

国外计算机科学教材系列

计算机网络与互联网

Computer Networks and Internets

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



PRENTICE HALL 出版公司

412732

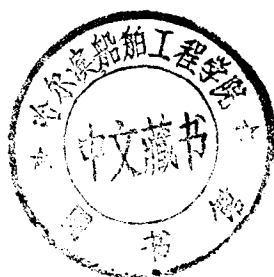
国外计算机科学教材系列

计算机网络与互联网

Computer Networks and Internets

DOUGLAS E. COMER 著

徐良贤 张声坚 吴海通 等译



PRENTICE HALL 出版公司



电子工业出版社

内 容 提 要

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站路由、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函件、文件传送和 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,正如原作者所说:“学生现在学习的知识 10 年后可能会过时,但原理仍会保留”。

本书适用于本科生高年级课程和缺乏网络知识的硕士生课程教材。总学时适用于 2 个学期。

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。

丛 书 名:国外计算机科学教材系列

原 书 名:Computer Networks And Internets

书 名:计算机网络与互联网

著 者:DOUGLAS E. COMER

译 者:徐良贤 张声坚 吴海通等

责任编辑:邓又强

印 刷 者:顺义县天竺颖华印刷厂印刷

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

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68214070

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印张:22 字数:535 千字

版 次:1998 年 4 月第 1 版 1998 年 4 月第一次印刷

定 价:28.00 元

印 数:10000 册

书 号:ISBN7-5053-4600-8/TP·2181

著作权合同登记号 图字:01-97-1867

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻印必究

出版说明

计算机科学的迅速发展是 20 世纪科学发展史上最伟大的事件之一。从 1946 年第一台笨重而体积庞大的计算机的发明至今,仅仅半个多世纪,计算机已经变得小巧无比却又能力非凡。它的应用已经渗透到了社会的各个方面,成为当今所谓的信息社会的最显著的特征。

处于世纪之交科技进步的大潮中,我国正在加强计算机科学的高等教育,着眼于为下一世纪培养高素质的计算机人才,以适应信息社会加速度发展的需要。当前,全国各类高等院校已经或计划在各专业基础课程规划中增加计算机科学的课程内容,而作为与计算机科学密切相关的计算机、通信、信息等专业,更是在酝酿着教学的全面革新,以期规划出一整套面向 21 世纪的、具有中国高校计算机教育特色的课程计划和教材体系。值此,我们不妨借鉴并引进国外具有先进性、实用性和权威性的大学计算机教材,洋为中用,以更好地服务于国内的高校教育。

美国 Prentice Hall 出版公司是享誉世界的高校教材出版商,自 1913 年公司成立以来,即致力于教育图书的出版。它所出版的计算机教材在美国为众多大学所采用,其中有不少是专业领域中的经典名著。许多蜚声世界的教授学者成为该公司的资深作者,如:道格拉斯·科默(Douglas Comer),安德鲁·坦尼伯姆(Andrew Tanenbaum),威廉·斯大林(William Stallings)……几十年来,他们的著作教育了一批批不同肤色的莘莘学子,使这些教材同时也成为全人类的共同财富。

为了保证本系列教材翻译出版的质量,电子工业出版社和 Prentice Hall 出版公司共同约请北京地区的清华大学、北京大学、北京航空航天大学,上海地区的上海交通大学、复旦大学,南京地区的南京大学、解放军通信工程学院等全国著名的高等院校的教学第一线的几十位教师参加翻译工作。这中间有正在讲授同类教材的年轻教师和博士,有积累了几十年教学经验的教授和博士生导师,还有我国著名的计算机科学家。他们的辛勤劳动保证了本系列丛书得以高质量地出版面世。

如此大规模地引进计算机科学系列教材,在我们还是第一次。除缺乏经验之外,还由于我们对计算机科学的发展,对中国高校计算机教育特点认识的不足,致使在选题确定、翻译、出版等工作中,肯定存在许多遗憾和不足之处,恳请广大师生和其他读者提出批评、建议。

电子工业出版社

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

Prentice Hall 出版公司

URL: <http://www.prenhall.com>

译者序

本书是一本比较全面和完整地讲解计算机网络特别是互联网(Internets)基本概念、术语和原理的书籍,并且它以许多实际而生动的例子来阐述这些概念、术语和原理。它可以作为高等院校有关专业本科学生的一学期或两学期的教材,也是想深入了解和研究网络和互联网的专业人员的一本很好的参考书。我们有幸翻译了此书并推荐给读者,相信读者阅读了本书将会受益匪浅。

原书附带有一个光盘(本书中文版不带光盘),向读者提供各种补充材料,这些材料也可在因特网(Internet)上得到,万维网(WWW)地址是:

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

这些材料并不是书本内容的副本,而是用图形、动画、图象和数据文件组成的补充材料,且能方便的索引和检索,对提高教学效果和读者的理解有很大的帮助。

参加本书翻译工作的有徐良贤、张声坚、吴海通、邢海良、周晓、李仲乔、唐志良、屈纪成和陈世欣等。徐良贤组织并翻译了前言、目录和附录部分;唐志良翻译了第1章至第4章;李仲乔翻译了第5章至第8章;屈纪成翻译了第9章至第11章;陈世欣翻译了第12章至第14章;吴海通翻译了第15章至第20章;张声坚翻译了第21章至第25章;周晓翻译了第26章至第28章;邢海良翻译了第29章至第32章。最后由徐良贤、张声坚和吴海通统校了全稿。特别要感谢马范援教授对部分术语做了校正和说明。毛桂琴和周维对译稿的成稿做了很好工作。

由于我们水平有限,译文中如有不妥之处,敬请读者批评指正。

译者

上海交通大学计算机科学与工程系

一九九七年六月

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?”,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建网技术。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。

本书适用于本科生的高年级课程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,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,而不提供数学证明。

本书由四部分组成。第一部分(第1~4章)概述硬件的工作,解释载体信号的概念,讨论载体的调制,调制解调器如何对数据编码并由载波传送信号。也讨论异步的面向字符的数据传输,定义波特率和带宽等术语。

第二部分(第5~12章)集中于包交换,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,公共网和私有网,面向连接和无连接网以及网络拓扑和接线方案。本部分也引入了下一站路由,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13~20章)集中于网络互联。在讨论了网络互连的动机后,叙述互联网结构和路由器,互联网编址,地址联编和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。

最后部分(第21~32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。该部分还叙述了域名系统和应用中的域名识别以及诸如电子函件、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。最后一章考虑有趣的初始化问题,即应用层软件如何能得到看起来似乎不可能使用协议软件得到的初始化该协议软件所需要的信息。

本书所包含的内容能够提供二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。作为二学期的安排可以第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。一些学生可能抱怨第一学期并不涉及传输协议。然而,对于大多数本科生需要时间来学习更多的概念。

对一个学期课程,第一部分的低层次内容可压缩在一周内,第二、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。珀杜(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二个学期课程的教学,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 年后可能会过时,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。

虽然没有单个具有挑战性的题目,但学生们仍可发现材料的量是有威慑力的。在珀杜大学的课程中,我希望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。

学生们面对着过量的新的术语和专业名词,尤其是网络的简缩字和专业名词特别令人费解,学生必须花费大量时间养成使用合适术语的习惯。为了帮助学生掌握术语,附录 2 提供了术语和简缩字表,他们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学生可编写发送和接收连续字符的程序。无此条件的学生可使用文件模拟串行输入输出。

在第二、第三部分,通过接触网络分析器(有时称 Sniffer)来学习是不值得的。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生建立自己的分析器(学校提供操作系统,运行分析器的硬件和能放置任何形式网络接口的驱动器)。

学生们学习基础部分期间,可使用网络应用系统,在学到第 21 章到第 23 章时,他们就有能力写自己的分布式应用。

光盘包含了课文和 Web 地址(中文版不带光盘),这些材料有助于简化教学和帮助学生。例如,光盘包含的课文中插图的副本可用来演示,某些制成动画可帮助澄清概念。光盘也包含了一些书中没有的内容,如网络接线和设备的数字图象以及能作为学生程序输入的数据文件,这些数据文件包括网络分析器捕捉到的包的轨迹。光盘也包含关键字搜索机构,帮助读者在联机摘要版本中查找术语,对使用这些材料的建议,连接到 Web 站点等,材料还将不断更新。

本书 Web 站点可用以下 URL 找到:

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

已为该书建立了二个电子函件表:一般讨论在 netbook@cs.purdue.edu; 关于本书教学的讨论在 netbook-inst@cs.purdue.edu。欲进入任一列表,可发送一个电子函件消息给表名-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作出贡献的人们。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 准备了光盘并管理 Web 资源。特别要感谢我的妻子和同事 Chris,她细心的编辑和有益的建议使全书润色不少。

Douglas E. Comer

目 录

第一部分 数据传输	(1)
第 1 章 导论	(3)
1.1 计算机网络的发展	(3)
1.2 网络系统的复杂性	(3)
1.3 对复杂性的控制	(4)
1.4 概念和术语	(4)
1.5 本书的结构	(4)
1.6 小结	(4)
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)
练习	(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)
练习	(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 Modem 硬件	(20)
4.4	租用串行数据线路	(20)
4.5	光学、无线和拨号 Modem	(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)
	练习	(24)
第二部分 包传输		(25)
第 5 章 包、帧和差错检测		(27)
5.1	概述	(27)
5.2	包的概念	(27)
5.3	包和时分多路复用	(28)
5.4	包和物理帧	(29)
5.5	字节充填	(29)
5.6	传输差错	(31)
5.7	奇偶位与奇偶校验	(31)
5.8	差错检测中的概率和算术	(32)
5.9	校验和检测差错	(32)
5.10	循环冗余校验检测差错	(33)
5.11	模块联接	(34)
5.12	帧格式和差错检测机制	(35)
5.13	小结	(35)
	练习	(36)
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(CSMA)	(42)
6.8	冲突检测与重发(CSMA/CD)	(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	(43)
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)
	练习	(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.....	(51)
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.....	(53)
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)
练习	(57)
第 8 章 局域网布线, 物理拓扑结构与接口硬件.....	(58)
8.1 概述.....	(58)
8.2 计算机与局域网的速度.....	(58)
8.3 网络接口硬件.....	(58)
8.4 网络接口卡与网络的连接.....	(60)
8.5 粗缆以太网布线.....	(60)
8.6 多路复用连接.....	(61)
8.7 细缆以太网布线.....	(62)
8.8 双绞线以太网.....	(63)
8.9 布线方案的优缺点.....	(64)
8.10 拓扑悖论	(64)
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	(66)
8.13 小结	(67)
练习	(68)
第 9 章 局域网扩展: 光纤调制解调器, 中继器, 网桥与交换机.....	(69)
9.1 概述.....	(69)
9.2 距离限制与局域网设计.....	(69)
9.3 光纤扩展.....	(69)
9.4 中继器.....	(70)
9.5 网桥.....	(72)
9.6 帧识别.....	(72)
9.7 桥接网络的启动与稳态特性.....	(73)
9.8 规划一个桥接网络.....	(74)
9.9 大楼间桥接.....	(74)

9.10	远程桥接	(75)
9.11	网桥环	(76)
9.12	分布生成树	(77)
9.13	交换	(77)
9.14	交换机与集线器的结合	(78)
9.15	其它桥接与交换技术	(78)
9.16	小结	(78)
	练习	(79)
第 10 章	广域网技术与路由	(80)
10.1	概述	(80)
10.2	大型网络和广域	(80)
10.3	包交换	(80)
10.4	广域网的构成	(81)
10.5	存储转发	(82)
10.6	广域网的物理编址	(82)
10.7	下一站转发	(83)
10.8	源地址独立性	(83)
10.9	层次地址与路由的关系	(84)
10.10	广域网中的路由	(84)
10.11	缺省路由的使用	(85)
10.12	路由表计算	(86)
10.13	图中最短路径的计算	(86)
10.14	分布式路由计算	(88)
10.15	矢量距离路由	(89)
10.16	链接状态路由 (SPF)	(90)
10.17	广域网技术实例	(90)
10.18	小结	(92)
	练习	(92)
第 11 章	网络所有权、服务模式与性能	(93)
11.1	概述	(93)
11.2	网络所有权	(93)
11.3	服务模式	(94)
11.4	连接期限与保持	(95)
11.5	服务模式实例	(96)
11.6	地址与连接标识	(96)
11.7	网络性能与指标	(97)
11.8	小结	(100)
	练习	(100)

第 12 章 协议与分层	(101)
12.1 概述	(101)
12.2 协议的必要性	(101)
12.3 协议系列	(101)
12.4 协议设计规划	(102)
12.5 七层模型	(102)
12.6 栈:分层软件	(103)
12.7 分层软件怎样工作	(104)
12.8 多层嵌套头部	(105)
12.9 分层的科学依据	(105)
12.10 技术使用的协议	(106)
12.11 协议设计的技巧	(111)
12.12 小结	(111)
练习	(112)
第三部分 网络互联	(113)
第 13 章 网络互联:概念,结构与协议	(115)
13.1 概述	(115)
13.2 网络互联的动机	(115)
13.3 通用服务概念	(115)
13.4 异构世界中的通用服务	(116)
13.5 网络互联	(116)
13.6 用路由器连接物理网	(116)
13.7 互联网体系结构	(117)
13.8 实现通用服务	(117)
13.9 虚拟网络	(117)
13.10 网络互联协议	(118)
13.11 网络互联与 TCP/IP 的重要性	(119)
13.12 分层与 TCP/IP 协议	(119)
13.13 主机、路由器与协议层次	(120)
13.14 小结	(120)
练习	(121)
第 14 章 IP:互联网协议地址	(122)
14.1 概述	(122)
14.2 虚拟互联网地址	(122)
14.3 IP 编址方案	(123)
14.4 IP 地址层次	(123)
14.5 IP 地址分类	(123)
14.6 地址类别的计算	(124)

14.7	点分十进制表示法	(125)
14.8	类别和点分十进制表示法	(125)
14.9	地址空间的划分	(126)
14.10	地址的授权	(126)
14.11	编址实例	(126)
14.12	特殊 IP 地址	(127)
14.13	特殊 IP 地址小结	(129)
14.14	伯克利广播地址格式	(129)
14.15	路由器与 IP 编址原则	(129)
14.16	多穴主机	(130)
14.17	小结	(130)
	练习	(131)
第 15 章	协议地址联编(ARP)	(132)
15.1	概述	(132)
15.2	协议地址和包传递	(132)
15.3	地址解析	(132)
15.4	地址解析技术	(133)
15.5	查表法地址解析	(134)
15.6	相近形式计算地址解析	(134)
15.7	消息交换法地址解析	(135)
15.8	地址解析协议	(136)
15.9	ARP 消息传递	(136)
15.10	ARP 消息格式	(137)
15.11	发送一个 ARP 消息	(138)
15.12	识别 ARP 帧	(138)
15.13	暂存 ARP 应答	(139)
15.14	处理接收到的 ARP 消息	(139)
15.15	分层、地址解析、协议地址	(140)
15.16	小结	(140)
	练习	(141)
第 16 章	IP 数据报和数据报转发	(142)
16.1	概述	(142)
16.2	无连接服务	(142)
16.3	虚拟包	(142)
16.4	IP 数据报	(143)
16.5	IP 数据报的转发	(143)
16.6	IP 地址与路由表项	(144)
16.7	屏蔽码域和数据报转发	(145)
16.8	目的地和下一站地址	(145)

16.9	尽力传递	(146)
16.10	IP 数据报头部格式	(146)
16.11	小结	(147)
	练习	(147)
第 17 章	IP 封装、分段与重组	(149)
17.1	概述	(149)
17.2	数据报传输与帧	(149)
17.3	封装	(149)
17.4	在互联网上的传输	(150)
17.5	MTU、数据报尺寸和封装	(151)
17.6	重组	(152)
17.7	标识一个数据报	(153)
17.8	段丢失	(153)
17.9	段的进一步分解	(153)
17.10	小结	(153)
	练习	(154)
第 18 章	IP 的未来(IPv6)	(155)
18.1	概述	(155)
18.2	IP 的业绩	(155)
18.3	变革的动机	(155)
18.4	名称与版本号	(156)
18.5	IPv6 特性	(156)
18.6	IPv6 数据报格式	(157)
18.7	IPv6 基本头部格式	(157)
18.8	IPv6 怎样处理多重头部	(158)
18.9	分段, 重组和路径 MTU	(159)
18.10	多重头部的目的	(160)
18.11	IPv6 编址	(161)
18.12	IPv6 冒分十六进制表示法	(161)
18.13	小结	(162)
	练习	(162)
第 19 章	差错报告机制(ICMP)	(163)
19.1	概述	(163)
19.2	尽力语义与差错检测	(163)
19.3	互联网控制报文协议	(163)
19.4	ICMP 报文传送	(164)
19.5	用 ICMP 报文测试可达性	(165)
19.6	用 ICMP 跟踪路由	(165)
19.7	用 ICMP 发现路径 MTU	(166)

19.8	小结	(167)
	练习	(167)
第 20 章	TCP:可靠传输服务	(168)
20.1	概述	(168)
20.2	可靠传输的必要性	(168)
20.3	传输控制协议	(168)
20.4	TCP 为应用提供的服务	(168)
20.5	端对端服务和数据报	(169)
20.6	实现可靠性	(169)
20.7	包丢失与重发	(170)
20.8	适应性重发	(171)
20.9	重发时间的对比	(172)
20.10	缓冲、流控与窗口	(172)
20.11	三次握手	(173)
20.12	拥塞控制	(174)
20.13	TCP 段格式	(175)
20.14	小结	(175)
	练习	(176)
第四部分	网络应用	(177)
第 21 章	客户/服务器交互	(179)
21.1	概述	(179)
21.2	应用软件提供的功能	(179)
21.3	互联网提供的功能	(179)
21.4	建立通信	(180)
21.5	客户/服务器模式	(180)
21.6	客户与服务器的特性	(180)
21.7	服务器程序与服务类计算机	(181)
21.8	请求、应答与数据流向	(181)
21.9	传输协议与客户/服务器交互	(181)
21.10	单机上的多重服务	(182)
21.11	标识一个特定服务	(183)
21.12	为一个服务建立多个服务器副本	(183)
21.13	动态服务器创建	(184)
21.14	传输协议与无二义性通信	(184)
21.15	面向连接与无连接的传送	(184)
21.16	支持多种协议的服务	(185)
21.17	复杂的客户/服务器交互	(185)
21.18	交互与循环依赖	(186)

21.19	小结	(186)
第 22 章	套接字接口	(187)
22.1	概述	(187)
22.2	应用程序接口 (API)	(187)
22.3	套接字 API	(187)
22.4	套接字与套接字库	(188)
22.5	套接字通信与 UNIX I/O	(188)
22.6	套接字、描述符与网络 I/O	(189)
22.7	参数与套接字 API	(189)
22.8	实现套接字 API 的过程	(189)
22.9	用套接字进行读写	(194)
22.10	其它套接字过程	(194)
22.11	套接字、线程与继承	(195)
22.12	小结	(195)
	练习	(196)
第 23 章	客户与服务器实例	(197)
23.1	概述	(197)
23.2	面向连接的通信	(197)
23.3	一个服务实例	(197)
23.4	实例程序的命令行参数	(197)
23.5	套接字过程调用的顺序	(198)
23.6	客户实例代码	(198)
23.7	服务器实例代码	(201)
23.8	流服务与多重 Recv 调用	(203)
23.9	套接字过程与阻塞	(204)
23.10	代码长度与差错报告	(204)
23.11	在另一种服务上使用实例客户	(204)
23.12	使用另一个客户来测试服务器	(205)
23.13	小结	(205)
	练习	(205)
第 24 章	基于域名系统的命名	(207)
24.1	概述	(207)
24.2	计算机域名的结构	(207)
24.3	地理结构	(208)
24.4	组织内的域名	(208)
24.5	DNS 客户/服务器模型	(210)
24.6	DNS 服务器层次	(210)
24.7	服务器结构	(211)
24.8	访问的局部性和多重服务器	(212)

24.9	服务器之间的链	(212)
24.10	域名解析	(212)
24.11	DNS 性能的优化	(213)
24.12	DNS 项的类型	(214)
24.13	使用 CNAME 类型的别名	(214)
24.14	多重类型的重要结果	(215)
24.15	缩写与 DNS	(215)
24.16	小结	(215)
	练习	(216)
第 25 章	电子函件的表示与传输	(217)
25.1	概述	(217)
25.2	电子函件模式	(217)
25.3	电子邮箱与地址	(217)
25.4	电子函件信息格式	(218)
25.5	复制副本	(219)
25.6	多用途互联网邮件扩充	(220)
25.7	电子函件与应用程序	(221)
25.8	邮件传输	(221)
25.9	简单邮件传输协议	(221)
25.10	单机多重接收的优化	(221)
25.11	邮件分发、列表和转发	(222)
25.12	邮件网关	(223)
25.13	自动邮件列表	(224)
25.14	邮件中继与电子函件地址	(224)
25.15	邮箱访问	(225)
25.16	拨号连接与 POP	(226)
25.17	小结	(227)
	练习	(227)
第 26 章	文件传输与远程文件访问	(229)
26.1	概述	(229)
26.2	数据传输与分布计算	(229)
26.3	存储中间结果	(229)
26.4	通用文件传输	(229)
26.5	交互与批处理模式	(230)
26.6	文件传输协议	(231)
26.7	FTP 通用模型与用户界面	(231)
26.8	FTP 命令	(231)
26.9	连接、授权与文件权限	(232)
26.10	匿名文件访问	(233)