



★ ★ ★ ★ ★  
“十三五”

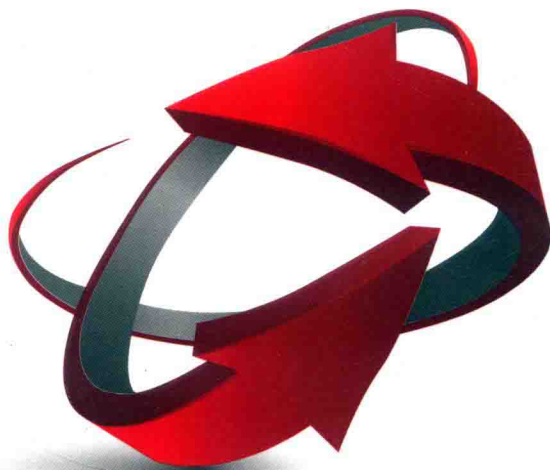
国家重点图书出版规划项目

ICT认证系列丛书

华为技术认证

# 华为MPLS VPN 学习指南

王达 主编



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



★ ★ ★ ★ ★  
“十三五”

国家重点图书出版规划项目

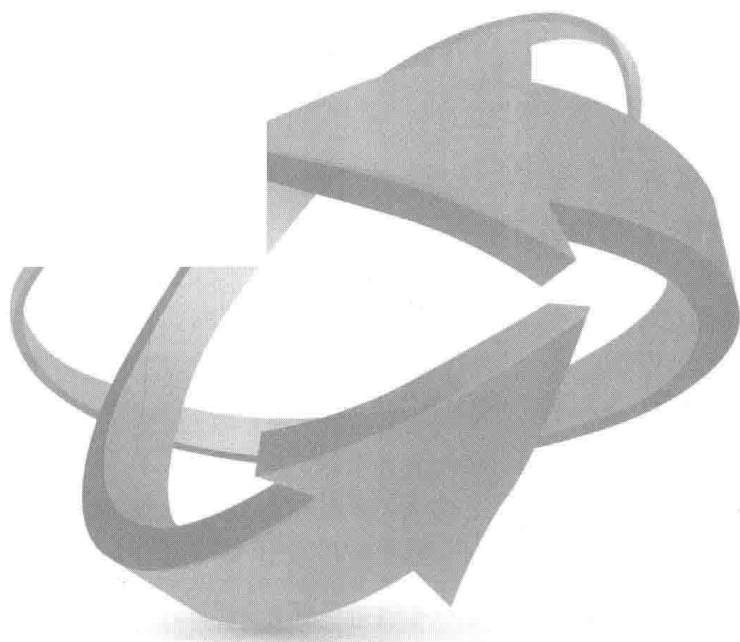
ICT认证系列丛书

华为技术认证

华为MPLS VPN

学 习 指 南

王 达 主 编



人 民 邮 电 出 版 社  
北 京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

华为MPLS VPN学习指南 / 王达主编. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2018. 1  
(ICT认证系列丛书)  
ISBN 978-7-115-47159-8

I. ①华… II. ①王… III. ①宽带通信系统—综合业务通信网—指南 IV. ①TN915.142-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第270503号

## 内 容 提 要

本书由华为技术有限公司授权编写并出版,是一本系统、深入介绍华为设备 MPLS 隧道技术在二/三层 VPN 应用配置方面的工具图书,主要包括 L3VPN 中的 BGP/MPLS IP VPN, L2VPN 中的各种 VLL、PWE3 和 VPLS 应用的配置与管理方法,同时也是华为技术有限公司指定的 ICT 认证培训教材。

全书共 9 章,第 1 章介绍了 BGP/MPLS IP VPN 的基础知识和相关技术原理;第 2~4 章分别介绍了基本 BGP/MPLS IP VPN、3 种跨域方式 BGP/MPLS IP VPN,以及 BGP/MPLS IP VPN 一些扩展功能的相关技术原理和配置与管理方法;第 5 章和第 6 章分别介绍了 VLL 通用基础知识、4 种 VLL 方式实现的配置与管理方法;第 7 章介绍了 PWE3 技术原理及相关功能配置与管理方法;第 8 章和第 9 章分别介绍了华为 S 系列交换机支持的 VPLS 技术原理及 3 种 VPLS 方式实现的配置与管理方法。

为了帮助大家理解,书中拓展介绍了许多相关的计算机网络通信原理分析,并且各章均有大量典型配置案例,并对一些典型故障排除方法进行了详细介绍。另外,本书经过华为技术有限公司多位专家指导和审核,因此,本书无论在专业性方面,还是在经验性和实用性方面均有很好的保障,是相关人员自学或者教学华为设备 MPLS 配置与管理的必选教材。

- 
- ◆ 主 编 王 达  
责任编辑 李 静 王建军  
责任印制 彭志环
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京市艺辉印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 32.5 2018 年 1 月第 1 版  
字数: 770 千字 2018 年 1 月北京第 1 次印刷

---

定价: 98.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316  
反盗版热线: (010)81055315

# 序

人类社会和人类文明发展的历史也是一部科学技术发展的历史。半个多世纪以来，精彩纷呈的 ICT 技术，汇聚成了波澜壮阔的互联网，突破了时间和空间的限制，把人类社会和人类文明带入到前所未有的高度。今天，人类社会已经步入网络和信息时代，我们已经处在无处不有的网络连接中。连接已经成为一种常态，信息浪潮迅速而深刻地改变着我们的工作和生活。人们与世界连接得如此紧密，实现了随时随地自由沟通，对信息与数据的获取与分享也无处不在。这意味着，这个连接的世界，正以超乎想象的速度与力量，对人类社会的政治、经济、商业文明和生产方式等进行全面的重塑。

ICT 正在蓬勃发展，移动化、物联网、云计算和大数据等新趋势正在引领行业开拓新的格局。世界正在发生影响深远的数字化变革，互联网正在促进传统产业的升级和重构。以业务、用户和体验为中心的敏捷网络架构将深刻影响未来数字社会的基础。我们深知每个人都拥有平等的数字发展机会，这对于构建一个更加公平的现实世界至关重要。

ICT 产业的发展离不开人才的支撑，产业的变革也将为 ICT 行业人才的知识体系和综合技能带来更高的挑战。作为全球领先的信息与通信解决方案供应商，华为的产品与解决方案已广泛应用于金融、能源、交通、政府、制造等各个行业。同时，我们也非常注重对 ICT 专业人才的培养。所以，我们与行业专家、高校老师合作编写了《华为 ICT 认证系列丛书》，旨在为广大用户、ICT 从业者，以及愿意投身到 ICT 行业中的人士提供更加便利的学习帮助。

继 2014 年与王达老师合作并出版《华为交换机学习指南》《华为路由器学习指南》《华为 VPN 学习指南》以来，得到了广大读者的高度肯定和大力支持。随着读者朋友的成长，大家渴望更加专业的技术学习，其中最受关注的是 MPLS 技术。为此，我们再度与王达老师合作并出版《华为 MPLS 技术学习指南》和《华为 MPLS VPN 学习指南》这两本图书。这两本图书从学习和实用的角度，基于学习的逻辑对知识点进行了系统的组织编排，书籍由浅入深，让读者逐步掌握各种 MPLS 技术原理，以及在 L2VPN、L3VPN、MPLS TE、MPLS DS-TE 和 QoS 应用方面的配置与管理方法。这两本图书中配备了大量不同场景下的各种 MPLS 应用方案的配置示例及典型故障排除方法，让读者能够真正学以致用。希望本书能够帮助读者快速地学习华为设备的 MPLS 技术，不断提升，在 ICT 行业大展身手。

# 自序

本书与配套的《华为 MPLS 技术学习指南》同时创作并完成，建议先学配套的《华为 MPLS 技术学习指南》。本书专门就 MPLS 隧道在二/三层 VPN 应用方面的各种 VPN 方案的技术原理及相关功能的配置与管理方法进行了全面、深入地介绍。

## 本书出版背景

本书出版的原始动力主要还是来自于读者的需求。笔者自 2014 年出版了《华为交换机学习指南》和《华为路由器学习指南》这两部图书后，在众多读者群中，经常见到有读者问笔者是否打算出版其他方面的华为图书，其中最受关注的就是华为 VPN、MPLS、WLAN 等这几方面相对高端的 HCIE 技术图书。因为技术图书有一个特点，那就是越是高端的，图书越少，网上的专业资源也越少。但随着读者朋友的成长，他们越来越渴望学到更高级的技能，因此在 2017 年初诞生了出版《华为 VPN 学习指南》《华为 MPLS 技术学习指南》和《华为 MPLS VPN 学习指南》这三本图书的想法。在得到华为技术有限公司和人民邮电出版社的认可和支后就开始新的创作征程。《华为 VPN 学习指南》一书已于 2017 年 9 月正式出版上市。

经过近四年的时间以及几十位国内通信领域专家学者和华为技术有限公司各级领导的共同努力，截至目前，华为 ICT 认证系列教材已出版了十余部，HCNA 和 HCNP 级别的培训教材基本上已成体系，目前主要缺少的是 HCIE 级别的培训教材。已出版的这十余部图书，经过几年的市场检验，得到了读者朋友们广泛的认可和赞赏。为了完善教材体系，帮助广大用户掌握各高级设备功能应用，也有必要继续编写 HCIE 级别的教材。十分荣幸，也非常感谢华为公司的信任，再次把 HCIE 培训教材的开篇创作任务交给了笔者。

本书与笔者前面出版的几本华为图书一样，也得到了华为技术有限公司许多产品专家的严格审核和技术把关，他们提供了许多宝贵的技术指导和修订意见。本书还得到了人民邮电出版社许多编辑老师的多次编辑、审核，所以本书无论从专业性、实用性，还是从图书编排、出版质量上，都有着非一般图书可比的全线保障，敬请大家放心选购。希望这两本书能继续得到大家的喜爱，更希望这两本书能给大家带来一些实实在在的帮助。同时也衷心地感谢华为技术有限公司和人民邮电出版社多位领导的大力支持，感谢参与本书编审的技术专家和编辑老师们的辛勤付出，你们辛苦了！

## 服务与支持

为了加强与读者朋友们的交流与沟通，同时也方便读者朋友们相互交流与学习，及时了解图书配套视频课程、在线培训资讯，笔者向大家提供了全方位的交流平台。

■ 超级读者、学员交流 QQ 群

读者交流 QQ 群：516844263

视频课程学员 QQ 群：398772643

■ 两个专家博客

51CTO 博客：<http://winda.blog.51cto.com>

CSDN 博客：[http://blog.csdn.net/lycb\\_gz](http://blog.csdn.net/lycb_gz)

■ 两个认证微博

新浪微博：[weibo.com/winda](http://weibo.com/winda)

腾讯微博：[t.qq.com/winda2010](http://t.qq.com/winda2010)

■ 两个视频课程中心

CSDN 学院课程中心：<http://edu.csdn.net/lecturer/74>

51CTO 学院课程中心：[http://edu.51cto.com/lecturer/user\\_id-55153.html](http://edu.51cto.com/lecturer/user_id-55153.html)

■ 微信及公众号

微信：[windanet](http://windanet)

微信公众号：[windanetclass](http://windanetclass)

## 鸣谢

本书由王达主编并统稿，经过数十位编委、技术专家数月夜以继日地工作，一次次地严格审校、修改和完善，本书终于完成，并顺利高质量地出版上市。在此感谢华为技术有限公司各位专家缜密的技术审校和大力支持，感谢人民邮电出版社各位编辑老师，以及各位编委的辛勤工作！以下是参与本书编写和技术审校人员名单。

编委人员（排名不分先后）：何艳辉、周健辉、何江林、卢翠环、王传寿、谭文凤、李峰、郑小建、余志坚、曾育文、刘云根、谢桂安、罗广平、朱碧霞、胡海侨、黄丽君、王爽、陈玉生、蔡学军、李想、夏强、刘胜华、罗巧芬

技术审校（排名不分先后）：蓝鹏、史晓健、管超、江永红

# 前 言

每部图书的创作都是一次艰难的历程，都是一次严峻的挑战。HCIE 级别图书的创作难度要远大于以前 HCNA 和 HCNP 图书的创作难度。就本书而言，MPLS 历来是数据通信方面最复杂、最难懂的技术领域，其中涉及到许许多多深奥且复杂的技术原理。

## 本书特色

### ■ 华为官方授权、审核

华为技术有限公司官方直接授权创作本书，并对整个图书创作、出版的各个阶段进行跟踪、审核，所以无论在图书质量和内容专业性方面均有很好的保障。这也是本书能作为华为 ICT 认证培训教材之一的前提与基础。

### ■ 系统、深入、不泛泛而谈

这是笔者一直坚持的著书特色，也长期得到了广大读者的认可。一本书，如果读者不能从中得到系统、全面、深入的学习，那还不如直接在网上搜索。本书对华为设备 MPLS 隧道在各种 L2VPN 和 L3VPN 方案应用中的相关技术原理和功能配置与管理方法都做了系统、深入的介绍，真正可以做到“一册在手，别无所求”。

### ■ 细致、通俗且富有经验性

本书所涉及的技术原理比较复杂、难懂，所以笔者在编写本书时充分结合了笔者近二十年专门研究计算机网络通信原理方面的经验，尽可能地从应用的角度把各项技术原理进行细化及通俗的剖析。

### ■ 细节入微、层次分明、重点突出

有句俗话“细节决定一切”，其实对于一本图书来说也是非常适用的，因为没有细节就等于没有“肉”。一部图书，洋洋洒洒几十万字，甚至上百万字。如果只是平铺直叙，没有清晰的架构，没有主次之分，读者也很难看得懂，很难有兴趣坚持看下去，也很难抓住重点。笔者在长期的创作中，对图书的这几个方面都有非常高的要求。

在细节方面，笔者坚持尽可能多问自己一个“Why”，自己都不懂的，要通过各种手段寻找答案（而不是直接跳过），这样读者在看书时就会少一个“Why”。在层次方面，笔者在写书时都严格遵循渐进式的学习规律，尽可能做到条理清晰、架构明确、没有知识点的跳跃。在重点描述方面，对于需要引起读者格外注意的地方，笔者都会在内容上以加黑方式显示，这样更方便读者把握重点。

### ■ 典型配置示例和故障排除方法的结合

为了增强本书的实用性，在介绍完每一种相关功能配置后都列举了大量的不同场景下的配置示例，以加深大家对前面所学技术原理和具体配置与管理方法的理解。许多配置示例可直接应用于不同的现实场景。另外，为了能对大家在部署 MPLS 方案时所遇到的各种故障迅速地进行排除，在大部分章的最后都介绍了针对一些经典故障现象的排除

方法，使得本书具有非常高的专业性和实用性。

## 适用读者对象

本书具备极高的系统性、专业性和实用性，适合的读者对象如下：

- 参加华为 R&S HCIE 认证的朋友；
- 希望从零开始系统学习华为设备 MPLS 技术的朋友；
- 华为培训合作伙伴、华为网络学院的学员；
- 使用华为 S 系列交换机、AR 系列路由器产品的用户；
- 高等院校的计算机网络专业学生。

## 本书主要内容

本书共 9 章，对华为设备 MPLS 隧道在各种 L2VPN 和 L3VPN 方案应用中的相关技术原理及功能配置与管理方法均做了详细、深入的介绍，并在每章给出了大量的典型配置示例。下面是各章的主要内容介绍。

### 第 1 章 BGP/MPLS IP VPN 基础

本章作为本书的开篇，首先介绍的是 MPLS 隧道应用最广的 BGP/MPLS IP VPN 网络的相关基础知识和基本的技术原理，包括 BGP/MPLS IP VPN 网络的基本组成、基本概念、典型组网结构、主要应用，以及 PE 间 VPN 路由发布、VPN 报文发送原理。

### 第 2 章 基本 BGP/MPLS IP VPN 配置与管理

本章专门介绍了各 CE 连接位于同一 AS 域情形下的基本 BGP/MPLS IP VPN 的配置与管理方法，以及基本 BGP/MPLS IP VPN 网络不通的故障排除方法。在基本 BGP/MPLS IP VPN 配置中主要包括 PE 间的 MP-BGP 对等体建立、PE 上的 VPN 实例创建、PE 的 AC 接口与 VPN 实例的绑定、PE 和 CE 间的路由交换等几方面功能。另外，还介绍了 Hub and Spoke 结构的 BGP/MPLS IP VPN、路由反射器优化两方面的功能配置与管理方法。

### 第 3 章 跨域 BGP/MPLS IP VPN 配置与管理

本章专门介绍了 OptionA/B/C 三种跨域方式的 BGP/MPLS IP VPN 网络配置与管理方法。每种跨域方式中涉及了许多复杂的技术原理，主要包括 VPN 路由发布、VPN 报文转发和跨域公网隧道建立这几个方面。

### 第 4 章 BGP/MPLS IP VPN 扩展功能配置与管理

本章专门介绍了 BGP/MPLS IP VPN 一些可选扩展功能的配置与管理方法，主要包括 MCE（多实例 CE）、HoVPN（分层 VPN）和隧道策略等几个方面。

### 第 5 章 VLL 基础及 CCC 和 Martini 方式 VLL 配置与管理

本章首先介绍了各种 VLL 方式通用的一些基础知识和基本技术原理，然后重点介绍了 CCC 方式和 Martini 方式 VLL 相关的技术原理和 VLL 建立配置与管理方法。

### 第 6 章 SVC、Kompella 方式 VLL 配置与管理

本章首先介绍了 SVC 和 Kompella 方式 VLL 相关的技术原理和 VLL 建立配置与管理方法，最后介绍了各种方式 VLL 建立中典型的故障排除方法。

### 第 7 章 PWE3 配置与管理

本章首先介绍了 PWE3 相关的技术原理和 Ethernet PWE3 和 TDM PWE3 中 PW 建立



的配置与管理方法，最后介绍了 PWE3 中 PW 建立的故障检测和排除方法。

### 第 8 章 VPLS 基础及 Martini 方式 VPLS 配置与管理

本章首先重点介绍了华为 S 系列交换机中所支持的各种 VPLS 方式通用的一些基础知识和基本技术原理，然后介绍了 Martini 方式 VPLS 配置与管理方法。

### 第 9 章 Kompella 和 BGP AD 方式 VPLS 配置与管理

本章先重点介绍了华为 S 系列交换机中所支持的 Kompella 和 BGP AD 这两种方式的 VPLS 配置与管理方法，然后介绍了 HVPLS（分层 VPLS）技术原理及相关功能配置与管理，以及各种 VPLS 方式典型故障的排除方法。

## 阅读注意地方

在阅读本书时，请注意以下几个地方。

■ 在学习华为 MPLS 时，建议先学配套的《华为 MPLS 技术学习指南》一书，然后学习本书。

■ 书中是以 V200R010 及以上版本华为 S 系列交换机、V200R008 及以上版本 AR G3 系列路由器为主线进行介绍的。

■ 在配置命令代码介绍中，**粗体字**部分是命令本身或关键字选项部分，是不可变的；*斜体字*部分是命令或者关键字的参数部分，是可变的。

■ 在介绍各种 VPN 技术及功能配置说明过程中，对于一些需要特别注意的地方均以**粗体字**格式加以强调，以便读者在阅读学习时引起特别注意。

# 目 录

第 1 章 BGP/MPLS IP VPN 基础	0
1.1 BGP/MPLS IP VPN 基础	2
1.1.1 理解 BGP/MPLS IP VPN	2
1.1.2 BGP/MPLS IP VPN 基本组成	3
1.1.3 BGP/MPLS IP VPN 的基本概念	4
1.1.4 BGP/MPLS IP VPN 典型组网结构	11
1.1.5 BGP/MPLS IP VPN 主要应用	14
1.2 BGP/MPLS IP VPN 工作原理	19
1.2.1 PE 间 VPN-IPv4 路由发布原理	20
1.2.2 VPN-IPv4 路由发布示例	23
1.2.3 BGP/MPLS IP VPN 的报文转发	25
第 2 章 基本 BGP/MPLS IP VPN 配置与管理	28
2.1 基本 BGP/MPLS IP VPN 配置与管理	30
2.1.1 基本 BGP/MPLS IP VPN 配置任务	30
2.1.2 配置 PE 间使用 MP-IBGP	31
2.1.3 配置 PE 上的 VPN 实例	32
2.1.4 配置 PE 接口与 VPN 实例绑定	37
2.1.5 基本 BGP/MPLS IP VPN 管理命令	38
2.2 配置 PE 和 CE 间路由交换	39
2.2.1 配置 PE 和 CE 间使用 EBGP	39
2.2.2 PE 和 CE 间使用 BGP 路由的 BGP/MPLS IP VPN 的配置示例	43
2.2.3 配置 PE 和 CE 间使用 IBGP	52
2.2.4 配置 PE 和 CE 间使用静态路由	53
2.2.5 PE 和 CE 间使用静态路由的 BGP/MPLS IP VPN 的配置示例	54
2.2.6 配置 PE 和 CE 间使用 RIP	61
2.2.7 PE 和 CE 间使用 RIP 路由的 BGP/MPLS IP VPN 的配置示例	62
2.2.8 配置 PE 和 CE 间使用 OSPF	66
2.2.9 PE 和 CE 间使用 OSPF 路由的 BGP/MPLS IP VPN 的配置示例	68
2.2.10 配置 PE 和 CE 间使用 IS-IS	71
2.2.11 BGP/MPLS IP VPN 地址空间重叠的配置示例	73
2.3 配置 Hub and Spoke	81
2.3.1 Hub and Spoke 配置任务	81
2.3.2 配置 PE 与 CE 间的路由交换	83
2.3.3 Hub and Spoke BGP/MPLS IP VPN 的配置示例	85
2.4 路由反射器优化 VPN 骨干层配置与管理	91
2.4.1 配置 RR 与其所有客户机 PE 建立 MP-IBGP 连接	92

2.4.2	配置 BGP-VPNv4 路由反射功能	93
2.4.3	路由反射器优化 VPN 骨干层的配置管理	95
2.4.4	双反射器优化 VPN 骨干层配置示例	95
2.5	BGP/MPLS IP VPN 网络不通的故障排除	104
第 3 章	跨域 BGP/MPLS IP VPN 配置与管理	106
3.1	跨域 BGP/MPLS IP VPN 简介	108
3.2	跨域 VPN-OptionA 方式配置与管理	109
3.2.1	跨域 VPN-OptionA 方式简介	109
3.2.2	跨域 VPN-OptionA 方式路由发布原理	110
3.2.3	跨域 VPN-OptionA 的报文转发原理	112
3.2.4	跨域 VPN-OptionA 的特点	114
3.2.5	配置跨域 VPN-OptionA	114
3.2.6	跨域 VPN-OptionA 配置管理	114
3.2.7	OptionA 方式跨域 VPN 配置示例	115
3.3	跨域 VPN-OptionB 方式配置与管理	123
3.3.1	跨域 VPN-OptionB 方式简介	123
3.3.2	跨域 VPN-OptionB 的路由发布原理	124
3.3.3	跨域 VPN-OptionB 的报文转发原理	125
3.3.4	跨域 VPN-OptionB 的主要特点	126
3.3.5	跨域 VPN-OptionB 的配置任务	127
3.3.6	配置跨域 VPN-OptionB	127
3.3.7	跨域 VPN-OptionB 配置管理	133
3.3.8	OptionB 方式跨域 VPN 配置示例	134
3.4	跨域 VPN-OptionC 方式配置与管理	141
3.4.1	跨域 VPN-OptionC 方式的基本工作机制	142
3.4.2	跨域 VPN-OptionC 的公网隧道建立	143
3.4.3	跨域 VPN-OptionC 的路由发布原理	144
3.4.4	跨域 VPN-OptionC 的报文转发原理	145
3.4.5	跨域 VPN-OptionC 的主要特点	146
3.4.6	跨域 VPN-OptionC 配置任务	147
3.4.7	配置跨域 VPN-OptionC 方案一	148
3.4.8	配置跨域 VPN-OptionC 方案二	154
3.4.9	跨域 VPN-OptionC 方案配置管理	156
3.4.10	OptionC 方案一跨域 VPN 配置示例	157
3.4.11	OptionC 方案二跨域 VPN 配置示例	165
第 4 章	BGP/MPLS IP VPN 扩展功能配置与管理	176
4.1	MCE 配置与管理	178
4.1.1	MCE 的产生背景	178
4.1.2	MCE 实现原理	179
4.1.3	配置 MCE 与 Site 间的路由	180
4.1.4	配置 MCE 与 PE 间的路由	185
4.1.5	MCE 配置示例	189
4.2	HoVPN 配置与管理	196

4.2.1	HoVPN 的产生背景	197
4.2.2	HoVPN 工作原理	197
4.2.3	配置 HoVPN	200
4.2.4	HoVPN 配置示例	202
4.3	隧道策略配置与管理	208
4.3.1	三种 VPN 隧道	208
4.3.2	隧道策略和隧道选择器	209
4.3.3	隧道策略配置任务	210
4.3.4	配置并应用隧道策略	211
4.3.5	配置并应用隧道选择器	214
4.3.6	隧道策略配置管理命令	216
4.3.7	应用于 L3VPN 的隧道策略配置示例	217
第 5 章 VLL 基础及 CCC 和 Martini 方式 VLL 配置与管理		228
5.1	VLL 基础及工作原理	230
5.1.1	VLL 引入背景及主要优势	231
5.1.2	VLL 的基本架构	232
5.1.3	AC 接口分类及连接	233
5.1.4	VLL 的报文封装和解封装	234
5.1.5	VLL 的主要应用	237
5.2	配置二层模式子接口	238
5.2.1	配置二层 Dot1q 终结子接口	238
5.2.2	配置二层 QinQ 终结子接口	240
5.2.3	配置 QinQ Mapping 子接口	242
5.2.4	配置 VLAN Stacking 子接口	244
5.3	CCC 方式 VLL 配置与管理	245
5.3.1	CCC 方式 VLL 简介	245
5.3.2	配置 CCC 本地连接	246
5.3.3	配置 CCC 远程连接	248
5.3.4	CCC 方式 VLL 配置管理	250
5.3.5	以三层物理接口为 AC 接口的 CCC 本地连接配置示例	250
5.3.6	以 VLANIF 接口为 AC 接口的 CCC 本地连接配置示例	254
5.3.7	以 VLANIF 接口为 AC 接口的 CCC 远程连接配置示例	259
5.4	Martini 方式 VLL 配置与管理	264
5.4.1	Martini 方式 VLL 简介	265
5.4.2	PW 的建立和拆除流程	265
5.4.3	VLL 的报文转发流程	267
5.4.4	Martini 方式 VLL 的 VC 信息交互信令	269
5.4.5	配置 Martini 方式 VLL	270
5.4.6	创建 PW 模板并配置 PW 模板属性	272
5.4.7	Martini 方式 VLL 配置管理	273
5.4.8	以三层物理接口为 AC 接口的 Martini 方式 VLL 配置示例	273
5.4.9	以 VLANIF 为 AC 接口的 Martini 方式 VLL 配置示例	278
5.4.10	以 Dot1q 终结子接口为 AC 接口的 Martini 方式 VLL 配置示例	283
5.4.11	使用 MPLS TE 隧道的 Martini 方式 VLL 配置示例	288

第6章 SVC、Kompella 方式 VLL 配置与管理 .....	294
6.1 SVC 方式 VLL 配置与管理 .....	296
6.1.1 SVC 方式 VLL 简介 .....	296
6.1.2 配置 SVC 方式 VLL .....	297
6.1.3 SVC 方式 VLL 配置管理 .....	299
6.1.4 以三层物理接口为 AC 接口的 SVC 方式 VLL 配置示例 .....	299
6.1.5 以 VLANIF 接口为 AC 接口的 SVC 方式 VLL 多 PW 配置示例 .....	302
6.2 Kompella 方式 VLL .....	310
6.2.1 Kompella 方式 VLL 简介 .....	310
6.2.2 VC 标签块简介 .....	312
6.2.3 VC 信息的交互信令 .....	313
6.2.4 PW 的建立与拆除流程 .....	314
6.2.5 VC 标签的计算 .....	315
6.2.6 VC 标签计算的示例 .....	317
6.2.7 新增标签块的示例 .....	319
6.2.8 配置 Kompella 方式 VLL .....	322
6.2.9 Kompella 方式 VLL 本地连接配置示例 .....	327
6.2.10 Kompella 方式 VLL 远程连接配置示例 .....	330
6.3 VLL 连接故障检测与排除 .....	335
6.3.1 VLL 连接故障检测 .....	335
6.3.2 CCC 方式 CE 间不能通信的故障排除 .....	340
6.3.3 Martini 方式 CE 间不能通信的故障排除 .....	342
第7章 PWE3 配置与管理 .....	344
7.1 PWE3 基础 .....	346
7.1.1 PWE3 基本架构 .....	347
7.1.2 PWE3 的分类 .....	348
7.1.3 动态 PW 的建立、维护和拆除 .....	349
7.1.4 控制字 .....	352
7.1.5 PWE3 的主要应用 .....	353
7.2 Ethernet PWE3 配置与管理 .....	354
7.2.1 配置静态 PW .....	355
7.2.2 配置动态 PW .....	357
7.2.3 配置 PW 交换 .....	358
7.2.4 PWE3 配置管理 .....	361
7.2.5 单跳动态 PW 配置示例 .....	362
7.2.6 纯静态 PW 多跳配置示例 .....	365
7.2.7 纯动态 PW 多跳配置示例 .....	370
7.2.8 静动混合多跳 PW 配置示例 .....	375
7.3 TDM PWE3 配置与管理 .....	378
7.3.1 TDM PWE3 配置任务 .....	378
7.3.2 配置 8SA 接口卡中 Serial AC 接口透传 TDM 信元 .....	378
7.3.3 配置 6E&M 接口卡中的 E&M AC 接口透传 TDM 信元 .....	383
7.3.4 配置 8E1T1-M 接口卡 CE1/PRI AC 接口透传 TDM 信元 .....	385

7.3.5	配置 8E1T1-F 接口卡 E1-FAC 接口透传 TDM 信元	391
7.3.6	配置 TDM PW 模板	393
7.3.7	配置 TDM PWE3 的 PW	395
7.3.8	8E1T1-M 接口卡的 TDM PWE3 配置示例	397
7.3.9	8SA 接口卡的 TDM PWE3 配置示例	403
7.4	PWE3 故障检测与排除	406
7.4.1	检测 PW 的连通性	406
7.4.2	CE 间不能通信的故障排除	406
第 8 章 VPLS 基础及 Martini 方式 VPLS 配置与管理		408
8.1	VPLS 基础	410
8.1.1	VPLS 引入背景	411
8.1.2	VPLS 基本结构	411
8.1.3	VPLS 的报文转发原理	413
8.1.4	VPLS 报文的封装方式	415
8.1.5	VPLS 的报文封装/解封装流程	415
8.1.6	VPLS 对报文中 P-Tag 的处理方式	417
8.1.7	VPLS 的 MAC 地址管理	418
8.1.8	VPLS 的环路避免机制	421
8.2	VPLS 的 PW 信令协议及工作原理	421
8.2.1	LDP 方式的 VPLS 工作原理	422
8.2.2	BGP 方式的 VPLS 工作原理	423
8.2.3	BGP AD 方式的 VPLS 工作原理	424
8.3	Martini 方式的 VPLS 配置与管理	426
8.3.1	创建 VSI 并配置 LDP 信令	427
8.3.2	配置 VSI 与 AC 接口的绑定	429
8.3.3	Martini 方式 VPLS 的配置管理	437
8.3.4	以 VLANIF 接口为 AC 接口的 Martini 方式 VPLS 配置示例	438
8.3.5	以 Dot1q 终结子接口为 AC 接口的 Martini 方式 VPLS 配置示例	443
8.3.6	混合类型 AC 接口的 Marini 方式 VPLS 配置示例	450
第 9 章 Kompella 和 BGP AD 方式 VPLS 配置与管理		458
9.1	Kompella 方式的 VPLS 配置与管理	460
9.1.1	使能 BGP 对等体交换 VPLS 信息的能力	460
9.1.2	创建 VSI 并配置 BGP 信令	462
9.1.3	配置与其他厂商设备互通	465
9.1.4	配置 Kompella 方式 VPLS 路由反射器	466
9.1.5	Kompella 方式的 VPLS 的配置管理	467
9.1.6	Kompella 方式 VPLS 配置示例	468
9.2	BGP AD 方式的 VPLS 配置与管理	474
9.2.1	使能 BGP 对等体交换 VPLS 成员信息的能力	474
9.2.2	创建 VSI 并配置 BGP AD 信令	475
9.2.3	复位 BGP L2VPN-AD 相关的 BGP 连接	476
9.2.4	BGP AD 方式的 VPLS 配置管理	476
9.2.5	BGP AD 方式 VPLS 配置示例	477

9.3 HVPLS 配置与管理	486
9.3.1 HVPLS 的产生背景	486
9.3.2 HVPLS 的接入方式	487
9.3.3 HVPLS 接入链路的备份	488
9.3.4 配置 LDP 方式的 HVPLS	489
9.3.5 HVPLS 配置管理	492
9.3.6 LDP 方式的 HVPLS 配置示例	492
9.4 VPLS 典型故障排除	498
9.4.1 Martini 方式 VPLS 的 VSI 不能 Up 的故障排除	498
9.4.2 Kompella 方式 VPLS 的 VSI 不能 Up 的故障排除	500

# 第1章

# BGP/MPLS IP VPN 基础

1.1 BGP/MPLS IP VPN基础

1.2 BGP/MPLS IP VPN工作原理



在学习完《华为 MPLS 技术学习指南》一书后，对各种 MPLS 隧道有了全面、深入的掌握，本书则是全面介绍 MPLS 隧道在 L3VPN 和 L2VPN 方面的各种应用方案的配置与管理方法。本章及后面的 3 章，首先介绍的是 MPLS 隧道最主要应用的 L3VPN 方案——BGP/MPLS IP VPN 各方面的技术原理和相关功能的配置与管理方法。

BGP/MPLS IP VPN 是一种 MPLS L3VPN（三层 VPN），用于通过 MPLS 隧道连接两个处于不同 IP 网段的用户内网，属于三层的网络连接应用。因为 BGP/MPLS IP VPN 的应用非常广泛，所涉及的功能非常多，所以本书用多章的篇幅来分别予以介绍。本章首先来介绍一下 BGP/MPLS IP VPN 所涉及的基础知识和基本的技术原理，包括 BGP/MPLS IP VPN 基本组成、组网结构，以及 PE 间 VPN 路由的发布原理和 VPN 报文的转发原理。

## 1.1 BGP/MPLS IP VPN 基础

BGP/MPLS IP VPN 是一种 MPLS L3VPN（Layer 3 Virtual Private Network，三层 VPN）。它使用 BGP 在服务提供商骨干网上发布用户的私网 VPN 路由，并在服务提供商骨干网上转发 VPN 报文。这里的 IP 是指 VPN 承载的是 IP 报文。

### 1.1.1 理解 BGP/MPLS IP VPN

BGP/MPLS IP VPN 这个名称有些长，且包括了多个部分，许多朋友对这个名称的由来都感到难以理解，下面进行具体剖析。

#### 1. 理解 BGP 部分

在 BGP/MPLS IP VPN 这个名称中其实每个部分都代表一些特定的含义，其中特别要针对 BGP 的理解，为什么不是其他路由协议呢？

“BGP”表示在 BGP/MPLS IP VPN 方案中使用了 BGP 协议，其实更准确地说是使用 MP-BGP（Multi-Protocol BGP，多协议 BGP）在 MPLS/IP 骨干网上发布用户站点的私网 IPv4 路由。之所以要用到 BGP，原因有以下两点。

一是因为 BGP/MPLS IP VPN 是一种三层 VPN，连接的是不同的 IP 网络，所以必须要有对应的路由解决方案。而在 MPLS IP VPN 方案中，骨干网的作用仅是用来建立 MPLS VPN 隧道，其中的 P 节点是无需保存客户端的 IP 路由信息，只是直接根据隧道标签进行转发，最终要实现的是隧道两端逻辑的点对点连接，否则就不是 VPN。这样就涉及到一个问题，如何使隧道两端的 PE 能相互学习到对方所连接的用户网络路由信息呢？我们在《华为 VPN 学习指南》一书中也介绍了多种三层 VPN 方案，如 IPsec VPN、GRE VPN 和 DSVPN，其实它们基本上都是通过 IP 重封装来解决路由信息在隧道中传输的，但是在 MPLS 网络中无需进行 IP 重封装，且 P 节点不保存用户网络路由信息（仅保存骨干网路由信息），所以不能采取 IP VPN 方案中的方法。

如果 PE 是直接连接的，可以通过学习直连路由了解，但大多数情况下 PE 之间不是直接连接的，而 P 节点又不保存用户 IP 路由信息，这就给 PE 间相互学习对端所连接用户网络路由信息带来困难。幸好，BGP 协议中的 IBGP 就可以在非直连的设备间建立对