



★ ★ ★ ★ ★
“十三五”

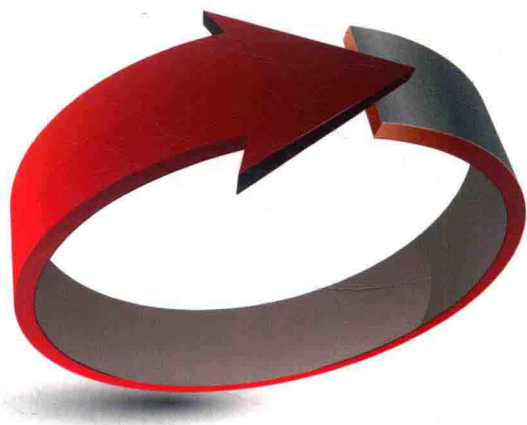
国家重点图书出版规划项目

ICT认证系列丛书

华为技术认证

HCNP路由交换 学习指南

朱仕耿 编著



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

HCNP路由交换 学习指南

朱仕耿 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

HCNP路由交换学习指南 / 朱仕耿编著. — 北京 :
人民邮电出版社, 2017.9
(ICT认证系列丛书)
ISBN 978-7-115-46400-2

I. ①H… II. ①朱… III. ①计算机网络—路由选择—指南②计算机网络—信息交换机—指南 IV.
①TN915.05-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第166681号

内 容 提 要

本书是配套华为 HCNP-R&S 的学习指导用书, 全书共包含 14 章, 内容包括路由基础、RIP、OSPF、IS-IS、路由重分发、路由策略与 PBR、BGP、以太网交换、以太网安全、STP、VRRP、组播、MPLS 与 MPLS VPN、附录: 习题答案。

通过学习本书, 读者不仅能够熟悉 HCNP-R&S 中的知识要点, 更加能将理论与实际相结合, 做到知其然而又知其所以然。全书内容丰富, 书中的每一章不仅介绍了理论知识的详细内容, 还穿插了丰富的案例, 让读者能够快速掌握相关技术或协议在实际网络中应用。

-
- ◆ 编 著 朱仕耿
责任编辑 李 静
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>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 45.5 2017 年 9 月第 1 版
字数: 1 080 千字 2017 年 9 月北京第 1 次印刷
-

定价: 139.00 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

云计算、大数据、物联网等 ICT 技术的风起云涌，推动着 ICT 产业跨越式发展。数字化日益成为全球经济发展的新动能，ICT 从过去以提高效率为主的支撑系统向驱动价值创造的生产系统转变，成为企业业务发展的引擎和核心竞争力。数字化重构成为企业维持生产和经营、实现商业成功的必由之路。

应对数字化转型，企业面临最大的挑战是缺乏新型的优秀 ICT 技术人才。华为预测，未来 5 年，华为所领导的全球 ICT 产业生态系统对人才的需求将超过 80 万。与此同时，企业对人才的需求结构也将发生新的改变：从单一技术能力到融合型技术能力；从技能精通到复合创新；从静态学习到动态成长。社会对 ICT 岗位需求的快速变化，促使我们每一个人为能力提升和职业转型做好准备。华为以构建良性 ICT 人才生态链为己任，注重对 ICT 人才的培养，积极完成新技术趋势下的能力储备，不断在全球范围内推出适应技术趋势和企业需求的认证产品，同时通过一系列创新和实践，例如华为人才联盟，促进 ICT 生态系统中人才的可持续流动。

教材是构建 ICT 良性人才生态的核心，在教材开发方面，华为持续大力投入，与院校教师、行业专家等联合编写 ICT 系列教材，希望能为读者提供学习精品，助力读者快速完成知识积累和技能提升。

“不积跬步，无以至千里。”想开启 ICT 领域大门，就要从所有网络应用的基础——路由交换网络开始。此次出版的《HCNP 路由交换学习指南》一书阐述了网络高级知识和技能原理，是已出版的《HCNP 路由交换实验指南》一书的姊妹篇。本书的内容架构很好地吻合了《HCNP 路由交换实验指南》一书中的实验内容，又恰当地匹配了 HCNP-R&S 认证的核心知识点。无论是技术质量水平，还是语言描述，本书都堪称精品：原理描述清晰而精准，所举示例形象而精妙，由浅入深地引导读者建立起对路由交换系统全面而清晰的认识，同时有效地帮助读者掌握好 HCNP-R&S 认证考试中的知识要点。

最后，祝愿读者朋友们在 ICT 行业大展鹏程，实现梦想，创造美好未来！

前 言

特别声明

本书旨在帮助读者学习并理解 HCNP-R&S 中的知识要点及难点。需特别强调的是，HCNP-R&S 认证包括但不限于：网络基础知识，华为路由器与交换机产品知识，TCP/IP 协议簇，路由协议，访问控制，eSight、Agile Controller 产品介绍，SDN、VXLAN、NFV 的基础知识，QoS，网络安全的基础知识，以及 PDIOI 等，对于希望考取 HCNP-R&S 的读者，除了需掌握本书所涵盖的内容，还应该对其他知识点有一个基本的了解。

本书内容组织

本书共计 14 章，其中第 1 章介绍了 IP 路由基础；第 2 章至第 4 章分别介绍了 3 个常用的 IGP 协议：RIP、OSPF 以及 IS-IS；第 5 章及第 6 章介绍了路由的进阶内容：路由重分发、路由策略以及 PBR；第 7 章介绍了 BGP 协议；第 8 章至第 10 章介绍的是以太网的相关技术；第 11 章介绍的是用于实现网络高可靠性的 VRRP 协议；第 12 章介绍的是 IP 组播；第 13 章介绍的是 MPLS 与 MPLS VPN 技术；第 14 章为附录，该章收录的是本书所有习题的答案。

第 1 章 路由技术

路由是数据网络中非常重要且基础的一个知识模块。本章首先介绍了关于路由的一些基本概念，包括路由表、路由优先级以及度量值等，然后重点讲解了静态路由的配置，以及一些部署时需注意的事项。此外，本章还详细地介绍了路由查询中的最长前缀匹配原则、路由汇总、黑洞路由以及路由表与 FIB 表的关系。本章也为后续的内容做了很好的铺垫。

第 2 章 RIP

RIP 是典型的距离矢量路由协议，也是最先得到广泛使用的 IGP 协议，其工作机制相对简单，因此一直以来都作为数通领域入门动态路由技术的协议。本章首先介绍了 RIP 的基本概念，例如 RIP 路由的更新机制、RIP 路由的度量值等，随后重点讲解了 RIP 的防环机制和 RIPv2 的相关协议特性。最后，本章介绍了 RIPv2 在华为数通产品上的配置及实现。

第 3 章 OSPF

OSPF 是当前业界使用得最为广泛的 IGP 协议之一，深入学习 OSPF 的工作机制及相关原理是非常有必要的。本章系统地讲解了 OSPF 的一些基本概念，例如 Router-ID、LSDB、度量值、网络类型、DR/BDR、区域以及路由器角色等。LSA 是 OSPF 中非常核心的知识点，在 HCNP-R&S 中，我们要求大家必须掌握常见的 LSA 类型，本章通过一个 OSPF 网络示例，将这些不同的 LSA 类型进行串讲，使得读者能够从宏观及微观两个层面来理解 LSA。此外，关于 OSPF 的几种特殊区域，本章也做了详细介绍。本章还介绍了 OSPF 的一些重要的协议特性，包括路由汇总、Virtual Link、默认路由通告、报文

认证、转发地址、防环机制以及路由类型。

第 4 章 IS-IS

与 OSPF 类似, IS-IS 也是典型的链路状态路由协议, 在服务提供商网络中, IS-IS 有着广泛的应用。本章首先介绍了与 IS-IS 相关的几个常见的术语, 然后系统地讲解了 IS-IS 的相关概念和协议特性, 最后通过几个案例帮助大家掌握 IS-IS 在华为数通产品上的基本配置。

第 5 章 路由重分发

在现实中, 同一个网络中同时存在两种以上的路由协议的情况是非常常见的, 此时路由重分发便有可能被用于实现路由信息在不同的路由协议之间的互操作。本章首先介绍了路由重分发的概念以及部署要点, 然后通过 3 个典型的案例, 分别介绍路由重分发的 3 个主要的应用场景。

第 6 章 路由策略与 PBR

路由策略是一套用于对路由信息进行过滤、属性设置等操作的方法, 通过对路由的控制, 可以影响数据流量转发操作, 而 PBR (策略路由) 指的是基于策略的路由, 初学者很容易对这两个概念产生混淆。本章为读者分别介绍路由策略与 PBR。其中, 关于路由策略这一知识模块, 本章介绍了 3 个重要的工具, 它们分别是 Route-Policy、Filter-Policy 以及 IP 前缀列表。

第 7 章 BGP

BGP 几乎是当前唯一被用于在不同 AS 之间实现路由交互的 EGP 协议。BGP 适用于大型的网络环境, 例如运营商网络, 或者大型企业网等。在 HCNP-R&S 中, BGP 是非常重要的一个知识模块, 也是一个知识难点。本章首先介绍了 BGP 的基本概念, 其中包括 BGP 对等体类型、IBGP 水平分割规则、BGP 同步规则、BGP 路由通告原则、BGP Router-ID、BGP 路由表, 以及 BGP 路由发布等, 这些内容将帮助读者初步了解 BGP, 也为本章后续的小节进行铺垫。随后, 本章着重介绍了 BGP 中非常重要的一个知识模块: 路径属性。本章将常用的 BGP 路径属性逐一进行介绍。接下来, 本章通过一系列案例帮助大家掌握 BGP 在华为数通产品上的配置及实现。对于 BGP 的两个高级知识点: 路由反射器及联邦, 本章也安排了专门的小节进行介绍。最后, 本章介绍了 BGP 中另一个非常重要的知识模块: BGP 路由优选规则。

第 8 章 以太网交换

随着行业的发展及技术演进, 以太网逐渐占据了局域网技术的主导地位, 现如今我们所见到的局域网几乎都是采用以太网技术实现的, 因此掌握以太网交换技术是非常有必要的。本章首先介绍了二层交换的基本原理, 以及 VLAN 的相关概念及其配置, 然后介绍了实现 VLAN 之间通信的几种方法。接着, 本章还对交换技术中的 MUX VLAN 及 VLAN 聚合做了介绍。最后, 本章讲解了层次化的园区网络架构, 系统地介绍了典型园区网中的各个模块。

第 9 章 以太网安全

本章介绍了以太网中的几个安全概念, 以及常用的几个技术, 其中包括交换机 MAC 地址表管理、接口安全、MAC 地址漂移以及 DHCP Snooping。

第 10 章 STP

对于任何一个商用网络来说, 冗余性几乎都是一个必须考虑的问题, 生成树技术是一

种用于在交换网络中解决二层环路问题，同时确保网络冗余性的技术。本章分别对生成树中的 STP、RSTP 以及 MSTP 进行了介绍。随着园区网络的发展，生成树技术已经逐渐无法适应新的需求，它们的短板也逐渐显现，本章的最后部分介绍了用于替代生成树的几种方案。

第 11 章 VRRP

可靠性是衡量一个网络健壮程度的重要指标，VRRP 使得多台同属一个广播域的网络设备能够协同工作，实现设备冗余，并提高网络的可靠性。本章对 VRRP 的基本概念及工作机制进行了详细介绍，此外还通过几个案例介绍了 VRRP 的几种主要应用场景，其中“VRRP+MSTP 典型组网方案”承接了本书前面章节中的相关内容，为读者介绍了园区网络中的一个重要的组网方案。

第 12 章 组播

组播是一种一对多的通信方式，在多媒体直播、培训、线上会议以及金融证券等领域有着广泛的应用。组播是 HCNP-R&S 中的另一个知识难点。本章首先介绍了组播网络的架构，以及组播 IP 地址、组播 MAC 地址等概念，让读者对组播网络先有一个基本的认知。然后，本章介绍了 IGMP 协议，以及业界使用得最为广泛的组播路由协议 PIM，本章通过两个小节分别介绍 PIM 的两种工作模式：PIM-DM 和 PIM-SM。接着，本章介绍了 RP 的发现机制。SSM 作为组播中的一个高级知识点，也在本章中做了介绍。最后，本章还详细讲解了 IGMP Snooping。

第 13 章 MPLS 与 MPLS VPN

MPLS 与 MPLS VPN 是服务提供商网络中的常用技术，对于许多初学者而言，MPLS 与 MPLS VPN 显得晦涩难懂，本章循序渐进、由浅入深地介绍了这些技术。本章首先介绍了 MPLS 与 LDP，然后详细地讲解了 MPLS VPN 技术。

第 14 章 附录：习题答案

本书在每一章的最后一节中都安排了相应的习题，用于帮助读者进行自测，也用于帮助读者巩固所学知识。本章的内容是全书所有习题的答案。

适用读者对象

本书是一本配套华为 HCNP-R&S 的学习指导用书，涵盖了 HCNP-R&S 中的知识要点和难点，非常适合于学习和备考 HCNP-R&S 认证的读者朋友。对于网络行业的从业人员，或者对网络技术感兴趣的读者，本书也是一本非常不错的参考书籍。为了达到最佳的学习效果，建议读者在学习本书之前先行学习并掌握 HCNA-R&S 中的相关知识点。

本书所用的图标



本书作者

朱仕耿（HCIE #2471）是华为高级工程师、网络培训讲师，拥有十多年数通交付及技术支持经验、数通能力建设经验，熟悉企业网络相关技术及行业解决方案，拥有丰富的培训产品开发、资料开发和市场开发经验，拥有大量理论授课及项目实战授课经验。

本书审稿人

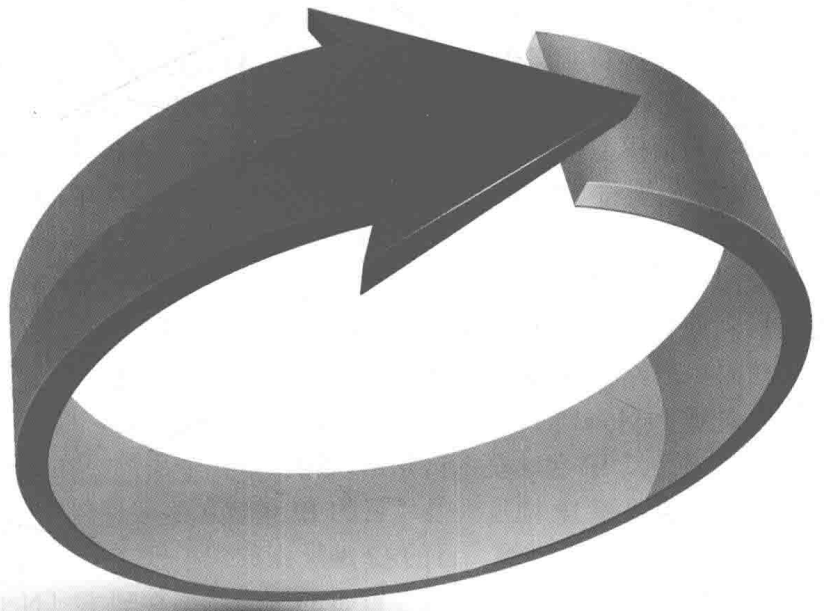
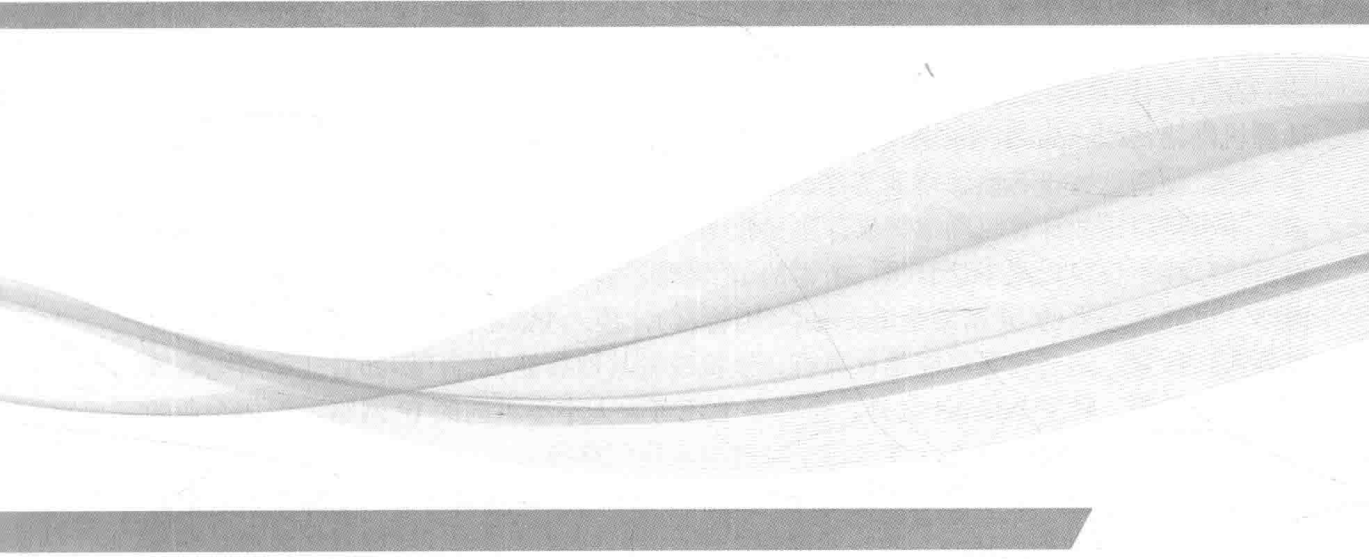
江永红是通信与电子系统专业的博士。江永红博士在华为工作已近 20 年，现为华为资深技术专家，之前于国内外高校从事过多年的教学工作，对于知识的学习及传授方法有着深刻的领悟。此外，江永红博士在 ICT 人才培养及认证体系建设方面也有着丰富的经验和独到的见解。

致 谢

在此由衷地感谢江永红博士在本书的编写过程以及书稿的审核过程中给予的指导和帮助。江永红博士有着数十年行业工作经验，知识的积累非常深厚，他对本书提出了大量重要的指导及建议，并最终促使本书的质量提升到一个新的高度。

特别感谢刘洋、闫建刚等在书籍的编写过程中给予的悉心指导和帮助。

感谢我的家人在本书的编写过程中给予的理解和关怀。



目 录

第 1 章 路由基础	0
1.1 路由的基本概念	2
1.1.1 路由的基本概念	3
1.1.2 路由表	4
1.1.3 路由信息的来源	6
1.1.4 路由的优先级	7
1.1.5 路由的度量值	8
1.2 静态路由	9
1.2.1 静态路由的基本概念	9
1.2.2 静态路由配置须知	12
1.2.3 默认路由	14
1.2.4 浮动静态路由	16
1.2.5 案例 1: 静态路由与 BFD 联动	18
1.2.6 案例 2: 静态路由与 NQA 联动	21
1.2.7 案例 3: A 与 B 互 ping 的问题	24
1.2.8 案例 4: 静态路由在以太网接口中的写法及路由器的操作	26
1.3 动态路由协议及分类	28
1.3.1 距离矢量路由协议	28
1.3.2 链路状态路由协议	29
1.4 最长前缀匹配	30
1.5 路由汇总	33
1.6 黑洞路由	36
1.7 路由表与 FIB 表	38
1.8 习题	40
第 2 章 RIP	42
2.1 RIP 的基本概念	44
2.1.1 RIP 路由更新及接收	44
2.1.2 RIP 路由更新与路由表	46
2.1.3 度量值	47
2.1.4 报文类型及格式	49
2.1.5 计时器	51
2.1.6 Silent-Interface	52
2.2 RIP 的防环机制	53
2.2.1 环路的产生	53
2.2.2 定义最大跳数	55
2.2.3 水平分割	55

2.2.4	毒性逆转	57
2.2.5	触发更新	58
2.2.6	毒性路由	59
2.3	RIPv2	59
2.3.1	RIPv1 及 RIPv2	59
2.3.2	报文发送方式	60
2.3.3	报文认证	61
2.3.4	下一跳字段	62
2.3.5	路由标记	63
2.3.6	路由汇总	63
2.4	RIPv2 的配置及实现	66
2.4.1	案例 1: RIPv2 基础配置	66
2.4.2	案例 2: Silent-Interface	69
2.4.3	案例 3: RIP 路由手工汇总	70
2.4.4	案例 4: RIP 报文认证	75
2.4.5	案例 5: 配置接口的附加度量值	77
2.4.6	案例 6: 配置 RIP 发布默认路由	79
2.4.7	案例 7: RIP 路由标记	80
2.5	习题	82
第3章 OSPF		86
3.1	OSPF 的基本概念	88
3.1.1	Router-ID	89
3.1.2	OSPF 的三张表	90
3.1.3	度量值	92
3.1.4	报文类型及格式	93
3.1.5	邻接关系	98
3.1.6	网络类型	102
3.1.7	DR 及 BDR 的概念	104
3.1.8	区域的概念及多区域部署	106
3.1.9	OSPF 路由器的角色	109
3.2	LSA 及特殊区域	110
3.2.1	LSA 概述及常见 LSA 类型	110
3.2.2	LSA 头部	111
3.2.3	LSA 详解	112
3.2.4	区域类型及详解	132
3.2.5	判断 LSA 的新旧	137
3.3	OSPF 协议特性	138
3.3.1	路由汇总	138
3.3.2	Virtual Link	140
3.3.3	默认路由	142
3.3.4	报文认证	144
3.3.5	转发地址	147
3.3.6	OSPF 路由防环机制	149
3.3.7	OSPF 路由类型及优先级	153
3.4	配置及实现	153

3.4.1	OSPF 基础配置命令	153
3.4.2	案例 1: OSPF 单区域配置	156
3.4.3	案例 2: Silent-Interface	159
3.4.4	案例 3: OSPF 多区域配置	161
3.4.5	案例 4: 调整 OSPF Cost 值	163
3.4.6	案例 5: OSPF 特殊区域	164
3.4.7	案例 6: Virtual Link 的配置	172
3.4.8	案例 7: OSPF 报文认证	174
3.4.9	案例 8: OSPF 多进程	175
3.5	习题	181
第 4 章 IS-IS		184
4.1	IS-IS 概述	186
4.1.1	常用术语	186
4.1.2	OSI 地址	187
4.2	IS-IS 的基本概念	189
4.2.1	IS-IS 的层次化设计	189
4.2.2	IS-IS 路由器的分类	191
4.2.3	度量值	192
4.2.4	IS-IS 的三张表	194
4.2.5	协议报文	198
4.2.6	LSP	200
4.2.7	网络类型	204
4.2.8	DIS 与伪节点	207
4.2.9	邻居关系建立过程	211
4.2.10	邻居关系建立须知	213
4.3	协议特性	214
4.3.1	路由渗透	214
4.3.2	路由汇总	216
4.3.3	Silent-Interface	219
4.4	配置及实现	220
4.4.1	案例 1: IS-IS 基础配置	220
4.4.2	案例 2: IS-IS 路由渗透	223
4.4.3	案例 3: IS-IS 默认路由	224
4.4.4	案例 4: IS-IS 接口认证	227
4.5	习题	228
第 5 章 路由重分发		230
5.1	路由重分发的概念	232
5.2	案例 1: RIP 与 OSPF 之间的路由重分发	235
5.3	案例 2: 重分发直连路由到 OSPF	238
5.4	案例 3: 重分发静态路由到 OSPF	239
5.5	习题	240
第 6 章 路由策略与 PBR		242
6.1	路由策略概述	244

6.2	Route-Policy	245
6.2.1	Route-Policy 的基本概念	246
6.2.2	基础配置	247
6.2.3	案例 1: 在引入直连路由时调用 Route-Policy	248
6.2.4	案例 2: 在引入静态路由时调用 Route-Policy	249
6.2.5	案例 3: Route-Policy 在双点双向路由重分发场景中的部署	252
6.2.6	案例 4: 使用 Route-Policy 设置路由标记及过滤带标记的路由	259
6.3	Filter-Policy	260
6.3.1	案例 1: Filter-Policy 对 RIP 发送的路由进行过滤	261
6.3.2	案例 2: Filter-Policy 对 RIP 接收的路由进行过滤	263
6.3.3	案例 3: Filter-Policy 对于向 OSPF 发布的路由进行过滤	264
6.3.4	案例 4: Filter-Policy 对 OSPF 接收的路由进行过滤	266
6.4	IP 前缀列表	268
6.4.1	IP 前缀列表的基本概念	270
6.4.2	案例 1: 在 Route-Policy 中调用 IP 前缀列表	272
6.4.3	案例 2: 在 Filter-Policy 中调用 IP 前缀列表	273
6.5	PBR	274
6.5.1	案例: PBR 基础实验	275
6.6	习题	278
第 7 章 BGP		280
7.1	BGP 的基本概念	282
7.1.1	BGP 对等体关系类型	283
7.1.2	IBGP 水平分割规则	285
7.1.3	路由黑洞问题及 BGP 同步规则	287
7.1.4	路由通告	289
7.1.5	Router-ID	289
7.1.6	报文类型及格式	290
7.1.7	查看 BGP 对等体	292
7.1.8	BGP 路由表	293
7.1.9	将路由发布到 BGP	294
7.2	路径属性	296
7.2.1	Preferred_Value	297
7.2.2	Local_Preference	298
7.2.3	AS_Path	299
7.2.4	Origin	300
7.2.5	MED	301
7.2.6	Next_Hop	302
7.2.7	Atomic_Aggregate 及 Aggregator	305
7.2.8	Community	307
7.3	配置及实现	310
7.3.1	案例 1: BGP 基础实验	310
7.3.2	案例 2: 指定 BGP 更新源 IP 地址	314
7.3.3	案例 3: BGP 与非直连网络上的对等体建立 EBGP 会话	315
7.3.4	案例 4: BGP 路由自动汇总	317
7.3.5	案例 5: BGP 手工路由汇总	319

7.3.6 案例 6: 在 network 命令中使用 Route-Policy 修改路径属性	325
7.3.7 案例 7: 在 peer 命令中使用 Route-Policy 部署路由策略	327
7.3.8 案例 8: 在 peer 命令中使用 Filter-Policy 过滤路由	329
7.3.9 案例 9: 在 peer 命令中使用 ip-prefix 过滤路由	331
7.3.10 案例 10: 使用 as-path-filter 匹配 BGP 路由	331
7.3.11 复位 BGP	334
7.4 路由反射器	335
7.4.1 路由反射器的基本概念	336
7.4.2 路由反射器环境下的路由防环	338
7.4.3 案例: 路由反射器的基础配置	340
7.5 联邦	343
7.5.1 联邦的基本概念	343
7.5.2 AS_Path 属性在联邦 AS 中的处理	345
7.5.3 案例: 联邦的基础配置	346
7.6 BGP 路由优选规则	349
7.6.1 案例 1: 优选 Preferred_Value 属性值最大的路由	350
7.6.2 案例 2: 优选 Local_Preference 属性值最大的路由	352
7.6.3 案例 3: 本地始发的 BGP 路由优于从其他对等体学习到的路由	354
7.6.4 案例 4: 优选 AS_Path 属性最短的路由	355
7.6.5 案例 5: 优选 Origin 属性为 IGP 的路由 (相比于 Origin 属性为 Incomplete 的路由)	357
7.6.6 案例 6: 优选 MED 属性值最小的路由	359
7.6.7 案例 7: EBGP 路由的优先级高于 IBGP 路由	360
7.6.8 案例 8: 优选到 Next_Hop 的 IGP 度量值最小的路由	362
7.6.9 案例 9: 优选 Cluster_List 最短的路由	363
7.6.10 案例 10: 优选 Router-ID 最小的对等体所通告的路由	365
7.6.11 案例 11: 优选具有最小 IP 地址 (Peer 命令所指定的地址) 的对等体通告的路由	366
7.7 习题	367
第 8 章 以太网交换	370
8.1 二层交换基础	372
8.1.1 MAC 地址	373
8.1.2 以太网数据帧	375
8.1.3 MAC 地址表	375
8.1.4 二层交换的工作原理	376
8.2 VLAN	379
8.2.1 VLAN 的概念及意义	379
8.2.2 VLAN 的跨交换机实现	382
8.2.3 接口类型	384
8.2.4 案例 1: Access 与 Trunk 类型接口的基础配置	388
8.2.5 案例 2: 深入理解交换机对数据帧的处理过程	390
8.2.6 案例 3: Hybrid 接口的配置	392
8.2.7 案例 4: 基于 IP 地址划分 VLAN	394
8.2.8 案例 5: 由于缺少 VLAN 信息导致通信故障	395
8.3 实现 VLAN 之间的通信	397
8.3.1 使用以太网子接口实现 VLAN 之间的通信	397
8.3.2 案例 1: 路由器子接口的配置	401

8.3.3	使用 VLANIF 实现 VLAN 之间的通信	402
8.3.4	案例 2: 三层交换机配置案例	405
8.4	MUX VLAN	408
8.4.1	案例: MUX VLAN 基础配置	410
8.5	VLAN 聚合	411
8.5.1	案例: VLAN 聚合基础配置	413
8.6	企业交换网络	415
8.7	习题	417
第 9 章 以太网安全		418
9.1	MAC 地址表的配置及管理	420
9.2	接口安全	422
9.2.1	案例 1: 接口安全基础配置	423
9.2.2	案例 2: Sticky MAC 地址	426
9.3	MAC 地址漂移与应对	427
9.3.1	案例 1: 配置接口 MAC 地址学习优先级	430
9.3.2	案例 2: 配置不允许相同优先级接口 MAC 地址漂移	430
9.3.3	案例 3: 配置基于 VLAN 的 MAC 地址漂移检测	431
9.3.4	案例 4: 配置全局 MAC 地址漂移检测	436
9.4	DHCP Snooping	440
9.4.1	DHCP Snooping 基本机制	440
9.4.2	案例: DHCP Snooping 的基础配置	442
9.5	习题	443
第 10 章 STP		446
10.1	STP	448
10.1.1	STP 基本概念	449
10.1.2	STP 的基本操作过程	452
10.1.3	STP 报文	454
10.1.4	STP 的时间参数	456
10.1.5	BPDU 的比较原则	457
10.1.6	BPDU 的交互与拓扑计算	457
10.1.7	STP 接口状态	459
10.1.8	案例: STP 的基础配置	460
10.2	RSTP	463
10.2.1	RSTP 接口角色	463
10.2.2	RSTP 接口状态	465
10.2.3	BPDU	465
10.2.4	边缘接口	466
10.2.5	P/A 机制	467
10.2.6	保护功能	469
10.2.7	案例 1: RSTP 基础配置	473
10.2.8	案例 2: RSTP 错误地阻塞接口导致网络故障	475
10.3	MSTP	476
10.3.1	案例 1: MSTP 单实例	478

10.3.2 案例 2: MSTP 多实例	480
10.4 生成树的替代方案	482
10.5 习题	485
第 11 章 VRRP	488
11.1 VRRP 概述	490
11.2 基本概念	492
11.3 工作机制	494
11.3.1 报文格式	494
11.3.2 状态机	495
11.3.3 Master 路由器的“选举”	497
11.3.4 工作过程	497
11.4 配置及实现	499
11.4.1 案例 1: 基础 VRRP	499
11.4.2 案例 2: 监视上行链路	500
11.4.3 案例 3: 在路由器子接口上部署 VRRP	502
11.4.4 案例 4: 在三层交换机上部署 VRRP	504
11.4.5 案例 5: VRRP+MSTP 典型组网方案	506
11.5 习题	511
第 12 章 组播	512
12.1 组播技术基础	514
12.1.1 组播网络架构	516
12.1.2 组播 IP 地址	518
12.1.3 组播 MAC 地址	519
12.1.4 IGMP 概述	520
12.2 IGMPv1	521
12.2.1 报文类型	521
12.2.2 IGMPv1 查询及响应	522
12.2.3 IGMPv1 组成员加入	524
12.2.4 IGMPv1 组成员离开	524
12.2.5 IGMPv1 查询器	525
12.3 IGMPv2	526
12.3.1 报文类型	526
12.3.2 IGMPv2 查询及响应	527
12.3.3 IGMPv2 组成员离开	527
12.3.4 IGMPv2 查询器	528
12.3.5 案例 1: IGMPv2 基础配置	529
12.3.6 案例 2: 配置静态组播组	532
12.4 IGMPv3	533
12.4.1 报文类型	533
12.4.2 IGMPv3 查询及响应	536
12.4.3 IGMPv3 组成员离组	537
12.4.4 案例: IGMPv3 基础配置	537
12.5 组播路由协议基础	539