

## BGP/MPLS IP VPN 的 IPv6 扩展研究

陈 凤, 宋 玲

(广西大学 计算机与电子信息学院, 广西 南宁 530004)

**摘 要:**介绍 BGP/MPLS IP VPN 技术, 又称三层 MPLS VPN, 它使用 BGP 进行路由信息的分发和使用 MPLS 进行包转发, 具有较好的服务质量。重点分析 BGP/MPLS IP VPN 网络在 IPv4 和 IPv6 中的应用, 并对基于 Carrier of Carrier VPN 的 BGP/MPLS VPN 的 IPv6 扩展方案进行研究, 此方案提供了运营级的解决方法, 并能利用现有的 IPv4 资源, 有较好的灵活性和扩展性。

**关键词:**多协议标签交换; 虚拟专用网; 边界网关协议; IPv6

**中图分类号:**TP311

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2007)10-0147-03

## Study of Extension for IPv6 of BGP/MPLS IP VPN

CHEN Feng, SONG Ling

(School of Computer and Electronics Information, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract:** BGP/MPLS IP VPN, also called layer-3 MPLS VPN, is introduced, including BGP used for routes distributing and MPLS used for packets forwarding, having good service quality. The application of BGP/MPLS IP VPN in IPv4 and IPv6 is described. An implementation method of extension for IPv6 of BGP/MPLS IP VPN based on Carrier of Carrier VPN is studied. This implementation method can provide a solution for service providers and use the existing IPv4 resources, having good flexibility and scalability.

**Key words:** MPLS; VPN; BGP; IPv6

## 0 引 言

现今已有部分企业组网开始使用 MPLS VPN, 它是一种新兴的网络技术, 具有安全性高、可扩展性好、QoS、流量工程等优点。BGP/MPLS IP VPN 又称三层 MPLS VPN, 是一种基于路由方式的 VPN 的解决方案, 目前它已经在几个主要的运营网络中得以实现。

随着 IPv6 研究的不断成熟和市场的需要, 有必要探讨 BGP/MPLS IP VPN 在 IPv6 上的应用, 而在相当长的时间内, IPv4 还会继续存在, 也为了能利用原有的网络基础设施, IPv4 和 IPv6 将会同时存在, 因而研究 IPv4 到 IPv6 的共存与扩展具有重要的意义。

## 1 BGP/MPLS IP VPN 在 IPv4 上的应用

## 1.1 BGP/MPLS IP VPN 的基本结构

图 1 为 BGP/MPLS IP VPN 的一个基本模型, 它

主要由用户边缘路由器(CE)、提供商边缘路由器(PE)、和提供商核心路由器(P)组成<sup>[1]</sup>。PE 为 MPLS VPN 中的主要实现者, 用于存储路由转发表, 处理转发 VPN 路由, 维护与其直接相连的 VPN 的路由信息。P 是运营网络的核心, 对于 VPN 用户来说是不可视的, 它负责透明地传送从 PE 传送来的数据, 至于内容

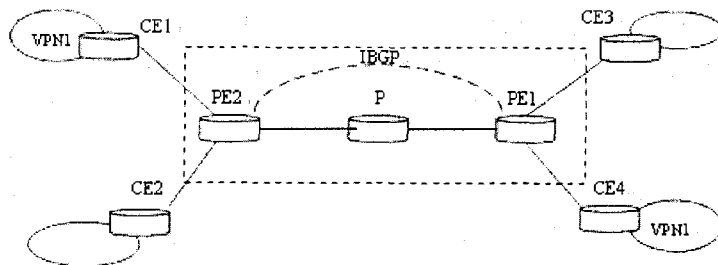


图 1 BGP/MPLS IP VPN 的基本结构图

及传送到何方并不知道, 也不需要寻找路径。CE 设备相对简单, 它是用户端的终端设备, 一般情况下为一台 IP 路由器, 与直连的 PE 路由器建立邻接关系, 它不直接参与 MPLS VPN 的过程。

## 1.2 BGP/MPLS IP VPN 的基本概念

## (1) VRF (VPN Routing &amp; Forwarding)。

每一个 PE 路由器都存储有一系列的独立的转发表。其中一个默认转发表, 其他的是“VPN 路由转

收稿日期: 2007-01-17

基金项目: 广西教育厅科研项目(桂教科研(2004)20 号); 广西自然科学基金(桂科基 0575017)

作者简介: 陈 凤(1983-), 女, 湖南岳阳人, 硕士研究生, 研究方向为计算机网络; 宋 玲, 教授, 研究方向为计算机网络及服务质量。

发表”即 VRFs。VRF 与 PE 上的一个或多个端口相对应,每个用户链接映射至一特定 VRF,这样 PE 收到用户发来的数据包时,便可查询与之对应的 VRF 的路由信息。

## (2) VPN - IPv4 的地址格式。

VPN - IPv4 的地址由 RD(Route Distinguisher)和 IPv4 地址两部分组成,如图 2 所示。

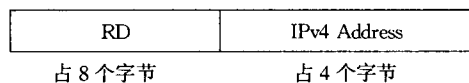


图 2 VPN - IPv4 的地址格式

不同的虚拟专网用户独立编址,可能采用了相同的地址空间,RD 就是为了解决地址空间重叠问题的。RD 包括 2 个字节的类型域和 6 个字节的值域,类型可分为 0、1、2 三种,根据类型的不同,值域有所不同。例如类型为 1 时,值域为管理器域(包含自治域空间),占 2 个字节和提供商分配的 VPN 编号,占 4 个字节。

## (3) RT (Routing Target)。

每个 VRF 都与一个或多个 RT 属性关联。RT 用来识别一组站点(更精确地说可识别一组 VRFs),将某个 RT 与一个 VPN 路由相关联就使得路由被放入到转发这些流量的 VPN 或站点中。实际上,RT 的作用是:路由分发到 PE 中时,路由被放入到哪些 VRF 中,便由 RT 决定。

PE 怎样将 RT 与一路由关联呢,有多种方法,比如 PE 将通过某一站点的所有路由设置为与一个 RT 属性相关联。

## 1.3 IPv4 VPN 中 BGP 路由分发过程

如图 1 所示,PE 从用户端得到路由信息,然后在相应 VRF 中创建这个路由,具体创建哪些路由,由 PE 从 CE 得到的路由的方式决定,接着这些 IP 路由被转换成 VPN - IPv4 路由,导出到 BGP<sup>[2]</sup>。BGP 从到达同一目的的路由中选择最好的一条,分发给一系列的 PE,同时,BGP 将这条最优的 VPN - IPv4 路由转换成 IP 路由,再导入到一个或多个 VRF 中。事实上,BGP 分发的是带有标签的 VPN - IPv4 路由,此本地标签由 PE 上的 MPLS 分配,为 4 个字节。如果 VPN 的两个站点所连接的 PE 在同一自治系统中,PE 通过它们之间的 IBGP 连接来分发带有标签的 VPN - IPv4 路由;如果 VPN 的两个站点所连接的 PE 不在同一自治系统中,需采用 IBGP 将路由重新分发到此端自治系统的边界路由器(ASBR)上或是路由反射器(RR)上,ASBR 通过 EBGP 连接再把路由分发到另一端自治系统的 ASBR 上,这样来完成不同自治系统之间的路由分发。

## 2 BGP/MPLS IP VPN 在 IPv6 的应用

### 2.1 IPv6 VPN 的地址格式

VPN - IPv6 的地址由 RD(Route Distinguisher)和 IPv6 地址两部分组成<sup>[3]</sup>,如图 3 所示。



图 3 VPN - IPv6 的地址格式

BGP 多协议扩展(MP - BGP)允许 BGP 能传送来自多种地址族的路由。VPN - IPv6 的地址族类似于上文的 VPN - IPv4 地址族。同样,RD 仅仅是为了区分地址重叠,因此 RD 能创建多个不同的路由,这些路由有同样 IPv6 地址字段而不同的 RD。

### 2.2 IPv6 VPN 中 BGP 路由分发过程

与 IPv4 VPN 一样,PE 间能通过 IBGP 相互分发路由,或通过 IBGP 分发给路由反射器(RR)。在 IPv6 VPN 中,IBGP 的连接可能通过 IPv4 或 IPv6。MP - BGP 公告带有 IPv6 VPN 路由的 MP - REACH 网络层可达信息(NLRI),PE 路由器通过 MP - BGP 与其对等体交换 IPv6 路由可达性信息,并将自己通告为 BGP 的下一跳,同时,要根据 IPv6 VPN 路由信息分配和发布 MPLS 标签。BGP 的下一跳要求和公告的 NLRI 具有同样的地址族,而要在 VPN 上到达 BGP 的下一跳,需要知道全局地址,有下列两种情况:

#### (1) BGP 宣告者要求 IPv6 传输。

这时,BGP 的下一跳和公告的 NLRI 具有同样的 IPv6 地址族,可以找到全局的 IPv6 地址。一般情况下,BGP 下一跳网络地址字段包含 RD 和 IPv6 地址,共 24 个字节。但当 BGP 宣告者与它公告路由的对等点共享了同一个子网时,下一跳字段就有 48 个字节,在之前的 24 字节上加入了 24 字节的本地连接地址。比如,在一个多自治系统上支持 IPv6 VPN 服务,有不同自治系统共享同一 IPv6 子网时,那么 ASBR 之间便有带标签的 IPv6 VPN 路由重分发,这就需要 BGP 下一跳网络地址字段包含本地 IPv6 地址。

#### (2) BGP 宣告者要求 IPv4 传输。

这时,BGP 的下一跳和公告的 NLRI 具有不同的地址族,需要 PE 路由器根据 VPN - IPv6 地址构造对应的 IPv4 地址。当 IPv6 VPN 传输采用 IPv4 隧道机制(例如:IPv4 MPLS LSPs, IPsec - protected IPv4 隧道)时,BGP 宣告者给它的对等点公告的下一跳字段包括 RD 与将原 IPv6 地址编码的 IPv4 - mapped IPv6 地址,而具体的编码方式依赖于实际采用的隧道技术。

### 2.3 BGP/MPLS IPv4 VPN 到 IPv6 VPN 的扩展方案

一般 IPv6 的扩展有三种类型:双栈类、隧道类和

翻译类<sup>[4]</sup>。双栈机制较简单,就是在设备中同时装备 IPv4 与 IPv6 的协议栈。选择不同协议的依据为给定的 IP 目的地址的类型,通常由用户指定或 DNS 解析结果确定。如果把支持 IPv4 的网络域比作海洋,把支持 IPv6 的网络域比作孤岛,隧道技术的思想就是让海洋中的孤岛逐渐扩大,直到全部连成 IPv6 的陆地,全面取代 IPv4。隧道机制有多种,包括 6 to 4 隧道、6 over 4 隧道和代理隧道等。翻译机制是由内联网技术变化而来的,后来发现这类技术很适合 IPv6 的扩展,目前主要有 NAT-PT、SOCKS 等翻译类技术。

MPLS 作为一种支持多协议的技术,对二层、三层技术有良好的支持,非常自然成为 IPv6/IPv4 共存的桥梁。MPLS VPN 是众多的隧道共存技术中的一种,非常适合 IP 骨干网和城域核心网。如果 VPN 的各个站点都支持 IPv6,则 MPLS VPN 技术就可以用于运营级的 IPv6 扩展解决方案。

在 BGP/MPLS IP VPN 中,Carrier of Carrier VPN 是一种相对成熟的方案<sup>[5]</sup>。在扩展到 IPv6 VPN 过程中,有望为业界提供运营级的解决方法。也就是 IPv6 网络作为 IPv4 骨干网的一个 VPN 客户网络,而在这个 IPv6 的 VPN 网络里还可以向外提供 VPN 业务。使用 MPLS 隧道机制,建立到达所有结点的 MPLS LSP 路径,则要求整个网络的所有设备都支持 MPLS,能运行 LDP 或 RSVP 协议。

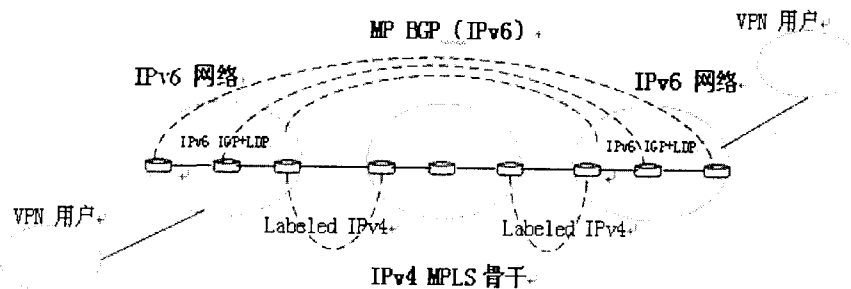


图 4 Carrier of Carrier MPLS VPN 结构图

如图 4 所示,IPv6 网络作为 IPv4 MPLS 骨干网络的一个岛屿,当 IPv6 岛屿中的 PE 路由器收到来自 CE 路由器的 IPv6 路由公告后,将路由加入到 VRF 并分配与之相应的一个 VPN 标签,在岛屿内使用 IGP 分发路由。IPv6 岛屿中的 PE 路由器与对等远程 PE 路由器建立 MP-BGP 连接来交换路由信息,当需通过 IPv4 MPLS 骨干网时,IPv6 岛屿中的 PE 路由器就将 BGP 下一跳字段中 IPv6 地址编码为 IPv4-mapped IPv6 地址,并加上 MPLS 标签,而其对等 PE 路由器收

到路由信息时需再次解码为 IPv6 地址,并在它的岛屿内使用 IGP 分发路由。这样通过 MPLS 标签,可以建立能到达所有节点的 LSP 路径,通过 MPLS 隧道机制,整个网络的路由信息也可以畅通无阻。

通过分析,上述扩展方案有如下几个特点:

(1) IPv4 和 IPv6 网络互不干扰,结构清晰,它们能实施各自的协议。

(2) IPv6 网络作为骨干网的岛屿,IPv4 骨干网只是透明地将 IPv6 网络发来的数据传送到远端网络,IPv6 岛屿可以容易地扩展,也便于以后能全部扩展为 IPv6 网络。

(3) 在 IPv4 到 IPv6 的过渡时期,能利用现有的 IPv4 骨干网,不必浪费已有的网络资源。

(4) 在 IPv6 网络中,要求两端的 PE 支持 IPv4/IPv6 双栈协议,且能建立 IPv4 地址与 IPv6 地址之间的转换关系。

### 3 结束语

BGP/MPLS IP VPN 为用户提供虚拟专用网业务,具有很多优点。它能解决地址重叠和 VPN 重叠的问题,另外,可以支持的 VPN 的数量不受网络单一组件容量的限制,同一 VPN 的用户也很容易扩充,有较高的灵活性和扩展性。而基于 BGP/MPLS VPN 的 IPv6 的扩展为运营级的过渡提供了解决方案,能最大

限度地保护已有的设施投资,基于 MPLS 的高速交换,性能也非常高。

#### 参考文献:

- [1] 董玲,黄杨,徐塞虹. BGP/MPLS VPN 实现细节探讨[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41 (29): 117-119.
- [2] Rosen E. BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs) [S/OL]. RFC 4364. 2006. <http://www.ietf.org/rfc>.
- [3] De Clercq J. BGP-MPLS IP Virtual Private Networks (VPN) Extension for IPv6 VPN[S/OL]. RFC 4659. RFC 4364. 2006. <http://www.ietf.org/rfc>.
- [4] 马钰璐,王利存. 基于 MPLS VPN 的 IPv6 过渡机制[J]. 通讯世界, 2002(6): 50-52.
- [5] 郭骏文. MPLS VPN 在 IPv6 网络中的运用[J]. 信息网络, 2005(8): 59-61.