

ICS 33.040.40  
M32

# YD

## 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 3231—2017

---

### 边缘网络 4over6 过渡技术要求

Technical requirements for public 4over6 access network

2017-04-12 发布

2017-07-01 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	2
4 概述.....	2
5 无状态的边缘网络 4over6.....	3
5.1 控制层面：4over6 地址分配和路由.....	3
5.2 数据层面：双向无状态的封装与解封装.....	4
6 有状态的边缘网络 4over6.....	6
6.1 控制层面：地址分配和映射维护.....	6
6.2 数据层面：双向有状态的封装和解封装.....	7
参考文献.....	9

广东省网络空间安全协会受控资料

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：清华大学、中国电信集团公司、中国移动通信集团公司、中国信息通信研究院、华为技术有限公司、上海贝尔股份有限公司、中兴通讯股份有限公司。

本标准起草人：崔 勇、吴建平、吴 鹏、董 江、陈运清、解冲锋、孙 琼、冯 明、王 茜、胡 捷、段晓东、赵 锋、郭大勇、陈 端、金利忠。

广东省网络空间安全协会受控资料

# 边缘网络 4over6 过渡技术要求

## 1 范围

本标准规定了在 IPv6 接入网中的设备（主机和 CPE），采用公有 IPv4 地址通过 IPv4-in-IPv6 的封装方式与 IPv4 Internet 通信的机制。

本标准适用于边缘网络 4over6。纯 IPv6 设备（不包含 IPv4 协议栈）不在本标准范围内。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

IETF RFC 4925    Softwire 问题描述（Softwire Problem Statement）

IETF RFC 5549    使用 IPv6 下一跳通告 IPv4 网络可达信息（Advertising IPv4 Network Layer Reachability Information with an IPv6 Next Hop）

IETF RFC 6052    IPv4/IPv6 翻译设备上的 IPv6 编址（IPv6 Addressing of IPv4/IPv6 Translators）

IETF RFC 6334    基于 DS-Lite 扩展的 DHCPv6 选项（Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6) Option for Dual-Stack Lite）

IETF RFC 7040    接入网 IPv4-over-IPv6 过渡方案（Public IPv4-over-IPv6 access network）

## 3 术语、定义和缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1 边缘网络 4over6    public 4over6

本标准所提出的机制，它能够支持 IPv4 Internet 与在 IPv6 接入网中的主机之间的双向通信。在 IPv6 接入网中使用边缘网络 4over6 的主机采用公有 IPv4 地址，通过隧道的方式与 IPv4 Internet 通信。

#### 3.1.2 4over6 主机    4over6 host

一个 4over6 主机可以是位于 IPv6 接入网中的主机、服务器或其它设备。它们不但有 IPv6 的接入，而且有 IPv4 的协议栈且运行了 IPv4 的应用，有与 IPv4 Internet 通信的需求。4over6 主机既可以是直接连接到 IPv6 接入网上，也可以连接在 CPE 之后。

3.1.3 4over6 发起点 4over6 initiator

在接入网络 4over6 机制中的 IPv4-in-IPv6 隧道的发起方(基于 hub&spoke softwire 模型[RFC4925])。它可以是双栈的直连设备,也可以是双栈的 CPE。

3.1.4 4over6 汇聚点 4over6 concentrator

在接入网络 4over6 机制中的 IPv4-in-IPv6 隧道的聚集路由器(基于 hub&spoke softwire 模型[RFC4925])。它是连接着 IPv6 服务供应网和 IPv4 Internet 的双栈路由器。

3.1.5 4over6 地址 4over6 address

在无状态的接入网络 4over6 中分配给 4over6 发起点和 4over6 主机的用作接入网络 4over6 过程的地址。4over6 发起点得到的是 IPv6 4over6 地址,它由 NSP 加上分配的 32 位公有地址以及后缀组成[IETF RFC6052];而 4over6 主机得到的是相应的 IPv4 4over6 地址,即由 IPv6 4over6 地址中抽取的公有 IPv4 地址。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CGN	运营级 NAT	Carrier Grade NAT
CPE	用户端设备	Customer Premise Equipment
DHCP	动态主机配置协议	Dynamic Host Configuration Protocol
GRE	通用路由封装协议	Generic Routing Encapsulation
ISP	互联网服务提供商	Internet Service Provider
NAT	网络地址翻译器	Network Address Translator
NSP	特定网络前缀	Network-Specific Prefix

4 概述

本标准提出了一种在 IPv6 网络中的用户使用公有 IPv4 地址访问 IPv4 Internet 的机制。边缘网络 4over6 中的 4over6 主机使用的是公有 IPv4 地址。可以支持 IPv4 Internet 和 IPv6 接入网中的主机或 IPv4 网络间的双向 IPv4 通信,特别是可以很好地支持 IPv6 网络中的服务器提供 IPv4 的应用服务。

边缘网络 4over6 的场景如图 1 所示。

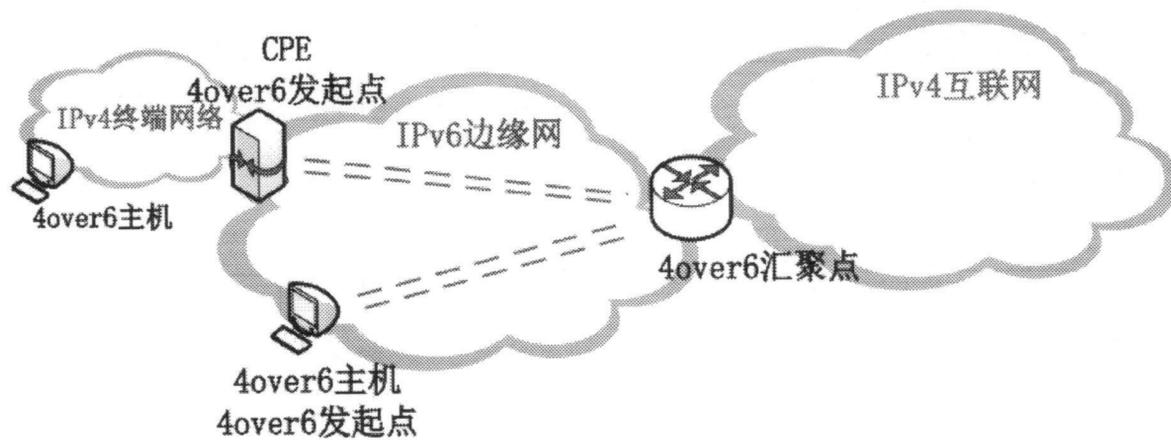


图 1 边缘网络 4over6 过渡场景

IPv6 网络中的用户使用 IPv6 作为本地服务。一些用户直接连接到网络供应商的接入网，还有一些连接到 CPE 下面的终端网络，如家庭网络。接入网是单栈的 IPv6 网络，也就是说 ISP 不向用户提供 IPv4 的接入。但一些路由器可以使用双栈连接到 IPv4 Internet，在用户想要连接到 IPv4 时这些双栈路由器将作为它们的入口。

边缘网络 4over6 可以分为有状态和无状态的两种实现方式。在无状态的边缘网络 4over6 中，4over6 汇聚点不需要维持任何的状态信息；而在有状态的边缘网络 4over6 中则需要维护分配的 IPv4 地址与相应 4over6 发起点的 IPv6 地址之间的映射表，见 IETF RFC 7040。

## 5 无状态的边缘网络 4over6

### 5.1 控制层面：4over6 地址分配和路由

无状态的边缘网络 4over6 对地址的分配采用地址嵌套方式。除了常规 IPv6 地址分配外，网络运营商应该为 4over6 地址的分配提供一个 NSP 以及一个公有 IPv4 地址池（这些公有 IPv4 地址一般应该是在一个 IPv4 前缀下）。4over6 主机需要边缘网络 4over6 服务时，先取得一个嵌有 IPv4 地址的 IPv6 地址 [见 IETF RFC 6052]，这个 IPv6 4over6 地址的前缀部分由 NSP 填充，IPv4 地址部分由公有 IPv4 地址池中的一个 32 位地址填充，IPv4 地址之后，按实际剩余地址长度补全后缀，如图 2 所示。从 IPv6 4over6 地址中抽取出的公有 IPv4 地址即 IPv4 4over6 地址。

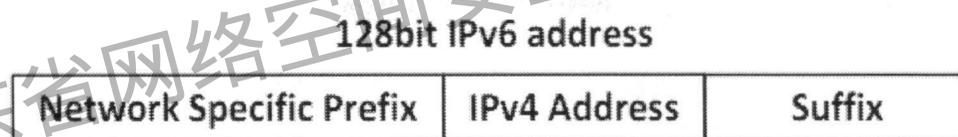


图 2 IPv6 4over6 地址格式

以上地址分配通过 DHCPv6 实现。在直连主机的情况下，当主机有 4over6 接入的需求时，会向 IPv6 边缘网中的 DHCPv6 服务器申请一个 IPv6 4over6 地址。在分配到 IPv6 4over6 地址后，4over6 主机（同时也是 4over6 发起点）把这个地址添加到其 IPv6 接口的地址列表，并从中抽取 IPv4 4over6 地址并将该地址赋给本机的隧道接口。这样主机就得到了一个用于 IPv4 通信的公有 IPv4 地址，同时利用对应的 IPv6 4over6 地址来支持该通信。

在有终端网络的情况下，当终端网络中的一个 IPv4 主机有 4over6 接入的需求时，就会发送 DHCPv4 请求，申请一个 IPv4 公有地址；4over6 发起点收到该 DHCPv4 请求，触发 DHCPv6 请求，向 IPv6 边缘网中的 DHCPv6 服务器申请一个 IPv6 4over6 地址。4over6 发起点在得到 IPv6 4over6 地址后，把这个地址添加到其 IPv6 接口的地址列表，并通过 DHCPv4 回复将相应的 IPv4 4over6 地址分配给 IPv4 主机，这样 4over6 主机就得到了公有 IPv4 地址。同时 4over6 发起点利用对应的 IPv6 4over6 地址来支持该通信，即 4over6 汇聚点在封装分组以返回给正确的 4over6 主机时，直接使用 NSP 加上 IPv4 地址形成封装头的目的地址，而这个地址正是 4over6 发起点在先前的过程添加到其 IPv6 接口中的。在上述的过程，由于终端网络的 4over6 主机无法直接向 DHCPv6 服务器请求地址信息，4over6 发起点是作为 DHCP 的代理来接收 4over6 主机的 DHCPv4 请求并向 DHCPv6 服务器发起请求。如图 3 所示，4over6 发起点本

身作为隧道端点需要为其虚接口申请一个 IPv4 地址，此时 4over6 发起点的申请过程与直连主机情况的无状态申请过程是相同的；同时 4over6 发起点连接终端网络的 IPv4 接口需要配置一个 IPv4 地址，用作其终端网络中 4over6 主机的网关。一般情况下，DHCPv6 服务器分配给同一终端网络下 4over6 主机的 IPv6 4over6 地址应当是可聚合的；同时 DHCPv6 服务器分配给其下的 4over6 发起点的 IPv6 4over6 地址也应是可聚合的。

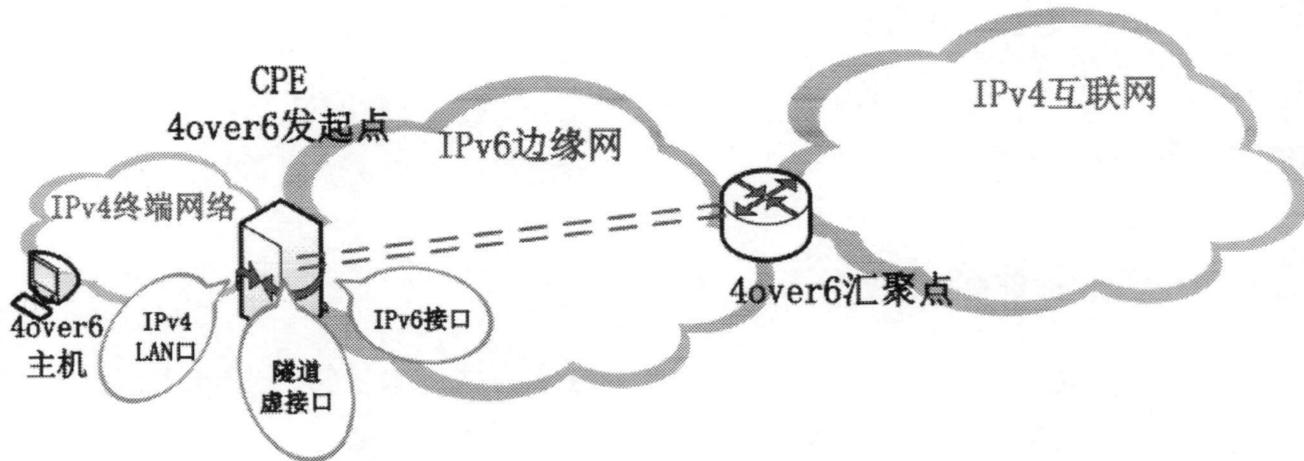


图3 有终端网络时 4over6 发起点接口示意

为支持上述这一特定的 4over6 地址分配过程，需要定义一个 DHCPv6 选项来标识这一类 DHCPv6 请求，并在 DHCPv6 回复中携带 NSP 信息。

为确保 4over6 分配的地址可达性，边缘网需实现相应的路由支持。4over6 汇聚点要向 IPv4 互联网侧的 IPv4 网络通告 IPv4 4over6 地址所使用的 IPv4 前缀，以确保 IPv4 互联网中目的地址为 4over6 主机的 IPv4 报文能转发至该 4over6 汇聚点。在 IPv6 边缘网内部，各 4over6 地址段对应的路由器须通告 IPv6 4over6 地址聚合成的长前缀，这与普通的 DHCP 分配地址的路由是类似的；而 4over6 汇聚点则负责通告 NSP::/前缀。

## 5.2 数据层面：双向无状态的封装与解封装

基于以上的地址分配与路由，实际 IPv4 数据转发时，可以实现双向的无状态封装解封装。在边缘网 4over6 过程发起前，各设备已有正常的 IPv6 接入。在直连主机情况下，当 4over6 主机向 IPv4 Internet 发送一个 IPv4 报文时，该主机作为 4over6 发起点执行 IPv6 封装，将该 IPv4 报文的源地址添加 NSP 前缀形成 IPv6 4over6 地址，作为 IPv6 封装的源地址。IPv6 封装的目的地址有两种选择：一是使用 4over6 汇聚点的实际 IPv6 地址，这需要提前获取 4over6 汇聚点的 IPv6 地址，若 4over6 发起点通过 DHCPv6 获取其本身的 IPv6 地址，则也要通过 DHCPv6 选项来获取 4over6 汇聚点的 IPv6 址，见 IETF RFC 6334；二是使用将 IPv4 报文的目的地址添加 NSP 形成 IPv6 4over6 格式的的地址。在第二种选择下，4over6 汇聚点在 IPv6 网络中通告的 NSP::/路由能确保封装报文被转发到 4over6 汇聚点。4over6 汇聚点在收到来自 4over6 发起点的 IPv6 封装包后，通过解封装得到其中的 IPv4 报文，然后将其转发向 IPv4 Internet。上述过程如图 4 所示。

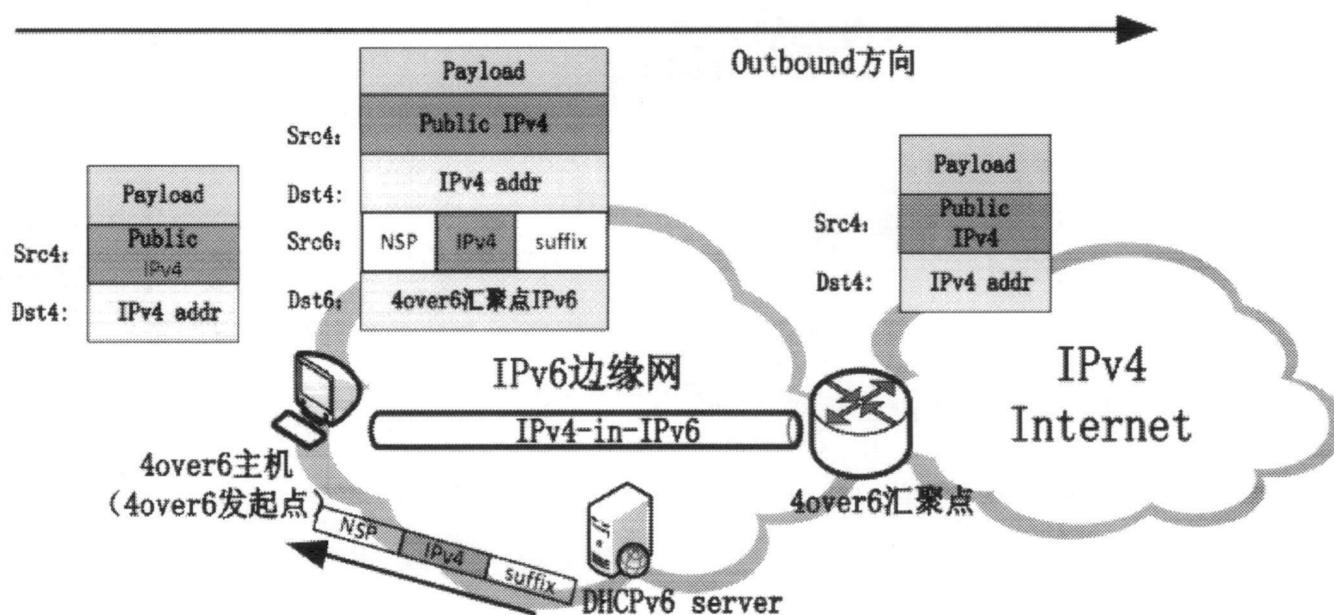


图4 直连主机的无状态边缘网 4over6

在有终端网络的情况下，当终端网络中的 4over6 主机向 IPv4 Internet 发送一个 IPv4 报文时，该报文首先到达 4over6 发起点。4over6 发起点执行 IPv6 封装，将该 IPv4 报文的源地址添加 NSP 前缀形成 IPv6 4over6 地址，作为 IPv6 封装的源地址，IPv6 目的地址封装方式与直连主机情况相同。4over6 汇聚点在接收到来自 4over6 发起点的 IPv6 封装包后，通过解封装得到其中的 IPv4 报文，然后将其转发向 IPv4 Internet，如图 5 所示。

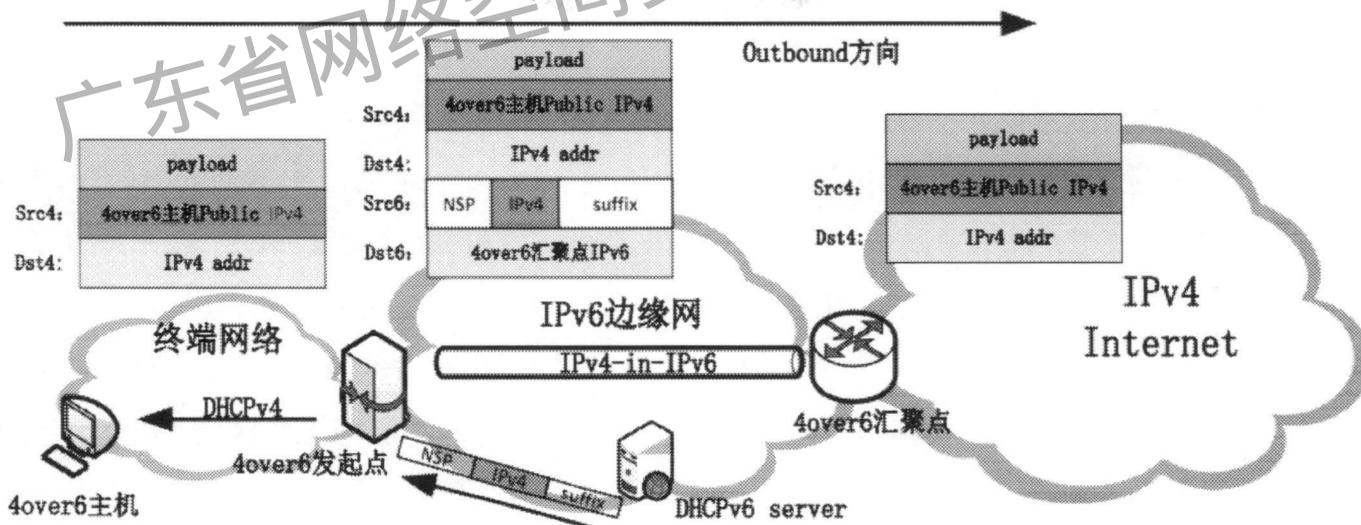


图5 有终端网络的无状态边缘网 4over6

在另一方向上，4over6 汇聚点在收到来自 IPv4 互联网、去往 4over6 主机的 IPv4 包时，执行 IPv6 封装，将该 IPv4 报文的目的地址添加 NSP 前缀形成 IPv6 4over6 地址作为 IPv6 目的地址，IPv6 源地址则可选择使用 4over6 汇聚点的实际 IPv6 地址，或使用将 IPv4 报文的源地址添加 NSP 形成的 IPv6 地址（与发起点的封装目的地址选择对应）。4over6 汇聚点将 IPv6 封装报文发往 IPv6 边缘网，该报文会转发到 4over6 发起点。4over6 发起点若作为 4over6 主机，则执行解封装抽取其中的 IPv4 报文并交付上层处理；4over6 发起点后若还有终端网络，则解封装后将 IPv4 报文发往终端网络。

前文提到，如果在 4over6 汇聚点中用嵌入 IPv4 地址的 IPv6 地址作为封装头的源地址，或在 4over6 发起点中用其作为封装分组的目的地址，则 4over6 汇聚点需要在 IPv6 网络中通告该 NSP 的默认路由是

发往 4over6 汇聚点的。正是通过 4over6 IPv4 地址与 IPv6 地址的耦合,并利用 IPv6 网络内对嵌套有 IPv4 地址的前缀的路由,无状态 4over6 技术实现了 IPv6 封装源目的地址的自动生成,从而保证了封装的双向无状态。

## 6 有状态的边缘网络 4over6

### 6.1 控制层面:地址分配和映射维护

无状态 4over6 要求 IPv4 与 IPv6 路由编址的耦合,这对运营商的网络运营方式提出了一定要求。与无状态的边缘网络 4over6 相反,有状态的边缘网络 4over6 不需要 IPv4-IPv6 地址耦合。IPv4 和 IPv6 的路由编址是相互独立的。如果运营商不希望耦合 IPv4 与 IPv6,则可以使用有状态的边缘网络 4over6 技术。

在有状态的边缘网络 4over6 中,由 4over6 汇聚点向 4over6 发起点分配 IPv4 地址。可以通过静态配置的方式,也可以 DHCPv4 动态分配。为实现跨 IPv6 网络的 DHCPv4 地址分配,我们将汇聚点与发起点间的 DHCPv4 过程 IPv6 接入网承载。

在直连主机的情况下,4over6 主机同时作为 4over6 发起点,在有 4over6 需求时向 4over6 汇聚点发送 DHCPv4 请求申请 IPv4 公有地址。为跨 IPv6 网络传输,将 DHCPv4 包封装在 IPv6 中发往 4over6 汇聚点。4over6 汇聚点经解封装后得到 DHCPv4 报文,其可以直接作为 DHCPv4 服务器根据 DHCPv4 的请求为直连主机分配一个公有 IPv4 地址,然后将此 DHCPv4 回复封装在 IPv6 中发往 4over6 发起点。发起点在解封装获取 DHCPv4 响应后就得到了 4over6 汇聚点动态分配的公有地址。

在有终端网络的情况下,CPE 作为 4over6 发起点。终端网络的 4over6 主机有边缘网络 4over6 需求时向 4over6 发起点发送 DHCPv4 请求申请 IPv4 公有地址。4over6 发起点上执行 DHCPv4 中继的功能,向 4over6 汇聚点封装转发该 DHCPv4 请求。4over6 汇聚点经解封装根据 DHCPv4 请求为终端网络下的主机分配一个公有 IPv4 地址,并将此 DHCPv4 响应报文封装后发给 4over6 发起点。4over6 发起点在解封装获取 DHCPv4 响应后将其转发给 IPv4 主机。这样,终端网络中的 4over6 主机就获得了 4over6 汇聚点动态分配的公有地址。在这里,4over6 发起点作为 DHCPv4 中继,其连接终端网络的 IPv4 接口需要象一般的中继一样提前配置一个 IPv4 地址作为此终端网络的网关;同时 4over6 发起点本身作为隧道的端点需要为其隧道虚接口申请一个 IPv4 地址(如图 3 所示),此时 4over6 发起点的申请过程与直连主机情况的有状态申请过程是相同的。

如果地址分配的任务交由 IPv4 Internet 侧单独的 DHCPv4 服务器完成,则 4over6 汇聚点承担 4over6 发起点与 DHCPv4 服务器间的 DHCPv4 中继角色。需要注意的一点是,4over6 汇聚点为了在封装 DHCPv4 回复报文时使用正确的 4over6 发起点 IPv6 地址,需要在之前收到 DHCPv4 请求时记录发起点 IPv6 地址与 DHCPv4 报文中的 MAC 地址的映射,以供封装时查询。

为保证正确的封装转发,4over6 汇聚点应记录向终端分配的 IPv4 地址与请求该地址的 4over6 发起点的 IPv6 地址的对应关系。这一对应关系可以在 4over6 汇聚点分配 IPv4 地址时获得:汇聚点上的 DHCPv4 服务器在完成一次地址分配时,触发并记录 IPv4-IPv6 地址对及其有效时间,形成一张关于各 4over6 主机的 IPv4-IPv6 地址映射表。如果 4over6 汇聚点为 DHCPv4 中继,则它在中继 DHCPv4 响应

时记录地址映射。地址映射的另一种生成方式是在实际的 IPv4-in-IPv6 流量到达汇聚点，汇聚点解封封装时实时记录并维护，但采用这种方式的缺点是 IPv4 Internet 中的对端无法主动发起对 4over6 主机的访问，即不能做到全双向通信。在有状态边缘网 4over6 中，本标准 4over6 汇聚点采用了第一种，即 DHCP 触发更新的方法，来维护 IPv4-IPv6 映射表。

4over6 汇聚点要向 IPv4 互联网侧的 IPv4 网络通告 4over6 主机地址所使用的 IPv4 前缀，以确保 IPv4 互联网中目的地址为 4over6 主机的 IPv4 报文能转发至该 4over6 汇聚点。

## 6.2 数据层面：双向有状态的封装和解封装

在 4over6 主机获得公有 IPv4 地址，4over6 汇聚点记录 IPv4-IPv6 地址映射后，数据平面就能实现双向的封装解封。在直连主机的情况下，当已经获取公有地址的一个 4over6 主机向 IPv4 Internet 发送一个 IPv4 报文时，其同时作为 4over6 发起点以自己的 IPv6 地址为封装源地址，4over6 汇聚点的 IPv6 地址（汇聚点的 IPv6 地址获取方法与无状态方式下的获取方法相同）为封装目的地址，执行 IPv6 封装。封装形成的 IPv6 报文被发往 IPv6 网络中，最终到达 4over6 汇聚点。4over6 汇聚点执行解封封装并将得到的 IPv4 报文发往 IPv4 Internet。

在另一方向上，4over6 汇聚点在收到来自 IPv4 Internet、去往 4over6 主机的 IPv4 报文时，执行 IPv6 封装，封装源地址为汇聚点自身的 IPv6 地址，封装目的地址则根据 IPv4 报文的地址在 IPv4-IPv6 地址映射表中进行匹配。封装完成后 4over6 汇聚点把 IPv6 报文发往 IPv6 网络，该报文将到达 4over6 发起点。4over6 发起点解封封装该报文获得 IPv4 报文并传给上层处理。上述过程如图 6 所示。

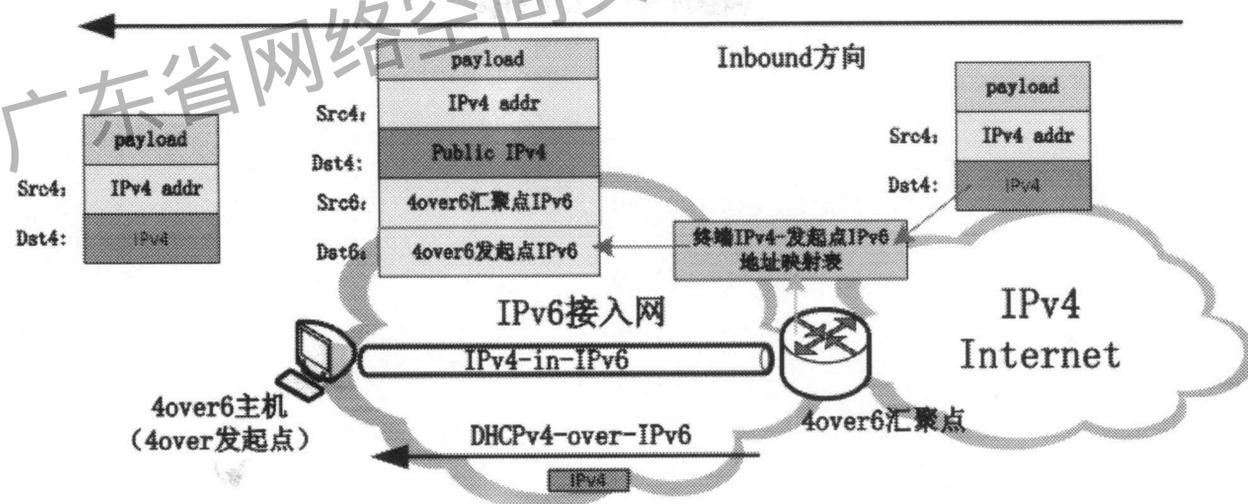


图 6 直连主机的有状态边缘网 4over6

在有终端网络的情况下，当已经获取公有地址的一个 4over6 主机向 IPv4 Internet 发送一个 IPv4 报文时，该报文先到达 4over6 发起点。4over6 发起点在收到该报文后以自己的 IPv6 地址为封装源地址，4over6 汇聚点的 IPv6 地址为封装目的地址，执行 IPv6 封装。其余过程与直连主机情况相同。在另一方向上，4over6 汇聚点的处理过程也与直连主机情况相同。该报文到达 4over6 发起点后，4over6 发起点解封封装该报文，获得 IPv4 报文并转发向终端 IPv4 网络，如图 7 所示。

4over6 汇聚点维护 IPv4-IPv6 地址映射表的意义在于，在汇聚点进行 IPv6 封装时，查询 IPv4 目的地址（4over6 主机地址）对应的 4over6 发起点 IPv6 地址作为封装目的地址，以将封装包转发到正确的发起点，所以 4over6 汇聚点的封装在 IP 层面上是有状态的。映射表的最大规模可以达到 4over6 主机数

量的级别，但该映射表内没有涉及端口信息，因此它比使用 CGN 的情况下 CGN 上的映射表规模还是要小得多。与无状态 4over6 相比，有状态 4over6 将无状态方案中 IPv4-IPv6 地址耦合与 IPv6 中相应路由的代价转嫁到了汇聚点维护的映射表上。

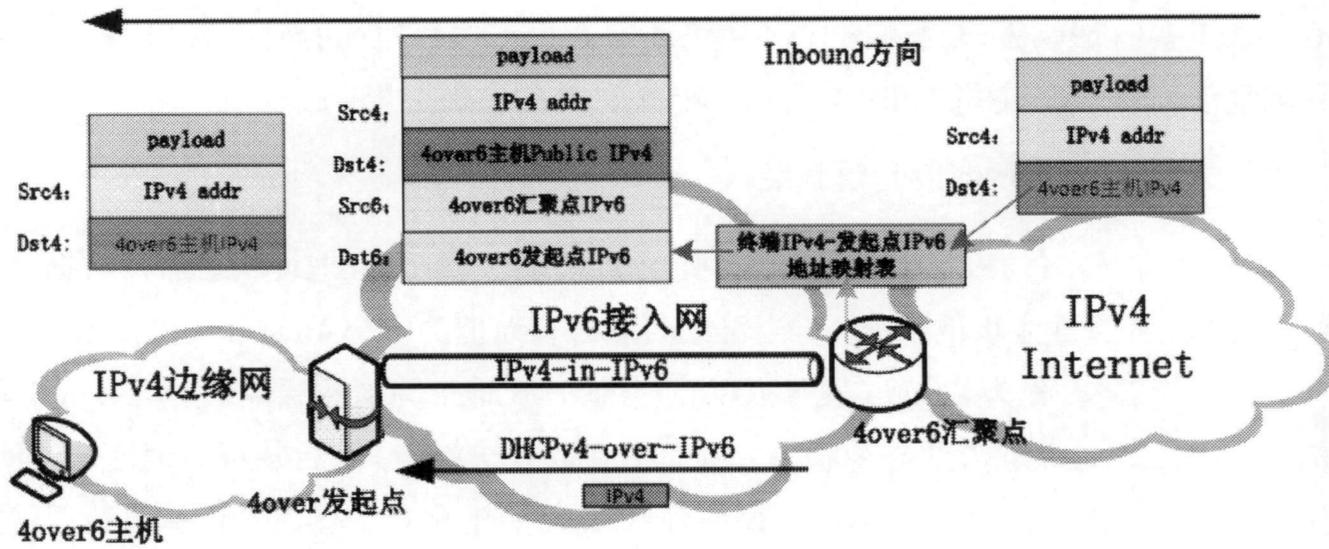


图 7 有终端网络的有状态边缘网 4over6

广东省网络空间安全协会受控资料

(资料性附录)

参考文献

- [1] DHCPv4 over IPv6 Transport. IETF draft. draft-ietf-dhc-dhcpv4-over-ipv6-08
- 

广东省网络空间安全协会受控资料

广东省网络空间安全协会受控资料

中华人民共和国通信行业标准  
边缘网络 4over6 过渡技术要求  
YD/T 3231—2017

\*

人民邮电出版社出版发行  
北京市丰台区成寿寺路 11 号邮电出版大厦  
邮政编码：100064

北京康利胶印厂印刷

版权所有 不得翻印

\*

开本：880×1230 1/16  
印张：1  
字数：21 千字

2017 年 8 月第 1 版  
2017 年 8 月北京第 1 次印刷

15115 • 1293

定价：10 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)81055492