



MPLS和VPN 体系结构 (第2卷 · 修订版)

MPLS and VPN Architectures Volume II

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

Ivan Pepelnjak, CCIE #1354
〔美〕 Jim Guichard, CCIE #2069 著
Jeff Apcar
孙余强 译

MPLS和VPN

体系结构 (第2卷·修订版)

MPLS and VPN
Architectures
Volume II

Ivan Pepelnjak, CCIE #1354
〔美〕 **Jim Guichard, CCIE #2069** 著
Jeff Apcar
孙余强 译

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

MPLS和VPN体系结构 : 修订版. 第2卷 / (美) 佩佩恩雅克 (Pepelnjak, I.), (美) 吉查德 (Guichard, J.), (美) 爱普卡 (Apcar, J.) 著; 孙余强译. -- 2版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-115-29053-3

I. ①M… II. ①佩… ②吉… ③爱… ④孙… 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(2012)第167800号

版 权 声 明

MPLS and VPN Architectures, Volume II (ISBN: 1587051125)

Copyright © 2003 Pearson Education, 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 · 修订版)

◆ 著 [美] Ivan Pepelnjak, CCIE#1354
Jim Guichard, CCIE#2069
Jeff Apcar

译 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 30.5

字数: 665 千字
印数: 4 501 - 7 500 册

2012 年 10 月第 2 版

2012 年 10 月河北第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-4876 号

ISBN 978-7-115-29053-3

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号



内容提要

本书在《MPLS 和 VPN 体系结构》(第 1 卷)的基础上讨论 MPLS VPN 技术的最新发展及高级应用。全书分为 4 个部分,共 9 章。第 1 部分是引言,简要回顾了 MPLS VPN 体系结构;第 2 部分讲述 PE-CE 高级互连技术,包括 MPLS VPN 远程访问、PE-CE 路由协议的增强和高级特性、虚拟路由器组网技术;第 3 部分讨论了 MPLS VPN 技术的高级应用,包括 MPLS VPN 骨干网安全防护、大规模路由选择技术和多家服务提供商之间的连网技术、多播 VPN 技术、跨 MPLS 骨干网传输 IPv6 流量技术;第 4 部分探讨了 MPLS 和 MPLS VPN 网络中的故障排除技术。

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 #2069, 是 Cisco 公司 Internet 技术部门 (Internet Technologies Division) 的第 2 任技术负责人。在 IBM 和 Cisco 效力的 6 年里, Jim 参与过多项大型 WAN/LAN 项目的设计、实施和规划工作。凭借着广博的专业知识、丰富的项目经验, 以及对复杂的 Internet 网络体系结构的理解, Jim 为 Cisco 的许多大型服务提供商客户提供过有价值的援助。此前, Jim 曾著有《MPLS 和 VPN 体系结构》(第 1 卷)。

Ivan Pepelnjak, CCIE #1354, 是 NIL 数据通信公司 (www.NIL.si) 的首席技术顾问和董事会成员。NIL 数据通信是一家高科技数据通信公司, 专注于为新型服务提供商提供增值技术服务。

Ivan 在大企业和服务提供商广域网/局域网 (其中的某些网络已部署了 MPLS VPN) 的设计、安装、故障排除及运维方面, 拥有 10 多年的经验。他还是许多大获成功的高级 IP 技术教程的编写者或主要开发者, 这些 IP 技术教程涵盖 MPLS/VPN、BGP、OSPF 以及 IP QoS 技术等。Ivan 同时也是 NIL 远程实验室网络的设计者。此前, Ivan 曾著有《MPLS 和 VPN 体系结构》(第 1 卷) 及《EIGRP Network Design Solutions》两书。

Jeff Apcar 是 Cisco 公司亚太地区高级服务团队的高级设计咨询工程师。他是 Cisco 公司 MPLS 技术专家组成员之一, 曾为亚太地区的多家服务提供商设计过基于数据包和信元的 MPLS 网络。Jeff 还设计并维护过 500+节点的大型 IP 路由网络, 他对各种网络通信技术都有深入的研究。

Jeff 在数据通信行业浸淫了 24 年, 持有澳大利亚悉尼科技大学理学荣誉学士学位 (计算机专业) 和工科研究生文凭 (信息处理专业)。

关于技术审稿人

Matthew H. Birkner, CCIE #3719, 是 Cisco 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及大企业在世界范围内的连网设计产生过举足轻重的影响。过去几年, Matt 在美国和 EMEA (欧洲、中东、非洲地区) 举办的 Cisco Networkers 上都发表过 MPLS VPN 技术方面的演讲。身为双料 CCIE, 他著有《Cisco Internetwork Designs》一书。Matt 获得过 Tufts 大学电子工程专业的学士学位。

Dan Tappan 是 Cisco 公司的杰出网络工程师 (distinguished engineer)。在业界, 他有着 20 多年的从业经验, 曾在 Bolt、Beranek 和 Newman 公司参与过 ARPANET 从 NCP 到 TCP 的割接工作。过去几年, Dan 一直是 Cisco 公司实施 MPLS (标记交换) 及 MPLS/VPN 网络的技术领导。

关于内容审稿人

Monique Morrow 目前是 Cisco 公司的 CTO 顾问工程师。在业界, 她有 20 年的从业经验, 经验包括: 设计并实施复杂的客户网络项目, 以及服务提供商的业务开发等。Monique 曾参与过网络管理服务的开发工作, 涉及服务提供商网络环境中的远程访问和 LAN 交换网络的管理服务。她曾效力于美国和欧洲的多家大企业以及服务提供商。1999 年, 由她领导的工程项目团队在某服务提供商搭建出了欧洲第一个 MPLS-VPN 网络。

献 辞

致我的爱妻 Sadie，为支持我著书立说，有多少孤单长夜与你相伴。致我的孩子 Animee 和 Thomas，你们总让我保持微笑。

——Jim

致我的爱妻 Karmen，你总会在第一时间给我支持和鼓励。致我的孩子 Maja 和 Monika，你们总是耐心地等待爸爸的关注。

——Ivan

致我的爱妻 Anne，你在每个方面都那么优秀。致我的孩子 Caitlin、Conor 和 Ronan，尤其是 Ronan，尽管你不停地尝试重启我的 PC，但我只弄丢过一次书稿。

——Jeff

致 谢

每个大项目都需要团队协作，本书也不例外。我们要感谢在本书漫长编写过程中给予过帮助的每一个人，他们是：责任编辑 Grant Munroe，他帮忙处理了书中表达不清的地方；Cisco Press 编辑团队的其他成员；特别要感谢本书的技术审稿人 Dan Tappan、Matt Birkner 和 Monique Morrow，他们不但纠正了书中的错误和疏漏，还提出了不少提升本书品质的有用建议。

Jeff 要感谢他的领导：Tony Simonsen、Michael Lim 和 Steve Smith，感谢他们对写作本书所给予的时间及鼓励。Jeff 要特别感谢 AsiaPac Lab Group 的同事：Nick Stathakis、Ron Masson 和 George Lerantges，是他们让 Jim 始终独占实验室的网络设备。Jeff 最后还要感谢 Jim 和 Ivan，感谢二位邀请他合著本书。

要是没有我们的家属，特别是我们各自的妻子 Sadie、Karmen 和 Anne，默默地支持与关爱，本书永无付梓之日。

前言

自 Cisco Press 出版了我们的第一本 MPLS 技术书籍《MPLS 和 VPN 体系结构》(第 1 卷)以来, MPLS 已从一项热门的前沿技术(支持 Internet 业务和基于专线的 VPN 解决方案),发展成为成功部署在世界各大服务提供商网络内的一整套网络解决方案。要想满足各大服务提供商对网络提出的需求,就得不断发展和完善各种各样的网络解决方案, Cisco 也将自己的许多 IOS 特性都改良为支持 VPN-aware (VPN 感知)功能,以便服务提供商在新的体系结构框架内开展新的业务。因此,本书自然也会延续卷 1 的思路,来描述 MPLS 技术的增强特性,及其在 Cisco IOS 中的实现。

本书的读者对象

本书并非多协议标签交换 (MPLS) 或虚拟专用网 (VPN) 技术的入门书籍,《MPLS 和 VPN 体系结构》(第 1 卷)会提供上述技术的入门知识。本书的目的是要帮助读者掌握 MPLS VPN 高级特性,能使读者根据各种复杂的网络设计,实现 MPLS 和 MPLS VPN 解决方案。参与大型 MPLS 或 MPLS VPN 网络设计、部署以及故障排除的任何人都应该阅读本书。

本书的内容组织

本书设计灵活,读者既可按页码顺序阅读,也可在章、节之间自由翻阅,以获取自己所需要的知识。若读者打算通篇阅读,按页码顺序阅读即可。

第 1 部分:引言

第 1 章:“MPLS VPN 体系结构概述”,是对 MPLS 和 VPN 体系结构所涉知识点的回顾。本章并未详述 MPLS 或 MPLS VPN 技术;若读者需要了解 MPLS 或 MPLS VPN 技术的基础知识,请先阅读《MPLS 和 VPN 体系结构》(第 1 卷)。

第 2 部分:PE-CE 高级互连技术

第 2 章:“MPLS VPN 远程访问”,讨论了诸如拨号、DSL 和 Cable 等接入技术与 MPLS VPN 骨干网的“紧密协作”。本章讲述了服务提供商如何使用各种接入技术,将各类客户接入 MPLS 骨干网,为其提供 MPLS VPN 业务。

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 OSPF 协议在 MPLS VPN 网络环境中的高级功能,以及 IS-IS 和 EIGRP 路由协议对 MPLS VPN 网络环境的支持。

第 4 章:“虚拟路由器组网技术”,讨论了如何使用 VRF 来组建通过虚拟路由器互连的网络,如此一来,就将 VRF 这一概念从 PE 路由器延伸到了 CE 路由器。本章还

介绍了 Cisco 开发的与 VRF 有关的新特性, 包括 VRF-lite 和 PE-NAT (在 PE 路由器上执行的网络地址转换) 特性。

第 3 部分: 高级部署场景

第 5 章: “MPLS VPN 骨干网安全防护”, 探讨了 MPLS VPN 骨干网的各种安全性问题, 描述了服务提供商为保障骨干网及与其相连的 VPN 站点网络安全所采取的必要措施。

第 6 章: “大规模路由选择技术和多家服务提供商之间的连网方式”, 描述了自从《MPLS 和 VPN 体系结构》(第 1 卷) 出版以来, 因 Cisco 对 IOS 相关特性的改进, 而催生出的与 MPLS (MPLS VPN) 有关的高级特性、设计和拓扑结构。

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

第 8 章: “跨 MPLS 骨干网传输 IPv6 流量”, 讨论了 6PE 模型, 服务提供商可借此模型, 在启用了 MPLS 功能的 IPv4 骨干网内传输 IPv6 流量。

第 4 部分: 故障排除

第 9 章: “排除 MPLS 网络故障”, 介绍如何定位并排除 MPLS 网络环境中的故障。

书中所用图标

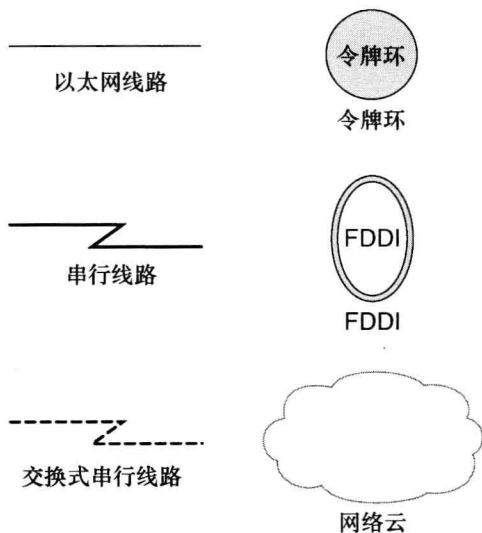
书中将会出现如下网络设备图标。



以下图标表示外围设备和其他设备。



以下图标表示网络和网络连接。



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。

- **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。

IV 前 言

- 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。

目 录

第 1 部分 引 言

第 1 章 MPLS VPN 体系结构概述	3	1.5 MPLS VPN 的新发展	13
1.1 MPLS VPN 术语	4	1.5.1 与 MPLS VPN 紧密集成的各种接入技术	14
1.2 面向连接型 VPN	5	1.5.2 新路由协议选项	14
1.3 无连接型 VPN	6	1.5.3 在 MPLS 上传输的第 3 层新协议	14
1.4 基于 MPLS 的 VPN	7	1.6 小结	14
1.4.1 MPLS 术语	8		
1.4.2 MPLS VPN 术语	11		

第 2 部分 PE-CE 高级互连技术

第 2 章 MPLS VPN 远程访问	19	2.4.4 验证 VRF 感知的 LSDO 操作	66
2.1 MPLS VPN 远程访问增强特性	22	2.4.5 从 AAA 服务器下载 VRF 静态路由	69
2.2 接入协议和规程概述	23	2.5 提供非 LSDO 拨出访问（通过 ISDN 直接拨号）	74
2.2.1 PPP	23	2.6 为接入 MPLS VPN 网络的主用链路，提供拨号备份链路	76
2.2.2 L2TP	26	2.7 通过 DSL 接入 MPLS VPN 网络	79
2.2.3 VPDN	27	2.7.1 用 RFC 1483 routed（路由式）封装的 DSL 接入	80
2.2.4 RADIUS	30	2.7.2 用 RFC 1483 Bridged（桥接式）封装的 DSL 接入	81
2.2.5 DHCP	33	2.7.3 用 PPPoA（ATM 上的 PPP）封装的 DSL 接入	83
2.3 拨入 MPLS VPN 网络	36	2.7.4 通过 PPPoE（以太网上的 PPP）封装的 DSL 接入	88
2.3.1 用 L2TP VPDN 拨入 MPLS VPN 网络	37	2.7.5 使用 PPPoX 和 VPDN（L2TP）的 DSL 访问	91
2.3.2 ISDN 直接拨号访问	56		
2.4 通过 LSDO 提供拨出访问	61		
2.4.1 配置 SuperCom San Jose VHG/PE 路由器	63		
2.4.2 配置 SuperCom San Jose LAC/NAS	65		
2.4.3 SuperCom RADIUS 属性	66		

II 目 录

2.8 通过 Cable (有线电视网) 接入 MPLS VPN 网络.....96	3.2.6 在 PE-CE 路由器间运行 level 1 模式.....156
2.8.1 配置 SuperCom 前置 PE 路由器.....99	3.2.7 预防 IS-IS 站点间的路由环路.....158
2.8.2 验证 Cable 接入的运行效果.....101	3.3 PE-CE 路由协议: EIGRP.....159
2.9 MPLS VPN 远程访问高级特性.....102	3.3.1 在 PE-CE 间运行 EIGRP 的 需求.....159
2.9.1 ODAP 特性.....102	3.3.2 隔离 EIGRP VPN 路由信息.....160
2.9.2 per-VRF AAA.....109	3.3.3 用多协议 BGP 传播 EIGRP 路由.....163
2.9.3 支持 VPN 的 DHCP 中继特性 (DHCP Relay: VPN Support) ...115	3.3.4 EIGRP 路由 BGP 扩展团体 属性.....163
2.10 小结.....121	3.3.5 EIGRP-VRF 路由类型.....165
第 3 章 PE-CE 路由协议的增强和高级 特性.....123	3.4 小结.....166
3.1 PE-CE 路由协议: OSPF.....124	第 4 章 虚拟路由器组网技术.....169
3.1.1 PE-CE 间运行 OSPF 的需求.....125	4.1 CE 路由器上虚拟路由器的配置.....170
3.1.2 PE 和 CE 路由器间 OSPF 的基本 运作方式.....127	4.1.1 在虚拟路由器场景中运行 OSPF.....178
3.1.3 更改 OSPF router-id.....129	4.1.2 在虚拟路由器场景中运行 BGP.....183
3.1.4 在 VRF 内监控 OSPF 的运行 情况.....130	4.1.3 复杂的虚拟路由器设置.....187
3.1.5 用来传递 OSPF 路由的 BGP 扩展 团体属性.....132	4.2 将虚拟路由器连接至 MPLS VPN 骨干网.....191
3.1.6 掌控由 PE 路由器生成的 LSA 的 类型.....133	4.2.1 重温 GRE.....191
3.1.7 OSPF 站点间的环路预防.....135	4.2.2 MPLS VPN 网络中的 GRE 隧道.....192
3.1.8 VPN 客户站点间后门链路.....137	4.2.3 通过 GRE 隧道将 multi-VRF CE 路由器接入 MPLS VPN 骨 干网.....193
3.2 PE-CE 路由协议: 集成的 IS-IS.....142	4.2.4 在 EuroBank European 站点内部署 GRE 隧道, 实现 multi-VRF 功能.....196
3.2.1 PE-CE 间运行 IS-IS 的需求.....143	4.3 根据源 IP 地址选择 VRF.....205
3.2.2 隔离 IS-IS VPN 路由信息.....144	4.3.1 VRF 选择特性在 EuroBank 网络中的应用.....206
3.2.3 通过多协议 BGP 传播 IS-IS 路由.....146	
3.2.4 在 PE-CE 路由器间运行 level 1-2 模式.....147	
3.2.5 在 PE-CE 路由器间运行 level 2 模式.....153	

4.3.2 规划 VPN 流量的回程路径	207	4.4.3 用 PE-NAT 实现公共服务的访问	214
4.4 虚拟路由器网络环境中 NAT 的应用	208	4.4.4 在共享防火墙的网络环境中启用 PE-NAT 功能	223
4.4.1 重温 NAT	212	4.5 小结	228
4.4.2 PE 路由器的 NAT 配置	214		

第 3 部分 高级部署场景

第 5 章 MPLS VPN 骨干网安全防护	233	5.7.4 部署具备防火墙功能的 CE 路由器	273
5.1 MPLS 与生俱来的安全能力	234	5.8 MPLS 上的 IPSec	274
5.1.1 地址空间隔离	234	5.9 小结	274
5.1.2 屏蔽核心网络	236		
5.1.3 防标签欺骗	238	第 6 章 大型网络路由选择技术和多家服务提供商之间的连网方式	277
5.2 邻居认证	241	6.1 大型网络路由选择：运营商的运营商解决方案概述	278
5.2.1 PE 和 CE 间认证	242	6.2 运营商（Carrier）骨干网连通性	281
5.2.2 PE 间认证	245	6.2.1 在 VPN 站点间交换内部路由	283
5.2.3 P 网络认证	246	6.2.2 CSC PE 和 CE 路由器间路由信息的交换方式	284
5.3 CE 间认证	248	6.2.3 VPN 站点间外部路由的交换方式	287
5.4 严控注入 VRF 的路由	251	6.3 在 PE/CE 链路上运行标签分发协议	290
5.4.1 使用 RIPv2 作为 PE/CE 路由协议	252	6.3.1 LDP 发现：传输地址的用法	294
5.4.2 用多协议 BGP 交换 VPNv4 路由	255	6.3.2 CSC PE 和 CE 路由器之间的标签分发	295
5.4.3 用 eBGP 作为 PE/CE 路由协议	256	6.3.3 CSC CE 路由器上静态默认路由的配置	298
5.4.4 用 OSPF 作为 PE/CE 路由协议	259	6.4 在 PE/CE 路由器之间运行 BGP-4	300
5.5 PE 与 CE 互连电路	261	6.5 分层 VPN：运营商的运营商 MPLS VPN	306
5.6 外联网访问	266	6.6 接入多家服务提供商的 VPN 间的连通性	309
5.7 Internet 访问	269		
5.7.1 遵循默认路由的共享式 Internet 访问模式	270		
5.7.2 防火墙托管（Co-Location）	271		
5.7.3 遵循全局路由表的 hub-and-spoke（中心和分支）型 Internet 访问模式	272		

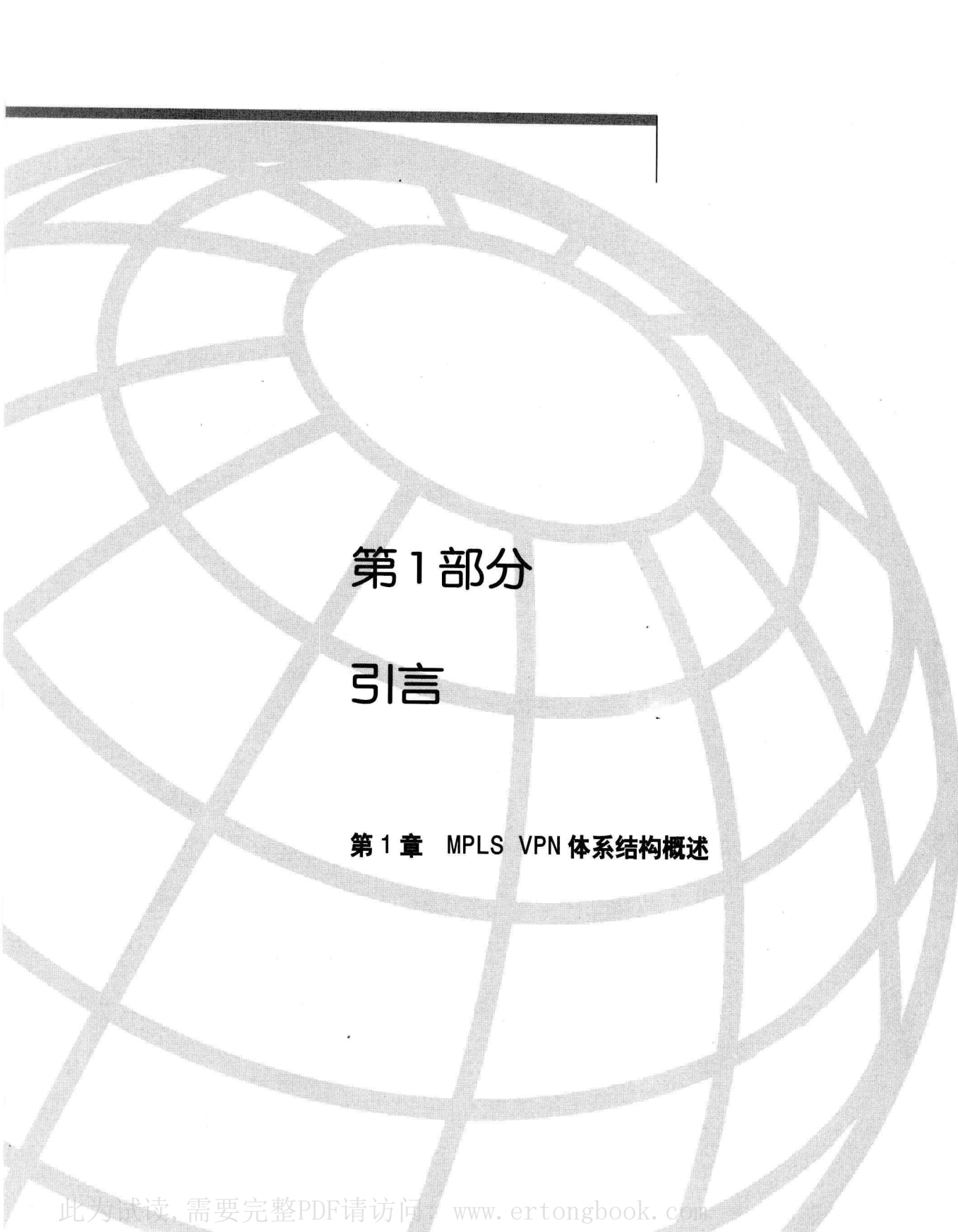
IV 目 录

6.6.1 提供商间的连通性要求	310	7.3.5 多协议 BGP MDT 更新消息及 SSM	375
6.6.2 背靠背 VRF 解决方案	311	7.3.6 mVPN 的多播状态标志	377
6.6.3 跨 ASBR-ASBR 链路通告路由	313	7.3.7 mVPN 多播流量的转发	379
6.6.4 外部多协议 BGP	319	7.4 SuperCom 网络 mVPN 业务实例研究	380
6.6.5 外部 MP-BGP VPNv4 路由交换	321	7.4.1 PIM SM 之于 SuperCom 网络	383
6.6.6 用来交换 VPNv4 前缀的多跳多协议 eBGP	329	7.4.2 在 VRF 内启用多播功能	385
6.6.7 路由反射器间的多跳多协议 eBGP	335	7.4.3 多播隧道接口	386
6.6.8 在路由反射器上更改 BGP 路由的下一跳	340	7.4.4 多播分发树	389
6.6.9 用来交换 BGP 路由下一跳的 IPv4+ 标签能力	341	7.4.5 mVRF PIM 邻接关系	391
6.7 小结	345	7.4.6 mVRF 多播路由表项	392
第 7 章 多播 VPN	347	7.4.7 数据 MDT 操作	394
7.1 IP 多播概述	347	7.4.8 SSM 之于 SuperCom 核心网络	400
7.1.1 源树	348	7.5 小结	403
7.1.2 共享树	349	第 8 章 跨 MPLS 骨干网传输 IPv6 流量	405
7.1.3 多播转发	352	8.1 IPv6 的商业驱动	405
7.1.4 RPF	352	8.2 在现有网络中 IPv6 的部署	407
7.1.5 PIM	355	8.3 IPv6 简介	409
7.2 在服务提供商网络环境中开展企业网多播业务	357	8.3.1 IPv6 编址	410
7.2.1 mVPN 体系结构	359	8.3.2 IPv6 邻居发现	412
7.2.2 多播域概述	360	8.3.3 IPv6 路由选择	412
7.2.3 多播 VRF	362	8.3.4 Cisco IOS 的 IPv6 配置	413
7.2.4 PIM 邻接关系	365	8.4 探究 6PE 的运作方式和配置方法	415
7.3 MDT	366	8.4.1 在 PE 和 CE 路由器间交换 IPv6 路由	416
7.3.1 默认 MDT	366	8.4.2 建立 MP-BGP 会话/执行路由重分发	420
7.3.2 数据 MDT	369	8.4.3 被标记的 IPv6 MP-BGP 前缀	422
7.3.3 MTI	372	8.4.4 穿越 MPLS 骨干网, 转发 IPv6 流量	427
7.3.4 RPF 检查	374	8.5 复杂的 6PE 部署场景	431

8.5.1 BGP 路由反射器.....	431	8.5.3 自治系统间 (inter-AS) 的 6PE 部署.....	435
8.5.2 在启用了 BGP 联盟的网络中 部署 6PE.....	434	8.6 小结	437

第 4 部分 故障排除

第 9 章 排除 MPLS 网络故障	441	9.5.2 超大数据包问题	454
9.1 排除 MPLS 网络故障	441	9.6 排除 MPLS VPN 故障	455
9.1.1 客户网络的控制平面操作	442	9.6.1 快速诊断 MPLS VPN 故障	456
9.1.2 服务提供商网络的控制平面 操作	442	9.6.2 CE 路由器间的 ping 操作	457
9.1.3 数据平面的操作	442	9.6.3 检查 LSR 的 CEF 交换 功能	458
9.2 排除 MPLS 骨干网故障	443	9.7 深入排除 MPLS VPN 故障	459
9.3 其他快速诊断方法	446	9.7.1 出站方向上 CE-PE 间的路由 交换	461
9.4 排除 MPLS 控制平面的故障	448	9.7.2 路由导出	463
9.4.1 验证本机 TDP/LDP 运行参数	449	9.7.3 传播 MPLS VPN 路由	465
9.4.2 验证 TDP/LDP Hello 协议的 运行情况	450	9.7.4 路由导入 (Route Import)	467
9.4.3 检查 TDP/LDP 会话	451	9.7.5 MPLS VPN 路由的重分发, 以及入站方向上 PE-CE 间的 路由交换	469
9.4.4 检查标签交换	452	9.8 小结	470
9.5 排除 MPLS 数据平面的故障	453		
9.5.1 在接口级别 (interface-level) 监控 CEF 的运行情况	454		



第1部分

引言

第1章 MPLS VPN 体系结构概述