

NAT-PT 技术及其在 Linux 系统中的实现

赵凯辉^{1,2}, 吴 强¹, 夏 勤¹

(1 东南大学计算机科学与工程系, 江苏省南京市 210096

2 湖南铁道职业技术学院电气工程系, 湖南省株洲市 410075)

【摘 要】 NAT-PT(网络地址翻译和协议翻译)是 IPv4/IPv6 过渡的关键技术之一。介绍了 NAT-PT 翻译网关的工作原理,在 Linux 系统中采用 NAT-PT 技术配置了转换网关,实现了 IPv4 到 IPv6 的过渡。

关键词: IPv6 NAT-PT, 翻译网关, DNS-ALG

中图分类号: TP393

1 过渡技术概述

随着 Internet 的发展,IPv4 已经不能适应 Internet 的需求。IPv6 由于具有扩展的地址空间、全新的地址管理方案、对流媒体的支持以及更完善的安全机制等新特性,使其逐渐取代 IPv4 成为必然。目前,解决过渡问题的成熟的基本技术主要有 3 种:双协议栈、隧道技术、NAT-PT(network address translation-protocol translation 网络地址翻译和协议翻译)。

升级到 IPv6 最大的困难不是 IPv6 本身引起的,而是因为要保证现有的所有服务和功能对站点及外部保持不变且可用带来的。采用 NAT-PT 的过渡方案,可以保证纯 IPv6 站点能够与其他站点(纯 IPv4 双协议栈和纯 IPv6)自由通信,通信可以由任意一种站点内的任意主机发起,不需要采用 NAT-PT 翻译网关的站点之外的站点进行任何改动。ISP 需要做的仅仅是 IPv6 相关的工作,而保证站点的服务和功能不受影响则由翻译网关负责,从而极大地降低了升级的难度。

2 NAT-PT 翻译网关的结构

图 1 显示了 NAT-PT 翻译网关工作的位置。可以发现,翻译网关实际上就是一种在 IPv4 和 IPv6 网络之间的边界路由器。

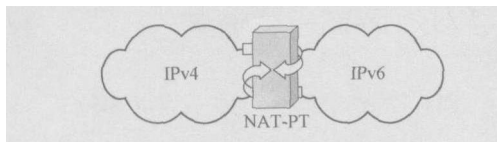


图 1 翻译网关应用场景

NAT-PT 系统结构如图 2 所示, NAT-PT 工作在

网络层。利用翻译网关在 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。与 IPv4 下的 NAT 相似,在地址转换的基础上还可以进一步加入端口转换,构成 NAT-PT。

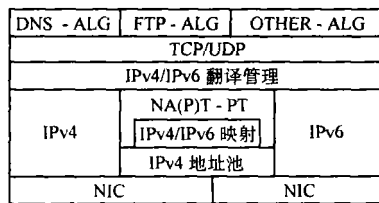


图 2 NAT-PT 系统结构

翻译网关的总体结构如图 3 所示。

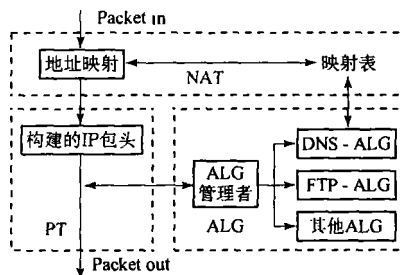


图 3 翻译网关的总体结构

整个结构分为以下 3 部分:

a) NAT(network address translation, 地址转换部分): 负责 IPv4 和 IPv6 地址的映射转换。例如存储 IPv4 地址池、为将要建立的连接选择合适的地址、保持同一会话期间 IPv4 到 IPv6 地址的映射、维持已有映射的地址链表、根据会话连接情况动态更新地址链表、删除或添加地址映射等。

b) PT(protocol translation, 协议转换部分): 负责在两种协议之间进行转换。主要工作是在 IP 包头的对应字段根据 IPv4 和 IPv6 在语义上的不同定义进行转换,从而构建新的数据包。

c) ALG (application level gateway, 应用层网关): NAT-PT本身不转换数据包的负载部分, 因此 NAT-PT对负载中携带了 IP地址的应用无能为力。ALG 就是为了解决这种情况而采用的一种代理机制, 该代理允许这种应用在 IPv6节点和 IPv4节点通信, 对负载中包含 IP地址的典型应用进行转换, 所以不同应用的ALG和 NAT-PT联合使用可提供对多种应用层的支持。DNS-ALG是实现双向转换所必备的, FTP-ALG和 SIP-ALG是典型的为完成相应功能的应用层网关。

3 NAT-PT翻译网关的工作原理

NAT-PT使用一个全球可路由的 IPv4地址池。当会话穿越 IPv4/IPv6边界时, 将地址池中的 IPv4地址分配给相应的 IPv6节点。NAT-PT通过在不同地址域转换地址为数据包提供透明的路由, 这样端节点就不需要任何改动, 对端节点 IP路由也完全是透明的。当然, NAT-PT要求跟踪它所支持的所有会话, 并且要求进出的数据包通过同一个 NAT-PT转换器。因此, 通过将包含了地址转换功能的协议转换和适当的 ALG 相结合, NAT-PT 提供了一个 IPv4和 IPv6互通的完整解决方案。它允许目前大量使用的应用程序在纯 IPv6和纯 IPv4节点之间互操作。

NAT-PT在 DNS-ALG支持下 IPv4主机访问 IPv6主机的工作过程如图 4所示。

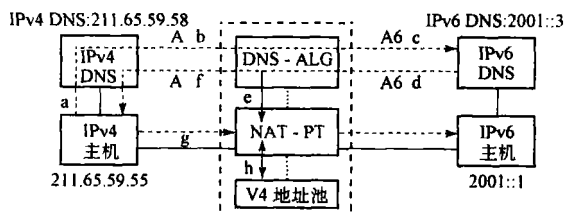


图 4 IPv4主机访问 IPv6主机的工作工程

详细步骤如下:

- IPv4主机向 IPv4 DNS 服务器发出解析请求, 如果不能本地解析, 则转至 NAT-PT;
- 该请求被 NAT-PT服务器获取;
- DNS-ALG将请求进行修改, 然后发给 IPv6侧的 IPv6 DNS 服务器;
- IPv6 DNS 服务器应答目的主机的 IPv6地址;
- NAT-PT 服务器将该 IPv6地址与自身维护的 IPv4地址池中的一个 IPv4地址建立映射关系, 并在地址映射表中记录这一映射关系, 地址映射部分将与原 IPv6地址对应的 IPv4地址返回 DNS-ALG; 例如: 211.66.59.10对应 2001::1;
- DNS-ALG 将此 IPv4 地址应答给发出请求的

IPv4主机;

g) IPv4主机以此 IP地址 (211.66.59.10)为目的地址进行通信;

h) NAT-PT 服务器截获使用伪目的地址的 IP分组, 并在地址映射表中查找真正的目的地址, 地址映射表返回目的主机的 IPv6地址; 协议转换部分对 IP分组进行头标替换, 将源地址修改为 IPv4映射地址, 目的地址改为目的主机的 IPv6地址, 并发送。

IPv6主机访问 IPv4时, NAT-PT 服务器工作过程基本不变, 只是在步骤 d略有不同。IPv4侧的 DNS 服务器应答了目的主机的 IPv4地址, DNS-ALG 接到 IPv4 address信息, 向 NAT-PT要 prefix 把它加上变成 IPv6地址 (prefix 211.65.59.55); NAT-PT 服务器应答发起会话的 IPv6主机, 但此时并不建立 IPv4/IPv6地址映射, 地址映射关系是在会话的首个包到达 NAT-PT服务器时建立。

4 NAT-PT翻译网关的组成及配置

4.1 NAT-PT实验网络的基本拓扑结构

NAT-PT实验网络的基本拓扑结构见图 5。该实验网分别由运行 IPv4和 IPv6协议主机构成。转换网关作为 IPv6局域网访问“外界”IPv4网络的网关。

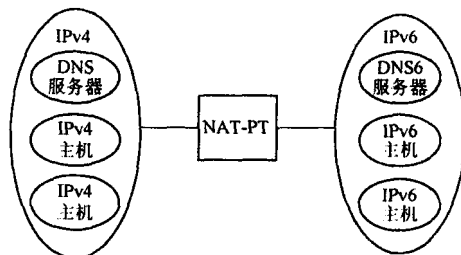


图 5 NAT-PT实验网络的基本拓扑结构

4.2 NAT-PT翻译网关的原型系统

实验的原型系统如图 6所示。

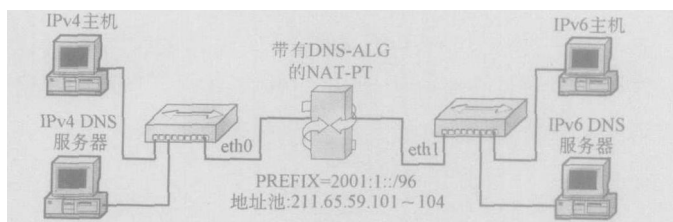


图 6 NAT-PT翻译网关的原型系统

转换网关安装在一台配置两块网卡的计算机上, 采用 Linux 9.0 内核版本为 2.4.20 使其同时支持 IPv4和 IPv6协议栈; IPv6主机全部采用 Linux 9.0作为操作系统, 实验时将关闭 IPV4协议栈, 使其成为纯 IPv6主机; IPv4主机全部采用 Linux9.0作为操作系

统,实验时关闭 IPv6 协议栈,使其成为纯 IPv4 主机。纯 IPv4 和 IPv6 主机也可采用 Windows 操作系统。

4.3 NAT-PT 翻译网关 Linux 内核模块的编译

a) 以 root 身份登录,进入源码所在目录: `cd /usr/src/linux-2.4.20`

b) 运行 `make clean`,清除一些可能过期的中间代码。

c) 配置内核选项,运行 `make xconfig`(或 `make menuconfig make config`),将下面支持 IPv6 IPtables 和 IP6tables 的选项选上,其他内核选项可根据系统的具体情况作出符合系统的选择。

CODE MATURITY LEVEL OPTIONS

Prompt for development and/or incomplete code/drivers [YES]

NETWORKING OPTIONS

Packet socket [YES]

Network socket filtering(replaces ipchains) [YES]

Socket filtering [YES]

Unix domain sockets [YES]

IP Netfilter Configuration [YES]

TCP/IP networking [YES]

IP Advanced router [YES]

The IPv6 protocol [YES]

IPv6 Netfilter Configuration [YES]

d) 运行 `make dep make clean make bzImage`。如果没有错误,则编译成功了支持 IPv6 协议、IPtables 和 IP6tables 的内核。

e) 将该内核拷贝到 Linux 的启动目录下: `cp arch/i386/boot/bzImage/boot/vmlinuz IPv6` 编辑 `etc/grub.conf` 或 `etc/lilo.conf` 使新的内核成为 boot 的选择。

f) 重启系统: `reboot`。重启系统之后,在登录之前会发现支持 IPv6 的内核信息出现,表明该主机是纯 IPv6 主机,同时有支持 Netfilter 配置的 IPtables IP6tables 信息出现。

4.4 NAT-PT 翻译网关其他必要的配置

1) NAT-PT 转换网关支持 IPv6 路由

a) 配置 `/etc/sysconfig/network` 文件以支持 IPv6 路由,文件如下:

```
NETWORKING=yes
```

```
HOSTNAME=<The name of the node or FQDN>
```

```
FORWARD_IPV4=yes
```

```
NETWORKING_IPV6=yes
```

```
IPV6FORWARDING=yes
```

```
IPV6AUTOCONF=no
```

b) 假设选定 `eth1` 为 NAT-PT 的 IPv6 网卡, `/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth1` 文件应该包括以下条目:

```
DEVICE=eth1
```

```
ONBOOT=yes
```

```
IPV6NET=yes
```

```
IPV6ADDR=2001:10:64
```

```
GATEWAY=<IP Address of the gateway>
```

2) NAT-PT 转换网关支持 IPv4 路由

在 `/etc/sysctl.conf` 文件中包括如下条目:

```
# Enable packet forwarding
```

```
net.ipv4.ip_forward=1
```

4.5 NAT-PT 软件的安装

在 KETR 主页 <http://www.ipv6.or.kr/english/download.htm> 下载 `linux-usemode-natpt-src.tar.gz` 软件。该软件从 BT (British Telecom) 公司运行于 FreeBSD 平台的 NAT-PT 软件移植而来,用于 Linux 操作系统,原开发于 Linux 2.4.0-test9 只适用于实验,目前未用于商业用途。安装的过程如下:

a) 建立 `/usr/src/natpt` 目录: `# mkdir /usr/src/natpt`

b) 解压源文件:

```
# cd /usr/src/natpt
```

```
# tar xzf linux-usemode-natpt-src.tar.gz
```

c) 配置 `IPv4_Addresses.list` 文件,此文件包括 IPv4 地址池的地址及与 IPv6 DNS 对应的 IPv4 地址池的地址,配置如下:

```
211.65.59.101
```

```
211.65.59.102
```

```
211.65.59.103
```

```
211.65.59.104
```

```
DNS 211.65.59.100 2001:0:0:0:0:0:0:10
```

d) 配置 `natpt_global.h` 文件:

```
# define DEBUG ON
```

```
# define IPV6_PREFK_HOST "2001:1:0:0:0:0:0:0"
```

e) 配置 `natpt.c` 文件:在程序添加 `#include <time.h>`。

f) 编译: `make`。如果再次编译,则需先运行 `make clean` 再运行 `make`。

g) 运行: `./natpt`

4.6 IPv4 IPv6 网络的配置

下载 BIND 软件配置 IPv4、IPv6 DNS 服务器,并分别配置各自网络。

5 测试

对翻译网关的测试包括功能测试和性能测试两部分。功能测试主要是考察网关是否正确完成了上述的各种应该达到的转换功能;性能测试是在功能测试的基础上对某些重要应用(如 FTP)测试其转换的效率。

6 结束语

本文分析了 NAT-PT 翻译网关的工作原理, 基于 NAT-PT 技术在 Linux 系统中配置了 NAT-PT 的实验平台, 实现了 IPv4 到 IPv6 的过渡的 NAT-PT 原型系统。

为了达到 NAT-PT 实用性阶段, 还必须对 NAT-PT 性能进行改进, 增加必要的 ALG 和实现 NAT-PT, 同时实现 NAT-PT 的集群结构和负载平衡, 以保证在一个 NAT-PT 失败后不影响其转换工作。

参 考 文 献

- [1] IETF Home Page <http://www.ietf.org>
- [2] IETF NGTrans Working Group http://www.ietf.org/html_charters/ngtrans charter.html
- [3] DNS 9 x How-To <http://langfeldt.net/DNS-HOWTO/BND-9/>
- [4] IPv6 on Linux A Tutorial Approach Linux User & Developer 2003
- [5] NAT-PT Linux Implementation <http://www.ipv6.or.kr/english/download.htm>
- [6] NAT-PT RFC 2766 <http://www.ietf.org/rfc/rfc2766.txt>
- [7] Linux IPv6 How-To <http://www.bieringer.de/linux/IPv6>
- [8] NetFilter <http://www.netfilter.org>
- [9] NAT-PT: Providing IPv4/IPv6 and IPv6/IPv4 Address Translation Open System Lab IPv6 Page <http://www.linux.ericsson.ca/ipv6>
- [10] 罗万明, 阎保平. IPv4/IPv6 过渡机制的研究与实现. 计算机工程与应用, 2003, 39(25): 146~148, 205
- [11] Linux Kernel <http://www.kernel.org>

NAT-PT Technology and Its Application Based on Linux

Zhao Kaifu^{1,2}, Wu Qiang¹, Xia Qin¹

(1. Southeast University Nanjing 210096 China)

2. Hunan Railway Professional Technology College Zhuzhou 410075 China)

【Abstract】 NAT-PT is one of the most important technologies for IPv4 moving to IPv6. In this paper, we describe in detail the translation gateway which is based on NAT-PT technology. we present an implementation of NAT-PT gateway for IPv4 moving to IPv6 based on Linux.

Keywords IPv6, NAT-PT, translation gateway, DNS-ALG

(上接第 30 页)

参 考 文 献

- [1] Mancini R. Op Amps for Everyone 2nd Edition Boston (MA, USA): Newnes 2003
- [2] Pease R A. Troubleshooting Analog Circuits Boston (MA, USA): Butterworth-Heinemann 1991
- [3] 谢嘉奎. 电子线路(线性部分). 第 4 版. 北京: 高等教育出版社, 1999

A Design Method of Operational Amplifier with Single Power Supply

Zhou Shilong

(Electronic Engineering Institute of PLA, Hefei 230037, China)

【Abstract】 The design method of single power supply OPA is presented in detail in this paper. The novel design solved the problem of limited voltage swing range caused by bias voltage at input of the OPA and achieved higher bandwidth compared to AC coupled design method. The OPA's transfer function is characterized by a linear function. According to this function, the OPA is classified into positive amplification positive offset, positive amplification negative offset, negative amplification positive offset and negative amplification negative offset four types of configuration. The design method and designed circuit of each possible configuration of OPA are also presented.

Keywords operational amplifier, single power supply, dynamic range