

# 基于 IPv4 和 IPv6 双协议企业网的研究与实现<sup>①</sup>

王 毅, 黄爱明

(重庆城市管理职业学院, 重庆 401331)

**摘 要:** IPv6 是下一代网络的核心, 在几年内所有的企业网都将向 IPv6 网络过渡。介绍了 IPv4 向 IPv6 过渡的相关技术及原理, 并提出了在企业中实现 IPv4/IPv6 双栈网络的新思路及具体实现方法。最后通过测试, 证明该方案可行性高, 能最大化地保护企业的投资。

**关键词:** IPv4; IPv6; 6to4; 企业网

## Research and Implementation of Enterprise Network Based on IPv4 & IPv6

WANG Yi, HUANG Ai-Ming

(Chongqing City Management College, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** IPv6 is the core of the next generation network. All the enterprise network will transit to IPv6 within a few years. We will describe the technologies and principles which transits from IPv4 to IPv6 in this article. And we will put forward the new ideas and implementation methods which achieves IPv4 / IPv6 dual stack network in the enterprise. Finally, the test proved that the proposal is feasible and maximize the investment of the enterprise.

**Key words:** IPv4; IPv6; enterprise network

### 1 问题的提出

据 2010 年初最新统计, IANA(互联网数字分配机构)还有约 32 个 A 类 IPv4 地址未分配。如果以每年申请 10~15 个的速度计算, 预计将在 2011 年用完。如果进一步考虑到泛在网和物联网等新业务新应用的发展及其对于地址的巨大需求, 则地址问题将成为电信行业乃至国家整体下一代互联网发展的最大瓶颈。中国是世界上最缺乏 IP 地址的国家之一, 因此工信部目前已开始制定 IPv6 发展路线图。国内最大的 ISP 中国电信已经规划出了 IPv6 的具体演进时间表<sup>[1]</sup>, 要在在 2011 年底开始 IPv6 的试商用, 2012 年开始规模化商用, 2015 年全面商用, 新型应用占据主导, IPv4 网络和业务平台逐步退出。目前中国电信已经在长沙、无锡、成都以及广州四个城市进行 IPv6 商用试验。

数据网络的 IPv6 化是必然趋势, 而且越来越近。大型 ISP 骨干网络的 IPv6 升级, 将对企业尤其是大中型企业的互联网接入带来深远而重大的影响。随着骨

干网的更新, 互联网上的 IPv6 资源和应用也越来越多, 为了最大化地保护企业的投资, 则现在对网络进行新建或扩建时必须引入 IPv6 的相关思维和规划。

### 2 相关技术

随着中国大型 ISP 骨干网络的 IPv6 基础化, 在近几年中 IPv4/IPv6 网络和业务将共存, 网络 and 平台将进行规模化改造, 业务逐步迁移, 新型应用和用户规模持续扩大, 新型应用将占据主导。企业在近几年的网络建设中需要规划平稳的转换平台和机制, 在保护即将的投入同时又使得对现有的业务影响最小。IETF 推荐了双协议栈、隧道技术以及 NAT 等转换机制。

#### 2.1 IPv6/IPv4 双协议栈技术

双栈机制就是使 IPv6 网络节点具有一个 IPv4 栈和一个 IPv6 栈, 在路由器和主机中同时支持 IPv4 和 IPv6 的实现, 使得 IPv4 和 IPv6 得以在一个混合环境中工作。IPv6 和 IPv4 是功能相近的网络层协议, 两者

<sup>①</sup> 基金项目: 教育科研基础设施 IPv6 技术升级和应用示范项目(GXTC-0930004)

收稿时间: 2010-12-12; 收到修改稿时间: 2011-03-28

都应用于相同的物理平台,并承载相同的传输层协议 TCP 或 UDP,如果一台主机同时支持 IPv6 和 IPv4 协议,那么该主机就可以和仅支持 IPv4 或 IPv6 协议的主机通信。因此双栈技术是运营商向 IPv6 发展演进的基础步骤,有利于用户业务的连续性,以及对现网投资的保护。在双栈网络的基础上,引入合适的地址翻译技术,可以同时解决 IPv4 地址短缺的问题。目前中国电信和日本 NTT 主要采用双栈解决方案。

## 2.2 隧道技术

隧道技术就是必要时将 IPv6 数据包作为数据封装在 IPv4 数据包里,使 IPv6 数据包能在已有的 IPv4 基础设施(主要是指 IPv4 路由器)上传输的机制。随着 IPv6 的发展,出现了一些被运行 IPv4 协议的骨干网络隔离开的局部 IPv6 网络,为了实现这些 IPv6 网络之间的通信,必须采用隧道技术。隧道对于源站点和目的站点是透明的,在隧道的入口处,路由器将 IPv6 的数据分组封装在 IPv4 中,该 IPv4 分组的源地址和目的地址分别是隧道入口和出口的 IPv4 地址,在隧道出口处,再将 IPv6 分组取出转发给目的站点。隧道技术的优点在于隧道的透明性,IPv6 主机之间的通信可以忽略隧道的存在,隧道只起到物理通道的作用。隧道技术在 IPv4 向 IPv6 演进的初期应用非常广泛。但是,隧道技术不能实现 IPv4 主机和 IPv6 主机之间的通信。由于可以通过不同协议类型数据包的封装和解封装,方便地实现数据包在不同协议类型网络中的传输穿越,隧道方式因此相比协议翻译而言能够较为方便地实现原有流量的承载。根据穿越的不同网络类型,隧道类技术可以分为 IPv6 over IPv4 类隧道和 IPv4 over IPv6 类隧道。目前支持 IPv6 over IPv4 的隧道类型较多,包括已经成为标准的 6to4<sup>[2]</sup>, 6over4, ISATAP<sup>[3]</sup>, TSP, Teredo, 6PE 等,而支持 IPv4 over IPv6 的隧道技术有 DS-Lite, A+P, TSP 等。

## 2.3 网络地址转换技术

网络地址转换<sup>[4]</sup>(Network Address Translator, NAT)技术是将 IPv4 地址和 IPv6 地址分别看作内部地址和全局地址,或者相反。例如内部的 IPv4 主机要和外部的 IPv6 主机通信时,在 NAT 服务器中将 IPv4 地址(相当于内部地址)转换成 IPv6 地址(相当于全局地址),服务器维护一个 IPv4 与 IPv6 地址的映射表。反之当内部的 IPv6 主机和外部的 IPv4 主机进行通信时,则 IPv6 主机映射成内部地址,IPv4 主机映射成全局地

址。NAT 技术可以解决 IPv4 主机和 IPv6 主机之间的互通问题。相对于原 IPv4 用户终端不需要进行升级改造,所有包括地址、协议在内的转换工作都由网络设备来完成。在这种情况下,网关路由器要向 IPv6 域中发布一个路由前缀 PREFIX::/96,凡是具有该前缀的 IPv6 包都被送往网关路由器。此外,网关路由器支持 DNS-ALG(域名系统-应用层网关),在 IPv6 终端访问 IPv4 终端的过程中发挥作用。目前主要的网络地址转换技术有 NAT44、NAT-PT、NAT64 和 IVI/DIVI 等。

## 3 IPv6在企业网络中的实现

### 3.1 企业网络模型

随着 ISP 骨干和接入网络的升级,大中型企业网必然向 IPv6 过渡。由于广大的企业已投入了巨资在基于 IPv4 的企业网络中,所以 IPv4/IPv6 双栈网络将在近几年甚至十年中共存。为了不影响企业现有的 IPv4 网络业务运行,在企业网络升级到 IPv6 网络的必然条件之一是企业网络中的三层交换机及路由器设备必须支持双栈协议,且企业必须申请到合法的出口 IPv4 地址,另外企业必须在原有 IPv4DNS 服务器的基础上增加 IPv6DNS 服务器。图 2 是经过简化的通用企业网络拓扑,本文将在该模型的基础上进行研究和实现。

### 3.2 企业网中实现 IPv4 和 IPv6 双协议的解决方案

由于 IPv4 已经布置并很好的应用到网络中,企业网络对 Internet 有 IPv6 资源需求进行企业 Intranet 升级和改造时,不能对原网络的已有功能进行改变和迁移。目前在应用中较为成熟的技术有 6to4<sup>[2]</sup>自动隧道和 ISATAP<sup>[3]</sup>隧道技术。6to4 隧道实现相对简单,支持的设备较多;由于 ISATAP 的路径选择性能不高且不支持 IPv4 的组播技术,因此在中大型的企业网络中使用 6to4 自动隧道性能更优。为了和原有的动态路由器协议相兼容,在企业网内选择 OSPFv3 更适合。图 1 是企业网络双协议栈通信模型。

自动配置隧道(RFC2893)技术中隧道的建立和拆除是动态的,它的端点根据分组的地址确定,适用于单独的主机之间或不经常通信的站点之间。自动配置的隧道需要站点采用 IPv4 兼容的 IPv6 地址,这些站点之间必须有可用的 IPv4 连接,每个采用这种机制的主机都需要有一个全球唯一 IPv4 地址。这种隧道的两个端点都必须支持双栈。

6to4 隧道<sup>[5,6]</sup>(RFC3056)技术是一种自动构造隧道

的机制,由于这种机制下隧道端点的 IPv4 地址可以从 IPv6 地址中提取,所以隧道的建立是自动的。6to4 不会在 IPv4 的路由表中引入新的条目,在 IPv6 的路由表中只增加一条表项。采用 6to4 机制的 IPv6 ISP 只需要做很少的管理工作,这种机制很适用于运行 IPv6 的站点之间的通信。6to4 要求隧道中至少有两台路由器支持双栈和 6to4。

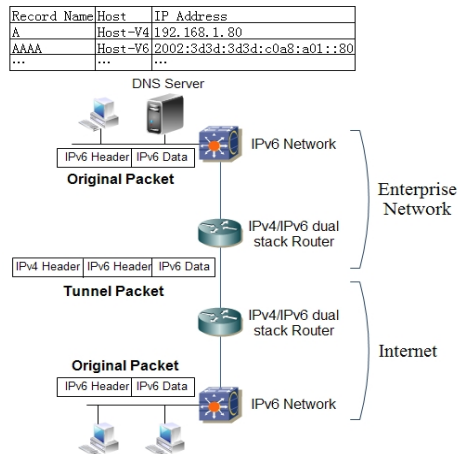


图 1 企业网络双协议栈通信模型

6to4 隧道采用特殊的 IPv6 地址。IANA 为 6to4 隧道方式分配了一个永久性的 IPv6 格式前缀 0x2002, 表示成 IPv6 地址前缀格式为 2002::/16。如果一个用户站点拥有至少一个有效的全球唯一的 32 位 IPv4 地址,那么该用户站点将不需要任何分配申请即可拥有如下的 IPv6 地址前缀 2002:(v4 address)::/48。

6to4 隧道的应用环境有两种<sup>[7]</sup>:一种是通信双方都处于 6to4 域中,并且均采用 6to4 地址;另一种是通信的一端处于 6to4 域中,并采用 6to4 地址,而另一端则处于纯 IPv6 域中,采用纯 IPv6 地址,此时应使用 6to4 中继器进行连接。6to4 中继器在其纯 IPv6 接口上参与 IPv6 单播路由协议;在 6to4 伪接口上参与 IPv6 单播路由协议;在支持 6to4 的 IPv4 接口上参与 IPv4 单播路由协议。

### 3.3 实现方法

在企业原有 IPv4 网络中规划 IPv6 功能,需要三层交换机和路由器具备双栈功能,需要增加支持 IPv6 的 DNS 服务器,需要对原有 IP 地址进行基于 IPv6 的重新规划。由于实施 6to4 隧道技术要求 IPv6 地址前缀为 2002:(v4 address)::/48,则原来网络的 IP 应进行相应变化。为了延续原 IPv4 地址规划的思路,本人建议新

的 IPv6 为 2002:(全局 v4 address):(本地 v4 address)::/80。例如企业的出口 IP 为 61.61.61.61,某 VLAN 地址为 192.168.10.1/24,则该 VLAN 的 IPv6 为 2002:3d3d:3d3d:c0a8:a01::/80。图 2 是常用的企业双栈网络拓扑图。

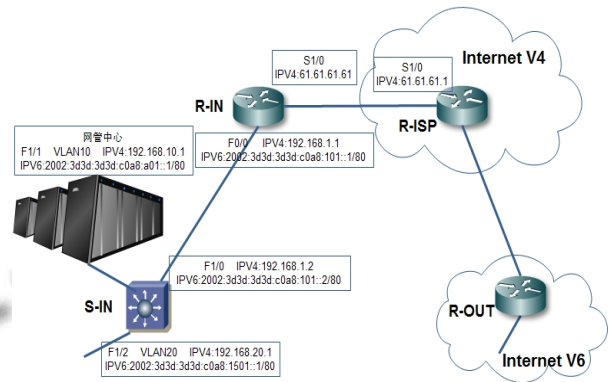


图 2 IPv4/IPv6 双栈企业网络拓扑图

#### 3.3.1 路由器核心配置

```

R-IN(config)#ipv6 unicast-routing
#开启路由器的单播路由
R-IN(config)#ipv6 router ospf 10
#开启路由器的 OSPFv3 协议
R-IN(config-rtr)#router-id 192.168.1.1
R-IN(config-rtr)#exit
R-IN(config)#int f0/0
R-IN(config-if)#ipv6 enable
R-IN(config-if)#ipv6 add
2002:3d3d:3d3d:c0a8:101::1/80
#为该端口设置 IPV6 地址
R-IN(config-if)#ipv6 ospf 10 area 0
#把该链路加入到骨干区域中
R-IN(config)#int tunnel 10
#建立 IPV6 通信隧道 10
R-IN(config-if)#tunnel source s1/0
#指定隧道源
R-IN(config-if)#tunnel mode ipv6ip 6to4
#指定隧道工作模式为 6to4
R-IN(config-if)#ipv6 enable
R-IN(config-if)#exit
R-IN(config)#ipv6 route ::/16 tunnel 10
#添加指向 Internet 的默认路由

```

```
R-IN(config)#exit
```

### 3.3.2 核心交换机核心配置

```
S-IN(config)#ipv6 unicast-routing
```

```
S-IN(config)#ipv6 router ospf 10
```

```
S-IN(config-rtr)#router-id 192.168.1.2
```

```
S-IN(config-rtr)#exit
```

```
S-IN(config)#vlan 10
```

```
S-IN(config-vlan)#exit
```

```
S-IN(config)#vlan 20
```

```
S-IN(config-vlan)#exit
```

```
S-IN(config)#int vlan 10
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 enable
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 add 2002:3d3d: 3d3d:c0a8:
```

```
a01::1/80
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 ospf 10 area 0
```

```
S-IN(config-if)#exit
```

```
S-IN(config)#int vlan 20
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 enable
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 add 2002:3d3d: 3d3d:c0a8:
```

```
1501::1/80
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 ospf 10 area 0
```

```
S-IN(config-if)#exit
```

```
S-IN(config)#int f0/0
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 enable
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 add 2002:3d3d:3d3d:c0a8:
```

```
101::2/80
```

```
S-IN(config-if)#ipv6 ospf 10 area 0
```

```
S-IN(config-if)#end
```

### 3.3.3 监控与测试

基于 IPv6 的监控和测试工具较多,对于企业网络骨干的连通性及性能检测通常是查看接口的 IPv6 信息、邻居表和路由表等信息。图 3 是数据包分析软件捕获的本例中 IPv6 数据包效果图。以下是常用的交换机/路由器检测命令。

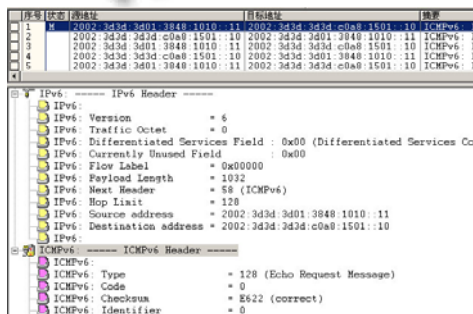


图3 IPv6 协议包通信测试效果图

```
Show ipv6 interface [interface-id] [ra-info]
```

```
#显示接口的 IPv6 信息
```

```
Show ipv6 neighbors [verbose] [interface-id] [ipv6-address]
```

```
#显示 IPv6 邻居信息
```

```
Show ipv6 route [static] [local] [connected]
```

```
#显示 IPv6 路由表信息
```

## 4 结论

在 IPv6 网络的布署中,为了兼容现有的 IPv4 网络,则各设备的 IP 地址前缀要一致,必须是 2002::/16 的前缀,这是寻址需要,否则无法路由。在路由器上设置 Tunnel 时可以不配置 IPv6 地址,但必须要支持 IPv6 地址。通道是一对多的形式,寻址是依靠特殊的编制地址来实现的,2002:xxxx:xxxx::/48 内嵌的 IPv4 地址能够被自动提取出来然后通过 IPv4 域路由到另一个通道终点,因此 Tunnel 口无需设置目的地址。

6to4 隧道技术在 IPv4/IPv6 过渡初期较为有效,无须申请正式的 IPv6 址就可以部署 IPv6。

但由于网络使用的 IPv6 地址限制为特殊的 6to4 地址并接入到 IPv6 骨干网中,6to4 技术不适于在大型 IPv6 骨干网络中使用。当以后 Internet 资源全部过渡到 IPv6 后,需要对企业网络进行 IP 地址及路由进行重新配置。

随着互联网技术的快速发展,IPv6 会最终代替 IPv4。为了最大化保护企业在网络中的投资,因此提出了基于 IPv4/IPv6 双栈网络的建设与实现。经过实验和测试,该方案行之有效,可以推广。

## 参考文献

- 1 逢丹.中国电信:IPv6 过渡策略选择多元化.北京:通信产业报,2010,13.
- 2 Savola P, Patel C. Security Considerations for 6to4. IETF RFC3964, December, 2004.
- 3 Templin F, Glesson T, Talwar M, Thaler D. Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol(ISATAP). IETF RFC 4214 Oct, 2005.
- 4 冷俊敏,付国,荆振宇.IPv6 试验网络的设计与实现.计算机工程与设计,2009,30:1850-1852.
- 5 Carpenter B, Moore K. Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds. RFC3056,February, 2001.
- 6 王晓峰,吴建平,崔勇.互联网 IPv6 过渡技术综述.小型微型计算机系统,2006,3:385-395.
- 7 杜慧军.基于双协议栈的 6to4 隧道技术的应用.广东技术师范学院学报,2007,12:16-20.