



# MPLS和VPN 体系结构 (第2卷)

## MPLS and VPN Architectures Volume II

Master the latest MPLS VPN solutions to design, deploy,  
and troubleshoot advanced or large-scale networks

**Jim Guichard**, CCIE #2069  
〔美〕 **Ivan Pepelnjak**, CCIE #1354 著

**Jeff Apcar**

卢泽新 朱培栋 齐宁 译  
孙余强 审

# MPLS和VPN 体系结构 (第2卷)

MPLS and VPN  
Architectures

Volume II

**Jim Guichard**, CCIE #2069  
〔美〕 **Ivan Pepelnjak**, CCIE #1354 著  
**Jeff Apcar**  
卢泽新 朱培栋 齐宁 译  
孙余强 审

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

MPLS和VPN体系结构. 第2卷 / (美) 吉查德 (Guichard, J.), (美) 佩佩恩雅克 (Pepelnjak, I.), (美) 爱普卡 (Apcar, J.) 著; 卢泽新, 朱培栋, 齐宁译.  
— 北京: 人民邮电出版社, 2010. 9  
ISBN 978-7-115-23406-3

I. ①M… II. ①吉… ②佩… ③爱… ④卢… ⑤朱…  
⑥齐… III. ①宽带通信系统—综合业务通信网②虚拟网  
络—用户通信网 IV. ①TN915.142②TP393.01

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第130702号

## 版 权 声 明

Jim Guichard, Ivan Pepelnjak, Jeff Apcar: MPLS and VPN Architectures Volume II (ISBN: 1-58705-112-5)  
Copyright © 2003 Cisco Systems, Inc.  
Authorized translation from the English language edition published by Cisco Press.  
All rights reserved.

本书中文简体字版由美国 Cisco Press 授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书任何部分不得以任何方式复制或抄袭。  
版权所有, 侵权必究。

## MPLS 和 VPN 体系结构 (第 2 卷)

- 
- ◆ 著 [美] Jim Guichard, CCIE#2069  
Ivan Pepelnjak, CCIE#1354  
Jeff Apcar
  - 译 卢泽新 朱培栋 齐宁
  - 审 孙余强
  - 责任编辑 傅道坤
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京艺辉印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 800×1000 1/16  
印张: 27  
字数: 588 千字 2010 年 9 月第 1 版  
印数: 1-3 500 册 2010 年 9 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2009-7289 号

ISBN 978-7-115-23406-3

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)67132705 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

# 内容提要

本书在《MPLS 和 VPN 体系结构》(第 1 卷)的基础上讨论高级 MPLS VPN 应用主题和开发体系结构。全书分为 4 个部分,共 9 章。第 1 部分是引言,简要回顾 MPLS VPN 体系结构;第 2 部分讲述高级 PE-CE 连通性,包括 MPLS VPN 的远程访问、PE-CE 路由协议的增强和高级特性、虚拟路由器的连通性;第 3 部分讨论高级部署场景,包括对 MPLS VPN 骨干网的保护、大规模路由选择和多服务提供商的连通性、多播 VPN、跨 MPLS 骨干网的 IPv6 传输;第 4 部分是故障排除。

本书面向中、高级网络技术人员。对于需要参与高级、大规模 MPLS 或 MPLS VPN 网络的设计、维护与应用的人来说,本书是必读书籍。

## 关于作者

**Jim Guichard**, CCIE No.2069, 是 Cisco 系统公司 ITD (Internet Technologies Division) 的第 2 任技术负责人。先后在 IBM、Cisco 工作的 6 年里, Jim 参与过多项大型 WAN 以及 LAN 网络项目的设计、实施和规划工作。凭借他广博的专业知识、丰富的经验, 以及对复杂 Internet 网络体系结构的理解, Jim 为 Cisco 很多较大的服务提供商客户提供了非常有价值的帮助。Jim 先前的作品有《MPLS 和 VPN 体系结构》(该书已由人民邮电出版社引进出版)。

**Ivan Pepelnjak**, CCIE No.1354, 是 NIL Data Communications([www.NIL.si](http://www.NIL.si))的首席技术顾问以及董事会成员。NIL Data Communications 是一家高技术数据通信公司, 专注于在新领域的服务提供商技术方面提供高价值的服务。

Ivan 在大型公司和服务提供商的 WAN 以及 LAN 网络(其中某些网络已经部署了基于 MPLS 的 VPN)的设计、安装、故障排除以及操作方面, 有 10 多年的经验。他还是许多相当成功的高级 IP 课程的作者或首席开发人员, 这些 IP 课程包括 MPLS/VPN、BGP、OSPF 以及 IP QoS。Ivan 还是 NIL 远程实验室解决方案的设计师。Ivan 先前的作品有《MPLS 和 VPN 体系结构》(该书已由人民邮电出版社出版)、《EIGRP Network Design Solutions》。

**Jeff Apar** 是 Cisco 系统公司亚太地区高级服务小组的高级设计咨询工程师。他是 Cisco 在 MPLS 领域的首席顾问之一, 并且使用基于分组和基于信元的 MPLS 技术为亚太区的多家服务提供商设计了 MPLS 网络。Jeff 还设计并维护过 500 个节点以上的大型 IP 路由器网络, 并且在网络通信的很多方面都拥有渊博的技术知识。

Jeff 有 24 年之久的数据通信行业的从业经验, 持有澳大利亚悉尼科技大学的理学荣誉学士学位(计算机专业)和工科的研究生文凭(信息处理专业)。

## 关于技术审校人

**Matthew H.Birkner**, CCIE No.3719, 是 Cisco 系统公司的技术负责人, 以 IP 和 MPLS 网络设计见长。他对多家大型运营商以及企业在世界范围内的网络设计产生了影响。在过去的几年里, Matt 在美国和 EMEA (欧洲、中东、非洲三地区) 就 MPLS VPN 技术在 Cisco Networkers 发表过演讲。作为一名双料的 CCIE, 他出版过《Cisco Internetwork Designs》。Matt 在 Tufts 大学获得了电子工程专业的学士学位。

**Dan Tappan** 是 Cisco 系统公司的一位杰出的工程师。他在网络互连领域有 20 年的从业经验, 并在 Bolt、Beranek 和 Newman 负责 ARPANET 从 NCP 到 TCP 的传输。在过去几年里, Dan 一直是实施 Cisco MPLS 和 MPLS/VPN 的技术领导。

## 关于内容审稿人

**Monique Morrow** 当前是 Cisco 系统公司的 CTO 咨询工程师。他在 IP 互连网络有 20 年的从业经验, 这包括复杂客户项目的设计、实施, 以及服务提供商的服务开发等。Monique 参与过开发管理网络服务的工作, 如在服务提供商环境中的远程访问和 LAN 交换。她同时为美国和欧洲的企业以及服务提供商工作。在 1999 年, 她领导着工程项目团队为欧洲一家服务提供商部署了欧洲第一个 MPLS-VPN 网络。

## 献辞

致我的妻子 Sadie，为了支持我撰写本书，她忍受了无数孤独的长夜。致我的孩子 Animee 和 Thomas，是他们让我总是保持微笑。

——Jim

致我的妻子 Karmen，她总会在第一时间给我需要的支持和鼓励。致我的孩子 Maja 和 Monika，在太多的时间里，他们都在耐心等待着我的关注。

——Ivan

致我的妻子 Anne，她是一个在各方面都相当杰出的人。致我的孩子 Caitlin、Conor，特别是 Ronan：尽管他不断地试图重启我的 PC，但是我只有一次丢失了文档草稿。

——Jeff

## 致谢

每一个大项目都是团队协作的结果，这本书也不例外。我们要感谢在本书漫长的编写过程中给予帮助的每一个人：我们的开发编辑 Grant Munroe，他帮助我们处理了本书编写过程中遇到的各种复杂情况；Cisco Press 其余的编辑团队；特别要感谢我们的审稿人员 Dan Tappan、Matt Birkner 和 Monique Morrow。他们不但纠正了我们的错误和疏漏，还提出了一些可以提升本书质量的有用建议。

Jeff 想要感谢他的管理团队：Tony Simonsen、Michael Lim 和 Steve Smith，感谢他们为本书所花费的时间和给予的鼓励。还要特别感谢 AsiaPac Lab Group 的伙计：Nick Stathakis、Ron Masson 和 George Lerantges，他们让 Jim 始终保持足够的信息。最后，Jeff 对 Jim 和 Van 邀请他参与本书的创造表示感谢。

最后，如果没有我们的家庭，特别是我们的妻子 Sadie、Karmen 和 Anne 不断的忍耐和支持，这本书永远都不会问世。

# 审校者序

《MPLS and VPN Architectures, Volume II》英文版出版于 2003 年 6 月，其中文版《MPLS 和 VPN 体系结构》（第 2 卷）出版于 2004 年 3 月。我于 2004 年购得该书的中文版时，根本不曾想到 6 年之后会有机会“审校”它。参与本书的“审校”工作，多半是因为本人割舍不了对电信行业的那份感情。自从 2009 年，本人离开电信行业回到了我的家乡——位于长江中下游的一座小城市（当然，家乡的大多数市民可不会这么认为）——开始了新的谋生之路，本以为再也不会用到我在电信行业所掌握的网络技术知识了。承蒙本书编辑傅道坤先生的信任，虽明知自己是短绌汲深，但还是决定对以后可能再也用不到的知识来一次“物尽其用”。

本书的英文版虽然出版于 7 年前，但所讲解的知识却绝未过时。书中的诸多技术要么正流行并应用于服务提供商的网络之中，要么正有待于在服务提供商网络中部署。我在本书 2004 年 3 月版的基础上先后做了两次大规模修改，N 次小规模修改，几乎是重新翻译了一遍。不过，因为以下两个原因，我觉得本书的“翻新之作”仍然有一定的品质提升空间。

1. 时间太紧。审校本书期间，我为人民邮电出版社翻译的《局域网交换机安全》一书也在最后的修订、润色之中；出于生计的考虑，我同时还要为 6 月上旬举行的金融从业人员资格考试积极备考。如果再给我更多的时间，我可以让本书的质量更上一层楼。

2. 中文修养不够。由于本书由三位作者合著而成，而这三位作者都是技术出身，行文著述并非他们的所长。因此，译者以及审校者除了要有深厚的专业背景外，还需要具备优秀的中文表达能力，能够将书中原意深入浅出，转化为符合中国人阅读习惯的文字。作为审校人员，我未能很好地做到这一点。个人认为，与文艺类书籍一样，技术类书籍翻译质量的好坏，也大半取决于译者的中文修养。如果再给我一次机会，我一定会好好学习如何使用纯粹的中文来实现英文到中文的流畅转述。

如果读者认可本书的“翻新之作”，则原译者居功至伟，反之，责任由我一人承担。如果读者对本书译文有所质疑，可以发邮件给我，我会尽力答复。我同样会维护本书的勘误表，并在本书重印之时，将其一一修正。

孙余强

[sunlengxie@gmail.com](mailto:sunlengxie@gmail.com)

2010 年 7 月于安徽合肥



# 前言

自从几年前，由 Cisco Press 出版了我们的第一本 MPLS 书籍《MPLS 和 VPN 体系结构》（第 1 卷）以来，MPLS 已经从一个热门的前沿技术（支持 Internet 服务和基于专线的 VPN 解决方案）发展成为一套在世界范围内的大规模服务提供商网络成功部署的解决方案。为了支持这些网络的需求，已经有很多额外的解决方案被开发出来，并且很多附加的 IOS 服务都是 VPN 感知类型，以便让服务提供商能够部署在新的体系结构框架中提供的服务。因此，在本书中，继续沿着我们在第一本书中的思路，描述对 MPLS 体系结构的增强或者其在 Cisco IOS 中的实现，也就自然而然了。

## 本书的读者对象

本书不是多协议标签交换（MPLS）或者虚拟专用网（VPN）的入门介绍，《MPLS 和 VPN 体系结构》（第 1 卷）已经为您提供了这方面的知识。本书的目的是想帮助您增加高级 MPLS VPN 部署场景的知识，并且使您能够在各种复杂的设计中部署 MPLS 和 MPLS VPN 解决方案。任何一位参与高级/大规模 MPLS 或者 MPLS VPN 网络的设计、部署或者故障排除的人都应该阅读此书。

## 本书的内容组织

尽管读者可以从头至尾阅读本书，但本书灵活的设计可以允许读者在章节之间自由地翻阅，来获取自己更需要的知识。如果您打算阅读所有的内容，本书的顺序就是一个非常好的安排。

### 第 1 部分：引言

第 1 章：“MPLS VPN 体系结构概述”，是对 MPLS 和 VPN 体系结构中包含的信息的一个复习。这一章并没有详细地描述 MPLS 或者 MPLS VPN 技术；如果您需要基本的 MPLS 或者 MPLS VPN 知识，请首先阅读《MPLS 和 VPN 体系结构》（第 1 卷）。

### 第 2 部分：高级 PE-CE 连通性

第 2 章：“MPLS VPN 的远程访问”，讨论了诸如拨号、DSL 和 Cable 等访问技术在 MPLS VPN 骨干网的集成。这一章讲述了如何将各种访问技术集成到骨干网中，从而为很多类型的用户提供 VPN 服务的方法。

第 3 章：“PE-CE 路由协议的增强和高级特性”，以《MPLS 和 VPN 体系结构》（第 1 卷）为基础，介绍了更多用于 OSPF 连通性的高级选项/特性，以及对 IS-IS 和 EIGRP 路由协议的支持。

第 4 章：“虚拟路由器的连通性”，讨论了使用 VRF 结构来建立虚拟路由器类型的连通性，将 VRF 概念扩展到 CE 路由器。这一章还讨论了新的 VRF 相关功能，包括基于 PE 的网络地址转换（PE-NAT）和 VRF-lite。

### 第 3 部分：高级部署场景

第 5 章：“对 MPLS VPN 骨干网的保护”，考虑了骨干网内的各种安全问题，并且描述了服务提供商为保护骨干网和任何相连的 VPN 站点所必须采取的步骤。

第 6 章：“大规模路由选择和多服务提供商的连通性”，描述了自从《MPLS 和 VPN 体系结构》（第 1 卷）撰写以来，Cisco IOS 改进的高级特性、设计和拓扑结构。

第 7 章：“多播 VPN”，讨论了 IP 多播在 VPN 客户端站点之间的部署。

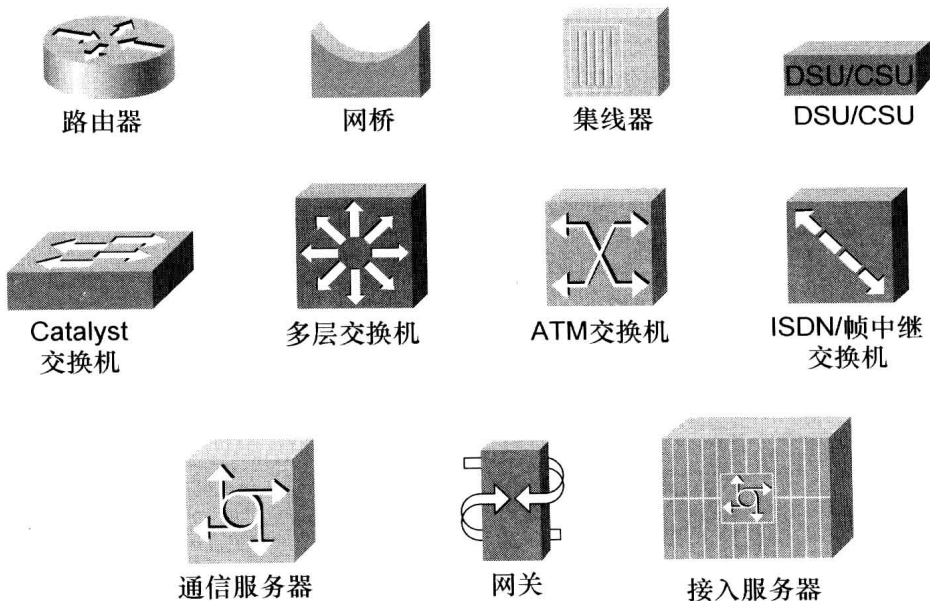
第 8 章：“跨 MPLS 骨干网的 IPv6 传输”，讨论了一个 6PE 模型，这个模型给服务提供商提供了一个在启用了 MPLS 的 IPv4 骨干网上支持 IPv6 连通性的选项。

### 第 4 部分：故障排除

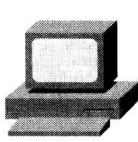
第 9 章：“基于 MPLS 解决方案的故障排除”，为识别 MPLS 解决方案中的错误以及对 MPLS VPN 骨干网进行故障排除提供了一个高效的方法。

## 书中所用图标

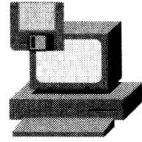
在本书中，将会看到如下网络设备的图标。



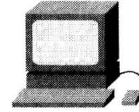
下面的图标用作外围设备和其他设备。



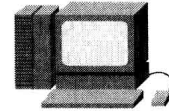
PC



装了软件的 PC



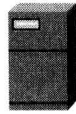
Sun 工作站



Macintosh



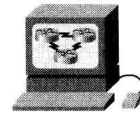
终端



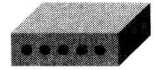
文件服务器



Web 服务器



Cisco Works  
工作站



调制解调器



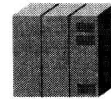
打印机



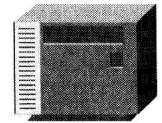
膝上型电脑



IBM 大型机

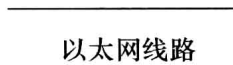


前端处理器



集群控制器

下面的图标用作网络和网络连接。



以太网线路



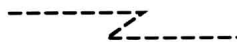
令牌环



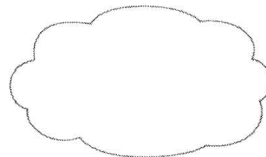
串行线路



FDDI



交换式串行线路



网络云

## 命令语法惯例

本书命令语法遵循的惯例与 IOS 命令手册使用的惯例相同。命令手册对这些惯例的描述如下。

竖线 (|) 用于分隔可选的、互斥的选项。

方括号 ([]) 表示任选项。

花括号 ({} ) 表示必选项。

方括号中的花括号 ([{}]) 表示必须在任选项中选择一个。

粗体字表示照原样输入的命令和关键字，在实际的设置和输出（非常规命令语法）中，粗体字表示命令由用户手动输入（如 **show** 命令）。

斜体字表示用户应提供的具体值参数。

# 目 录

## 第1部分 引 言

第1章 MPLS VPN 体系结构概述.....3	1.4.2 MPLS VPN 技术..... 11
1.1 MPLS VPN 的术语.....4	1.5 MPLS VPN 的新发展..... 13
1.2 面向连接的 VPN.....5	1.5.1 接入技术与MPLS VPN 的集成..... 13
1.3 无连接的 VPN.....6	1.5.2 新的路由协议选项..... 14
1.4 基于MPLS的VPN.....7	1.5.3 新的第3层协议在MPLS上的 传输..... 14
1.4.1 MPLS 技术.....8	1.6 小结..... 14

## 第2部分 高级PE-CE连通性

第2章 MPLS VPN 的远程访问.....19	2.5 提供无LSDO的拨出访问(直接 ISDN)..... 66
2.1 MPLS VPN 远程访问的增强特性.....21	2.6 为MPLS VPN 提供拨号备份..... 67
2.2 访问协议和规程概述.....22	2.7 提供MPLS VPN 的DSL 访问..... 70
2.2.1 PPP.....23	2.7.1 使用RFC 1483 路由封装的DSL 访问..... 71
2.2.2 L2TP.....25	2.7.2 使用RFC 1483 桥接封装的DSL 访问..... 72
2.2.3 VPDN.....26	2.7.3 使用ATM 上的PPP 的DSL 访问..... 74
2.2.4 RADIUS.....28	2.7.4 使用以太网上的PPP 的DSL 访问..... 77
2.2.5 DHCP.....31	2.7.5 使用PPPoX 和VPDN (L2TP) 的DSL 访问..... 81
2.3 对MPLS VPN 提供拨入访问.....34	2.8 提供MPLS VPN 的Cable 访问.....84
2.3.1 通过L2TP VPDN 拨入访问.....35	2.8.1 配置SuperCom 前端PE 路由器.....87
2.3.2 通过直接ISDN 拨入访问.....51	2.8.2 验证Cable 操作.....89
2.4 通过LSDO 提供拨出访问.....55	2.9 MPLS VPN 远程访问的高级特性.....90
2.4.1 配置SuperCom San Jose VHG/PE 路由器.....57	2.9.1 ODAP..... 90
2.4.2 配置SuperCom San Jose LAC/NAS.....58	2.9.2 每VRF AAA..... 96
2.4.3 SuperCom RADIUS 属性.....59	2.9.3 DHCP 中继: VPN 支持..... 100
2.4.4 核实VRF 感知的LSDO 操作.....60	2.10 小结..... 105
2.4.5 从AAA 服务器下载VRF 静态 路由.....62	

第 3 章 PE-CE 路由协议的增强和高级特性 .....	107	3.3.4 EIGRP 路由的 BGP 扩展团体属性 .....	143
3.1 PE-CE 的连通性: OSPF .....	108	3.3.5 EIGRP-VRF 的路由类型 .....	144
3.1.1 OSPF PE-CE 连通性需求 .....	109	3.4 小结 .....	145
3.1.2 PE 和 CE 路由器间基本的 OSPF 操作 .....	111	第 4 章 虚拟路由器的连通性 .....	147
3.1.3 更改 OSPF router-id .....	113	4.1 在 CE 路由器上配置虚拟路由器 .....	148
3.1.4 监视运行在 VRF 内的 OSPF .....	114	4.1.1 在虚拟路由器场景中运行 OSPF .....	155
3.1.5 用于 OSPF 路由的 BGP 扩展团体属性 .....	115	4.1.2 在虚拟路由器场景中运行 BGP .....	159
3.1.6 在 PE 路由器上控制 LSA 类型的生成 .....	116	4.1.3 虚拟路由器的复杂设置 .....	163
3.1.7 阻止 OSPF 站点之间的路由环路 .....	117	4.2 将虚拟路由器连接至 MPLS VPN 骨干网 .....	166
3.1.8 VPN 客户后门链路 .....	119	4.2.1 GRE 回顾 .....	167
3.2 PE-CE 连通性: 集成的 IS-IS .....	124	4.2.2 MPLS VPN 体系结构中的 GRE 隧道 .....	167
3.2.1 IS-IS PE-CE 连通性需求 .....	125	4.2.3 使用 GRE 隧道将 Multi-VRF CE 路由器连接至 MPLS VPN 骨干网 .....	168
3.2.2 IS-IS VPN 路由信息的分离 .....	126	4.2.4 在 EuroBank European 站点中部署支持 Multi-VRF 的 GRE 隧道 .....	171
3.2.3 多协议 BGP 内的 IS-IS 路由传播 .....	127	4.3 基于源 IP 地址的 VRF 选择 .....	178
3.2.4 Level 1-2 PE 路由器到 CE 路由器的连通性 .....	128	4.3.1 在 EuroBank 网络中的 VRF 选择 .....	179
3.2.5 Level 2 PE 路由器到 CE 路由器的连通性 .....	133	4.3.2 为 VPN 流量设计返回路径 .....	180
3.2.6 Level 1 only (仅运行 Level 1) PE 路由器到 CE 路由器的连通性 .....	136	4.4 在虚拟路由器环境中执行 NAT .....	181
3.2.7 阻止 IS-IS 站点之间的路由环路 .....	138	4.4.1 NAT 回顾 .....	184
3.3 PE-CE 连通性: EIGRP .....	139	4.4.2 在 PE 路由器上配置 NAT .....	186
3.3.1 EIGRP PE-CE 连通性需求 .....	139	4.4.3 使用 PE-NAT 访问公共服务 .....	187
3.3.2 EIGRP VPN 路由信息的分离 .....	140	4.4.4 针对共享式防火墙使用 PE-NAT .....	194
3.3.3 在多协议 BGP 中传播 EIGRP 路由 .....	142	4.5 小结 .....	198

## 第 3 部分 高级部署场景

第 5 章 对 MPLS VPN 骨干网的保护 .....	203	5.1.1 地址空间的隔离 .....	204
5.1 固有的安全能力 .....	204	5.1.2 核心网络的不可见性 .....	206
		5.1.3 防止标签欺骗 .....	208

5.2 邻居认证	210
5.2.1 PE 到 CE 的认证	211
5.2.2 PE 到 PE 的认证	214
5.2.3 P 网络认证	215
5.3 CE 到 CE 的认证	216
5.4 控制注入 VRF 中的路由	219
5.4.1 将 RIPv2 用作 PE/CE 路由协议	220
5.4.2 利用多协议 BGP 交换 VPNv4 路由	223
5.4.3 将 eBGP 用作 PE/CE 路由协议	224
5.4.4 将 OSPF 用作 PE/CE 路由协议	227
5.5 PE 到 CE 链路	229
5.6 外连网访问	233
5.7 Internet 访问	236
5.7.1 使用默认路由的共享式 Internet 访问	237
5.7.2 防火墙托管 (Co-Location)	238
5.7.3 使用全局路由表的 Hub and Spoke (中心和分支) 的 Internet 访问	238
5.7.4 CE 路由器上的防火墙	240
5.8 MPLS 上的 IPsec	240
5.9 小结	241
<b>第 6 章 大规模路由选择和多服务提供商的连通性</b>	<b>243</b>
6.1 大规模的路由选择: 运营商的运营商解决方案概述	244
6.2 运营商 (carrier) 骨干网的连通性	247
6.2.1 VPN 站点间的内部路由交换	248
6.2.2 CSC PE 路由器和 CE 路由器之间的路由信息交换	249
6.2.3 VPN 站点间的外部路由交换	252
6.3 PE/CE 链路上的标签分发协议	255
6.3.1 LDP 发现: 传送地址的使用	258
6.3.2 CSC PE 路由器和 CE 路由器之间的标签分发	259
6.3.3 在 CSC CE 路由器上使用静态默认路由	262
6.4 PE/CE 路由器之间的 BGP-4	263
6.5 分层的 VPN: 运营商的运营商 MPLS VPN	268
6.6 不同服务提供商之间的 VPN 连通性	271
6.6.1 提供商间的连通性要求	271
6.6.2 背靠背 VRF 解决方案	272
6.6.3 跨 ASBR-ASBR 链路的路由发布	274
6.6.4 外部多协议 BGP	279
6.6.5 外部 MP-BGP VPNv4 路由交换	281
6.6.6 用于 VPNv4 前缀交换的多跳多协议 eBGP	288
6.6.7 路由反射器间的多跳多协议 eBGP	293
6.6.8 在路由反射器上更改 BGP 下一跳	297
6.6.9 用于 BGP 下一跳交换的 IPv4+ 标签能力	298
6.7 小结	302
<b>第 7 章 多播 VPN</b>	<b>305</b>
7.1 IP 多播简介	305
7.1.1 源树	306
7.1.2 共享树	307
7.1.3 多播转发	309
7.1.4 RPF	310
7.1.5 PIM	312
7.2 服务提供商环境中的企业多播	314
7.2.1 mVPN 的体系结构	316
7.2.2 多播域概述	317
7.2.3 多播 VRF	319
7.2.4 PIM 的邻接关系	321
7.3 MDT	322
7.3.1 默认 MDT	322
7.3.2 数据 MDT	325
7.3.3 MTI	329
7.3.4 RPF 检查	330
7.3.5 多协议 BGP MDT 更新和 SSM	331
7.3.6 mVPN 的状态标志	333
7.3.7 mVPN 的转发	334
7.4 SuperCom 中 mVPN 操作的实例研究	335

7.4.1	SuperCom 网络中的 PIM SM	338
7.4.2	在 VRF 中启用多播	339
7.4.3	多播隧道接口	340
7.4.4	多播分发树	342
7.4.5	mVRF PIM 邻接关系	344
7.4.6	mVRF 路由选择条目	345
7.4.7	数据 MDT 操作	347
7.4.8	SuperCom 核心中的 SSM	352
7.5	小结	354
<b>第 8 章 跨 MPLS 骨干网的 IPv6 传输</b> 357		
8.1	IPv6 的商业驱动	357
8.2	在现有网络中 IPv6 的部署	358
8.3	IPv6 简介	361
8.3.1	IPv6 寻址	361
8.3.2	IPv6 邻居发现	363
8.3.3	IPv6 路由选择	364
8.3.4	在 Cisco IOS 中配置 IPv6	364
8.4	6PE 操作和配置的深入研究	366
8.4.1	PE 路由器和 CE 路由器之间的 IPv6 路由交换	367
8.4.2	MP-BGP 会话建立和路由重发布	370
8.4.3	被标记的 IPv6 MP-BGP 前缀	372
8.4.4	跨 MPLS 骨干网的 IPv6 数据报转发	376
8.5	复杂的 6PE 部署场景	379
8.5.1	BGP 路由反射器	379
8.5.2	在使用 BGP 联盟的网络中部署 6PE	382
8.5.3	自治系统间 (inter-AS) 的 6PE 部署	382
8.6	小结	384

## 第 4 部分 故障排除

<b>第 9 章 基于 MPLS 解决方案的故障排除</b> 389		
9.1	基于 MPLS 解决方案的故障排除简介	389
9.1.1	客户的控制平面操作	390
9.1.2	提供商的控制平面操作	390
9.1.3	数据平面的操作	390
9.2	MPLS 骨干网的故障排除	391
9.3	其他的快速检查	393
9.4	MPLS 控制平面的故障排除	395
9.4.1	验证本地 TDP/LDP 参数	396
9.4.2	验证 TDP/LDP Hello 协议的正确操作	397
9.4.3	检查 TDP/LDP 会话	398
9.4.4	检查标签的交换	399
9.5	MPLS 数据平面的故障排除	400
9.5.1	监视接口级别 (interface-level) 的 CEF	400
9.5.2	超大数据包的问题	401
9.6	MPLS VPN 故障排除	402
9.6.1	MPLS VPN 快速检查	403
9.6.2	在 CE 路由器之间进行 ping	403
9.6.3	检查 CEF 交换	405
9.7	深层次的 MPLS VPN 故障排除	406
9.7.1	出站 CE-PE 的路由交换	407
9.7.2	路由导出	409
9.7.3	MPLS VPN 路由的传播	411
9.7.4	路由导入	412
9.7.5	MPLS VPN 路由的重发布和入站 PE-CE 路由交换	414
9.8	小结	415





# 第1部分

## 引言

### 第1章 MPLS VPN 体系结构概述