

ISATAP 与 6to4 技术相结合的 IPv6 组网实现

Implementation of IPv6 network based on combination of ISATAP and 6to4 tunnel techniques

李 捷 (中国地质大学(北京)工程技术学院 北京 100083)

摘 要:在从 IPv4 向 IPv6 平稳过渡的三种机制(双栈、隧道和协议转换)的基础上,简要介绍了其中两种隧道技术: ISATAP 技术和 6to4 技术,提出了一种基于两者结合的新型实验网络的实现方案。具体讨论了在 Windows 下如何组建这种新型实验网络平台,并进行了详细分析和测试。

关键词:IPv6 隧道 ISATAP 6to4 Windows

1 前言

随着 Internet 数据业务的飞速发展和全球网络用户数的剧增,其核心协议 IPv4 不断面临着窘境。作为下一代互联网核心协议的 IPv6 无论在地址空间、可靠性、移动性等诸多方面较 IPv4 而言都有很大的优势,它能为网络用户提供更好更高效安全的服务。在中国,下一代互联网(CNGI)示范工程核心网建设项目 CER-NET2 也已经在 2004 年底建成,是世界上最大规模的纯 IPv6 网络。可以预见,由 IPv4 过渡到 IPv6 仍需要很长的一段时间,对 IPv4/IPv6 综合组网形式的研究,有助于探索下一代互联网的发展方向和技术模式,对 IPv6 自身的完善和发展也具有促进作用。目前已经出现了很多种针对不同情况的过渡策略,比较常见的有:双协议栈技术、隧道技术和地址翻译技术。

2 ISATAP 和 6to4 技术介绍

2.1 ISATAP

ISATAP (Intra - Site Automatic Tunnel Addressing Protocol), 站间自动隧道寻址协议是一种地址分配和主机到主机、主机到路由器和路由器到主机的自动隧道技术,它为 IPv6 主机之间提供了跨越 IPv4 内部网络的单播 IPv6 连通性。ISATAP 一般用于 IPv4 网络中的 IPv6/IPv4 节点间的通信。ISATAP 使用本地管理的接口标识符::0:5EFE:w.x.y.z,其中::0:5EFE 部分是由 Internet 号码分配中心 (IANA) 所分配的机构单元标识符 (00-00-5E) 和表示内嵌的 IPv4 地址类型的类型号

(FE) 组合而成的。w.x.y.z 部分是任意的单播 IPv4 地址,既可以是私有地址,也可以是公共地址。任何有效的 IPv6 单播地址的 64 位前缀都可以和 ISATAP 接口标识符相结合,它们包括链路本地地址前缀 (FE80::/64)、全球前缀(包括 6to4 前缀)和站点本地前缀。

2.2 6to4

6to4 是一种地址分配和路由器到路由器的自动隧道技术,它为 IPv6 站点和主机之间提供了跨 IPv4 Internet 的单播 IPv6 连通性。这种机制要求站点采用特殊的 IPv6 地址,其地址是自动从站点的 IPv4 地址派生出来的,6to4 使用全球地址前缀 2002:WWXX:YYZZ::/48。所以,每个采用 6to4 机制的节点至少必须具有一个全球唯一的 IPv4 地址。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,主机要求至少支持 IPv6 协议栈。

3 ISATAP 和 6to4 的测试及分析

为了进行测试,我们设计了如图 1 的网络结构,为了节省经费,6to4 路由器由微机担任,采用双网卡,操作系统为 Windows Server 2003 (SP1),而且都具有全球唯一的 IPv4 地址;其他计算机也是普通微机,操作

系统为 Windows XP Professional (SP2), 使用 192.168.0.0/16 私有地址空间。

在该方案实施的配置中:

ISATAP 主机 A 为其自动隧道伪接口自动配置链路本地 ISATAP 地址 FE80::5EFE:192.168.10.1; 6to4 路由器 A 为其自动隧道伪接口自动配置链路本地 ISATAP 地址 FE80::5EFE:192.168.20.1 和 FE80::5EFE:202.204.98.160; 6to4 路由器 B 为其自动隧道伪接口自动配置链路本地 ISATAP 地址 FE80::5EFE:192.168.30.1 和 FE80::5EFE:202.204.96.15; ISATAP 主机 B 为其自动隧道伪接口自动配置链路本地 ISATAP 地址 FE80::5EFE:192.168.40.1。

号 3) 自动配置一个 6to4 地址: 2002:CACC:62A0::CACC:62A0。同样, 站点 B 中的 6to4 路由器 B 也会为自己的 6to4 隧道伪接口自动配置一个 6to4 地址: 2002:CACC:600F::CACC:600F。站点 A 中的 6to4 路由器 A 与站点 B 中的 6to4 路由器 B 通过 IPv4 Internet 可以相互访问, 如图 3 所示, 6to4 路由器 B 可以 ping 通 6to4 路由器 A。ISATAP 主机 A 可以通过使用链路本地 ISATAP 地址到达站点 A 中的 6to4 路由器 A 以及站点 A 中的其他所有主机。但如果只使用链路本地 ISATAP 地址, 主机 A 则不能到达站点 A 以外的任何地址。

对于 6to4 路由器 A 而言, IPv6 助手可以通过配置 Internet 连接共享 (ICS) 的属性, 将一台运行 Windows XP 或 Windows 2003 系列的主机配置为 6to4 路由器, 如图 4 图 5 所示, 在配置 ICS 后 6to4 路由器 A 自动创建一个全球地址前缀 2002:CACC:62A0:4::/64 (CACC:62A0 是地址 202.204.98.160 的冒号十六进制表示, 而 4 是 6to4 路由器 A 的内部网络接口的接口索引), 并向自己的路由表中添加一条本地子网路由 2002:CACC:62A0:4::/64, 然后在其内部网络接口上用路由器公告报文将此此前缀公告出去, 同时还建立一条默认路由, 默认路由中的下一跳地址为 ICS 主机的私有接口的链路本地地址。同样 6to4 路由器 B 也是如此。

为了配置 ISATAP 主机 A, 以使其可以从 6to4 路由器 A 接收到路由器的公告报文, 站点 A 中, 6to4 路由器 A 要配置成为一台 ISATAP 路由器, 并在站点 A 的 DNS 中添加一条 A (IPv4 地址) 记录, 用来将名称 ISATAP 解析为 IPv4 地址 192.168.20.1。在主机 A 上的 IPv6 协议启动的时候, 它会将 ISATAP 名进行解

析, 并向表 1 中所列出的地址发出一个路由器请求报文。

6to4 路由器 A 在接收到 ISATAP 主机 A 的路由器请求报文后, 它会发出二个单播路由器公告报文来作

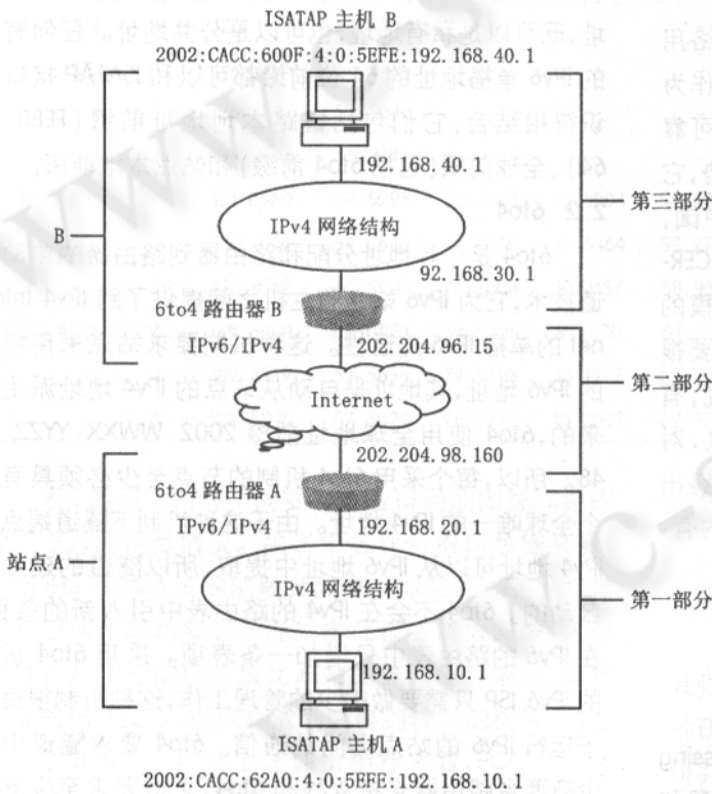


图 1 位于不同 6to4 站点中的 ISATAP 主机之间的通信

站点 A 中的 6to4 路由器 A 具有的公共 IPv4 地址为 202.204.98.160, 在如图 1 所示的网络结构中, 并不包含一个具有全球前缀的路由器。所以, 如图 2 所示, 6to4 路由器 A 会为 6to4 隧道伪接口 (一般为接口索引

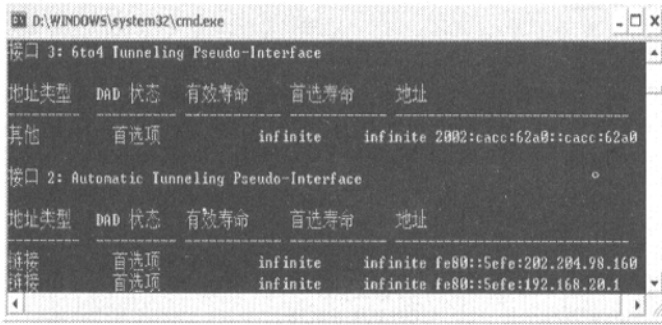


图 2 6to4 路由器 A 隧道伪接口 3 的配置

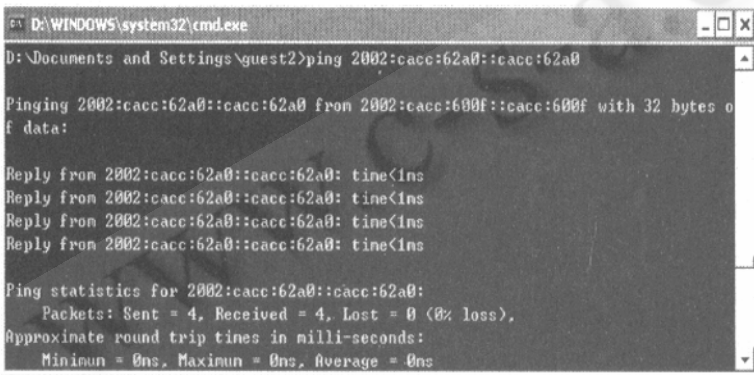


图 3 6to4 路由器 B ping 6to4 路由器 A 测试结果

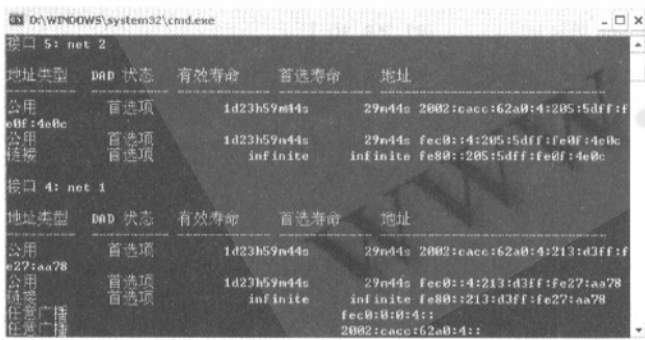


图 4 6to4 路由器 A 配置 ICS 后地址情况

为回应,在此报文中,6to4 路由器 A 将自己公告为一台默认路由器,并且在报文中还带有用于自动配置 IPv6 地址的前缀信息选项,选项中的前缀为 2002:CACC:62A0:4::/64 (CACC:62A0 是地址 202.204.

98.160 的冒号十六进制表示,而 4 是 6to4 路由器 A 的自动隧道伪接口的接口索引)。表 2 中列出了路由器公告报文中的地址。

表 1 路由器请求报文中的地址

| 字段 | 值 |
|-----------|-------------------------|
| IPv6 源地址 | FE80::5EFE:192.168.10.1 |
| IPv6 目标地址 | FF02::2 |
| IPv4 源地址 | 192.168.10.1 |
| IPv4 目标地址 | 192.168.20.1 |

表 2 路由器公告报文中的地址

| 字段 | 值 |
|-----------|-------------------------|
| IPv6 源地址 | FE80::5EFE:192.168.20.1 |
| IPv6 目标地址 | FE80::5EFE:192.168.10.1 |
| IPv4 源地址 | 192.168.20.1 |
| IPv4 目标地址 | 192.168.10.1 |

ISATAP 主机 A 在接收到路由器公告报文之后,它会自动配置地址 2002:CACC:62A0:4:0:5EFE:192.168.10.1,同时向自己的路由表中加入一条使用自动隧道伪接口(接口索引 2)的默认路由(::/0),将其默认路由中的下一跳地址设为 FE80::5EFE:192.168.20.1,并增加一条使用自动隧道伪接口的路由 2002:CACC:62A0:4::/64。与站点 A 类似,站点 B 的 6to4 路由器 B 也需要配置为一台 ISATAP 路由器,站点 B 的 DNS 中也添加了一条正确的 A 记录,以使得 ISATAP 主机 B 能够自动配置地址 2002:CACC:600F:4:0:5EFE:192.168.40.1 (CACC:600F 是地址 202.204.96.15 的冒号十六进制表示),主机 B 也会向自己的路由表中添加一条使用自动隧道伪接口(接口索引为 2)的默认路由(::/0),路由中的下一跳地址为 FE80::5EFE:192.

168.30.1,并增加一条使用自动隧道伪接口的路由 2002:CACC:600F:4::/64。我们将从 ISATAP 主机 A 发送一个数据包给 ISATAP 主机 B,从 ISATAP 主机 A 到 ISATAP 主机 B 的路径包括图 1 中的三部分,下面我们分别考查在每一部分中的数据包寻址过程。

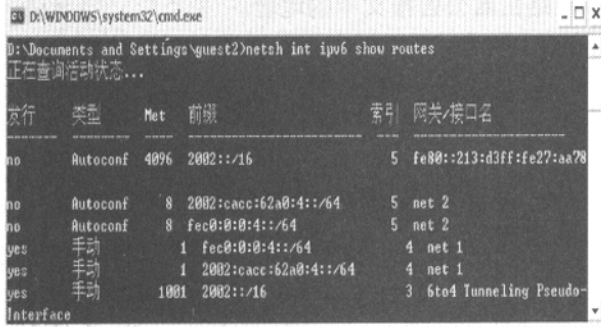


图 5 6to4 路由器 A 配置 ICS 后路由表情况

第一部分:从 ISATAP 主机 A 到 6to4 路由器 A

ISATAP 主机 A 在发送 IPv6 数据包时,首先通过其默认路由由::/0 将 IPv6 数据包送往下一跳地址 FE80::5EFE:192.168.20.1。路由::/0 是使用自动隧道伪接口的路由,在路由表中,它将数据包的下一跳地址指定为 6to4 路由器 A 的链路本地 ISATAP 地址 (FE80::5EFE:192.168.20.1)。主机 A 利用它的内部网络接口的 IPv4 地址 (192.168.10.1),通过自动隧道伪接口使数据包穿越隧道发往下一跳地址的 ISATAP 接口 ID 中内嵌的 IPv4 地址 (192.168.20.1),在这一过程中,使用 IPv4 协议。表 3 列出了这一过程中的地址使用情况。

表 3 第一部分中使用的地址

| 字段 | 值 |
|-----------|--------------------------------------|
| IPv6 源地址 | 2002:CACC:62A0:4:0:5EFE:192.168.10.1 |
| IPv6 目标地址 | 2002:CACC:600F:4:0:5EFE:192.168.40.1 |
| IPv4 源地址 | 192.168.10.1 |
| IPv4 目标地址 | 192.168.20.1 |

第二部分:从 6to4 路由器 A 到 6to4 路由器 B

6to4 路由器 A 在接收到 IPv4 数据包之后,将其 IPv4 报头去掉。因为路由 2002::/16 是使用 6to4 隧道伪接口的路由,在路由表中,已将数据包的下一跳地址指定为目标地址 (2002:CACC:600F:4:0:5EFE:192.168.30.1)。6to4 路由器 A 使用 6to4 隧道伪接口,将数据包从它的 Internet 接口的 IPv4 地址 (202.204.98.160) 通过隧道发往下一跳 6to4 路由器 B 的 ISATAP 地址所内嵌的 IPv4 地址 (202.204.96.15),这一过程也

使用 IPv4 协议。表 4 列出了这一过程中地址使用的情况。

表 4 第二部分中使用的地址

| 字段 | 值 |
|-----------|--------------------------------------|
| IPv6 源地址 | 2002:CACC:62A0:4:0:5EFE:192.168.10.1 |
| IPv6 目标地址 | 2002:CACC:600F:4:0:5EFE:192.168.30.1 |
| IPv4 源地址 | 202.204.98.160 |
| IPv4 目标地址 | 202.204.96.15 |

第三部分:从 6to4 路由器 B 到 ISATAP 主机 B

6to4 路由器 B 在接收到 IPv4 数据包之后,将其 IPv4 报头去掉。路由 2002:CACC:600F:2::/64 是使用自动隧道伪接口的路由,在路由表中,它的下一跳地址指定为目标地址 (2002:CACC:600F:4:0:5EFE:192.168.40.1)。6to4 路由器 B 使用自动隧道伪接口,从它的内部网络接口的 IPv4 地址 (192.168.30.1),将 IPv6 数据包通过隧道发往下一跳 IPv6 地址的 ISATAP 接口 ID 中内嵌的 IPv4 地址 (192.168.40.1)。表 5 中列出了这一过程中地址使用的情况。

表 5 第三部分中使用的地址

| 字段 | 值 |
|-----------|--------------------------------------|
| IPv6 源地址 | 2002:CACC:62A0:4:0:5EFE:192.168.10.1 |
| IPv6 目标地址 | 2002:CACC:600F:4:0:5EFE:192.168.40.1 |
| IPv4 源地址 | 192.168.30.1 |
| IPv4 目标地址 | 192.168.40.1 |

至此,从 ISATAP 主机 A 所发出的 IPv6 数据包就成功地发送到了其目的地,即站点 B 中的 ISATAP 主机 B。其连通性测试结果如图 6 所示。通过将 ISATAP 和 6to4 自动隧道技术的结合使用,两个使用内部私有地址网络中的主机通过自动配置 ISATAP 地址,并借助于由两个公网 IPv4 地址而自动配置的 6to4 路由器,实现了相互之间跨越 IPv4 Internet 的互访。

4 结束语

IPv6 已经是历史发展的必然趋势,我们当前面临的主要问题是如如何渐进地、无伤害地由基于 IPv4 的网

络过渡到基于 IPv6 的网络,同时尽可能减少过渡的成

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\Administrator>ping6 2002:cacc:600f:4:0:5efe:192.168.40.1
.1
Pinging 2002:cacc:600f:4:0:5efe:192.168.40.1
from 2002:cacc:62a0:4:0:5efe:192.168.10.1 with 32 bytes of data:

Reply from 2002:cacc:600f:4:0:5efe:192.168.40.1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:cacc:600f:4:0:5efe:192.168.40.1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:cacc:600f:4:0:5efe:192.168.40.1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:cacc:600f:4:0:5efe:192.168.40.1: bytes=32 time<1ms

Ping statistics for 2002:cacc:600f:4:0:5efe:192.168.40.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
  
```

图 6 ISATAP 主机 A 与 ISATAP 主机 B 连通性测试

本。目前已出现了很多过渡的策略,我们要结合自己的实际情况选择相应的机制,建立 IPv6 实验网络,最终实现平稳过渡。

参考文献

1 (美)Pete Loshin 著,IPv6 详解[M],沙斐、程莉、周立

译,北京:机械工业出版社,2000.04.

2 (美)Joseph Davies 著,理解 IPv6[M],张晓彤、晏国展、曾庆峰译,北京:清华大学出版社,2004.03.

3 Christian Huitema 著.新因特网协议 IPv6 (第 2 版)[M],陶文星、胡文才译,北京:清华大学出版社,2000.06.

4 Douglas E. Comer. Internetworking with TCP/IPv6. 北京:电子工业出版社,1998.

5 Richard Draves. Default Address Selection for Internet Protocol version 6 (IPv6), RFC3484[S],2003.02.

6 陈彦、卢朝晖、傅光轩,基于多种操作系统构建 IPv6 试验网的研究与实现,计算机工程,2003,29(20):185-190.

7 代长城,IPv4 与 IPv6 的互操作研究及网络实验,计算机工程与应用,2004,27:135-138.

8 陈炯、阚联营、陈伟锋,IPv6 在 Windows XP 下的实现研究,交通与计算机,2005,1(23):103-106.