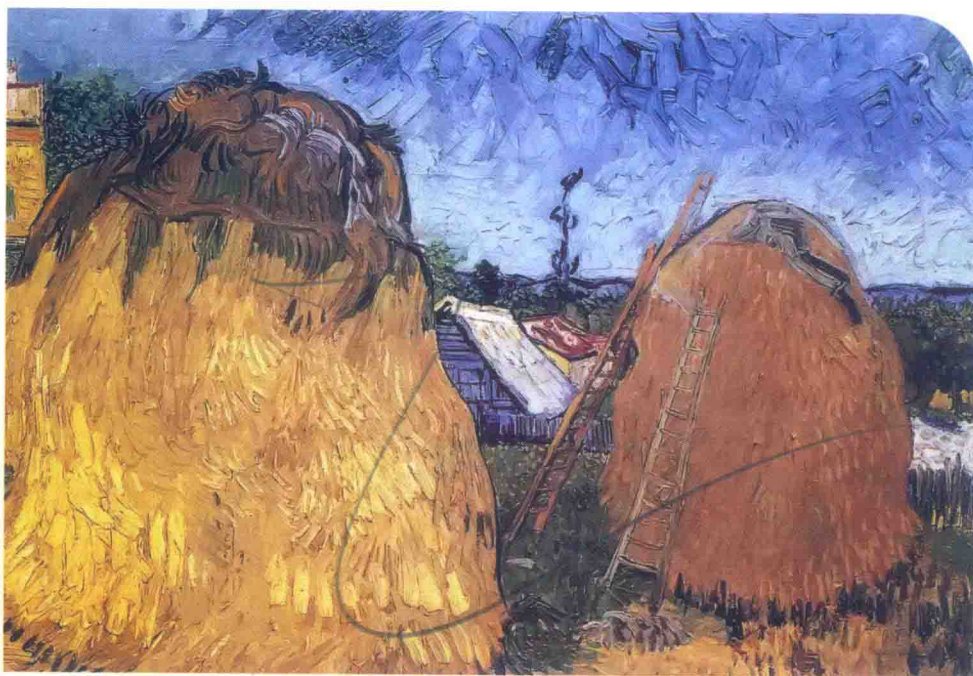




21世纪高等学校计算机
专业实用规划教材

计算机网络与通信 ——原理与实践

◎ 洪家军 陈俊杰 编著



清华大学出版社





21世纪高等学校计算机
专业实用规划教材



计算机网络与通信 ——原理与实践

◎ 洪家军 陈俊杰 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书分为两个部分,第一部分依照计算机网络经典的5层模型,以物理层、数据链路层、网络层、运输层和应用层自下而上逐层详细介绍了计算机网络的基本原理和技术;简要介绍了网络安全相关的基本理论;第二部分则以网络工程师的基本要求为目标设计了大量的综合性实验项目,所有实验项目均在虚拟机环境下实现,解决了真实实验环境下很多无法解决的难题。各章后面还附有大量来自历年网络工程师认证考试的真题,在附录中给出了绝大部分习题的参考答案。

本书的特点是概念准确、论述严谨、内容新颖、图文并茂、突出基本原理和基本概念的阐述,同时各实验项目均有详细实验指导过程,真正做到了理论与实践相结合,利于学以致用。

本书可供电气信息类和计算机类专业的高职、专科和本科生使用,对有志于参加网络工程师认证考试的读者以及从事计算机网络工作的工程技术人员也有一定的参考价值。

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

计算机网络与通信:原理与实践/洪家军,陈俊杰编著. —北京:清华大学出版社,2018

(21世纪高等学校计算机专业实用规划教材)

ISBN 978-7-302-50150-3

I. ①计… II. ①洪… ②陈… III. ①计算机网络—教材 ②计算机通信—教材 IV. ①TP393 ②TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 112354 号

责任编辑:闫红梅 薛 阳

封面设计:刘 键

责任校对:焦丽丽

责任印制:丛怀宇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:33.5

字 数:814千字

版 次:2018年8月第1版

印 次:2018年8月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:69.00元

产品编号:077544-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

本系列教材立足于计算机专业课程领域,以专业基础课为主、专业课为辅,横向满足高校多层次教学的需要。在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 反映计算机学科的最新发展,总结近年来计算机专业教学的最新成果。内容先进,充分吸收国外先进成果和理念。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,融合先进的教学思想、方法和手段,体现科学性、先进性和系统性,强调对学生实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现教学质量和教学改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业课教材配套,同一门课程有针对不同层次、面向不同应用的多本具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选。在制定教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教

材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主题。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平教材编写梯队才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校计算机专业实用规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

计算机网络,特别是 Internet 的产生与发展在现代科学技术史上具有划时代的意义。网络化、信息化和智能化正在改变我们的世界,包括我们的生活方式。互联网已经成为人类社会活动不可或缺的基础设施,掌握计算机网络原理与技术既是专业人士,也是现代社会各类人才的普遍要求。随着计算机网络向云计算、大数据和物联网等方向深入发展与应用,当代大学生更需要掌握计算机网络的基本原理,并具备一定的实践技能。

随着区域经济社会发展对应用型人才的需要,以及地方应用型本科院校对实践教学改革的需求,急需建设一批以工程实践为导向的应用型教材,帮助学生在实践中更好地理解相关专业理论知识,并积累一定的工程实践经验,提升专业应用技能。

在本人从事计算机网络相关课程十余年的教学过程中,很少看到有教材能将计算机网络与通信的理论与实践融合在一起,让学生在学习理论的同时能有相应的实验指导来检验和实践相关的内容。因此,每次看到坐在讲台下的学生似懂非懂地听着这些理论知识的时候;每次在机房里看到那些学生因为没有具体的实验指导书而不知所措的时候;更重要的是经常有学生问学了这门课能做什么的时候……笔者都会有一种非常强烈的冲动,那就是要自己写一本既能将理论描述清晰而且简单,又能有丰富且具实用价值的综合性实验项目的教材,让学生读后知道计算机网络是什么,利用计算机网络能做什么以及如何构建和管理计算机网络等。近十年来,笔者参与了当地各企事业单位的各种教学、培训以及生产实践等活动;编写和修订了多种实验指导书,并在导师吴金龙教授的指导下,编写了一本《Internet 技术与应用》,参编了另外两本关于计算机网络与安全的教材,积累了非常宝贵的经验。这次,终于下定决心,埋头工作半年有余的时间,将前期工作进行筛选和整理,完成本书的编写。

本教材以实用为价值取向,以网络工程师认证为目标进行设计安排。全书分为理论知识和实验实践两大部分。其中,理论知识依照计算机网络经典的 5 层模型,以物理层、数据链路层、网络层、运输层和应用层自下而上逐层介绍计算机网络的基本原理和技术,使读者逐步有序地深入学习和掌握各个层次的核心技术与协议规范;简要介绍了网络安全相关的基本理论。实验实践部分中的实验项目安排参考了网络工程师考试大纲的基本要求,所有实验项目均在虚拟机环境下实现,解决了真实实验环境下很多无法解决的难题,大多数实验项目为综合性和设计型实验,其中,第 11 章和第 12 章的实验项目来自于福建新大陆电脑股份有限公司,并在他们的基础上提炼简化而成。最后一章的综合实验则是将前面的实验进行再综合,达到了中小企业网络在规划、设计、配置、管理与维护等方面的基本要求。通过这些实验项目的训练,学生将对前面的理论学习有更直观的认识与理解,相信也能从实验中理解理论知识,掌握实践技能并能解决实际问题而由衷地感到愉悦,促进学生对网络工程师的

认识,激发学生参加网络工程师认证考试的热情。

虽然本书不能作为网络工程师认证考试的教材,但通过本教材的学习,再去阅读网络工程师的教材以及考试真题,相信会轻松很多。

本书每章后面设有大量习题,这些习题很多均来自历年软考网络工程师认证考试的真题,期望这些习题能帮助读者更好地理解、掌握和检测每章中的重要知识点。附录 A 给出了大部分习题的参考答案或解析。为了能让读者更好地了解网络工程师认证考试,附录 B 给出了 2016 年下半年考试的全套考试真题及参考答案。

本教材由莆田学院信息工程学院的洪家军和陈俊杰共同编写,其中,洪家军编写了第 1~7 章和第 10~14 章,并统阅了全书。陈俊杰编写了第 8 章和第 9 章,并整理了附录 B 的内容。

本书涉及的许多资料来源于作者多年的教学与实践以及应用研究的积累,并参考了大量的书籍、文献和网络资源,特别是谢希仁教授编著的《计算机网络》(第 7 版)、张曾科和吉岭东编著的《计算机网络》以及雷震甲等人编写的《网络工程师教程》(第 4 版)三本重要教材。在此向有关书籍、文献和网络资源的作者表示衷心的感谢和诚挚的敬意。由于资料来源的广泛性,很多资料没有能够一一注明,在此向这些作者表示歉意。

最后衷心感谢清华大学出版社的大力支持,感谢福建省自然科学基金项目(2016J01759)和莆田学院出版基金的资助。

由于时间和水平有限,书中难免存在不足和疏漏之处,敬请各位同行专家和广大读者批评指正。

洪家军

2018 年 1 月

目 录

第一部分 计算机网络与通信的基本原理

第 1 章 计算机网络概述	3
1.1 计算机网络的形成与发展	3
1.1.1 计算机网络的定义	3
1.1.2 计算机网络的形成与发展	3
1.1.3 计算机网络在我国的发展	5
1.2 计算机网络的组成	6
1.2.1 计算机网络的基本构件	6
1.2.2 网络互连与网络云	7
1.3 计算机网络的分类	8
1.3.1 按照网络的作用范围分类	8
1.3.2 按网络的使用者进行分类	8
1.4 Internet 的组成	9
1.4.1 Internet 的边缘	9
1.4.2 Internet 的核心	11
1.5 Internet 的结构与管理	13
1.5.1 Internet 的结构	13
1.5.2 Internet 的管理机构及标准化组织	14
1.5.3 Internet 的标准化	15
1.6 计算机网络的性能指标	16
1.6.1 数据传输速率	16
1.6.2 带宽	16
1.6.3 吞吐量	16
1.6.4 时延	16
1.6.5 时延带宽积	17
1.6.6 误码率	18
1.6.7 丢包率	18
1.7 计算机网络体系结构	18
1.7.1 协议	18

1.7.2	分层	19
1.7.3	分层的网络体系结构	20
1.7.4	OSI/RM 体系结构	21
1.7.5	TCP/IP 体系结构	22
1.7.6	5 层网络体系结构	23
1.8	物理传输媒体	25
1.8.1	有导向传输媒体	25
1.8.2	非导向传输媒体	27
	习题	29
第 2 章	物理层	32
2.1	物理层概述	32
2.2	数据通信基础知识	33
2.2.1	通信系统模型	33
2.2.2	数字通信及其性质	34
2.2.3	编码与解码	35
2.2.4	模拟信号的数字化编码	36
2.2.5	调制与解调	37
2.2.6	通信方式	38
2.3	信道复用技术	39
2.3.1	频分复用	39
2.3.2	时分复用	40
2.3.3	波分复用	41
2.3.4	码分复用	42
2.4	数字传输系统	43
2.4.1	准同步数字系列	44
2.4.2	SONET/SDH 同步数字系列	44
2.5	宽带接入技术	45
2.5.1	ADSL 接入	46
2.5.2	HFC 接入	47
2.5.3	光纤宽带接入	49
2.5.4	以太网接入	50
2.5.5	无线接入	50
	习题	51
第 3 章	数据链路层	57
3.1	数据链路层概述	57
3.1.1	数据链路层提供的服务	58
3.1.2	封装成帧	58

3.1.3	透明传输	59
3.1.4	差错检测	60
3.1.5	数据链路层中的信道	63
3.2	点到点协议	63
3.2.1	PPP 帧格式	64
3.2.2	PPP 的工作状态	64
3.3	多路访问协议	66
3.3.1	CSMA/CD 协议及策略	66
3.3.2	CSMA/CD 协议的实现	68
3.3.3	基于 CSMA/CD 网络的特点	69
3.3.4	CSMA/CD 协议的性能分析	69
3.4	局域网	70
3.4.1	传统的以太网	70
3.4.2	交换式以太网	74
3.4.3	虚拟局域网	78
3.4.4	快速以太网	80
3.4.5	吉比特以太网	80
3.4.6	10 吉比特以太网	82
习题		83
第 4 章	网络层	89
4.1	网络层概述	89
4.1.1	无连接服务的实现	90
4.1.2	面向连接服务的实现	90
4.1.3	虚电路和数据报的比较	92
4.2	网际协议 IPv4	92
4.2.1	网际协议概述	92
4.2.2	IP 数据报的格式	93
4.2.3	IP 地址与 MAC 地址	95
4.2.4	地址解析协议	96
4.3	分类的 IP 地址	98
4.3.1	IP 地址的结构与分类	98
4.3.2	特殊用途的 IP 地址	99
4.3.3	私有 IP 地址	100
4.4	划分子网	100
4.4.1	为何要划分子网	100
4.4.2	如何划分子网	101
4.4.3	子网掩码	101
4.4.4	定长子网划分示例	103

4.5	CIDR 与构造超网	104
4.5.1	CIDR	104
4.5.2	构成超网	106
4.5.3	最长前缀匹配	107
4.5.4	超网及变长子网划分示例	107
4.6	网际控制报文协议	109
4.6.1	ICMP 报文及其格式	109
4.6.2	ICMP 差错报告	110
4.6.3	ICMP 查询报文	110
4.7	IP 数据报转发	111
4.7.1	IP 数据报转发机制	111
4.7.2	基本的 IP 数据报转发算法	112
4.7.3	子网 IP 数据报转发算法	113
4.7.4	统一的 IP 数据报转发算法	114
4.8	路由选择协议	115
4.8.1	概述	115
4.8.2	内部网关协议 RIP	117
4.8.3	内部网关协议 OSPF	120
4.8.4	外部网关路由协议 BGP	123
4.9	IP 多播与 IGMP	125
4.9.1	IP 多播概述	125
4.9.2	多播 IP 地址	126
4.9.3	以太网多播地址	127
4.9.4	IGMP	128
4.9.5	多播路由协议	128
4.10	IPv6	130
4.10.1	IPv6 概述	130
4.10.2	IPv6 的基本头部	131
4.10.3	IPv6 扩展头部	132
4.10.4	IPv6 地址	133
4.10.5	IPv4 向 IPv6 过渡技术	135
4.11	虚拟专用网	137
4.12	网络地址转换	138
4.13	多协议标记交换	139
	习题	141
第 5 章	运输层	157
5.1	运输层概述	157
5.1.1	运输层的地位与作用	157

5.1.2	运输层的两个主要协议	158
5.1.3	运输层端口与套接字	159
5.2	用户数据报协议	161
5.2.1	UDP 结构	161
5.2.2	UDP 的特点与应用	162
5.3	传输控制协议	163
5.3.1	TCP 服务	163
5.3.2	TCP 字节编号与确认机制	165
5.3.3	TCP 报文格式	166
5.3.4	TCP 连接管理	168
5.4	TCP 可靠传输	170
5.4.1	停止等待协议	171
5.4.2	Go-Back-N 协议	172
5.4.3	选择重传协议	174
5.4.4	以字节为单位的滑动窗口	174
5.4.5	TCP 超时重传机制	176
5.5	TCP 流量控制	178
5.5.1	可变滑动窗口流量控制	178
5.5.2	零窗口与持续定时器	179
5.5.3	TCP 传输效率及 Nagle 算法	179
5.6	TCP 拥塞控制	180
5.6.1	网络拥塞产生的原因	180
5.6.2	拥塞时的网络性能	181
5.6.3	TCP 拥塞控制策略	181
	习题	186
第 6 章	应用层	193
6.1	客户/服务器模型	193
6.2	域名系统	194
6.2.1	Internet 域名结构	194
6.2.2	域名解析	196
6.3	远程登录协议	199
6.3.1	TELNET 概述	199
6.3.2	TELNET 工作过程	199
6.4	文件传输协议	200
6.4.1	FTP 工作机制	200
6.4.2	FTP 连接通信	201
6.4.3	FTP 应用程序	201
6.5	电子邮件	202

6.5.1	电子邮件概述	202
6.5.2	电子邮件的信息格式	203
6.5.3	简单邮件传输协议	205
6.5.4	邮件读取协议	205
6.6	万维网	207
6.6.1	概述	207
6.6.2	统一资源定位符	207
6.6.3	超文本传输协议	208
6.6.4	WWW 文档	211
6.7	动态主机配置协议	213
6.7.1	概述	213
6.7.2	DHCP 工作原理	214
6.8	网络搜索	215
6.8.1	搜索引擎的分类	215
6.8.2	Google 搜索引擎应用简介	216
6.9	新兴网络应用	219
6.9.1	即时聊天	219
6.9.2	博客与微博	219
6.9.3	社交网站	219
6.9.4	电子商务	220
	习题	220
第 7 章	网络安全	230
7.1	网络安全的基本概念	230
7.1.1	引发网络安全威胁的因素	230
7.1.2	计算机网络面临的安全威胁	231
7.1.3	网络安全的目标	232
7.1.4	基本安全技术	232
7.2	数据加密技术	233
7.2.1	数据加密模型	233
7.2.2	对称密钥密码体制	234
7.2.3	公开密钥密码体制	236
7.3	数字签名	238
7.3.1	数字签名概述	238
7.3.2	基于公钥的数字签名	238
7.3.3	基于仲裁的数字签名	240
7.4	认证技术	241
7.4.1	消息认证技术	241
7.4.2	实体认证技术	243

7.5	数字证书	247
7.5.1	数字证书概述	247
7.5.2	数字证书的结构	247
7.5.3	证书申请与使用	248
7.5.4	证书的验证	248
7.5.5	证书的废除	250
7.6	密钥管理	250
7.6.1	密钥管理概述	250
7.6.2	密钥管理体制	251
7.7	互联网使用的安全协议	252
7.7.1	数据链路层安全协议	252
7.7.2	网络层安全协议	253
7.7.3	运输层安全协议	255
7.7.4	应用层安全协议	256
7.8	防火墙	258
7.8.1	防火墙概述	258
7.8.2	防火墙的分类	259
7.8.3	防火墙的体系结构	260
7.9	入侵检测	262
7.9.1	入侵检测概述	262
7.9.2	IDS 的分类	263
7.9.3	IDS 的系统结构	264
7.9.4	IDS 的部署位置	265
	习题	265

第二部分 计算机网络与通信的实验与实践

第8章	实验基础知识	275
8.1	组建与设置局域网	275
8.2	常用网络命令解析及应用	279
8.2.1	ipconfig	279
8.2.2	ping	281
8.2.3	netstat	285
8.2.4	tracert	289
8.2.5	route	290
8.2.6	arp	292
8.3	VMWare Workstation 虚拟机软件的安装与配置	295
8.3.1	VMWare Workstation 简介	295
8.3.2	软硬件需求	295

8.3.3	新建虚拟机并安装操作系统	295
8.3.4	安装 VMware Tools	298
8.3.5	VMware Workstation 常用功能	298
8.4	实验网络拓扑图	308
	习题	308
第 9 章 网络服务器的配置与管理		316
9.1	安装 IIS 组件	317
9.2	配置和管理 Web 网站	318
9.2.1	IIS Web 网站概述	318
9.2.2	设置“网站”选项卡	320
9.2.3	设置“主目录”选项卡	321
9.2.4	设置“文档”选项卡	322
9.2.5	设置“目录安全性”选项卡	323
9.2.6	设置“性能”选项卡	325
9.2.7	虚拟目录	326
9.2.8	远程管理 Web 网站	326
9.3	配置和管理 FTP 站点	327
9.3.1	IIS FTP 服务器概述	327
9.3.2	配置“FTP 站点”选项卡	328
9.3.3	配置“主目录”选项卡	329
9.3.4	配置“目录安全性”选项卡	330
9.3.5	配置“安全账户”选项卡	330
9.3.6	配置“消息”选项卡	330
9.3.7	创建虚拟目录	331
9.3.8	访问 FTP 站点	332
9.3.9	文件上传与下载	334
9.3.10	管理 FTP 站点	334
	习题	335
第 10 章 网络嗅探与协议分析		339
10.1	Wireshark 软件简介	339
10.1.1	捕获网络数据包	339
10.1.2	Wireshark 主窗口	340
10.1.3	Wireshark 过滤器	341
10.2	以太网帧分析	345
10.3	ARP 分析	347
10.4	IP 分析	351
10.5	ICMP 分析	355

10.6	TCP 分析	357
10.7	UDP 分析	365
	习题	367
第 11 章	交换机的配置与管理	370
11.1	实验基础知识	370
11.1.1	Packet Tracer 简介	370
11.1.2	Packet Tracer 设备与拓扑绘制	370
11.1.3	Packet Tracer 设备管理	372
11.2	交换机的基本配置	375
11.3	交换机的 VLAN 配置	380
11.4	利用三层交换机实现 VLAN 间路由	384
11.5	快速生成树配置	388
	习题	395
第 12 章	路由器的配置管理	399
12.1	实验拓扑与策略	399
12.2	路由器的基本配置	401
12.3	静态路由与默认路由的配置	403
12.4	RIP 的配置	405
12.5	OSPF 的配置	406
12.6	NAT 的配置	409
	习题	412
第 13 章	宽带接入到 Internet	423
13.1	光纤宽带接入 Internet	423
13.2	家用 WLAN 的构建与管理	426
	习题	435
第 14 章	计算机网络综合实验	437
14.1	实验网络结构设计	437
14.1.1	新建虚拟机与安装操作系统	438
14.1.2	安装 VMware Tools	440
14.1.3	虚拟机网络设置	440
14.2	安装与配置网络服务	444
14.2.1	安装域控制器与 DNS 服务器	444
14.2.2	配置 DNS 服务器	446
14.2.3	安装 DHCP 服务	449
14.2.4	配置 DHCP 服务器	450

14.3	配置路由与远程访问	452
14.3.1	安装远程访问服务	452
14.3.2	配置路由与 VPN 服务	453
14.3.3	配置 NAT 地址池和管道	455
14.3.4	DHCP 中继代理程序	455
14.3.5	测试网络连通性	457
14.3.6	加入到域	457
14.4	配置应用服务器	458
14.4.1	安装 IIS 服务组件	458
14.4.2	配置 Web 服务器	459
14.4.3	配置 FTP 服务器	463
14.4.4	配置 E-mail 服务器	465
14.5	综合应用与测试	469
14.5.1	设置 VPN 授权访问账号	469
14.5.2	测试 VPN 连接	469
14.5.3	验证 VPN 通信的安全性	472
14.5.4	内网访问外网	474
14.5.5	外网访问 DMZ 区的服务	474
	习题	476

附 录

附录 A	部分习题参考答案	495
附录 B	2016 年下半年软考网络工程师考试真题	505
B.1	2016 年下半年软考网络工程师真题(上午试卷)	505
B.2	2016 年下半年软考网络工程师真题(下午试卷)	512
B.3	2016 年下半年软考网络工程师考试真题参考答案	519
B.3.1	上午试卷参考答案	519
B.3.2	下午试卷参考答案	519