议等。

另外,一些防火墙和计费系统可能不支持 IPv6 协议,甚至不允许 IPv6 数据包通过,这样就使得校内用户不能访问 CERNET2。为了解决此问题,建议使用一条新链路直接将核心交换机与双栈交换机连接。最终的拓扑图如图 1 所示。

### 2.2 建立 IPv6 隧道<sup>[6,7]</sup>

当前大多数的校园网都是纯 IPv4 网络,而且接入层交换机不支持双栈技术,虽然校园网边界已经与 CERNET2 连接,但如果不在校内建立 IPv6 隧道,校内用户还是无法访问 CERNET2。目前比较常用的隧道技术及其优缺点如下。

1)GRE 隧道。技术成熟,仅对入口和出口路由器有双栈要求,安全性较好,技术寿命长。但仅能提供点对点连接。

2)6over4 手工隧道。简单、成熟、稳定。但可扩展性差,安全性不如 GRE 隧道。

3)6PE/6VPE 隧道。多点对多点互联,6VPE 可提供 IPv6 VPN,技术成熟;成本低,适合大规模部署。

4)6to4 隧道。自动配置,具有中继能力,能够平滑升级;可以替代 NAT,成本低廉。但地址空间有限,不适用于新建 IPv6 网络之间互通。

5)ISATAP 隧道。技术简单,扩展性好,很容易与其它隧道技术结合使用。

网络建设初期,为了操作简单,适合采用 ISAT-AP 隧道技术。如图 2 所示,如果核心交换机支持双栈技术,建议在核心交换机上配置隧道接口:

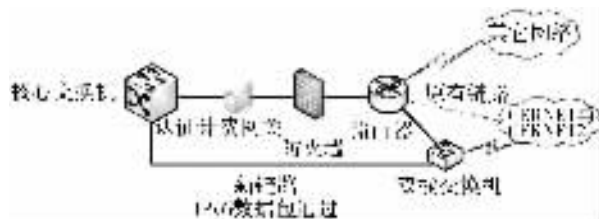


图 2 实现与 CERNET2 连接的拓扑图

```
interface Tunnel 1 //建立隧道接口
ipv6 enable //为隧道打开 IPv6 功能
```

```
ipv6 address 2001 :d123 :c100 2 :/64 eui-64 //
配置 IPv6 ISATAP 地址并自动生成
```

```
no ipv6 nd suppress-ra //允许在接口上发布路
由器公告报文
```

```
tunnel source GigabitEthernet 3/10 //指定隧道
的源接口号
```

```
tunnel mode ipv6ip isatap //指定隧道类型为
ISATAP
```

以上指定的隧道源接口上必须配置了 IPv4 地址,且该地址对于校内用户是可以访问的,因为该地址会作为 ISATAP 隧道的 router 地址。配置隧道接口成功后,还要在核心交换机与双栈交换机对接的端口上配置 IPv6 地址,并将两个端口和隧道接口都发布到 OSPFv3 路由中,让校内用户可以通过新链路访问 CERNET2。

如果核心交换机不支持双栈协议,也可以在图 2 中的双栈交换机上配置隧道接口。各类交换机、路由器配置隧道接口的命令不同,但原理都差不多,甚至还可以使用服务器来配置隧道接口,Linux 系统一般都支持该功能。

### 2.3 配置 IPv6 域名系统<sup>[8]</sup>

要让外网用户可以访问校内的 IPv6 资源,还必须建立学校自己的 IPv6 域名系统。由于互联网域名系统的设计是同网络的传输体制无关,因此为 IPv6 网络建立的域名系统可以和传统的 IPv4 域名系统结合在一起(只要原有的 IPv4 域名系统支持 IPv6 地址),也可以单独建立一套 IPv6 域名系统。现在 Internet 上最通用的域名服务软件 BIND 版本 9 已经实现了对 IPv6 地址的支持,所以要解决 IPv6 地址和主机名之间的映射就很容易实现了。

1)正向解析。IPv4 的地址正向解析的资源记录是“A”,而 IPv6 地址的正向解析目前有两种资源记录,即“AAAA”和“A6”记录。其中“AAAA”较早提出,它是对 IPv4 协议“A”记录的简单扩展,与 IPv4 所用的 A 资源记录类型相兼容。由于 IP 地址由 32 位扩展到 128 位,扩大了 4 倍,所以资源记录由“A”扩大成 4 个“A”。下面是一条 AAAA 资源记录实例:

```
www IN AAAA 2001 :d123 :c100 :27
```

“A6”是把一个 IPv6 地址与多个“A6”记录建立联系,每个记录都只包含了 IPv6 地址的一部分,结合后拼装成一个完整的 IPv6 地址。“A6”记录支持一些“AAAA”所不具备的新特性,如地址聚集,地址更改等。目前使用“AAAA”记录就足够了。

2)反向解析。IPv6 反向解析的记录和 IPv4 一样,是“PTR”,但地址表示形式有两种。一种是用“.”分隔的半字节十六进制数字格式,低位地址在前,高位地址在后,域后缀是“IP6.INT.”。另一种是二进制串格式,以“\”开头,十六进制地址(无分隔符,高位在前,低位在后)居中,地址后加“]”,域后缀是“IP6.ARPA.”。半字节十六进制数字格式与“AAAA”对应,二进制串格式与“A6”记录对应。同样的,只使用半字节十六进制数字格式就足够了。

IP6.INT 域用于为 IPv6 提供逆向地址到主机名解析服务。逆向检索也称为指针检索,根据 IP 地址来确定主机名。为了给逆向检索创建名字空间,在 IP6.INT 域中,IPv6 地址所有的 32 位十六进制数字都逆序分隔表示。例如,为地址 2001:d123:c100::27(完全表达式为 2001:d123:c100:0000:0000:0000:0027)查找域名时,在 IP6.INT 域中可以这样表示:

```
0.0.0.0.0.0.1.c.3.2.1.d.1.0.0.2.ipv6.int.
```

然后在域文件中插入一条 PTR 资源记录:

```
7.2.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0
```

```
IN PTR www.cqnu6.edu.cn.
```

这样就与正向解析一起构成了一条完整的检索记录,其它记录的添加与上面类似。

目前各高校在向教育网信息中心申请 IPv6 域名时通常会注册主/辅两个域名服务器,分别对应一个 IPv6 地址和 IPv4 地址。主域名服务器主要为纯 IPv6 网络提供域名解析和更新,辅域名服务器定期与主域名服务器保持同步,并负责将域名更新到 IPv4 网络中,这样就使得 IPv6 网络和 IPv4 网络都可以解析学校的 IPv6 域名了。

## 3 结论与展望

本文就如何连接 CERNET2、构建 ISATAP 隧道以及建立 IPv6 域名系统提出了解决方法,按照这些方法,重庆师范大学 IPv6 网络的基础结构和基础应用服务已经构建完毕,校内用户可以免费访问 CERNET2 以及国外 IPv6 资源,说明本文的研究是可行的。

从图 2 可以看出,IPv6 校园网在安全性上暂未考虑,后续建设中可以加入防火墙、流量检测等功能,为用户提供更安全的网络环境。我校的 IPv6 校园网刚建成,目前只运行了 DNS 和 Web 等业务,正在实验基于 IPv6 的邮件系统和视频点播系统。在今后的规划中,本校还准备在 IPv6 校园网上开展网

格技术、负载均衡和并行处理、组播技术、身份识别和认证、图像检索等相关研究,提升学校的科研水平。

目前 CERNET2 上开展的网络应用和科研项目还不多,但是相信随着全国各高校的逐渐加入以及国家加大对 IPv6 研究的投入,今后几年对下一代互联网的应用研究一定会得到极大的提高。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 中国教育网络. 浅释 IPv6 [ EB/OL ]. ( 2007-01-24 ). <http://sj.media.edu.cn/xiayidai/index2.php?IDx=290>, 2007.
- [ 2 ] 中国教育网络. Internet2 介绍 [ EB/OL ]. ( 2006-09-15 ). <http://sj.media.edu.cn/xiayidai/index2.php?IDx=23>, 2006.
- [ 3 ] 中国教育网络. CERNET2 与下一代互联网 [ EB/OL ].

- ( 2006-10-13 ). <http://sj.media.edu.cn/xiayidai/index2.php?IDx=168>, 2006.
- [ 4 ] 周会庆,许铭. IPv4 向 IPv6 过渡技术 [ J ]. 电子计算机, 2002( 1 ) 29-32.
- [ 5 ] 张军,王建华,么丽颖. 从 IPv4 升级到 IPv6 [ J ]. 哈尔滨师范大学( 自然科学学报 ) 2003, 19( 6 ) 33-35.
- [ 6 ] 宋玉蓉,苏晓萍. 从 IPv4 向 IPv6 过渡的隧道技术 [ J ]. 青海师范大学学报( 自然科学版 ) 2003, 4 : 18-21.
- [ 7 ] Ldshin P. IPv6 详解 [ M ]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [ 8 ] Gordon D, Haddad I. Building a linux IPv6 DNS server. [ EB/OL ]. ( 2006-04-12 ). <http://www.linuxjournal.com/article/6541>, 2006.
- [ 9 ] 肖崑, 繆春莹. 高速访问多出口局域网对外资源的方法研究 [ J ]. 重庆师范大学学报( 自然科学版 ), 2008, 25 ( 3 ) 32-35.

## Realization of Next Network Technology Based on IPv6 in Campus Network

XIAO Wei

( Network Management Center, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China )

**Abstract :** According to the analysis of China Internet Network Information Center, the global IPv4 address would be exhausted and the inborn limitation like network single breakdown, bottle-neck of capability, and security problem of IPv4 are becoming more and more serious, so the introduction of IPv6 into internet is imminent. Firstly, the thesis recalls the development history of Internet briefly and then analyzes the transitional way from IPv4 to IPv6. In order to set up the next generation campus network, focuses on the way to solve the problems of how to connect CERNET2, the setup of automatic channel, the way to configure IPv6 domain name system and so on, so as to lay the foundation to the transition from IPv4 network to IPv6 network in times to come with a hope to provide a model for other schools without network. At present, the basic structure and application services of Chongqing Normal University have been completed and the users within the school can visit CERNET2 and foreign IPv6 resources freely. Based on this achievement, we will work on the research and application of related technologies so as to strengthen the information construction of the school.

**Key words :** IPv6 ; CERNET2 ; tunnel technology ; domain system

( 责任编辑 游中胜 )