

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04L 12/56

H04L 29/06



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410044459.8

[43] 公开日 2005 年 11 月 16 日

[11] 公开号 CN 1697421A

[22] 申请日 2004.5.10

[21] 申请号 200410044459.8

[71] 申请人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为
总部科研中心 F1-18 楼知识产权部

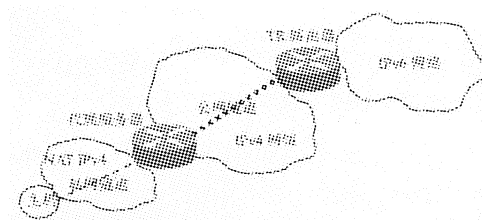
[72] 发明人 罗汉军

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 2 页

[54] 发明名称 进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法

[57] 摘要

一种进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法，将 NAT 设备的公网 IPv4 地址和该 NAT 设备下的客户端主机的私有 IPv4 地址封装在 IPv6 地址的低 64 位，并利用边界路由器公布的前缀组建 IPv6 地址，将该 IPv6 地址分配给该客户端主机；客户端主机向 IPv6 网络发送报文或接收来自 IPv6 网络的报文时，NAT 设备和边界路由器根据内嵌的公网和私网 IP 地址进行二次隧道封装和解封装，形成隧道中继，使报文跨越 NAT 设备在私网和 IPv6 网络之间进行传递。本发明保证在隧道跨越 NAT 设备的基础上，简化了网络结构，降低了部署难度，并提高了通讯效率。



1、一种进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法，其特征在于，包括以下步骤：

将网络地址转换设备的公网 IPv4 地址和该网络地址转换设备下的
5 客户端主机的私有 IPv4 地址封装在 IPv6 地址的低 64 位，并利用边界路由器公布的前缀组建 IPv6 地址，将该 IPv6 地址分配给该客户端主机；

客户端主机向 IPv6 网络发送报文或接收来自 IPv6 网络的报文时，
网络地址转换设备和边界路由器根据内嵌的公网和私网 IP 地址进行二
次隧道封装和解封装，形成隧道中继，使报文跨越网络地址转换设备在
10 私网和 IPv6 网络之间进行传递。

2、根据权利要求 1 所述的进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法，其特征在于：所述的网络地址转换设备将其公网 IPv4 地址封装在所述 IPv6 地址的低 32 位，将所述客户端主机的私有 IPv4 地址封装在所述 IPv6 地址的低 64 位至 32 位。

15 3、根据权利要求 1 或 2 所述的进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法，其特征在于：所述客户端主机的 IPv6 地址由网络地址转换设备根据边界路由器公布的前缀，并组合网络地址转换设备的公网 IPv4 地址和客户端主机的私网 IPv4 地址后，以 128 位前缀的方式自动配置给客户端主机。

20 4、根据权利要求 3 所述的进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法，其特征在于：私网客户端主机向 IPv6 网络发送报文时，步骤如下：

A1、私网客户端主机根据域名服务器的返回记录组建隧道封装报

文，所述隧道封装报文的地址是网络地址转换设备的私有 IPv4 地址，源地址是客户端主机的私有 IPv4 地址，隧道封装报文内封装的 IPv6 报文的地址是域名服务器返回记录中的 IPv6 地址，源地址是客户端主机从网络地址转换设备上分配的 IPv6 地址；

5 A2、网络地址转换设备收到客户端主机发来的协议号为 41 的封装报文后，进行解封装，然后重新使用公网 IPv4 地址进行封装，封装报文的地址是边界路由器的公网 IPv4 地址，源地址是网络地址转换设备的公网 IPv4 地址；

10 A3、网络地址转换设备继续转发该封装有 IPv6 报文的 IPv4 报文到边界路由器，边界路由器解封装后，使报文在 IPv6 网络上传输。

5、根据权利要求 3 所述的进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法，其特征在于：从 IPv6 网络发送报文到私网的客户端主机时，步骤如下：

15 B1、边界路由器从 IPv6 网络接收到 IPv6 报文，从目的地址中取出网络地址转换设备的公网 IPv4 地址，根据公网 IPv4 地址组建封装报文，封装报文的地址是网络地址转换设备的公网 IPv4 地址，源地址是边界路由器的公网 IPv4 地址；

20 B2、封装报文抵达网络地址转换设备时，进行解封装，并根据封装 IPv6 报文目的地址中的客户端主机的私网 IPv4 地址，重新进行封装，封装报文的地址是客户端主机的私有 IPv4 地址，源地址是网络地址转换设备的私有 IPv4 地址，封装报文在私有网络上传送到客户端主机。

进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法

技术领域

本发明涉及通信技术领域，尤其涉及一种进行网络地址转换(NAT)的互联网协议第四版(IPv4)网络到互联网协议第六版(IPv6)网络过渡时，进行隧道中继的方法。

背景技术

IPv6(互联网协议第六版)的部署是一个逐步扩大的过程，原有 IPv4 (互联网协议第四版)网络中的节点访问 IPv6 提供的服务，需要通过隧道技术连接 IPv6 网络。由于 NAT(网络地址转换)技术在 IPv4 网络中大量应用，所以如何使 NAT 设备下挂的主机也能通过隧道访问 IPv6 网络是一个重要的课题。IPv4 网络中双栈节点穿过 IPv4 NAT 网络访问 IPv6 网络的过渡技术中，目前只有 Teredo(Tunneling IPv6 over UDP through NATs，即穿过 NATs 的承载在 UDP 上的 IPv6 隧道)。

在 Ipv4 网络中，NAT 通过地址转换的方式，使内部私有网络可以仅使用较少的互联网有效 IP 地址，就能获得互联网接入的能力，有效地缓解了地址不足的问题，同时提供了一定的安全性。NAT 可以借助于某些代理服务器来实现，或在路由器上直接实现。NAT 有如下三种类型：

1、锥形 NAT (Cone NATs)

在 NAT 的映射表项中只保存内部(私网)地址和端口号到外部(公网)地址和端口号的映射。一旦 NAT 映射表被建立，那么来自于任何源的、到外部(公网)地址和端口号的入数据包都可以被 NAT 转换。

2、受限 NAT (Restricted NATs)

在 NAT 映射表中保存内部地址和端口号到外部地址和端口号的映射，还保存从这个端口发出数据包的特定外部主机（地址和端口号）的列表。来自第三方的入数据包将被丢弃。

5 3、对称 NAT (Symmetric NATs)

NAT 依据不同的外部目的地（对出包来说），将相同的内部地址和端口号映射为不同的外部地址和端口号。

如图 1 所示为 IPv6 数据包隧道封装格式示意图，隧道机制提供了一种利用现有 IPv4 网络架构实现 IPv6 通信的方法，基本工作方法如下：

10 1、隧道入口对 IPv6 数据包先进行 IPv4 封装，然后发送。

2、隧道出口收到隧道封装的数据包后，先确认是否需要重组，如果数据包经过分段，那么需要重组；否则不必。然后去掉隧道封装（IPv4 报头），对收到的数据包作相应处理。

3、为了使数据包能够顺利通过隧道，隧道入口可能需要维护隧道的软状态信息，比如记录隧道 MTU（最大传输单元）等参数。一个网络节点所使用的隧道可能会很多，相关的软状态可以被缓存等不用的时候就丢弃。

除了为 IPv6 的数据包加上 IPv4 的数据包头，封装节点还需要：

20 1、决定是否需要拆分数据包以及是否需要向源端发送“数据包过长”的 ICMP（Internet 控制消息协议）错误消息；

2、如何将隧道路径上路由器返回给源端的 IPv4 的错误消息映射成 IPv6 的 ICMP 消息。

位于 NAT 后的节点采用一般的隧道技术（IPv6-over-IPv4）是不能和 NAT 域外的 IPv6 节点进行通信的，因为目前的 NAT 一般不支持协议类型为 41（也就是 IPv6-over-IPv4）的数据包。Teredo 隧道有别于一般的 IPv6-over-IPv4 隧道，确切地讲，它是一种 IPv6-over-UDP 隧道。数

据包通过被封装在 UDP 载荷中的方式穿过 NAT。

5 Teredo 即穿过 NATs 的承载在 UDP 上的 IPv6 隧道，是一种允许在一级或多级 NAT 设备之后的主机之间建立自动 IPv6 隧道的 IPv6/IPv4 过渡技术，通过 IPv4 网络提供单播的 IPv6 连通性。Teredo 适用于 NAT 设备不能提供 6to4 路由器功能的情况和存在多级 NAT 配置的情况。Teredo 使终端节点不需具备公网 IPv4 地址，即可以轻易地穿越多层次的 NAT 环境，与 IPv6 网络进行通讯。

如图 2 所示为 Teredo 数据包的格式示意图，Teredo 的工作原理是利用 IPv4 头和 UDP 头来封装 IPv6 包文，使 IPv6 包文成为 UDP 的承载负
10 荷 (Payload)。

如图 3 所示为 Teredo 原理模型示意图，Teredo 由下列成员组成：

1、Teredo 客户端：

Teredo 客户端是位于 NAT 域内的双栈主机，它支持 Teredo 隧道接口，通过这个接口数据包被隧道到另一个 Teredo 客户端或 IPv6 网络中的节点（通过 Teredo 中继）。一个 Teredo 客户端与一个 Teredo 服务器通信，获得一个基于 Teredo IPv6 地址的地址前缀，服务器还可以帮助
15 Teredo 客户端与其他 Teredo 客户端或 IPv6 网络中的主机通信。

2、Teredo 服务器：

Teredo 服务器是一个连接 IPv4 网络和 IPv6 网络的双栈节点，它支持一个 Teredo 隧道接口。Teredo 服务器帮助 Teredo 客户端进行地址配置，并且使 Teredo 客户端和其他 Teredo 客户端之间，或 Teredo 客户端和仅支持 IPv6 的主机（即 IPv6-only Host）之间通信。Teredo 服务器使用 UDP 端口号 3544。
20

3、Teredo 中继：

25 Teredo 中继是一个双栈路由器，它在 Teredo 客户端和仅支持 IPv6 的主机间转发数据包。在一些情况下，Teredo 中继和 Teredo 服务器之间

互相作用,促进 Teredo 客户端和仅支持 IPv6 的主机之间开始通信。Teredo 中继使用 UDP 端口号 3544。

如图 3 所示,利用 Teredo 技术,客户端与 IPv6-only Host 进行通讯过程如下:

- 5 1、Teredo 客户端向 IPv6-only Host 发送回送请求,先发送到服务器;
- 2、由 Teredo 服务器进行转发,发送至 IPv6-only Host;
- 3、IPv6-only Host 向客户端返回回送应答,先发送到 Teredo 中继;
- 4、由 Teredo 中继将回送应答转发至客户端;
- 5、客户端发往 IPv6-only Host 的报文先发送至 Teredo 中继;
- 10 6、Teredo 中继将报文转发至 IPv6-only Host。

Teredo 可使 NAT 域内的 IPv6 节点获得全球性的 IPv6 连接,在因 IPv4 地址匮乏而广泛运行 NAT 的地区, Teredo 隧道无疑具有较好的应用前景。但 Teredo 存在以下缺点:

- 15 1、结构复杂,整个体系结构包括 Teredo 客户端、NAT 设备、Teredo 服务器、Teredo 中继,部署成本高;
- 2、隧道封装与目前的主流隧道封装差别较大,采用 UDP 封装技术,由于目前的过渡技术的封装一般是 IP 直接封装,采用 UDP 封装需要额外开销,需要双栈主机节点除支持普通过渡技术外,还需要特别支持 Teredo,需要有特别的客户端程序,因而部署比较困难;
- 20 3、Teredo 目前仅能支持锥型和受限型 NAT,它不适用于对称型 NAT,并且对于受限型的支持需要复杂的报文处理;客户端与 Teredo 服务器之间有大量 bubble 报文(Teredo 的协议报文)交互,影响系统效率。

发明内容

- 25 本发明所要解决的技术问题是:克服现有的 NAT 设备下的主机通过 Teredo 访问 IPv6 网络时,结构复杂、部署成本高且效率低等不足,提供

一种 NAT 网络中的隧道中继方法，从而保证在隧道跨越 NAT 设备的基础上，简化网络结构，降低部署难度，并提高通讯效率。

本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案为：

这种进行网络地址转换的网络中隧道中继的实现方法，包括以下步骤：

- 5 将网络地址转换设备的公网 IPv4 地址和该网络地址转换设备下的客户端主机的私有 IPv4 地址封装在 IPv6 地址的低 64 位，并利用边界路由器公布的前缀组建 IPv6 地址，将该 IPv6 地址作为 128 位前缀直接分配给该客户端主机；
- 10 客户端主机向 IPv6 网络发送报文或接收来自 IPv6 网络的报文时，网络地址转换设备和边界路由器根据内嵌的公网和私网 IP 地址进行二次隧道封装和解封装，形成隧道中继，使报文跨越网络地址转换设备在私网和 IPv6 网络之间进行传递。

15 所述的网络地址转换设备将其公网 IPv4 地址封装在所述 IPv6 地址的低 32 位，将所述客户端主机的私有 IPv4 地址封装在所述 IPv6 地址的低 64 位至 32 位。所述客户端主机的 IPv6 地址由网络地址转换设备根据边界路由器公布的前缀，并组合网络地址转换设备的公网 IPv4 地址和客户端主机的私网 IPv4 地址后，自动配置给客户端主机。

私网客户端主机向 IPv6 网络发送报文时，步骤如下：

- 20 A1、私网客户端主机根据域名服务器的返回记录组建隧道封装报文，所述隧道封装报文的地址是网络地址转换设备的私有 IPv4 地址，源地址是客户端主机的私有 IPv4 地址，隧道封装报文内封装的 IPv6 报文的地址是域名服务器返回记录中的 IPv6 地址，源地址是客户端主机从网络地址转换设备上分配的 IPv6 地址；
- 25 A2、网络地址转换设备收到客户端主机发来的协议号为 41 的封装报文后，进行解封装，然后重新使用公网 IPv4 地址进行封装，封装报文

的目的地址是边界路由器的公网 IPv4 地址，源地址是网络地址转换设备的公网 IPv4 地址；

A3、网络地址转换设备继续转发该封装有 IPv6 报文的 IPv4 报文到边界路由器，边界路由器解封装后，使报文在 IPv6 网络上传输。

5 从 IPv6 网络发送报文到私网的客户端主机时，步骤如下：

B1、边界路由器从 IPv6 网络接收到 IPv6 报文，从目的地址中取出网络地址转换设备的公网 IPv4 地址，根据公网 IPv4 地址组建封装报文，封装报文的目的是网络地址转换设备的公网 IPv4 地址，源地址是边界路由器的公网 IPv4 地址；

10 B2、封装报文抵达网络地址转换设备时，进行解封装，并根据封装 IPv6 报文目的地址中的客户端主机的私网 IPv4 地址，重新进行封装，封装报文的目的是客户端主机的私有 IPv4 地址，源地址是网络地址转换设备的私有 IPv4 地址，封装报文在私有网络上传送到客户端主机。

本发明的有益效果为：本发明提供一种在进行网络地址转换的网络
15 中进行隧道中继的方法，将私网的 IPv4 地址和 NAT 设备的公网 IPv4 地址内嵌在 IPv6 地址的低 64 位；NAT 设备根据地址就能进行正确的封装/解封装及转发。NAT 设备对封装报文进行地址替换后重新进行封装实现隧道中继。本发明解决隧道跨越 NAT 的技术问题，在保证隧道跨越 NAT 的基础上简化结构，与主流隧道技术靠拢，解决了 Teredo 结构复杂的问题。
20 将隧道封装的对应功能放置在 NAT 设备和路由器上，通过二次封装保证了封装报文跨越 NAT 后仍能正确传递（收发报文）。

本发明隧道中继方法结构清晰、简单，部署容易，隧道的建立完全自动化，不需要维持任何状态，只需要升级 NAT 设备和边界路由器就可以完成部署，客户端 PC 客户端只要求是双栈，不需要任何修改，没有
25 其他特别要求，具有通用性；而现有技术的 Teredo 中还需要 Teredo 服务器、Teredo 中继设备，并且 PC 客户机需要安装特别的客户端软件，

部署非常困难。

本发明还解决了 Teredo 结构复杂、效率低下的问题。Teredo 本身的协议报文比较复杂，客户端与服务器有大量的 Bubble 报文交互，影响了系统的效率；而本发明则是完全自动的，根据 IPv6 地址内嵌的地址进行
5 隧道封装和解封装，提高了通讯效率，非常具有竞争力。

附图说明

图 1 为 IPv6 数据包隧道封装格式示意图；

图 2 为 Teredo 数据包的格式示意图；

10 图 3 为 Teredo 原理模型示意图；

图 4 为本发明自动隧道中继方法原理示意图；

图 5 为本发明通讯流程示例图。

具体实施方式

15 下面根据附图和实施例对本发明作进一步详细说明：

如图 4 所示，私有网络中的主机通过 NAT 设备（可采用代理服务器）与公网（IPv4 网络）连接，IPv4 网络与 IPv6 网络之间通过边界路由器（TR）连接，本发明在 NAT 设备上增加隧道中继功能，使私有网络内的封装报文经过 NAT 设备的中继处理后能在公网 IPv4 上继续转发到隧
20 道终点路由器，即边界路由器。如果 NAT 设备到边界路由器的隧道已经可以使用，则在客户端主机、NAT 设备、边界路由器间建立两条自动隧道，实现 IPv6 over IPv4 隧道穿透 NAT 设备，客户端主机与 NAT 设备之间的隧道为私网隧道，NAT 设备与边界路由器之间的隧道为公网隧道。

本发明将 NAT 设备的出口 IPv4 地址（公网 IPv4 地址）和客户端主
25 机的私有 IPv4 地址封装在 IPv6 地址的低 64 位，然后分配给主机，使主机的 IPv6 地址同时具备 NAT 设备公网 IP 地址和客户端主机私网 IP 地

址属性。这样，对所有协议号为 41 的 IP 报文，NAT 设备利用中继功能根据内嵌的相应地址进行隧道封装、解封装、再封装形成隧道中继。NAT 设备在出接口上利用公网 IP 地址进行封装（NAT 设备本身的 IP），在下行方向利用私有地址进行隧道封装。

- 5 从 NAT 设备上分配 IPv6 地址给主机有多种方式，主机的 IPv6 地址可由 NAT 设备采用 IPv6 自动配置给客户端主机，可以采用 64 位前缀，组合 NAT 设备的公网 IPv4 地址和客户端主机的私网 IPv4 地址后，按 128 位前缀分配给用户，其实就是直接分配 IPv6 地址。因为前缀是由边界路由器分配的，可以根据网络结构自行分配，因而具有通用性，适用于各种 IPv6 网络，而且不管什么样的 NAT 设备都能跨越。当然，主机的 IPv6 地址也可以通过 DHCP（动态主机配置协议）方式，先截获客户的 DHCP 请求，然后回应进行分配；或者也可以直接手工配置。

利用本发明进行隧道中继的具体过程如下：

1、发送报文隧道中继：

- 15 私网双栈主机 PC 根据 DNS（域名服务器）的返回记录组建隧道封装报文（返回的 DNS 记录包括 IPv4 的 A 记录和 IPv6 的 AAAA 记录，双栈主机根据这些记录就知道对端是 IPv4 还是 IPv6 网络，从而选择通讯方式。如果是 IPv6 网络，则组建隧道封装报文），隧道封装报文的地址是 NAT 设备的私有 IPv4 地址，源地址是客户端主机的私有 IPv4 地址。隧道封装报文内封装的 IPv6 报文的地址是返回的 DNS 记录中的 IPv6 地址（即 AAAA 记录中的对端 IPv6 地址），源地址是客户端主机从 NAT 设备上分配的 IPv6 地址。客户端主机从 NAT 设备上分配的 IPv6 地址具体格式如下：

Prefix（边界路由器分配给 NAT 的 64 位前缀）	私网 IPv4 地址	公网 IPv4 地址
-------------------------------	------------	------------

该格式地址，由于前缀是路由器分配给 NAT 设备，具有通用性，低 64 位地址是 NAT 设备根据客户端主机的请求中带的 IPv4 地址和 NAT 本身的公网 IP 地址构成，既严格保持了私网内唯一，也能保证在全局也是唯一的，可以在 IPv6 网络内自由传递。

5 NAT 设备收到客户端主机发来的协议号为 41 的封装报文后，进行解封装，然后重新使用公网 IPv4 地址进行封装，封装报文的地址是边界路由器的公网 IPv4 地址，源地址是 NAT 设备的公网 IPv4 地址；然后继续按 NAT 流程转发该封装有 IPv6 报文的 IPv4 报文到边界路由器，边界路由器解封装后在 IPv6 网络上传输。

10 2、IPv6 接收报文隧道中继：

边界路由器 TR 从 IPv6 网络接收到 IPv6 报文，根据路由匹配到 TR 出接口，TR 出接口将根据目的地址的低 32 位取出公网 IPv4 地址，组建封装报文，封装报文的地址是 NAT 设备的公网 IPv4 地址，源地址是边界路由器的公网 IPv4 地址。封装报文抵达 NAT 设备时，进行解封装，并根据封装 IPv6 报文目的地址的低 64 ~ 32 位取出私网 IPv4 地址，重新进行封装，封装报文的地址是客户端主机的私有 IPv4 地址，源地址是 NAT 设备的私有 IPv4 地址，实现报文在私有隧道上的传送。

本发明的基本原理是将私网的 IPv4 地址和 NAT 设备的公网 IPv4 地址内嵌入 IPv6 地址的低 64 位，同时利用路由器公布的前缀组建任意范围的 IPv6 地址，在此格式 IPv6 地址基础上，在 NAT 设备上增加隧道中继功能，根据地址格式中封装的私有 IP 地址和公有 IP 地址，进行封装修改，实现隧道中继，外部报文接收处理相反。

如图 5 所示为本发明通讯流程示例图，假设主机的私有地址为 192.168.0.2，NAT 设备的私有地址为 192.168.0.1，NAT 设备的公有地址为 202.10.0.2，边界路由器 TR 的 IPv4 地址为 202.10.0.1，边界路由器 TR 的 IPv6 地址为 2002::1，目的 IPv6 主机的地址为：2003::1，则各阶

段的报文格式如下:

报文 1 格式为: 私网源 IPv4 地址 + 私网目的 IPv4 地址 + IPv6 源 IP 地址 + IPv6 目的 IP 地址+数据

192.168.0.2	192.168.0.1	2002::192.168.0.2:202.10.0.2	2003::1	数据
-------------	-------------	------------------------------	---------	----

5 报文 2 格式为: 公网源 IPv4 地址 + 公网目的 IPv4 地址 + IPv6 源 IP 地址 + IPv6 目的 IP 地址+数据

202.10.0.2	202.10.0.1	2002::192.168.0.2:202.10.0.2	2003::1	数据
------------	------------	------------------------------	---------	----

报文 3 格式为: IPv6 源 IP 地址 + IPv6 目的 IP 地址+数据

2002::192.168.0.2:202.10.0.2	2003::1	数据
------------------------------	---------	----

相应地, 报文 4、报文 5、报文 6 格式分别为:

10 报文 4:

2003::1	2002::192.168.0.2:202.10.0.2	数据
---------	------------------------------	----

报文 5:

202.10.0.1	202.10.0.2	2003::1	2002::192.168.0.2:202.10.0.2	数据
------------	------------	---------	------------------------------	----

报文 6:

192.168.0.1	192.168.0.2	2003::1	2002::192.168.0.2:202.10.0.2	数据
-------------	-------------	---------	------------------------------	----

15

本发明将私网的 IPv4 地址和 NAT 设备的公网 IPv4 地址内嵌在 IPv6 地址的低 64 位; NAT 设备根据地址就能进行正确的封装/解封装及转发。NAT 设备对封装报文进行地址替换后重新进行封装实现隧道中继。本发明解决隧道跨越 NAT 的技术问题, 在保证隧道跨越 NAT 的基础上简化结构, 与主流隧道技术靠拢, 解决了 Teredo 结构复杂的问题。将隧道封装的对应功能放置在 NAT 设备和路由器上, 通过二次封装保证了封装报文跨越 NAT 后仍能正确传递 (收发报文)。

20

本发明结构清晰、简单, 部署容易, 隧道的建立完全自动化, 根据上述规则自动建立, 不需要维持任何状态, 只需要升级 NAT 设备和边界

路由器就可以完成部署，客户端 PC 客户端只要求是双栈，不需要任何修改，没有其他特别要求，具有通用性；而现有技术采用的 teredo 的客户端必须要具备 teredo 客户端软件，部署非常困难。

本发明还解决了 Teredo 结构复杂、效率低下的问题。Teredo 本身的
5 协议报文比较复杂，客户端与服务器有大量的 Bubble 报文交互，影响了系统的效率；而本发明则是完全自动的，根据 IPv6 地址内嵌的地址进行隧道封装和解封装，提高了通讯效率，非常具有竞争力。

本领域技术人员不脱离本发明的实质和精神，可以有多种变形方案实现本发明，以上所述仅为本发明较佳可行的实施例而已，并非因此局
10 限本发明的权利范围，凡运用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变化，均包含于本发明的权利范围之内。

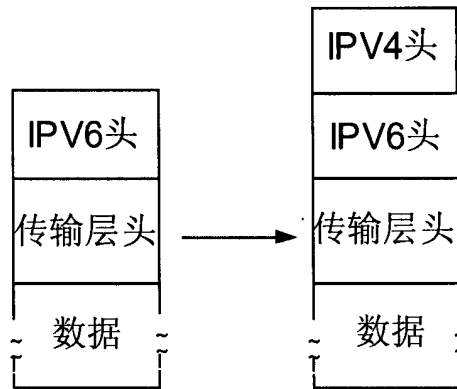


图1

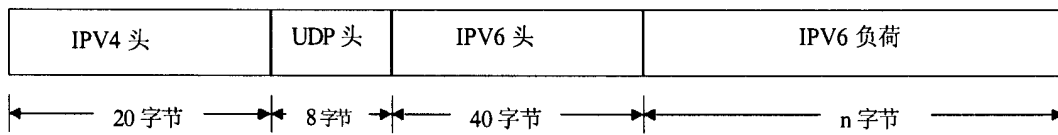


图2

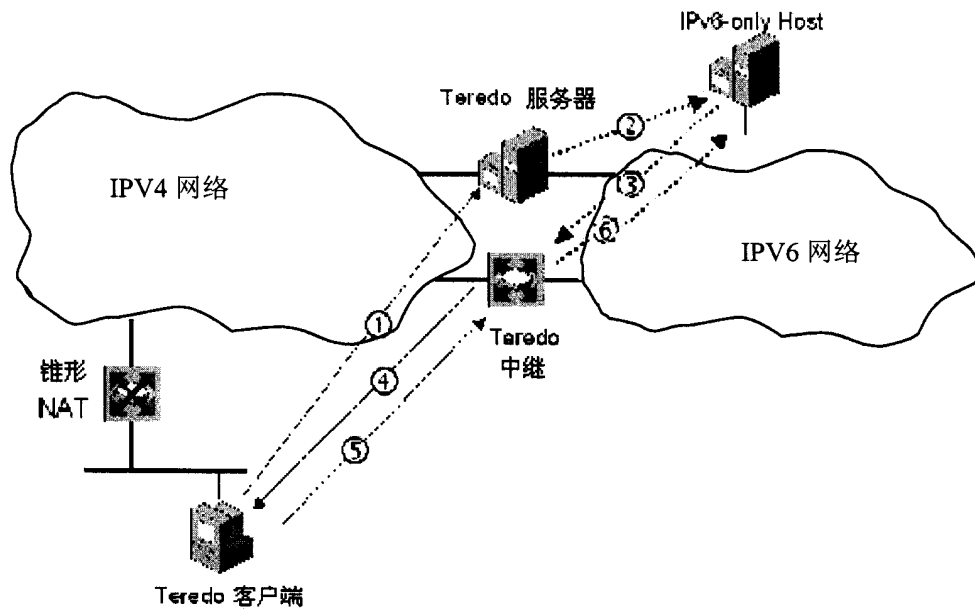


图3

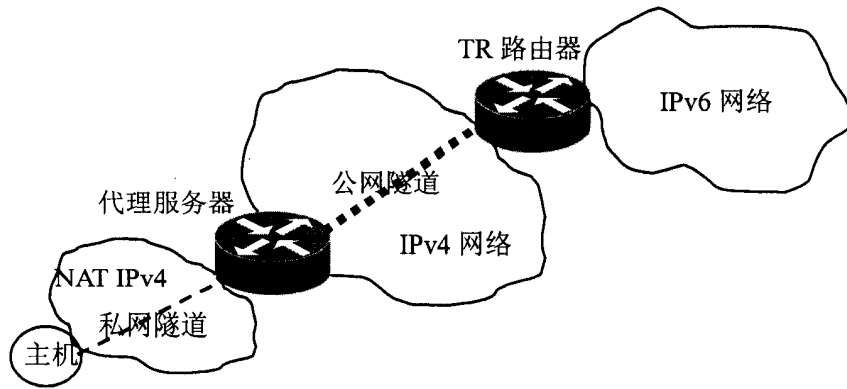


图4

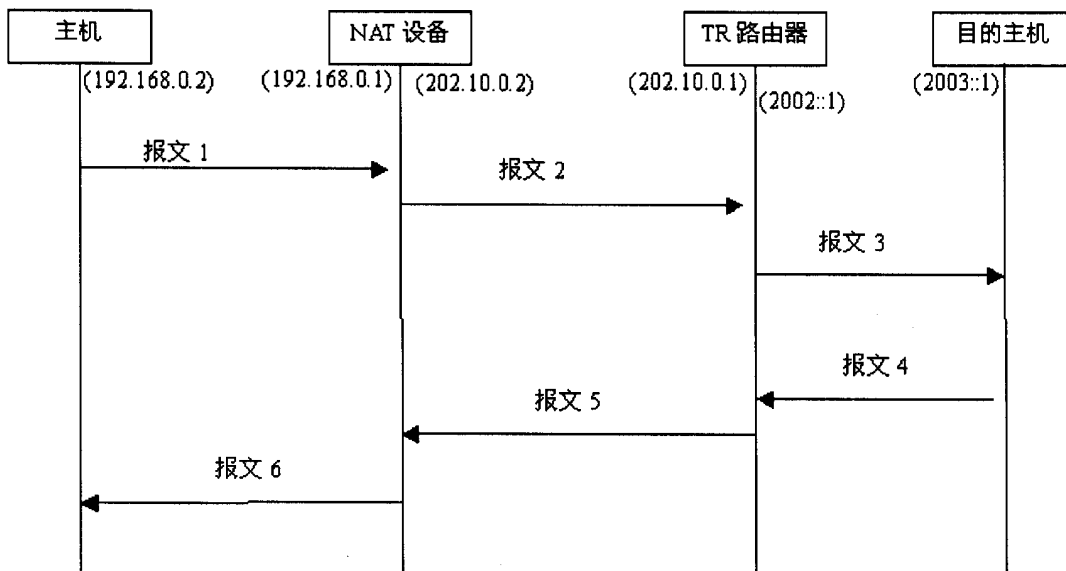


图5