

国外计算机科学教材系列

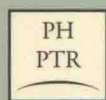
新版

计算机网络与互联网

Computer Networks and Internets

[美] Douglas E. Comer 著

徐良贤 张声坚 吴海通 等译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

URL: <http://www.phei.com.cn>

国外计算机科学教材系列

计算机网络与互联网

Computer Networks and Internets

[美] Douglas E. Comer 著

徐良贤 张声坚 吴海通 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书由四部分组成。第一部分概述网络硬件的结构和功能;第二部分集中讲授包交换,在叙述各类网络特性的基础上介绍了下一跳路由、交换和协议分层,并结合以太网、FDDI、令牌环和 ATM 详述了包交换的过程;第三部分讲授网络互联,在介绍互联网结构的基础上,详述了 TCP、ARP 协议;第四部分讲授网络应用,首先从网络应用采用的客户-服务器模式开始,叙述了域名系统和应用中的域名识别以及电子邮件、文件传输和 Web 浏览,包括动态 CGI 文档和活动 Java 文档的解释和应用。

本书强调概念和原理,适用于作为本科生高年级课程教材和缺乏网络知识的低年级硕士生课程教材。总学时约为两个学期。在本书出版后,相应 Web 站点中还增加了操作指导和一些新的内容。

Authorized translation from the English language edition published by Prentice-Hall, Inc. Copyright © 1997.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Simplified Chinese language edition published by Publishing House of Electronics Industry. Copyright © 1998.

本书中文简体版由电子工业出版社和美国 Prentice-Hall 出版公司共同出版。未经许可,不得以任何手段和形式复制或抄袭本书内容。版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与互联网/(美)科默(Comer, D. E.)著;徐良贤等译.-北京:电子工业出版社,1998.4

国外计算机科学教材系列

ISBN 7-5053-4600-8

I. 计… II. 科… III. ①计算机网络 ②互连网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000) 第 65785 号

丛 书 名: 国外计算机科学教材系列

书 名: 计算机网络与互联网

原 书 名: Computer Networks And Internets

著 者: [美]Douglas E. Comer

译 者: 徐良贤 张声坚 吴海通 等

责任编辑: 赵宏英

排版制作: 今日电子公司制作部

印 刷 者: 北京市朝阳隆华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 22 字数: 549 千字

版 次: 1998 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 6 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4600-8

TP·2181

定 价: 28.00 元

版权贸易合同登记号 图字:01-97-1867

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话:68279077

出版说明

随着 21 世纪的到来, 计算机技术的发展更加迅猛, 在各行各业的应用更加广泛, 越来越多的高等院校增设了有关计算机科学的课程内容, 或对现有计算机课程设置进行了适当调整, 以紧跟前沿技术。在这个教学体系和学科结构变革的大环境下, 对适合不同院系、不同专业、不同层次的教材的需求量与日俱增。此时, 如果能够借鉴、学习国外一流大学的先进教学体系, 引进具有先进性、实用性和权威性的国外一流大学计算机教材, 汲取其精华, 必能更好地促进中国高等院校教学的全局改革。

美国 Prentice Hall 出版公司是享誉世界的高校教材出版商, 自 1913 年成立以来, 一直致力于教材的出版, 所出版的计算机教材为美国众多大学采用, 其中有不少是专业领域中的经典名著, 已翻译成多种文字在世界各地的大学中使用, 成为全人类的共同财富。许多蜚声世界的教授、学者都是该公司的资深作者, 如道格拉斯·科默 (Douglas E. Comer)、威廉·斯大林 (William Stallings) 等。早在 1997 年, 电子工业出版社就从 Prentice Hall 引进了一套计算机英文版专业教材, 并将其翻译出版, 同时定名为《国外计算机科学教材系列》(下称: 第一轮教材)。截至 2000 年 12 月, 该系列教材已出版 23 种, 深受读者欢迎, 被许多大学选为高年级学生和研究生教材或参考书。

4 年过去了, 已出版的教材中多数已经有了后续版本。因此, 我们开始设计新一轮教材 (第二轮教材) 的出版, 成立了由我国计算机界著名专家和教授组成的“教材出版委员会”, 并结合第一轮教材的使用情况和师生反馈意见, 组织了第二轮《国外计算机科学教材系列》出版工作。

第二轮教材的出版原则为:

1. 引进 Prentice Hall 出版公司 2000 年和 2001 年推出的新版教材, 作为替换版本。
2. 在著名高校教授的建议下, 除了从 Prentice Hall 新选了一些教材之外, 还从 McGraw-Hill 和 Addison Wesley Longman 等著名专业教材出版社、麻省理工学院出版社和剑桥大学出版社等著名大学出版社引进了一些经典教材, 作为增补版本。
3. 对于第一轮中无新版本的优秀教材, 我们将其作为延用版本, 直接进入第二轮使用。
4. 对于第一轮中翻译质量较好且无新版本的教材, 我们将其进行了修订, 也作为延用版本, 进入第二轮使用。

这次推出的教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多, 既有本科专业课程教材, 也有研究生课程教材, 以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求。广大师生可自由选择 and 自由组合使用。

按照计划, 本轮教材规划出版 37 种, 其中替换版本 8 种, 新增版本 14 种, 延用版本 15 种。教材内容涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。本轮教材计划于 2001 年 7 月前全部出版。教材的使用年限平均为 3 年。我们还将陆续推出一些教材的参考课件, 希望能为授课老师提供帮助。

为了保证本轮教材的选题质量和翻译质量, 我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通

大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本轮教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师和博士,也有积累了几十年教学经验的教授和博士生导师。

在本轮教材的选题、翻译和编辑加工过程中,为提高教材质量,我们做了大量细致的工作,包括:

1. 对于新选题和新版本进行了全面论证。
2. 对于延用版本,认真审查了前一版本教材,修改了其中的印刷错误。
3. 对于译者和编辑的选择,达到了专业对口。
4. 对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,一一做了修改。
5. 对于翻译、审校、编辑、排版、印刷质量进行了严格的审查把关。

通过这些工作,保证了本轮教材的质量较前一轮有明显的提高。相信读者一定能够从字里行间体会到我们的这些努力。

今后,我们将继续加强与各高校教师的密切联系,为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书,为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

由于我们对国际计算机科学、我国高校计算机教育的发展存在认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多有待提高之处,恳请广大师生和读者提出批评和建议。

电子工业出版社
2001 年春

教材出版委员会

主 任	杨芙清	北京大学教授 中国科学院院士 北京大学信息与工程学部主任 北京大学软件工程研究所所长
委 员	王 珊	中国人民大学信息学院院长、教授
	胡道元	清华大学计算机科学与技术系教授 国际信息处理联合会通信系统中国代表
	钟玉琢	清华大学计算机科学与技术系教授 中国计算机学会多媒体专业委员会主任
	谢希仁	中国人民解放军理工大学教授 全军网络技术研究中心主任、博士生导师
	尤晋元	上海交通大学计算机科学与工程系教授 上海分布计算技术中心主任
	施伯乐	中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授
	邹 鹏	国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师 教育部计算机基础教学课程指导委员会副主任委员
	张昆藏	青岛大学信息工程学院教授

前 言

本书在最广泛的含义上回答了“计算机网络和互联网是如何工作的”这个问题,提供了从最低层的数据传输和接线到最高层的应用软件的丰富而完整的联网技术。在每一层展示了对低层提供的装置和服务如何被下一层利用和扩展。据此,在叙述了调制解调器如何利用载体将数据编码之后,又说明了包交换系统如何利用调制解调器发送帧。在叙述了帧传输之后,又说明协议如何使用帧提供可靠的流传送,最后解释如何利用可靠的流传送提供高层应用服务。

本书适用于作为本科生的高年级课程教材或缺乏网络知识的低年级硕士生课程教材,它并不使用复杂的数学知识,也不要求操作系统的知识。相反,本书用类比和实例定义概念,给出分析结果,但不提供数学证明。

本书由四部分组成。第一部分(第2章~第4章)概述基本硬件的工作,解释载体信号的概念,讨论载体的调制,以及调制解调器如何对数据编码并由载波传送信号。也讨论面向字符的异步数据传输,定义波特率和带宽等术语。

第二部分(第5章~第12章)集中于包交换技术。首先说明引入包的动机,然后叙述各类网络的特性,如局域网和广域网,公共网和专用网,面向连接网络和无连接网络,以及网络拓扑和接线方案。本部分也引入了下一跳路由、交换和协议分层以及大量的基础术语。最后列举了采用典型网络技术的几个例子,包括以太网、FDDI、令牌环和ATM。

第三部分(第13章~第20章)集中于网络互联。在讨论了网络互联的动机后,叙述互联网结构和路由器、互联网编址、地址绑定和TCP/IP协议,比较详细地复习了TCP和ARP协议,可使学生了解这些概念是如何实现的。第20章阐明了TCP传输协议中有关可靠性的重要和深入的课题。

最后一部分(第21章~第32章)考察了网络应用。这一部分的内容是非常广泛的,既包含了一般原理的应用,又讨论了专门的应用。从描述网络应用使用的客户-服务器模式开始,接着说明了套接字应用接口,给出了一个使用套接字通信的客户和服务器的实例代码。这部分还叙述了域名系统 and 应用中的域名识别以及诸如电子邮件、文件传送和Web浏览,包括对动态CGI文档和活动Java文档的解释等应用。对这些内容,文中都给出了软件结构,解释客户与服务器如何通过交互来提供服务。后面几章讨论了网络安全性,并解释应用软件如何用来进行网络管理。最后一章考虑初始化问题,即应用层软件如何能使用协议软件得到初始化该协议软件所需要的信息。

本书所包含的内容能够作为两学期本科生课程的材料,也可选择部分内容作为一学期精简的课程。作为两学期的安排可以第12章作为分隔,第一学期集中讲建网,后一学期再讲网络互联。一些好学的学生可能抱怨第一学期并不涉及传输协议,但是对于大多数本科生来说,需要更多时间来学习这些概念。

对于一个学期课程,第一部分的低层次内容可压缩在一周内,第二部分、第三部分可各安排五周,剩余的四周留给应用部分。对于一学期的课程,教师往往难于决定省略哪些教材的内容。Purdue大学的学生最感兴趣的是互联网,遗憾的是要了解互联网需要有关网络的基本知识。

无论是在一个学期还是两个学期课程的教学过程中,课程成功的关键在于如何一开始就在每节课中引入新的内容。记住本书的目的是课程广度而非深度,不能只集中在少量的技术和概念上。让学生明了为什么我们要强调概念和原理,他们现在学习的知识 10 年后可能过时,但原理仍会保留。另外也试图给学生一种渗透到网络中的兴奋感觉。

虽然本书中没有单个具有挑战性的题目,但学生们可发现材料的含量却是很大的。通过这些课程,本科生能掌握术语和基本概念,而不是成为网络专家。这样在学期结束时,学生们将知道局域网和广域网的一般特性,能够引用每种类型的例子,而并不要求他们知道各种技术的工程细节。

读者面对着大量的新术语和专业名词,尤其是网络的缩略语和专业名词特别令人费解,必须花费大量时间养成使用正确术语的习惯。为了帮助读者掌握术语,附录 1 提供了术语和缩略语表,读者将发现它是很有用的。

程序设计和实验是学习网络的重要环节。在学习前面的章节时,有机会接触低层硬件的读者可编写发送和接收连续字符的程序。无此条件的读者可使用文件模拟串行输入输出。

在第二部分、第三部分,通过接触网络分析器(有时称 Sniffer)来学习是很有效的。学生通过观察实际网络中的包来了解这部分内容似乎更好。如果不能拿到免费的分析器,可在标准 PC 机上装上合适的软件,配置一个低价的分析器。我在网络课程中要求硕士研究生建立他们自己的分析器(学校提供操作系统、运行分析器的硬件,以及能放置任何形式网络接口的驱动程序)。

读者学习基础部分期间,可使用网络应用系统,在学到第 21 章到第 23 章时,就有能力编写自己的分布式应用程序了。

本书 Web 站点可用以下 URL 找到:

<http://www.netbook.cs.purdue.edu>

已为该书建立了两个电子邮件列表:一般讨论在 netbook@cs.purdue.edu 中,关于本书教学的讨论在 netbook-inst@cs.purdue.edu 中。欲进入任一列表,可发送一个电子邮件给表名-request,主体中包含 subscribe 字样。为了避免使邮件服务器在互联网中发送每个消息的多重副本,讲授者应为所有学生在他们的地址上建立单独的别名。

我要感谢所有为此书做出贡献的人们。Scott Ballew 和 John Lin 审核了全书,John Steele 复审了数据传输部分,Tim Korb 和 Vince Russo 复审了 Web 浏览部分,Vince 将第 23 章的客户-服务器实例改写为在 Winsock 下运行的版本。Ralph Droms 审阅了全书并提出了建议,尤其在初始化一章,Ralph 负责管理 Web 资源。最后特别要感谢我的妻子 Chris,她细心的编辑和有益的建议使全书增色不少。

Douglas E. Comer

目 录

第 1 章	导论	1
1.1	计算机网络的发展	1
1.2	网络系统的复杂性	1
1.3	对复杂性的控制	2
1.4	概念和术语	2
1.5	本书的结构	2
1.6	小结	3
第一部分	数据传输	5
第 2 章	传输介质	6
2.1	概述	6
2.2	铜缆	6
2.3	光纤	7
2.4	无线电波	8
2.5	微波	8
2.6	红外线	9
2.7	激光	9
2.8	小结	9
2.9	习题	9
第 3 章	局域异步通信 (RS-232)	11
3.1	概述	11
3.2	异步通信的必要性	11
3.3	用电流发送位串	11
3.4	通信标准	11
3.5	RS-232 异步字符传输	12
3.6	波特率、帧对齐和差错	13
3.7	全双工异步通信	14
3.8	硬件限制	15
3.9	硬件带宽与位串的传输	15
3.10	小结	16
3.11	习题	16
第 4 章	远程通信 (载波和调制解调器)	18
4.1	概述	18
4.2	远程发送信号	18
4.3	用于调制和解调的调制解调器硬件	20

4.4	租用串行数据线路	20
4.5	光学、无线和拨号调制解调器	21
4.6	载波频率和多路复用	22
4.7	时分多路复用	23
4.8	小结	23
4.9	习题	24
第二部分 包传输		25
第5章 包、帧和差错检测		26
5.1	概述	26
5.2	包的概念	26
5.3	包和时分多路复用	27
5.4	包和物理帧	28
5.5	字节填充	29
5.6	传输差错	30
5.7	奇偶位与奇偶校验	30
5.8	差错检测中的概率和算术	31
5.9	用校验和检测差错	32
5.10	用循环冗余校验检测差错	32
5.11	模块联接	33
5.12	帧格式和差错检测机制	34
5.13	小结	35
5.14	习题	35
第6章 局域网技术与网络拓扑		37
6.1	概述	37
6.2	直接点对点通信	37
6.3	共享通信信道	38
6.4	局域网的重要性与访问的局部性	39
6.5	局域网拓扑结构	39
6.6	总线网络实例:以太网	41
6.7	多路存取网络上的载波侦听	42
6.8	冲突检测与重发	42
6.9	总线网络另一实例:Local Talk	43
6.10	环状网络实例:IBM 令牌环	44
6.11	环状网络另一实例:FDDI	45
6.12	星形网络实例:ATM	46
6.13	小结	47
6.14	习题	48

第7章 硬件编址与帧类型标识	49
7.1 概述	49
7.2 指定接收方	49
7.3 局域网硬件如何用地址识别包	50
7.4 物理地址格式	51
7.5 广播与广播地址	52
7.6 标识包内容	52
7.7 帧头部和帧格式	52
7.8 帧格式实例	53
7.9 没有自标识帧的网络的使用	54
7.10 网络分析器、物理地址和帧类型	55
7.11 小结	56
7.12 以太网地址分配	57
7.13 习题	57
第8章 局域网布线、物理拓扑结构与接口硬件	59
8.1 概述	59
8.2 计算机与局域网的速度	59
8.3 网络接口硬件	59
8.4 网络接口卡与网络的连接	61
8.5 粗缆以太网布线	61
8.6 多路复用连接	62
8.7 细缆以太网布线	63
8.8 双绞线以太网	64
8.9 布线方案的优缺点	65
8.10 拓扑悖论	65
8.11 网络接口卡与布线方案	66
8.12 布线方案与其它网络技术	67
8.13 小结	68
8.14 习题	69
第9章 局域网扩展:光纤调制解调器、中继器、网桥与交换机	70
9.1 概述	70
9.2 距离限制与局域网设计	70
9.3 光纤扩展	70
9.4 中继器	71
9.5 网桥	73
9.6 帧识别	74
9.7 桥接网络的启动与稳态特性	74
9.8 规划一个桥接网络	75

9.9 大楼间桥接	75
9.10 远程桥接	76
9.11 网桥环	77
9.12 分布生成树	78
9.13 交换	78
9.14 交换机与集线器的结合	79
9.15 其他桥接与交换技术	79
9.16 小结	79
9.17 习题	80
第10章 广域网技术与路由	82
10.1 概述	82
10.2 大型网络和广域	82
10.3 包交换	82
10.4 广域网的构成	83
10.5 存储与转发	84
10.6 广域网的物理编址	84
10.7 下一跳转发	85
10.8 源地址独立性	85
10.9 分层地址与路由的关系	86
10.10 广域网中的路由	86
10.11 默认路由的使用	87
10.12 路由表计算	88
10.13 图中最短路径的计算	89
10.14 分布式路由计算	90
10.15 矢量距离路由	91
10.16 链接状态路由	92
10.17 广域网技术实例	92
10.18 小结	94
10.19 习题	94
第11章 网络所有权、服务模式与性能	96
11.1 概述	96
11.2 网络所有权	96
11.3 服务模式	97
11.4 连接期限与保持	98
11.5 服务模式实例	99
11.6 地址与连接标识	99
11.7 网络性能与指标	101
11.8 小结	103

11.9 习题	103
第 12 章 协议与分层	104
12.1 概述	104
12.2 协议的必要性	104
12.3 协议系列	104
12.4 协议设计规划	105
12.5 七层模型	105
12.6 栈:分层软件.....	106
12.7 分层软件怎样工作	108
12.8 多层嵌套头部	108
12.9 分层的科学依据	108
12.10 技术协议的使用	109
12.11 协议设计的技巧	115
12.12 小结	115
12.13 习题	116
第三部分 网络互联	117
第 13 章 网络互联:概念、结构与协议	118
13.1 概述	118
13.2 网络互联的动机	118
13.3 通用服务概念	118
13.4 异构世界中的通用服务	119
13.5 网络互联	119
13.6 用路由器连接物理网	119
13.7 互联网体系结构	120
13.8 实现通用服务	120
13.9 虚拟网络	121
13.10 网络互联协议	122
13.11 网络互联与 TCP/IP 的重要性	122
13.12 分层与 TCP/IP 协议	122
13.13 主机、路由器与协议层.....	123
13.14 小结	124
13.15 习题	124
第 14 章 IP:互联网协议地址.....	125
14.1 概述	125
14.2 虚拟互联网地址	125
14.3 IP 编址方案	126
14.4 IP 地址分层	126

14.5	IP 地址分类	126
14.6	地址类别的计算	127
14.7	点分十进制表示法	128
14.8	类别和点分十进制表示法	129
14.9	地址空间的划分	129
14.10	地址的授权	129
14.11	编址实例	130
14.12	特殊 IP 地址	130
14.13	特殊 IP 地址小结	132
14.14	伯克利广播地址格式	133
14.15	路由器与 IP 编址原则	133
14.16	多宿主主机	134
14.17	小结	134
14.18	习题	134
第 15 章	协议地址绑定	136
15.1	概述	136
15.2	协议地址和包传递	136
15.3	地址解析	136
15.4	地址解析技术	137
15.5	查表法地址解析	138
15.6	相近形式计算地址解析	139
15.7	报文交换法地址解析	139
15.8	地址解析协议	140
15.9	ARP 报文传递	141
15.10	ARP 报文格式	141
15.11	发送一个 ARP 报文	142
15.12	识别 ARP 帧	143
15.13	缓存 ARP 应答	143
15.14	处理接收到的 ARP 报文	143
15.15	分层、地址解析、协议地址	144
15.16	小结	144
15.17	习题	145
第 16 章	IP 数据报和数据报转发	146
16.1	概述	146
16.2	无连接服务	146
16.3	虚拟包	146
16.4	IP 数据报	147
16.5	IP 数据报的转发	148

16.6	IP 地址与路由表项	148
16.7	掩码字段和数据报转发	149
16.8	目的地和下一跳地址	150
16.9	尽最大努力传递	150
16.10	IP 数据报头部格式	150
16.11	小结	151
16.12	习题	152
第 17 章	IP 封装、分段与重组	153
17.1	概述	153
17.2	数据报传输与帧	153
17.3	封装	153
17.4	在互联网上的传输	154
17.5	MTU、数据报尺寸和封装	155
17.6	重组	156
17.7	标识一个数据报	157
17.8	段丢失	157
17.9	段的进一步分解	157
17.10	小结	158
17.11	习题	158
第 18 章	IP 的未来:IPv6	159
18.1	概述	159
18.2	IP 的业绩	159
18.3	变革的动机	159
18.4	名称与版本号	160
18.5	IPv6 特性	160
18.6	IPv6 数据报格式	161
18.7	Ipv6 基本头部格式	161
18.8	IPv6 对多重头部的处理	163
18.9	分段、重组和路径 MTU	163
18.10	多重头部的作用	164
18.11	IPv6 编址	165
18.12	IPv6 冒分十六进制表示法	165
18.13	小结	166
18.14	习题	166
第 19 章	差错报告机制	167
19.1	概述	167
19.2	尽最大努力语义与差错检测	167
19.3	互联网控制报文协议	167

19.4	ICMP 报文传送	168
19.5	用 ICMP 报文测试可达性	169
19.6	用 ICMP 跟踪路由	170
19.7	用 ICMP 发现路径 MTU	170
19.8	小结	171
19.9	习题	171
第 20 章	TCP:可靠传输服务	172
20.1	概述	172
20.2	可靠传输的必要性	172
20.3	传输控制协议	172
20.4	TCP 为应用提供的服务	172
20.5	端对端服务和数据报	173
20.6	实现可靠性	174
20.7	包丢失与重发	174
20.8	适应性重发	175
20.9	重发时间的对比	176
20.10	缓冲、流控与窗口	176
20.11	三次握手	177
20.12	拥塞控制	178
20.13	TCP 段格式	179
20.14	小结	179
20.15	习题	180
第四部分	网络应用	181
第 21 章	客户-服务器交互	182
21.1	概述	182
21.2	应用软件提供的功能	182
21.3	互联网提供的功能	183
21.4	建立通信	183
21.5	客户-服务器模式	183
21.6	客户与服务器的特性	184
21.7	服务器程序与服务类计算机	184
21.8	请求、应答与数据流向	184
21.9	传输协议与客户-服务器交互	185
21.10	单机上的多重服务	185
21.11	标识一个特定服务	186
21.12	为一个服务建立多个服务器副本	186
21.13	动态服务器创建	187
21.14	传输协议与无二义性通信	187

21.15	面向连接与无连接的传送	188
21.16	支持多种协议的服务	188
21.17	复杂的客户-服务器交互	188
21.18	交互与循环依赖	189
21.19	小结	189
第 22 章	套接字接口	191
22.1	概述	191
22.2	应用程序接口	191
22.3	套接字 API	191
22.4	套接字与套接字库	192
22.5	套接字通信与 UNIX I/O	192
22.6	套接字、描述符与网络 I/O	193
22.7	参数与套接字 API	193
22.8	实现套接字 API 的过程	194
22.9	用套接字进行读写	198
22.10	其他套接字过程	199
22.11	套接字、线程与继承	199
22.12	小结	200
22.13	习题	200
第 23 章	客户与服务器实例	201
23.1	概述	201
23.2	面向连接的通信	201
23.3	一个服务实例	201
23.4	实例程序的命令行参数	201
23.5	套接字过程调用的顺序	202
23.6	客户实例代码	203
23.7	服务器实例代码	205
23.8	流服务与多重 recv 调用	208
23.9	套接字过程与阻塞	208
23.10	代码长度与差错报告	208
23.11	在另一种服务上使用实例客户	209
23.12	使用另一个客户来测试服务器	209
23.13	小结	210
23.14	习题	210
第 24 章	基于域名系统的命名	211
24.1	概述	211
24.2	计算机域名的结构	211
24.3	地理结构	212