

NAT - PT 和 6to 4 协同工作机制研究

Research on Collaborative Working Mechanism between NAT - PT and 6to4

张志龙 杜学绘 钱雁斌 (信息工程大学 电子技术学院信息安全系 河南 郑州 450004)

摘要: 本文研究了 IPv4/IPv6 网络环境下 NAT - PT 和 6to4 协同工作机制,并且在分析边界路由器对 IPv4 和 IPv6 数据包处理流程的基础上,提出了一种基于地址分析和 NAT - PT 地址映射匹配的数据包调度算法,从而实现了 NAT - PT 和 6to4 的协同工作。通过实验测试和分析可知,该算法提高了边界路由器的透明性和适应性,并且具有较好的可扩展性。

关键词: NAT - PT 6to4 协同工作 协同调度 调度算法

1 引言

过渡技术在具体过渡场景中的应用已经成为目前网络过渡研究的热点之一。IETF v6ops 工作组提出了大量的基本过渡技术方案,但是这些过渡技术方案都是针对特定过渡场景而设计,并且存在着适用性限制、安全性和可扩展性问题^[1]。因此,在具体的网络环境中往往需要结合多种过渡技术来解决网络的过渡问题。

边界路由器作为 IPv4/IPv6 网络通信的边界,是网络过渡的一个重要组成部分。为了保证多种过渡技术的协同工作,边界路由器内部需要通过某种机制来实现对接收数据包的统一调度,进而实现对数据包进行分类处理。NAT - PT^[3]和 6to4^[3]作为两种常用的过渡技术,分别解决了 IPv4 网络和 IPv6 网络之间直接通信以及 IPv6 网络之间通过 IPv4 网络进行通信的问题。NAT - PT 和 6to4 协同工作机制的研究,更具实际的研究价值,有利于提高边界路由器的适应性和透明性,方便了多种过渡技术在网络过渡环境中的实施。

2 NAT - PT 和 6to4 概述

NAT - PT 是一种基于网络层的翻译技术,通过结合 SIIT^[6]的协议翻译算法和 NAT 的地址映射功能,解决了 IPv4 网络和 IPv6 网络之间的直接通信问题。对于 DNS、FTP、SNMP 等内嵌地址的应用程序数据包的翻译,还需要借助于相应的应用层网关代理来实现。

6to4 则是一种自动隧道技术,解决了在没有 ISP 提供 IPv6 互连服务的条件下 IPv6 网络之间通过 IPv4

路由体系进行通信的问题。它要求站点采用地址格式为 2002:IPv4 地址::/48 的 IPv6 地址,且内嵌的 IPv4 地址必须是全球唯一的 IPv4 地址。6to4 站点之间的通信借助于 6to4 路由器,6to4 站点和 IPv6 骨干网之间的通信还需要借助于 6to4 中继路由器。

NAT - PT 和 6to4 两种过渡技术都是基于站点的,并且都采用特殊的地址格式,因此可以通过二者的协同保证过渡时期复杂网络的正常通信。

3 协同原理分析

在多种过渡技术存在的网络环境下,边界路由器需要通过适当的机制对接收的数据包进行统一调度,并且根据某些特征对数据包进行分类处理,从而实现过渡技术的协同工作。通过分析可知这些特征包括:

(1) IPv6 地址类型。各种过渡技术,不仅在实现原理和操作流程方面存在不同,而且在地址格式方面也存在着差别^[5]。事实上,大多数过渡技术的实现都有其特殊的地址要求,表 1 列出了几种常用过渡技术的区别。可见,IPv6 地址类型可以作为区分 IPv6 数据包采用过渡技术的标识。

(2) 端口号。对于 DNS、FTP 等应用程序的数据包,边界路由器需要将其转交相应的应用层网关代理进行处理,边界路由器通过端口号来判断是否为此类数据包,可见端口号作为判断这些应用程序数据包的标识。

(3) 数据包协议字段值。对于隧道技术封装的数据包,其协议字段标识了封装数据包的类型。因此,协议字段值作为区分隧道技术和翻译技术产生数据包的

标识。

此外,不同过渡技术特有的特征也可以作为判断数据包过渡处理方式的依据。例如,NAT-PT 在对数据包进行翻译时将 IPv4 主机的地址添加指定的伪地址前缀形成一个 IPv6 地址,对于 IPv6 主机的地址则通过 IPv4 地址池分配一个未被占用的 IPv4 地址,并且在地址映射表中形成映射关系。因此,对于数据包的处理可以通过判断地址前缀和查找地址映射表来判断是否采用 NAT-PT 对数据包进行翻译。

基于以上分析,边界路由器通过对接收数据包的报头信息,如源地址、目标地址、协议字段等字段的提取和分析,来判断数据包由哪种过渡技术产生或者应该由哪种过渡技术处理,进而决定数据包的下一步处理方式,从而保证多种过渡技术的协同工作。

表 1 几种常用过渡技术的区别

过渡技术	连通性	地址格式
双栈技术	4-to-4 over 4 6-to-6 over 6	IPv4 地址 IPv6 地址
6to4	6-to-6 over 4	2002:IPv4 地址/48
ISATAP	6-to-6 over 4	IPv6 前缀/64 + ::5EFE:IPv4 地址/64
Teredo	6-to-6 over 4	3FFE:831F/32
NAT-PT	6-to-4, 4-to-6	NAT-PT 指定地址前缀: IPv4 地址/96

4 NAT-PT 和 6to4 协同工作机制

4.1 过渡场景

本文重点分析 NAT-PT 和 6to4 两种过渡技术的协同工作机制,由此可以扩展到其它过渡技术的协同工作,研究的过渡场景如图 1 所示。IPv6 网络中的纯 IPv6 主机通过 6to4 隧道来实现对其它 IPv6 网络中 IPv6 服务器的访问,IPv6 网络中的纯 IPv6 主机和 IPv4 网络中的纯 IPv4 主机则通过 NAT-PT 翻译技术进行通信。边界路由器处于 IPv4/IPv6 网络边界,在过渡网络的通信过程中起着桥梁作用。

4.2 NAT-PT 和 6to4 协同原理分析

基于以上过渡场景,边界路由器内部 NAT-PT 和 6to4 两种过渡技术的协同,宏观上体现为隧道技术和翻译技术的协同,微观上则体现为对接收数据包的封装/解封装和 IPv4/IPv6 数据包翻译处理操作的协同。

6to4 采用的地址格式为 2002:IPv4 地址::/48,封

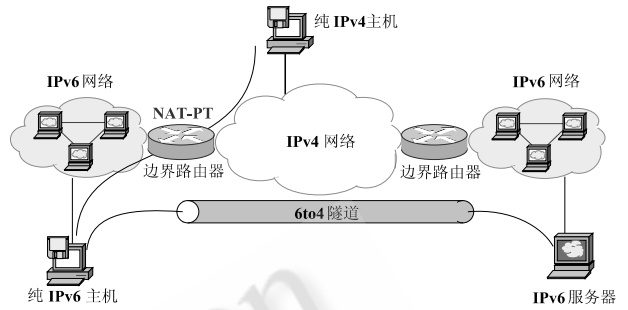


图 1 过渡场景

装后的数据包源地址、目标地址是隧道对端 IPv4 地址,并且协议字段为 41,以标识数据包封装的是一个 IPv6 数据包。NAT-PT 对数据包进行地址映射和协议翻译时,IPv4 主机地址映射为 IPv4 映射地址,对于 IPv6 主机的地址则从 IPv4 地址池中为其分配一个未使用的 IPv4 地址,并将 IPv6 主机地址和分配 IPv4 地址的对应关系保存在地址映射表中,以方便对数据包进行翻译时的地址查找。

通过以上分析可知,边界路由器内 NAT-PT 和 6to4 两种过渡技术的协同需要通过对接收数据包的源、目标地址、端口号和数据包协议字段进行分析,并且结合 NAT-PT 地址映射表中的映射关系来决定对数据包是进行 6to4 隧道处理还是进行 NAT-PT 翻译处理。

4.3 IPv4 和 IPv6 数据包处理流程

由于边界路由器两侧的网络具有不对称性,所以其对于接收 IPv4 和 IPv6 数据包的处理流程也存在着差异。下面分别对 IPv4 和 IPv6 数据包的处理流程进行分析。

边界路由器对于 IPv4 数据包的统一调度和分类处理通过对数据包目标地址的分析和 NAT-PT 地址映射关系的查找来实现,处理流程如图 2 所示。在对 IPv4 数据包的处理方面,NAT-PT 和 6to4 的协同体现在对 IPv4 数据包进行 IPv4->IPv6 翻译处理和 6to4 解封装处理操作的协同。v4->v6 翻译处理的条件是数据包目标地址非路由器自身 IPv4 地址,并且目标地址在 NAT-PT 地址映射表中存在着地址映射;6to4 隧道解封装处理的条件是数据包目标地址是路由器自身 IPv4 地址,并且协议字段为 41。这里需要注意的是,由于 NAT-PT 地址映射关系的建立发生在 IPv6 NAT 一侧^[6],所以在对 IPv4 数据包进行处理时不需要考虑

NAT - PT 地址映射关系的建立。

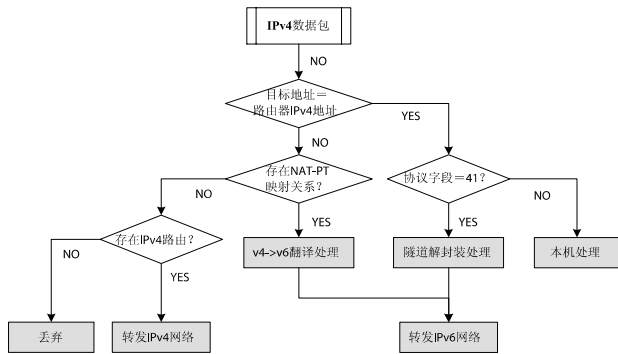


图 2 IPv4 数据包处理流程

在对 IPv6 数据包的处理方面, NAT - PT 和 6to4 的协同则通过对 IPv6 地址前缀的分析以及 NAT - PT 地址映射关系的查找来实现, 处理流程如图 3 所示。对数据包进行 v6 - > v4 翻译处理的目标地址是 IPv4 映射地址。在对数据包进行翻译处理时, 若 IPv6 主机在地址映射表中不存在映射关系则需要由 NAT - PT 为其分配临时 IPv4 地址并建立相应的地址映射关系。对 IPv6 数据包进行 6to4 封装处理需要考虑边界路由器实现的是 6to4 路由功能还是 6to4 中继路由功能。若实现的是 6to4 路由功能, 则处理条件是源 IPv6 地址前缀为 2002::IPv4 地址/48, 且目标地址非 NAT - PT 指定地址前缀; 若实现的是 6to4 中继路由功能, 则封装处理条件是目标 IPv6 地址前缀为 2002::IPv4 地址/48, 且目标地址非 NAT - PT 指定地址前缀。

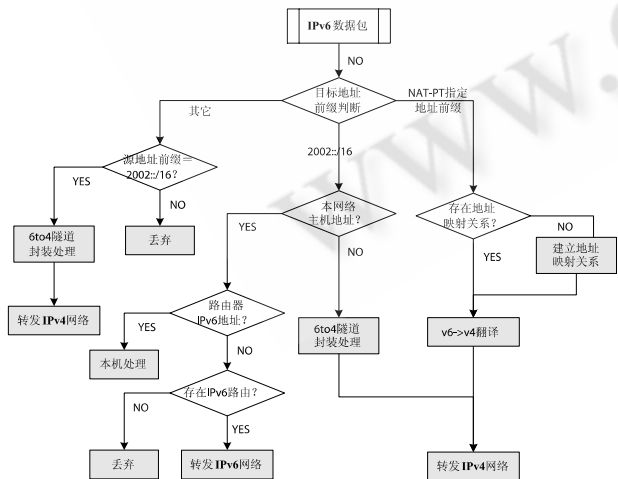


图 3 IPv6 数据包处理流程

4.4 NAT - PT 和 6to4 协同调度算法

基于以上对 IPv4 和 IPv6 数据包处理流程的分析, 我们提出一种在边界路由器内部对数据包进行统一调度和分类处理的协同调度算法。算法具体步骤如下:

- (1) 对于接收的 IP 数据包, 判断其版本号 V。若 V = 4, 则转至 (2); 若 V = 6, 则转至 (3)。
- (2) 根据数据包目标地址 D 和协议字段 P 选择相应的处理方式。若 D != 路由器 IPv4 地址且在 NAT - PT 中存在着相应的地址映射关系, 则转至 (4); 若 D = 路由器 IPv4 地址且 P = 41, 则转至 (5); 其它, 则交由 IPv4 路由模块处理。

- (3) 根据数据包目标地址 D 的地址前缀选择相应的处理方式。若 D 的前缀是 NAT - PT 指定的地址前缀, 则转至 (4); 否则, 判断 D 的地址前缀, 若是 2002::/16 则转至 (5); 其它, 交由 IPv6 路由模块处理。

- (4) 对数据包进行 NAT - PT 处理。对于 IPv4 数据包, 进行 v4 - > v6 翻译处理然后转发 IPv6 网络; 对于 IPv6 数据包, 进行 v6 - > v4 翻译处理然后转发 IPv4 网络。

- (5) 对数据包进行 6to4 隧道封装和解封装处理。对于 IPv4 数据包进行 6to4 解封装处理, 对于 IPv6 数据包则进行 6to4 封装处理。

我们基于校园主干网对 NAT - PT 和 6to4 协同调度算法进行了测试, 测试环境如图 4 所示, 图中给出了各节点 IP 地址配置情况。其中, 主机 H1 和 H2 均安装了 IPv6 协议且配置了相应的 IPv6 地址, 主机 H3 为纯 IPv4 主机, 路由器 R1 和路由器 R2 分别具有 NAT - PT 和 6to4 过渡技术, 并且添加了保证 NAT - PT 和 6to4 两种过渡技术协同工作的算法代码。

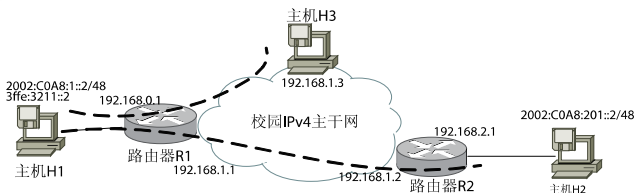


图 4 基于校园网的 NAT - PT 和 6to4 协同工作测试环境

我们分别进行了主机 H1 和主机 H2 以及主机 H1 和主机 H3 之间的 Ping 测试以及 HTTP 访问测试。在测试中, 主机 H1 和主机 H2、H3 之间的通信均正常工作, 可知该算法有效实现了 NAT - PT 和 6to4 的协同工作。

在过渡网络环境下,用户不必清楚边界路由器内部细节即可实现正常的网络通信,提高了边界路由器的透明性;NAT-PT 和 6to4 协同工作的实现,也使得边界路由器的功能得以增强,提高了边界路由器的适应性。此外,通过对该算法的改进以增加对其它过渡技术的支持,可以实现多种过渡技术的协同工作,因此具有较好的可扩展性。

5 总结

本文重点研究了 NAT-PT 和 6to4 两种过渡技术的协同工作机制,基于 IPv4 和 IPv6 数据包处理流程的分析提出了一种在边界路由器内部对数据包进行统一调度和分类处理的协同调度算法,有效实现了 NAT-PT 和 6to4 两种过渡技术的协同工作。该算法提高了边界路由器的透明性、适应性,并且具有较好的可扩展性。

参考文献

1 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, 27(3):385-395.

- 2 Carpenter & Moore. Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds. IETF RFC 3056, February 2001.
- 3 G. Tsirtsis, P. Srisuresh. Network Address Translation - Protocol Translation (NAT-PT). IETF RFC 2766, February 2000.
- 4 E. Nordmark. Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT). IETF RFC 2765, February 2000
- 5 I - Ping Hsieh, Shang - Juh Kao. Managing the Co-existing Network of IPv6 and IPv4 under Various Transition Mechanisms. In: Proceedings of the Third International Conference on Information Technology and Applications. Washington: IEEE Computer Society, 2005. 765-771.
- 6 王帅,刘雷,柴乔林. 应用 Netfilter 框架基于 NAT-PT 的 IPv4/IPv6 转换网关的实现. 计算机工程, 2006, 32(13):147-149.