



H3C网络学院系列教程

H3C

路由交换技术

第1卷（下册）

杭州华三通信技术有限公司 编著



清华大学出版社

H3C 网络学院系列教程

路由交换技术

第 1 卷

(下册)

杭州华三通信技术有限公司 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

H3C 网络学院路由交换技术第 1 卷对建设中小型企业网络所需的网络技术进行详细介绍,包括网络模型、TCP/IP、局域网和广域网接入技术、以太网交换、IP 路由、网络安全基础、网络优化和管理基础等。本书的最大特点是理论与实践紧密结合,依托 H3C 路由器和交换机等网络设备精心设计的大量实验,有助于读者迅速、全面地掌握相关的知识和技能。

本书是 H3C 网络学院路由交换技术第 1 卷的下册,主要内容包括 FTP/DNS 等应用层协议、VLAN 和生成树以太网交换技术、RIP/OSPF 等 IP 路由技术、ACL/NAT/AAA 等安全技术,以及基本的网络管理优化技术。

本书是为网络技术领域的入门者编写的。对于大中专院校在校学生,本书是进入计算机网络技术领域的好教材;对于专业技术人员,本书是掌握计算机网络工程技术的好向导;对于普通网络技术爱好者,本书也不失为学习和了解网络技术的优秀参考书籍。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

路由交换技术 第 1 卷(下册)/杭州华三通信技术有限公司编著. —北京:清华大学出版社, 2011.4

(H3C 网络学院系列教程)

ISBN 978-7-302-24980-1

I. ①路… II. ①杭… III. ①计算机网络—路由选择—高等学校—教材 ②计算机网络—信息交换机—高等学校—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 028281 号

责任编辑:刘 青

责任校对:袁 芳

责任印制:

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:

装 订 者:

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24.25

字 数:652 千字

版 次:2011 年 4 月第 1 版

印 次:2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~ 000

定 价: .00 元

产品编号:041262-01

认证培训开发委员会

顾 问 江梅坤 曹向英
主 任 李 林
副主任 刘 宇 黄 波 尤学军

路由交换编委会

赵治东 张东亮 彭天付 田海荣
张 荣 李 渊 赵 亮

本书编审人员

主 编 赵治东 张东亮 陈 喆 刘延江
技术评审 赵治东 廖福建

伴随着互联网上各种业务的快速发展,作为信息化技术一个分支的网络技术已经与人们的日常生活密不可分,在越来越多的人依托网络进行沟通的同时,网络本身也演变成了服务、需求的创造和消费平台,这种新的平台逐渐创造了一种新的生产力,一股新的力量。

如同人类民族之间语言的多样性一样,最初的计算机网络通信技术也呈现多样化发展。不过伴随着互联网应用的成功,IP 作为新的力量逐渐消除了这种多样性趋势。在大量开放式、自由的创新和讨论中,基于 IP 的网络通信技术被积累完善起来;在业务易于实现、易于扩展、灵活方便性的选择中,IP 标准逐渐成为唯一的选择。

杭州华三通信技术有限公司(H3C)作为国际领先的 IP 网络技术解决方案提供商,立足中国,一直致力于推进 IP 技术的推广。面对大量从海外技术资料翻译而来的各类技术资料所难免存在的问题,作为技术标准参与制定者的华三公司,深感自身责任的重大。早在 2003 年,华三公司的前身——华为 3Com 公司就创办了华为 3Com 网络学院,也就是今天的 H3C 网络学院。由于 H3C 培训课程受到广泛欢迎,许多学校、机构及合作伙伴也多次表达了对华三公司正式出版技术教材的期望,2004 年 10 月,华三公司出版了自己的第一本网络学院教材,开创了华三公司网络学院教材正式出版的先河,极大地推动了 IP 技术在网络技术业界的普及。作为 H3C 网络学院的核心教材,H3C 网络学院路由交换技术系列教程的陆续出版必将继续促进网络技术教育培训的快速发展。

H3C 网络学院路由交换技术系列教程把握技术发展潮流,依托 H3C IToIP 解决方案,充分考虑了当今和未来一定时期内各类企业和组织 IT 系统对网络技术的需求,提出了全新的课程架构和内容编排。

H3C 网络学院路由交换技术系列教程的内容安排更加丰富、全面、系统,逻辑更顺畅,线索更清晰,讲解更细致,图示更易懂。这套教程不仅可以帮助读者获得 H3CNE/H3CSE 证书,而且可以让读者获得作为一名专业网络技术人员所需的知识和技能,从而能够从事大中型网络的设计、配置、维护等工作。

作为业界厂商推出的教程,H3C 网络学院路由交换技术系列教程在细致阐述网络技术理论的前提下,更侧重于网络技术的实际应用,纳入了大量翔实而细致的实验案例。华三公司希望通过这种形式,探索出不同于传统理论教学的“理论与实践相结合”的教育方法,顺应国家提倡的“学以致用、工学结合”教育方向,培养更多的实用型网络工程技术人员。

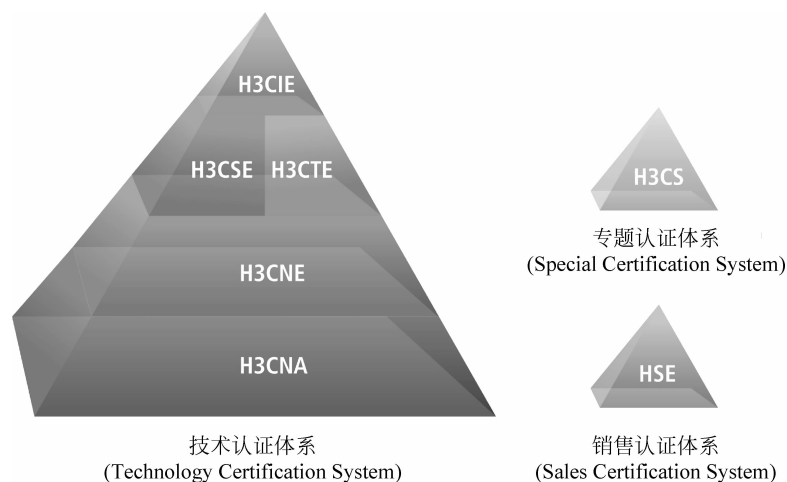
后续,华三公司还将组织业界专家陆续推出一系列中文技术教程。希望在 IP 技术领域,这一系列教程能成一股新的力量,回馈广大网络技术爱好者,为推进中国 IP 技术发展尽绵薄之力,同时也希望读者给我们提出宝贵的意见。

杭州华三通信技术有限公司全球技术服务部
认证培训开发委员会路由交换编委会
2010 年 12 月

H3C认证简介

H3C 认证培训体系是中国第一家建立国际规范的完整的网络技术认证体系，H3C 认证是中国第一个走向国际市场的 IT 厂商认证。H3C 致力于行业的长期增长，通过培训实现知识转移，着力培养高业绩的缔造者。目前在全球拥有 30 余家授权培训中心和 260 余家网络学院。截至 2009 年年底，已有 40 多个国家和地区的 11 万余人次接受过培训，逾 6.5 万人次获得认证证书。

按照技术应用场合的不同，同时充分考虑客户不同层次的需求，H3C 公司为客户提供了从网络助理工程师到网络专家的四级技术认证体系、突出专业技术特色的专题认证体系和销售认证体系，构成了全方位的网络技术认证体系。



H3C 认证将秉承“专业务实，学以致用”的理念，与各行各业建立更紧密的合作关系，认真研究各类客户不同层次的需求，不断完善认证体系，提升认证的含金量，使 H3C 认证能有效证明学员所具备的网络技术知识和实践技能，帮助学员在竞争激烈的职业生涯中保持强有力的竞争实力。

随着互联网技术的广泛普及和应用,通信及电子信息产业在全球迅猛发展起来,从而也带来了网络技术人才需求量的不断增加,网络技术教育和人才培养成为高等院校一项重要的战略任务。

H3C 网络学院(HNC)主要面向高校在校学生开展网络技术培训,培训使用 H3C 网络学院系列培训教程。H3C 网络学院培训教程根据技术方向和课时分为多卷,高度强调实用性和提高学生动手操作的能力。

H3C 网络学院路由交换技术第 1 卷在 H3CNE 认证培训课程内容基础上进行了丰富和加强,内容覆盖面广,讲解由浅入深,包括大量与实践相关的内容,学员在学习后可具备 H3CNE 的备考能力。

本书适合以下几类读者。

- 大中专院校在校生:本书既可作为 H3C 网络学院的教科书,也可作为计算机通信相关专业学生的参考书。
- 公司职员:本书能够用于公司进行网络技术的培训,帮助员工理解和熟悉各类网络应用,提升工作效率。
- 网络技术爱好者:本书可以作为所有对网络技术感兴趣的爱好者学习网络技术的自学书籍。

H3C 网络学院路由交换技术第 1 卷内容涵盖当前构建中小网络的主流技术,不但重视理论讲解,而且从最基本的线缆制作到复杂的网络配置都精心设计了相关实验,充分凸显了 H3C 网络学院教程的特点——专业务实、学以致用。通过对本书的学习,学员不仅能进行路由器、交换机等网络设备的配置,还可以全面理解网络与实际生活的联系及应用,掌握如何利用基本的网络技术设计和构建中小型企业网络。课程经过精心设计,结构合理,重点突出,学员可以在较短的学时内完成全部内容的学习,便于知识的连贯和理解,可以很快进入到更高级课程的学习当中。依托 H3C 强大的研发和生产能力,本书涉及的技术都有其对应的产品支撑,能够帮助学员更好地理解 and 掌握知识与技能。本书技术内容都遵循国际标准,从而保证良好的开放性和兼容性。

H3C 网络学院路由交换技术第 1 卷分为上、下两册。本书为其中的下册,包括 5 篇共 23 章,并附 17 个课程实验。各章及附录内容简介如下。

第 6 篇 应用层协议原理

第 25 章 文件传输协议:本章讲述 FTP 和 TFTP 协议的基本原理,包括其协议文件传输模式和数据传输模式,以及 FTP 和 TFTP 的相关配置方法。

第 26 章 DNS: 本章介绍 DNS 协议的基础原理及工作方式, 及其在路由器上的配置。

第 27 章 其他应用层协议: 本章主要概述 3 种较常用的应用(远程登录、电子邮件、互联网浏览)所使用的应用层协议, 介绍它们的基本定义及工作原理。

第 7 篇 以太网交换技术

第 28 章 以太网交换基本原理: 本章介绍共享式以太网和交换式以太网的区别, 最后重点讲述交换机进行 MAC 地址学习以构建 MAC 地址表的过程和对数据帧的转发原理。

第 29 章 配置 VLAN: 本章介绍 VLAN 技术产生的背景、VLAN 的类型及其相关配置、IEEE 802.1Q 的帧格式、交换机端口的链路类型及其相关配置。

第 30 章 生成树协议: 本章首先介绍有关 STP 协议的一些基本概念, 以及 STP 协议是如何通过实现冗余链路的闭塞和开启从而实现一棵动态的生成树的, 最后介绍 RSTP(快速生成树协议)和 MSTP(多生成树协议), 以及如何在交换机上对生成树进行配置。

第 31 章 配置链路聚合: 本章介绍链路聚合的作用、链路聚合中负载分担的原理, 以及如何在交换机上配置及维护链路聚合。

第 8 篇 IP 路由技术

第 32 章 IP 路由原理: 本章介绍路由的作用、路由的转发原理、路由表的构成及含义, 以及在设备上查看路由表的方法。

第 33 章 直连路由和静态路由: 本章介绍直连路由和静态路由的基本概念、配置 VLAN 间路由的方法、静态默认路由和静态黑洞路由的配置与应用, 以及如何用静态路由实现路由备份及负载分担的方法。

第 34 章 路由协议基础: 本章讲述可路由协议与路由协议的区别、路由协议的种类和特点、距离矢量路由协议工作原理、距离矢量路由协议环路产生原因和链路状态路由协议原理。

第 35 章 RIP 基础: 本章介绍 RIP 路由协议的特点、RIP 路由信息的生成和维护、路由环路避免的方法和 RIP 协议的基本配置。

第 36 章 OSPF 基础: 本章主要讲述 OSPF 路由协议原理、配置方法和 OSPF 常见问题定位手段。

第 9 篇 网络安全技术基础

第 37 章 网络安全技术概述: 本章介绍网络安全技术概念和网络安全技术的范围。

第 38 章 用访问控制列表实现包过滤: 本章介绍 ACL 分类及应用、ACL 包过滤工作原理、ACL 包过滤的配置方法, 以及 ASPF 的功能和基本原理。

第 39 章 网络地址转换: 本章讲述 NAT 技术出现的历史背景、NAT 的分类及其原理、如何配置常见 NAT 应用, 以及如何在实际网络中灵活选择适当的 NAT 技术。

第 40 章 AAA 和 RADIUS: 本章介绍 AAA 的架构、RADIUS 协议的认证流程和主要属性, 以及如何在设备上配置 AAA 和 RADIUS。

第 41 章 交换机端口安全技术: 本章首先讲述 802.1x 协议基本原理及其配置, 随后介绍端口隔离技术及其配置, 最后介绍端口绑定技术及其配置。

第 42 章 IPsec 基础: 本章讲述 IPsec 的功能和特点、IPsec 的体系构成、IPsec/IKE 的基本特点, 以及如何进行 IPsec + IKE 预共享密钥隧道的基本配置。

第 43 章 EAD 介绍: 本章介绍 EAD 的实现原理、EAD 方案中各元素的功能、iMC EAD 产品的功能和 iNode 智能客户端的功能。

第 10 篇 网络优化和管理基础

第 44 章 提高网络可靠性: 本章对网络可靠性设计做了初步的探讨, 并介绍几种典型的

提高网络可靠性的方法。

第 45 章 网络管理：本章从网络管理技术概述出发，首先介绍网络管理的基本概念和功能；然后介绍网络管理系统的组成和实现，重点介绍 SNMP 协议；为了使读者掌握网络管理的实际运用，在此基础上介绍了 H3C 的网络管理产品和应用；最后对网络管理的发展趋势进行了介绍。

第 46 章 堆叠技术：本章介绍堆叠技术的产生背景和应用，堆叠技术的工作原理、基本配置和排错方法。

第 47 章 网络故障排除基础：本章对网络故障进行了分类，介绍网络故障排除的步骤、常见的故障排除工具，并给出了一些故障排除的方法和建议。

附录 课程实验

实验 13 FTP/TFTP

实验 14 以太网交换基础

实验 15 VLAN

实验 16 生成树协议

实验 17 链路聚合

实验 18 直连路由和静态路由

实验 19 RIP

实验 20 OSPF

实验 21 ACL 包过滤

实验 22 网络地址转换

实验 23 AAA/SSH

实验 24 交换机端口安全技术

实验 25 IPSec

实验 26 VRRP

实验 27 链路备份和路由备份

实验 28 网络管理基本操作

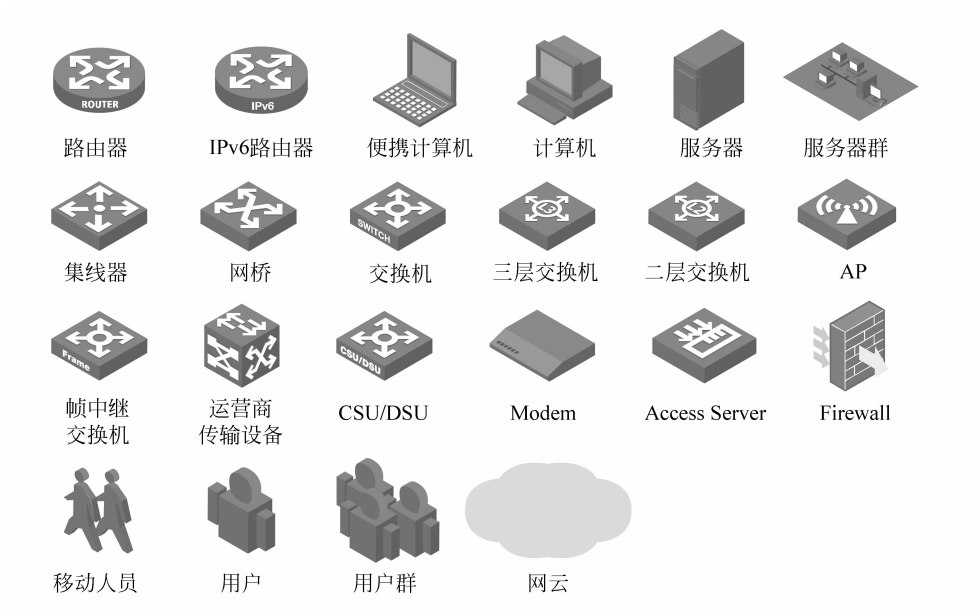
实验 29 综合组网

为启发读者思考，加强学习效果，本书所附实验均为任务式实验。H3C 授权的网络学院教师可以从 H3C 网站上下载实验的教师参考资料，其中包含所有实验内容的具体答案。

各型设备和各版本软件的命令、操作、信息输出等均可能有所差别。本书选用 H3C MSR30-20/20-20(Comware V5. 20-R1618P13-Standard)路由器和 S3610(Comware V5. 20-R5306)作为主要的教学和实验设备。若读者采用的设备型号、软件版本等与本书不同，可参考所用设备和版本的相关手册。

H3C 培训中心
2011 年 1 月

书中的常用图标说明



第 6 篇 应用层协议原理

第 25 章 文件传输协议	2
25.1 FTP 协议	2
25.1.1 FTP 协议介绍	2
25.1.2 FTP 数据传输方式	3
25.2 TFTP 协议	6
25.3 配置 FTP 与 TFTP	7
本章小结	9
习题和解答	9
第 26 章 DNS	11
26.1 DNS 域名	11
26.2 DNS 域名结构	12
26.3 DNS 域名解析	13
26.3.1 DNS 域名解析概述	13
26.3.2 DNS 域名解析过程	14
26.4 DNS 传输层协议选择	16
26.5 DNS 查询方式	16
26.6 DNS 反向查询	17
26.7 H3C 设备 DNS 特性及配置	18
26.7.1 H3C 设备 DNS 特性	18
26.7.2 配置静态和动态域名解析	18
26.7.3 配置 DNS 代理	19
本章小结	19
习题和解答	20
第 27 章 其他应用层协议	21
27.1 Telnet	21

27.2 SMTP/POP3	23
27.3 HTTP	24
本章小结	25
习题和解答	25

第7篇 以太网交换技术

第28章 以太网交换基本原理	28
28.1 共享式与交换式以太网	28
28.2 MAC地址学习	30
28.3 数据帧的转发	31
28.4 数据帧的过滤	33
28.5 广播域	33
本章小结	34
习题和解答	34
第29章 配置 VLAN	36
29.1 VLAN技术简介	36
29.2 VLAN类型	38
29.2.1 基于端口的VLAN划分	38
29.2.2 基于MAC地址的VLAN划分	39
29.2.3 基于协议的VLAN划分	40
29.2.4 基于子网的VLAN划分	40
29.3 VLAN技术原理	41
29.3.1 VLAN的帧格式	42
29.3.2 单交换机VLAN标签操作	42
29.3.3 跨交换机VLAN标签操作	43
29.4 配置VLAN	46
29.4.1 创建VLAN	46
29.4.2 Trunk端口配置	46
29.4.3 Hybrid端口配置	47
29.4.4 VLAN配置示例	47
本章小结	48
习题和解答	49
第30章 生成树协议	50
30.1 STP产生背景	50
30.2 STP	51
30.2.1 桥协议数据单元	51
30.2.2 根桥选举	52

30.2.3	确定端口角色	52
30.2.4	根路径开销	54
30.2.5	桥 ID 的作用	55
30.2.6	端口 ID 的作用	55
30.2.7	端口状态	56
30.3	RSTP	57
30.4	MSTP	58
30.5	生成树协议的比较	59
30.6	生成树协议的基本配置	60
30.6.1	STP 基本配置	60
30.6.2	配置优化 STP	61
30.6.3	STP 配置示例	61
30.6.4	STP 显示与维护	61
	本章小结	62
	习题和解答	62
第 31 章	配置链路聚合	64
31.1	链路聚合简介	64
31.2	链路聚合的分类	65
31.3	链路聚合的基本配置	65
	本章小结	66
	习题和解答	66
第 8 篇 IP 路由技术		
第 32 章	IP 路由原理	70
32.1	路由概述	70
32.2	路由表	71
32.3	路由器单跳操作	71
32.4	路由的来源	74
32.5	路由的度量	74
32.6	路由优先级	74
32.7	路由环路	75
32.8	查看设备的路由表	75
	本章小结	77
	习题和解答	77
第 33 章	直连路由和静态路由	78
33.1	直连路由	78
33.2	VLAN 间路由	79

33.2.1	不适当的 VLAN 间路由方式	79
33.2.2	用 802.1Q 和子接口实现 VLAN 间路由	80
33.2.3	用三层交换机实现 VLAN 间路由	81
33.3	静态路由	81
33.3.1	静态路由概述	81
33.3.2	静态路由配置	82
33.3.3	静态路由配置示例	82
33.4	静态默认路由的配置	83
33.5	用静态路由实现路由备份和负载分担	84
33.6	静态黑洞路由的应用	85
	本章小结	85
	习题和解答	86
第 34 章	路由协议基础	87
34.1	路由协议概述	87
34.1.1	路由协议与可路由协议	87
34.1.2	路由协议基本原理	88
34.1.3	路由协议与 IP 的关系	88
34.1.4	路由协议的分类	89
34.1.5	路由协议的性能指标	90
34.2	距离矢量路由协议原理	90
34.2.1	距离矢量路由协议算法	90
34.2.2	距离矢量路由协议路由更新过程	91
34.2.3	距离矢量路由协议环路产生	93
34.3	链路状态路由协议原理	96
	本章小结	97
	习题和解答	97
第 35 章	RIP 基础	99
35.1	RIP 路由协议概述	99
35.2	RIP 协议的工作过程	99
35.2.1	RIP 路由表初始化	99
35.2.2	RIP 路由表更新	100
35.2.3	RIP 路由表的维护	101
35.3	RIP 路由环路避免	102
35.3.1	路由毒化	102
35.3.2	水平分割	103
35.3.3	毒性逆转	103
35.3.4	定义最大度量值	104
35.3.5	抑制时间	105
35.3.6	触发更新	105

35.3.7	RIP 环路避免操作示例	106
35.4	RIPv2 的改进	107
35.5	RIP 协议配置	107
35.5.1	RIP 基本配置	107
35.5.2	RIP 可选配置	108
35.5.3	RIPv2 相关配置	109
35.5.4	RIP 基本配置示例	109
35.5.5	RIPv2 配置示例	110
35.5.6	RIP 运行状态及配置信息查看	110
	本章小结	112
	习题和解答	112
第 36 章	OSPF 基础	113
36.1	RIP 的缺陷	113
36.2	OSPF 基本原理	116
36.2.1	OSPF 概述	116
36.2.2	OSPF 协议工作过程概述	116
36.2.3	寻找邻居	117
36.2.4	建立邻接关系	118
36.2.5	链路状态信息传递	120
36.2.6	路由计算	121
36.2.7	OSPF 分区域管理	122
36.3	配置 OSPF	124
36.3.1	OSPF 基本配置命令	124
36.3.2	OSPF 可选配置命令	125
36.3.3	单区域 OSPF 配置示例一	125
36.3.4	单区域 OSPF 配置示例二	127
36.3.5	多区域 OSPF 配置示例	127
36.4	OSPF 的 LSA 类型	128
36.5	边缘区域	132
36.6	OSPF 信息显示与调试	137
36.6.1	OSPF 信息显示	137
36.6.2	调试 OSPF	139
	本章小结	139
	习题和解答	140
第 9 篇 网络安全技术基础		
第 37 章	网络安全技术概述	142
37.1	网络安全概述	142

37.2	网络安全关注的范围	142
37.3	网络安全的关键技术	143
37.3.1	ACL 包过滤技术	143
37.3.2	网络地址转换技术	143
37.3.3	认证、授权和计费	143
37.3.4	交换机端口安全技术	144
37.3.5	VPN 虚拟私有网技术	144
37.3.6	终端准入控制	145
	本章小结	146
	习题和解答	146
第 38 章	用访问控制列表实现包过滤	147
38.1	ACL 概述	147
38.2	基于 ACL 的包过滤	148
38.2.1	基本工作原理	148
38.2.2	ACL 包过滤工作流程	148
38.2.3	通配符掩码	150
38.3	ACL 分类	151
38.4	配置 ACL 包过滤	153
38.5	ACL 包过滤的注意事项	156
38.5.1	ACL 规则的匹配顺序	156
38.5.2	在网络中的正确位置配置 ACL 包过滤	158
38.6	ASPF 介绍	159
38.6.1	ASPF 概述	159
38.6.2	ASPF 工作原理	160
	本章小结	161
	习题和解答	161
第 39 章	网络地址转换	163
39.1	NAT 概述	163
39.2	Basic NAT	164
39.2.1	Basic NAT 原理	164
39.2.2	配置 Basic NAT	165
39.3	NAPT	167
39.3.1	NAPT 原理	167
39.3.2	配置 NAPT	168
39.4	Easy IP	169
39.5	NAT Server	170
39.6	NAT ALG	171
39.7	NAT 的信息显示和调试	173
	本章小结	173