

对 IPv6 过渡期路由问题的研究*

刘 颖

(盐城工学院 电气与信息工程学院, 江苏 盐城 224003)

摘 要:在从 IPv4 延伸到 IPv6 的过渡时期,基于 IPv6 的系统必须与基于 IPv4 的系统共存。探讨了从 IPv4 向 IPv6 过渡过程中若干路由问题,提出了双 IP 层路下双协议栈、点到点的隧道技术以及基于应用层网关的 NAT-PT 技术。

关键词:IPv6;双协议栈;隧道;NAT-PT

中图分类号:TP393.07

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2007)02-0022-05

由于现今整个 Internet 网所使用的 IPv4 版本的路由器数量巨大,因此,“规定统一时间段,停用所有 IPv4,所有路由器一律升级至 IPv6”,显然这是行不通的。这样,我们不得不考虑在很长一段时间内 IPv4 将和 IPv6 共存,向 IPv6 过渡只能采用逐步演进的办。同时,过渡期内的 IPv6 系统还必须能够接收和转发 IPv4 分组,并且能够为 IPv4 分组选择路由。在这样的双 Internet 网络协议的环境中,将呈现出 IPv4 和 IPv6 两种路由基础结构^[1]。

1 双 IP 层运作模式下的双协议栈

在基础的双 IP 层传输方式下,各个路由器可能会独立地支持 IPv4 或是 IPv6 路由方式。IPv4 数据包的推进依靠通过运行单独 IPv4 的路由协议而获得的路由信息。同样,IPv6 数据包(包括格式兼容 IPv4 地址的 IPv6 数据包)的推进依靠通过运行单独 IPv6 的路由协议而获得的路由信息。这意味着在 IPv4 和 IPv6 中要分别用各自路由协议的实例(尽管可能出现两个都是 OSPF 实例或者两个都是 RIP 实例的情况,因为 OSPF 和 RIP 均同时支持 IPv4 和 IPv6 路由)。运用整合路由协议的单个实例具有更强的功能,它既支持 IPv4 路由又支持 IPv6 路由。当然这种支持双协

议的功能加强并没有改变向 IPv6 转变过程中基本双 IP 层的本质。在 IPv4 向 IPv6 过渡的初始阶段将尝试运用兼容 IPv4 的 IPv6 地址,这样做使得在无须运行任何兼容 IPv6 的路由协议的情况下 IPv6 数据包照样可以被传送。这种情况下,一个双协议路由器(IPv4 和 IPv6)只需运行只支持 IPv4 的路由协议。传输 IPv4 数据包时只要依据从 IPv4 路由协议获得的路径安排即可。而在传输带有兼容 IPv4 目标地址的 IPv6 数据包时也只要依据相关 IPv4 地址给出的路径即可。当然这种方法也有两个缺点:(1)它没有明确考虑当 IPv6 数据包在只支持 IPv4 的路由器周围传输时若要通过兼容 IPv6 的路由器时会怎么样;(2)对于“非兼容匹配”的 IPv6 地址它无法为其生成路由安排。这种方法下路由协议并不告知路由器其相邻路由器是否是兼容 IPv6 的。然而,发现相邻路由器规则中应包含对此信息的判定。那么若要传送一个 IPv6 数据包到一个只支持 IPv4 的路由器,可以将其封装起来送到目标主机^[2]。

针对以上问题,可以采用双协议栈(dual stack)的方法来解决,即在完全过渡到 IPv6 之前,让一部分路由器(或主机)装有两个协议栈,一个 IPv4 和一个 IPv6(如图 1 所示)。因此,这些双协议栈路由器(或主机)既能够和 IPv6 的系统通信,

* 收稿日期:2007-04-02

作者简介:刘 颖(1980-),男,江苏盐城市人,硕士研究生,助教,主要研究方向为计算机应用。

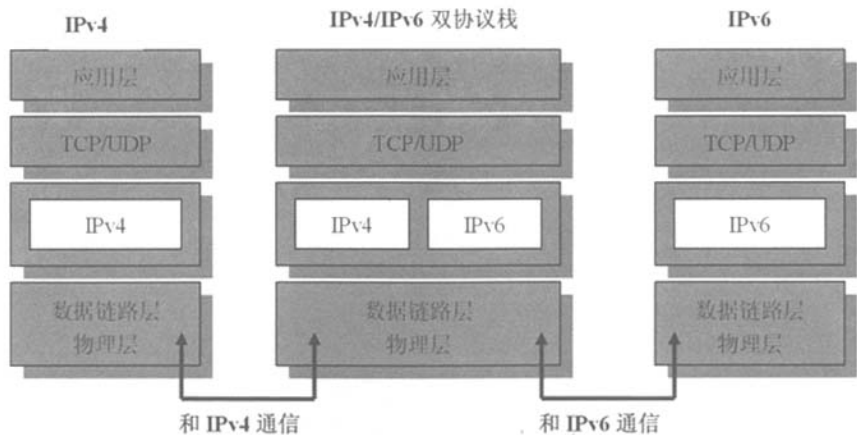


图 1 双协议栈结构
Fig.1 Structure of dual stack

又能够和 IPv4 的系统进行通信。所以,双协议栈的路由器(或主机)具有两种 IP 地址:一个 IPv6 地址、一个 IPv4 地址。

双协议栈路由器(或主机)在和 IPv6 主机通信时启用 IPv6 部分,而和 IPv4 主机通信时则启用 IPv4 部分。那么双协议栈路由器(或主机)如何获知目的主机是采用哪一种协议地址呢?可以使用域名系统 DNS 来进行判断:若 DNS 返回的是 IPv4 地址,则双协议栈源主机使用的就是 IPv4 地址;若 DNS 返回的是 IPv6 地址,则双协议栈源主机使用的就是 IPv6 地址。

如图 2 所示,就是在双 IP 层运作模式下,通过路由中双协议栈路由器(或主机)来达到在传统 IPv4 数据报之上发送 IPv6 数据报的过程。图

中要相互通信的源主机 A 和目的主机 F 都是用 IPv6,所以 A 向 F 发送 IPv6 数据报,路径是 A→B→C→D→E→F。中间 B 和 E 为双协议栈路由器(主机),而 B 到 E 这段路由必须通过仅支持 IPv4 的旧协议网络。因此,通过 B 将 IPv6 数据报首部转换为 IPv4 数据后发送给 C。等到转换后的 IPv4 数据报到达 IPv4 网络的出口路由器 E 时,再恢复成原来的 IPv6 数据报。需要注意的是:IPv6 数据报首部中的某些字段却无法恢复。例如 IPv6 数据报首部中的流标号在最后恢复还原时只能变为空缺,这种信息丢失是不可避免的,因此这也是首部转换方法的缺陷所在^[3]。

2 隧道技术

隧道技术已被广泛应用于在 IPv4 底层构架

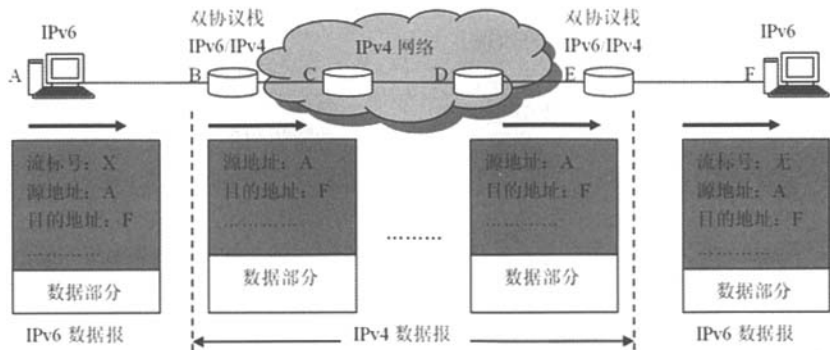


图 2 双协议栈方式传送 IPv6 数据报
Fig.2 IPv6 transition via dual stack

的基础上来桥接非 IP 层协议(比如 Apple-Talk、CLNP、IPX)。IPv4 隧道既是自带寻址信息的 IPv4 数据包中专门数据包的一个封装,此种自带寻址信息的 IPv4 数据包在 IPv4 基础构架的隧道

端点之间传送。对于一个隧道化的协议,隧道看来就是一个单跳跃连接。一旦隧道建立,隧道端点的这些路由器就可建立路由邻接点并相互交换路由信息。图 3 给出了隧道技术的工作原理。

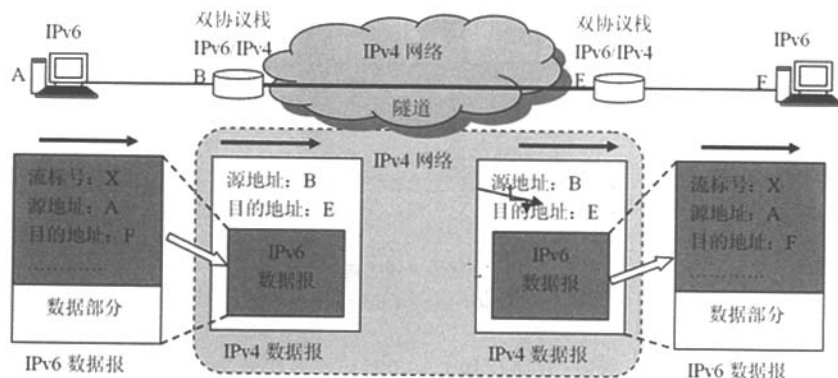


图 3 使用隧道技术传送 IPv6 数据报

Fig. 3 IPv6 transition via tunneling

隧道技术提供了一种以现有 IPv4 路由体系来传递 IPv6 数据报的方法:将 IPv6 的分组作为无结构意义的数,封装在 IPv4 数据报中,被 IPv4 网络传输。当 IPv4 数据报离开 IPv4 网络中的隧道时再将其数据部分(即原始的 IPv6 数据报)交给目的主机的 IPv6 协议栈。

根据建立方式的不同,隧道可以分成:手工配置的隧道和自动配置的隧道。

2.1 静态的手工隧道

这种隧道的建立是手工配置的,需要隧道两个端点所在网络的管理员协作完成。隧道的端点地址由配置来决定,不需要为站点分配特殊的 IPv6 地址,适用于经常通信的 IPv6 站点之间。每一个隧道的封装节点必须保存隧道终点的地址,当一个 IPv6 包在隧道上传输时终点地址会作为 IPv4 包的目的地地址进行封装。通常封装节点要根据路由信息决定一个包是否要通过隧道转发。

采用手工配置隧道进行通信的站点之间必须有可用的 IPv4 连接,并且至少要具有一个全球唯一的 IPv4 地址。站点中每个主机都至少需要支持 IPv6,路由器需要支持双栈。在隧道要经过 NAT 设施的情况下这种机制不可用。手工配置隧道的主要缺点是网络管理员的负担很重,因为他要为每一条隧道做详细的配置。

2.2 自动隧道

当发送节点与目标节点都由 IPv4 路由连接

时或许会用到自动隧道。为了自动隧道的运作,发送与目标节点都必须配置兼容 IPv4 的 IPv6 地址。当起始与目标主机都没有相邻的兼容 IPv6 的路由器时,自动隧道便大显身手。注意“相邻路由器”的概念,这包括依靠手动配置点到点的隧道(它被看作是一个简单的点到点的连接)逻辑相邻的那些路由器。

通过自动隧道,用从路由协议获得的 IPv4 路由信息,所产生的 IPv4 数据包将被作为普通的 IPv4 数据包在 IPv4 路由器之间传送。但关于在与自动隧道一致的方式下 IPv6 路由寻址怎样运作,以及怎样在封装过程中选择隧道端点地址,这些都是存在的路由问题。对于从源节点到目标节点,从源节点到路由器,从路由器到目标节点的传输自动隧道非常有用。但从路由器到另一个路由器的自动隧道机制现在尚无定义。

隧道技术巧妙地利用了现有的 IPv4 网络,它的意义在于提供了一种使 IPv6 的节点之间能够在过渡期间通信的方法,但它却不能解决 IPv6 节点与 IPv4 节点之间相互通信的问题,因此仍然需要双协议栈节点来解决。

3 NAT-PT

NAT-PT 是一种单纯 IPv6 节点和 IPv4 节点间的互通方式,所有包括地址、协议在内的转换工

作都由网络设备来完成。支持 NAT - PT 的网关路由器应具有 IPv4 地址池,在从 IPv6 向 IPv4 域中转发包时使用,地址池中的地址是用来转换 IPv6 报文中的源地址的。此外网关路由器需要 DNS - ALG 和 FTP - ALG 这两种常用的应用层网关的支持,在 IPv6 节点访问 IPv4 节点时发挥作用。如果没有 DNS - ALG 的支持,只能实现由 IPv6 节点发起的与 IPv4 节点之间的通信,反之则不行。如果没有 FTP - ALG 的支持,IPv4 网络中的主机将不能用 FTP 软件从 IPv6 网络中的服务器上下载文件或者上传文件,反之亦然。转换网

关除了要进行 IPv4 地址和 IPv6 地址转换,还要包括协议并翻译。转换网关作为通信的中间设备,可在 IPv4 和 IPv6 网络之间转换 IP 报头的地址,同时根据协议不同对分组做相应的语义翻译,从而使纯 IPv4 和纯 IPv6 站点之间能够透明通信。图 4 给出了通过结合 ALG (Application Level Gateway) 的动态 NAT - PT 技术的工作原理。IPv4 和 IPv6 网络中都有 DNS 服务器。其中,IPv4 主机用一个 IPv4 地址 1.1.1.3 来标识 IPv6 的 DNS 服务器。NAT - PT 向 IPv6 网络中通告的地址前缀为 2::。

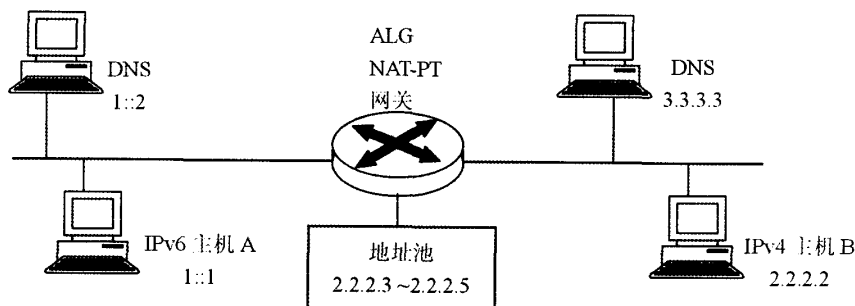


图 4 ALG NAT - PT 结构
Fig. 4 Structure of ALG NAT - PT

① IPv4 主机 B 要与 IPv6 主机 A 通信,首先向 IPv6 网络的 DNS 发出请求,对主机 A 进行域名解析,请求报文的源地址为 2.2.2.2,目的地址为 1.1.1.3,报文中包含类型为 A 的查询报文,其中包含需要解析的名字 A。

② 请求到达 NAT - PT 网关后,NAT - PT 网关对报文的头部进行转换。转换结果:源地址 2.2.2.2→2::2.2.2.2,目的地址 1.1.1.3→1::2。同时,NAT - PT 网关中的 DNS - ALG 对其内容进行修改,把 A 类型请求转换成 A6 类型,然后将此报文转发到 IPv6 网络内的 DNS。

③ IPv6 内的 DNS 服务器收到报文后,查询自己的记录表,解析出 A 的 IPv6 地址为 1::1,于是向主机 B 做出回应。报文的源地址为 1::2,目的地址为 2::2.2.2.3,此报文会被路由到 NAT - PT 网关。

④ 报文到达 NAT - PT 网关后,NAT - PT 对其头部进行转换。同时,DNS - ALG 将其中的 DNS 应答部分也进行修改,把 A6 类型转换成 A

类型,并从 IPv4 地址池中分配一个地址 2.2.2.3,替换应答中的 IPv6 地址 1::1,并记录二者之间的映射信息。

⑤ 主机 B 在收到此 DNS 应答后,就知道主机 A 的 IPv4 地址为 2.2.2.3。B 就可以发起到主机 A 的连接,报文源地址为 2.2.2.2,目的地址为 2.2.2.3。

⑥ 报文到达 NAT - PT 网关后,由于它已经记录了 IPv4 地址 2.2.2.3 与 IPv6 地址之间的映射,就可以对地址进行转换。转换结果为:源地址 2.2.2.2→2::2.2.2.2,目的地址 2.2.2.3→1::1。

⑦ 报文到达 IPv6 主机 A 后,A 对此报文回复,源地址为 1::1,目的地址为 2::2.2.2.2。

⑧ NAT - PT 网关再按照原有记录的信息对此报文进行地址转换。转换结果:源地址 1::1→2.2.2.3,目的地址 2::2.2.2.2→2.2.2.2,并将此报文路由到 B。

采用 NAT - PT 方式的优点是不需要进行 IPv4 节点的升级改造,缺点是 IPv4 节点访问 IPv6

节点的实现方法比较复杂,网络设备进行协议及地址转换的处理开销较大,一般在其它互通方式无法使用的情况下使用。

4 结语

总结 IPv4 到 IPv6 过渡期中的路由问题,我们可以将 IPv4、IPv6 混合网络中的数据报传输问题划分为两大类:IPv6“小岛”之间的通信;IPv6

“小岛”与 IPv4“海洋”之间的通信。对于前者,主要使用点到点的隧道技术(包括手工配置及自动隧道),而对于后者,可以通过双协议栈路由器(或主机)以及 NAT-PT 技术解决。因此,在近期无法从 IPv4 整体升级至 IPv6 的大环境下,他们可以保证在 IPv4 网络基础上 IPv6 数据报的顺利传输。

参考文献:

- [1] 敦亚南,王振兴,郭润. 利用 NAT-PT 网关实现 IPv6 与 IPv4 网络互通[J]. 计算机应用, 2006(26):19-22.
- [2] 张云勇,刘韵洁,张智江. 基于 IPv6 的下一代互联网[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [3] 张宏科,苏伟. IPv6 路由协议原理与技术[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2006.

Research on Routing Problems of IPv6 Transition

LIU Ying

(College of Electrical and Information Engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, China)

Abstract: During the period of IPv6 transition, it is a reality that IPv6-based system must coexist with IPv4-based system. The paper has discussed routing aspects of IPv6 transition, and introduced such techniques as dual stack application in dual-IP environment, point to point tunneling and NAT-PT based on ALG.

Keywords: IPv6; dual stack; tunneling; NAT-PT