

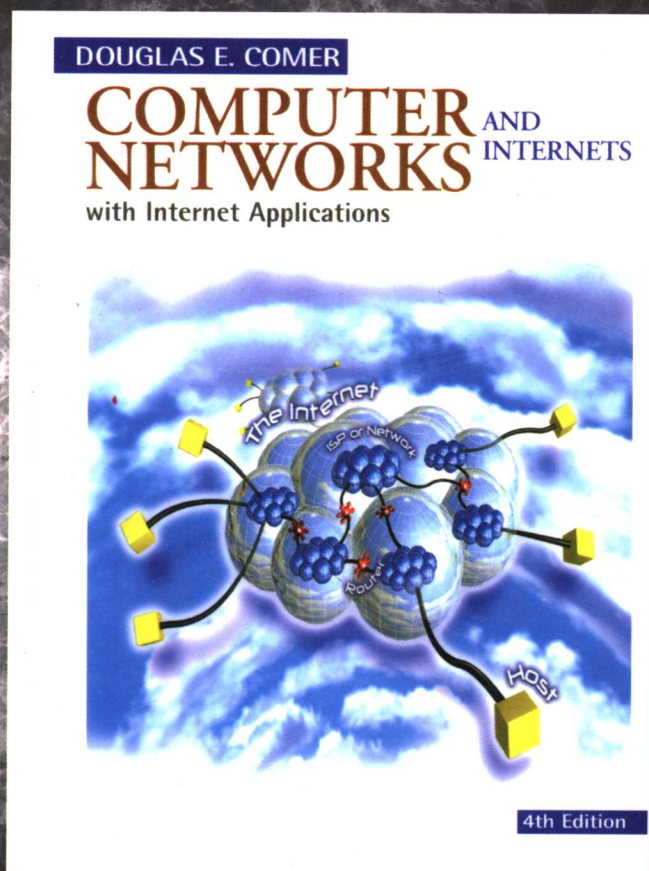
PEARSON
Prentice
Hall

计 算 机 科 学 丛 书

原书第4版

计算机网络 与因特网

(美) Douglas E. Comer 著 林生 译
普 度 大 学



Computer Networks and Internets
with Internet Applications, 4th Edition



机械工业出版社
China Machine Press

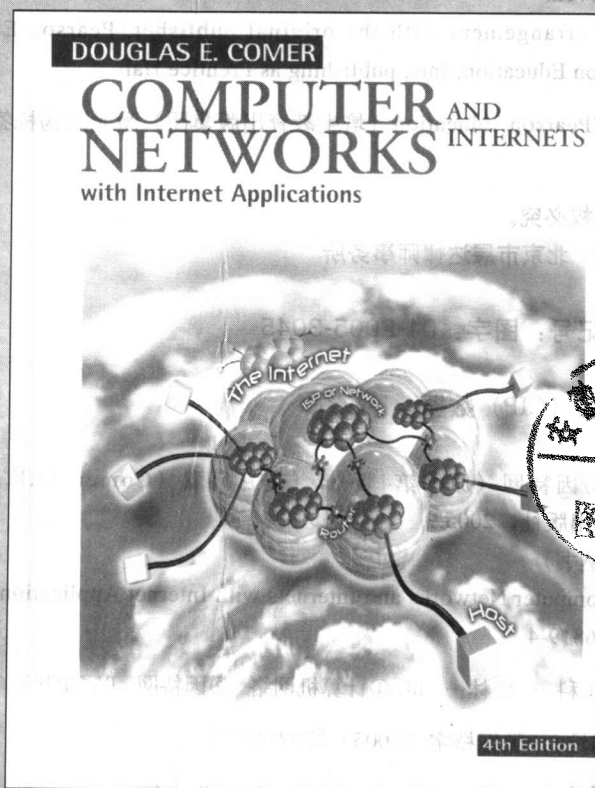


计 算 机 科 学 丛 书

原书第4版

计算机网络 与因特网

(美) Douglas E. Comer 著 林生 译
普 度 大 学



**Computer Networks and Internets
with Internet Applications, 4th Edition**



机械工业出版社
China Machine Press

本书涵盖了计算机网络知识的各个方面,全面翔实地讲解网络底层细节(如数据传输和布线)、网络技术(如局域网和广域网)、网络互联协议和应用软件等,并增加了UDP、IP电话及NAT的最新内容。本书包括详细的概念描述、丰富的实例、图表以及习题,巨细靡遗,清晰透彻,删繁就简,简明易学。随书光盘包含了200多张网络设备的图片、相关代码以及实例,方便读者实践练习。

本书可以作为高等院校计算机、通信、电子等专业高年级本科生或研究生的教材,对于从事互联网方面工作的科技人员也是一本不可多得的参考书。

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by Pearson Education Asia Limited and China Machine Press.

Original English language title: *Computer Networks and Internets with Internet Applications*, 4th Edition (ISBN 0-13-143351-2) by Douglas E. Comer, Copyright © 2004.

All rights reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall

本书封面贴有Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号:图字:01-2005-3045

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与因特网(原书第4版)/(美)科默(Comer, D.E.)著;林生译.
—北京:机械工业出版社,2005.9

(计算机科学丛书)

书名原文:Computer Networks and Internets with Internet Applications, 4th Edition
ISBN 7-111-16819-4

I. 计… II. ①科… ②林… III. ①计算机网络 ②因特网 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第071162号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:范运年 温莉芳

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005年9月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·29.5印张

印数:0 001-4 000册

定价:55.00元(附光盘)

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换
本社购书热线:(010) 68326294

出版者的话

文艺复兴以降，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域中取得了垄断性的优势；也正是这样的传统，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭橥了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短、从业人员较少的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章图文信息有限公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，华章公司就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过几年的不懈努力，我们与Prentice Hall, Addison-Wesley, McGraw-Hill, Morgan Kaufmann等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从它们现有的数百种教材中甄选出Tanenbaum, Stroustrup, Kernighan, Jim Gray等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及度藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力襄助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专程为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍，为进一步推广与发展打下了坚实的基础。

随着学科建设的初步完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都步入一个新的阶段。为此，华章公司将加大引进教材的力度，在“华章教育”的总体规划之下出版三个系列的计算机教材：除“计算机科学丛书”之外，对影印版的教材，则单独开辟出“经典原版书库”；同时，引进全美通行的教学辅导书“Schaum's Outlines”系列组成“全美经典学习指导系列”。为了保证这三套丛书的权威性，同时也为了更好地为学校和老师服务，华章公司聘请了中国科学院、北京大学、清华大学、国防科技大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、中国人民大学、北京航空航天大学、北京邮电大学、中山大学、解放军理工大学、郑州大学、湖北工学院、中国国家信息安全测评认证中心等国内重点大学和科研机构在计算机的各个领域的著名学者组成“专家指导委员会”，为我们提供选题意见和出版监督。

这三套丛书是响应教育部提出的使用外版教材的号召，为国内高校的计算机及相关专业

的教学度身订造的。其中许多教材均已为M. I. T., Stanford, U.C. Berkeley, C. M. U. 等世界名牌大学所采用。不仅涵盖了程序设计、数据结构、操作系统、计算机体系结构、数据库、编译原理、软件工程、图形学、通信与网络、离散数学等国内大学计算机专业普遍开设的核心课程,而且各具特色——有的出自语言设计者之手、有的历经三十年而不衰、有的已被全世界的几百所高校采用。在这些圆熟通博的名师大作的指引之下,读者必将在计算机科学的宫殿中由登堂而入室。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑,这些因素使我们的图书有了质量的保证,但我们的目标是尽善尽美,而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。教材的出版只是我们的后续服务的起点。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正,我们的联系方式如下:

电子邮件: hzsj@hzbook.com

联系电话: (010) 68995264

联系地址: 北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码: 100037

专家指导委员会

(按姓氏笔画顺序)

尤晋元
石教英
张立昂
邵维忠
周克定
郑国梁
高传善
裘宗燕

王 珊
吕 建
李伟琴
陆丽娜
周傲英
施伯乐
梅 宏
戴 葵

冯博琴
孙玉芳
李师贤
陆鑫达
孟小峰
钟玉琢
程 旭

史忠植
吴世忠
李建中
陈向群
岳丽华
唐世渭
程时端

史美林
吴时霖
杨冬青
周伯生
范 明
袁崇义
谢希仁

对本书的评价

“本书是我读过的最好的书之一。谢谢。”

Gokhan Mutla
土耳其Ege大学

“拿到本书后我几乎是手不释卷地读完的。这本书真是太出色了！”

Lalit Y.Raju
印度Regional Engineering College

“对初学者和专业人士来说，本书都是一本极好的书——写得好，综合面宽，易于理解。”

John Lin
贝尔实验室

“本书内容涵盖真是广阔惊人。”

George Verghese
美国加州大学圣地亚哥分校

“真的是我看见过的同类书中最好的。万分感谢！”

Chez Ciechanowicz
英国伦敦大学信息安全组

“第3章的 Web服务器小模型太绝妙了——读者都会激动不已。”

Dennis Brylow
美国普度大学

“哇！真是一本极好的教科书啊！”

Jaffet A.Cordoba
技术作家

“这本书太棒了！”

Peter Parry
英国南伯明翰学院

“本书涵盖了大量的内容，而且作者把内容写得易读易懂，这就是我喜欢这本书的最大理由。它非常适合于作为3学分课程的教科书。学生的正面反馈意见表明，他们确实太喜欢使用这本教科书了。”

Jie Hu
美国圣克劳得州立大学

“尽管网络技术中充斥了太多的缩写词以至于混淆视听，但本书却使人心明眼亮。Comer是一位出色的作者，他扩展并解释了很多术语。本书涵盖了从布线到Web整个网络范围的大量内容。我觉得这书的确很出色。”

Jennifer Seitzer
美国代顿大学

译者序

本书作者Douglas Comer博士是一位在TCP/IP协议、计算机联网和因特网方面国际上公认的资深网络专家，他在上世纪七八十年代因特网发展过程中做出过很大的贡献，当时他是因特网体系结构委员会的一个成员，负责指导因特网发展的工作组。他是美国普度(Purdue)大学的计算机科学教授，他除了在本校讲授课程并进行计算机联网、网络互联和操作系统方面的研究工作外，每年还要在世界各地讲授很多网络专业方面的选修课程。他编写出版了一系列畅销的技术书籍(已经被翻译成16种语言)，尤其是网络课程的教科书在国际上颇具影响。

本书是作者最具代表性的教科书，前面曾有过三个版本，这次出版的是最新的第4版。以前的几个版本都已经产生了很好的教学效果，除了有几百所美国学校使用它作为网络课程的教科书外，在国外也被翻译成十多种语言作为高校的教科书使用，获得了很多赞誉。在当前网络书籍供过于求的市场中，能获得如此成功确实是难能可贵。

本书具有内容涵盖宽广、组织结构逻辑性强、概念解释清晰等特点，阐述着重于因特网，并特别加强了联网实践(尤其是网络编程)方面的丰富实例和能力培养，以及提供了具有丰富的辅助资料的随书光盘和网站。正如美国圣克劳得州立大学的一位教授评价说：“本书涵盖了大量的内容，而且作者把内容写得易读易懂，这就是我喜欢这本书的最大理由。学生的正面反馈意见表明，他们确实太喜欢使用这本教科书了。”

鉴于上述情况，译者有幸受托翻译了本书，并向我国的广大读者(尤其是各高校教师和学生)推荐这本书。本书适合于高年级本科生或低年级研究生作为课堂教学使用，也可作为一般读者进修网络专业知识的自学或培训教材。

本书的全部内容由译者一人翻译完成，所以在用词和语气连贯以及翻译质量等方面都很有保证，从而使得本书便于阅读，绝对不会有“洋味十足”的感觉。但是，尽管译者有如此的自信心，也不能保证不出现一点瑕疵。如有不妥之处，敬请读者批评指正。

林 生

于广州 华南师范大学计算机学院

2005年5月

前 言

本书的前一个版本已经产生了很好的效果。除了有几百所美国学校使用它作为网络课程的教科书外，专业人士也纷纷撰文赞许它在业界的使用价值，而且也收到了很多对它的国外译本的热烈的评价。能够在当前网络书籍供过于求的市场中获得如此成功，真是一件令人欣慰并且感到满足的事情。本书的杰出所在，在于内容涵盖广泛，组织结构逻辑性强，概念解释清晰透彻，重点讲述因特网，以及给学生和教师提供了随书光盘和网站，其中包含了丰富的辅助资料：

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

新版本已经做了彻底的修订和更新，增加了新的三章（24，26，33）和附加的词汇条目。对光盘和网站也做了充实。

新章节都是应教师和读者的请求增加的。第24章增加了UDP，第26章解释了网络地址转换，第33章涵盖了IP电话的内容。第33章特别引人注目，一般学生都喜欢使用IP电话。

本书在最广泛的意义上回答了“计算机网络和互联网是如何工作的？”这个基本的问题。通过阐述底层细节（如数据传输和布线）、网络技术（如局域网和广域网）、网络互联协议和应用软件等全面的联网知识，给读者提供了综合的、自含的指导。阐明了协议如何利用底层硬件以及应用程序如何使用协议栈为用户提供各种服务功能。

关于应该如何学习联网知识，目前已有大量的论述。其中存在两种观点：严格的“自下而上”的方法，或者严格的“自上而下”的方法。在自下而上方法中，读者先学习最低层的细节，然后学习相邻的较高层如何利用较低层提供扩展的功能。而在自上而下方法中，读者先开始学习高层应用，并学习足够的较低层知识以理解应用如何才能工作。每种方法都有各自的优点。传统的自下而上方法是以逻辑的方式来介绍内容，以使读者理解较高层如何构建在较低层之上。自上而下方法则是从熟悉的应用（如电子邮件）开始阐述，较少提供对于主题内容的介绍。我们推荐一种新的、综合的方法，这种方法综合了前述两个方法最好的方面。这种综合方法提前暴露出使用和构建网络应用方面的问题，同时以逻辑顺序陈述有关材料。为了实现这种综合方法，本书提供了大量的实例和习题，并且鼓励读者实际运行和修改这些实例，结合习题验证如何使概念和原理应用于真实的网络。

本书的读者对象是高年级本科生或低年级研究生，他们几乎或没有联网方面的背景知识。本书既没有使用复杂的数学公式，也不假设要具备操作系统方面的知识，而只在于清晰地阐述概念，采用实例并提供大量技术原理的示意图，说明并分析结果但不提供数学证明。

本书分为几大部分，第一部分介绍使用和构建网络应用（第1章~第3章），第二部分（第4章~第6章）简要阐述底层硬件如何工作，其中包括载波信号的概念，载波调制以及如何在载波上传输调制解调器编码数据。这部分也讨论面向字符的异步数据传输，定义一些在后续内容中要出现的术语，例如带宽和波特等。

第三部分（第7章~第16章）重点讲述分组交换技术。这部分先介绍采用分组传输数据的动机和起因，然后描述基本的网络拓扑、组网方案以及用于网络归类的表征方法，例如局域网、广域网、本地环路、公共或专用网络以及面向连结型或无连结型网络等。这部分也介绍

了下一跳路由的概念、交换、协议分层及其有关的术语。最后，这部分还使用了几个常用的网络技术作为例子，包括以太网、ATM和DSL。

第四部分（第17章~第27章）重点讨论网络协议。在讨论了网络互联的起因和动机之后，这部分描述互联网结构、路由器、互联网编址、地址绑定和TCP/IP协议。对其中的一些协议（如IP、TCP、UDP和ICMP）做了更详细的讲解，使学生更深入地理解这些概念是如何联系实际的。涉及TCP的第25章包括了关于传输协议中重要的可靠性方面的深入课题。

第五部分（第28章~第41章）介绍网络应用方面的问题。与本书的其他部分一样，这部分的内容也涵盖非常广泛——包括对一般原理和特定应用的讨论。从描述网络应用用于通信的客户/服务器模式开始，然后描述套接字API，分析了利用套接字进行通信的客户和服务器的源码例子。这部分还阐述了利用域名系统的名字解析以及应用方面的问题，诸如电子邮件、文件传送、IP电话和Web（包括对动态和活动文档的解释，并举出使用CGI、Java和JavaScript的例子）。对上述每个方面的内容，书中都描述了软件的结构并解释客户与服务器如何通过交互来提供服务。第38章讨论中间件，包括面向过程和面向对象的中间件技术。这部分的后面几章讨论网络安全问题，解释如何利用应用软件来管理网络。最后，第41章介绍初始化的相关问题。这章说明了应用层软件如何能完成那些看起来似乎不可能的事情——用协议软件去获得初始化正在使用的协议软件所需要的信息。

本书很适合作为在高层次上掌握联网知识的一学期导引课程。本书按综合性课程来设计，涵盖了从布线到应用的全部课题。例如在美国普度大学的本科课程中，学生每周都有覆盖广泛课题的实践作业：网络测量、分组分析以及网络编程等。等到他们完成了我们的课程之后，我们期望每个学生能够达到以下程度：知道IP路由器如何利用路由表转发IP数据报；能描述数据报如何通过因特网传输；能解释以太网集线器与以太网交换机的区别；知道TCP如何标识连结以及为什么Web服务器能在80号端口处理多个连结；能描述桥接器和IP路由器的概念差别；能计算在100BaseT网络上传输的单个码位的长度；能解释为什么TCP被归类为端到端协议；能区分以太网上使用的CSMA/CD介质接入机制和令牌传递介质接入机制；知道DSL为何在导线上发送数据的同时也能用于模拟电话通信。

单门课程的主要目标是广度而不是深度——要涵盖所有主题，不能只集中在几种技术或几个概念上。因此，一个成功课程的关键就在于能维持快速的学习步伐。为了能使学生在一个学期内学到基本的主题内容，可以把第二部分的较低层次内容压缩在一周内学完；把有关网络和网间互联的部分分别安排在五周内学完；剩余的几周留给应用部分（如网络管理与安全）。

教师应该给学生强调概念和原理的重要性：有些技术可能在几年后就会过时，但原理却是永恒的。另外，教师也应该激发学生投身到联网技术中的热情。

虽然本书没有哪个主题是具有挑战性的，但学生们仍可发现本书所含资料的数量还是有点让人望而生畏的。特别是学生们面对着过量的新术语、网络缩写字和行话也特别容易混淆，学生必须花费大量时间养成使用正确术语的习惯。为了帮助学生掌握术语，附录1提供了术语和缩写词汇表。特别说明，在词汇表中的定义都是单独编写的，并不是直接从书本中照搬过来的。

因为程序设计和实验是帮助学生掌握网络知识的重要环节，所以实践环节是任何网络课程的重要组成部分。我们普度大学的课程比较强调分组分析和套接字编程。在学期的开始，我们先让学生构建客户软件去访问Web并提取数据（例如编写一个程序打印出当前的温度）。第3章解释了提供给学生的简单API例子；利用它，学生能够在懂得协议、地址和套接字概念

之前就能编写可执行的代码。当然，到了学年的后期，学生就学会了使用套接字API。最后，他们还要编写一个并发Web服务器程序（支持服务器端脚本部分可选）。除了应用编程外，学生还可以利用实验室设施从正在运行的网络上捕获数据分组，并编写程序对分组（例如以太网帧、IP数据报、TCP段）的头部进行解码，并且观察TCP连结的情况。

让学生去接触真实网络能够激发对实践的热情和勇气——我们的经验证明：凡是接触过网络现场的学生都能更好地理解学习主题，有更强的辨别能力。所以，如果没有专门的分组分析器，可以在一台标准PC上安装合适的共享软件来构建一个分析器。

本书的随书光盘及Web网站都涵盖了有助于教学和帮助学生理解的材料。针对不具备联网设施的学生，随书光盘中含有一些分组跟踪的例子，学生可以编写程序去读取踪迹和处理分组，就好像是从网络上捕获分组的情况一样。对教师来说，光盘包含的课文资料和来自课文中的插图，可用来制作演示文档，还有动画资料更可帮助澄清概念。光盘也包含了书中没有的一些内容，如网络布线和设备的照片，以及能用作学生程序输入的数据文件。

为了帮助教师和学生查找信息，光盘也提供了关键词搜索机制。给出一个术语，搜索机制将从在线术语词汇表中找到相应的定义并给出其他相关项。光盘还含有到Web站点的链接，那里的资料是不断更新的。我们已为本书建立了两个电子邮件列表：一般性信息可以从netbook@cs.purdue.edu获得；关于教学资料方面的讨论在netbook-inst@cs.purdue.edu上进行。如要加入到任一列表中，可发送一个电子邮件报文给netbook-request@cs.purdue.edu或netbook-inst-request@cs.purdue.edu，只需在邮件正文中给出subscribe一词即可。为了避免使邮件服务器通过因特网发送同样报文的多重副本，请教师为你们的所有学生在他们的站点上建立单个本地别名。

我要感谢所有为本版书做出贡献的人们。Dennis Brylow和John Lin 对整本书的所有章节进行了校对。Jennifer Seitzer、Abdullah Abonmah、George Verghese和Jim Griffioen审阅了前面的版本并做了很有价值的评语。Mike Evangelista编写了第3章的客户和服务端应用程序以及API程序；他还将API移植到Linux、Solaris和Windows平台上。Ralph Droms替我准备了光盘并负责管理Web资料，并且还审阅了好几章书稿。我还要特别感谢我的妻子和合作者Christine，她细心的编辑和有益的建议使全书增色不少。

Douglas E. Comer

2003年9月

作译者简介

关于本书作者

Douglas Comer博士是一位在TCP/IP协议、计算机联网和因特网方面国际上公认的专家。在20世纪70年代后期和80年代因特网形成过程中，他就是做出贡献的研究者之一，当时他是因特网体系结构委员会成员，这个小组专门负责指导因特网发展。同时，他也是CSNET技术委员会主席和CSNET执行委员会的成员。

Comer还在计算机网络设计企业界做顾问工作。除了在各个大学做演讲外，每年他还要在世界各地讲授很多网络专业方面的选修课程。他设计的Xinu操作系统和TCP/IP协议实现（两者都已编成教科书）也都已经应用于商业产品中。

Comer是普度（Purdue）大学的计算机科学教授，除了讲授课程，他还进行计算机联网、网络互联和操作系统方面的研究工作。他编写了一系列畅销的技术书籍，已经被翻译成16种语言，还担任Software—Practice and Experience杂志的北美编辑。同时，Comer也是ACM的会员。

有关作者的其他信息，可以在下面的网址上找到：www.cs.purdue.edu/people/comer。

关于本书译者

林生，华南师范大学计算机学院教授。大学毕业并任教于军事电信工程学院（即西安电子科技大学）信息工程系，多年从事数字系统、数据通信和计算机通信与网络方向的科研和教学工作。1981至1983年期间，作为访问学者在加拿大不列颠哥伦比亚大学研修计算机通信和计算机网络。回国后，先后在西安电子科技大学和华南师范大学从事计算机通信和计算机网络方向的教学与科研工作。曾经出版的著作有《计算机通信网原理》（西安电子科技大学出版社）、《计算机通信与网络教程》（第1版）和（第2版）（清华大学出版社）；译著有《数字系统设计基础》（西安电子科技大学出版社）、《数字设计原理与实践》（机械工业出版社）。

目 录

出版者的话	
专家指导委员会	
对本书的评价	
译者序	
前言	
作译者简介	

第一部分 使用和构建因特网应用

第1章 概论	2
1.1 计算机联网的发展过程	2
1.2 网络系统的复杂性	2
1.3 把握复杂性问题	3
1.4 概念与术语	3
1.5 实战经验的价值	3
1.6 本书的组织结构	3
1.7 小结	4
第2章 推动力与工具	5
2.1 概述	5
2.2 资源共享	5
2.3 因特网的成长	6
2.4 探测因特网	7
2.5 对ping响应的解释	8
2.6 跟踪路径	9
2.7 小结	10
练习题	11
第3章 网络编程及应用	12
3.1 概述	12
3.2 网络通信	12
3.3 客户/服务器计算	12
3.4 通信模式	13
3.5 应用编程接口举例	13
3.6 粗识API	13
3.7 API的定义	14
3.8 echo应用程序源码	16
3.9 聊天应用程序源码	20
3.10 Web应用程序源码	24

3.11 用Select函数管理多个连结	29
3.12 小结	30
练习题	30

第二部分 数据传输

第4章 传输介质	34
4.1 概述	34
4.2 铜导线	34
4.3 光纤	35
4.4 无线电	35
4.5 人造卫星	36
4.6 地球同步卫星	36
4.7 低地球轨道卫星	37
4.8 低地球轨道卫星阵列	37
4.9 微波	38
4.10 红外线	38
4.11 激光	38
4.12 小结	38
练习题	38
第5章 局域异步通信	40
5.1 概述	40
5.2 异步通信的需求	40
5.3 用电信号发送位串	40
5.4 通信标准	40
5.5 波特率、帧和差错	42
5.6 半双工与全双工异步通信	43
5.7 实际硬件的限制	44
5.8 硬件带宽与位串传输	44
5.9 噪声对通信的影响	45
5.10 数据联网的意义	45
5.11 小结	46
进一步学习资料	46
练习题	46
第6章 远距离通信	48
6.1 概述	48
6.2 远程信号传输	48

6.3 用于调制与解调的硬件	50	8.13 星型网络实例: ATM	80
6.4 租用的模拟数据线路	50	8.14 小结	80
6.5 光波、射频和拨号调制解调器	51	练习题	81
6.6 载波频率与多路复用	52	第9章 硬件寻址与帧类型标识	82
6.7 基带与宽带技术	53	9.1 概述	82
6.8 波分多路复用	53	9.2 指定接收方	82
6.9 扩展频谱	54	9.3 局域网硬件如何用地址过滤帧	83
6.10 时分多路复用	54	9.4 物理地址格式	84
6.11 小结	55	9.5 广播	85
练习题	55	9.6 组播	85
第三部分 分组传输		9.7 组播地址	86
第7章 分组、帧与差错检测	58	9.8 标识帧的内容	86
7.1 概述	58	9.9 帧头部与帧格式	87
7.2 分组的概念	58	9.10 帧格式例子	87
7.3 分组和时分多路复用	59	9.11 关于无自标识帧的网络	88
7.4 分组和物理帧	60	9.12 网络分析器、物理地址和帧类型	90
7.5 字节充填	61	9.13 小结	91
7.6 传输差错	62	进一步的学习资料	91
7.7 奇偶位与奇偶校验	62	练习题	91
7.8 概率、数学与差错检测	63	第10章 局域网布线、物理拓扑与接口硬件	
7.9 用校验和检测差错	63	10.1 概述	93
7.10 用循环冗余校验检测差错	64	10.2 局域网和计算机的速度	93
7.11 组合构件	65	10.3 网络接口硬件	93
7.12 突发性差错	66	10.4 NIC与网络之间的连接	95
7.13 帧格式和差错检测机制	66	10.5 原始粗缆以太网布线	95
7.14 小结	67	10.6 连接复用	96
练习题	67	10.7 细缆以太网布线	97
第8章 局域网技术与网络拓扑	69	10.8 双绞线以太网	98
8.1 概述	69	10.9 各种布线方案的优缺点	99
8.2 直接点对点通信	69	10.10 拓扑悖论	100
8.3 共享通信信道	70	10.11 网络接口卡与布线方案	101
8.4 局域网的重要性与访问的局部性	71	10.12 10/100网络接口与自动协商	102
8.5 局域网拓扑结构	71	10.13 网线分类	102
8.6 总线型网络实例: 以太网	73	10.14 布线方案与其他网络技术	102
8.7 多址接入网上的载波侦听	74	10.15 小结	103
8.8 CSMA/CD的冲突检测与退避	75	进一步学习资料	104
8.9 802.11b无线局域网与CSMA/CA	76	练习题	104
8.10 另一个总线型网络实例: LocalTalk	77	第11章 局域网扩展技术	105
8.11 环型拓扑与令牌传递	77	11.1 概述	105
8.12 自愈型令牌传递网	79	11.2 距离限制与局域网设计	105
		11.3 光纤扩展	105

11.4 中继器	106	13.1 概述	134
11.5 网桥	108	13.2 大型网络与广域概念	134
11.6 帧过滤	109	13.3 分组交换机	134
11.7 桥接式网络的启动与稳态特性	110	13.4 广域网的构成	135
11.8 规划桥接式网络	110	13.5 存储/转发	136
11.9 大楼之间的桥接	110	13.6 广域网的物理编址	136
11.10 更远距离上的桥接	111	13.7 下一跳转发	137
11.11 网桥回路	112	13.8 源地址独立性	137
11.12 分布生成树	113	13.9 分层地址与路由的关系	138
11.13 交换	114	13.10 广域网中的路由	139
11.14 交换机与集线器组合应用	115	13.11 默认路径的使用	140
11.15 其他组网技术的桥接和交换	115	13.12 路由表计算	140
11.16 小结	115	13.13 图的最短路径计算	141
练习题	116	13.14 分布式路径计算	142
第12章 远程和本地回路数字技术	117	13.15 距离矢量路由	143
12.1 概述	117	13.16 链路状态路由	144
12.2 数字电话	117	13.17 广域网技术实例	144
12.3 同步通信	118	13.18 小结	146
12.4 数字线路及其相关设备	119	练习题	146
12.5 电话标准	120	第14章 面向连结型网络与ATM	147
12.6 DS术语与数据速率	120	14.1 概述	147
12.7 较低容量线路	121	14.2 单一的全局网络	147
12.8 中等容量数字线路	121	14.3 ISDN与ATM	147
12.9 最高容量线路	122	14.4 ATM设计与信元	147
12.10 光载体线路标准	122	14.5 面向连结型服务	149
12.11 C后缀	122	14.6 VPI/VCI	149
12.12 同步光纤网	123	14.7 标记与标记交换	149
12.13 本地用户回路	124	14.8 通过ATM网络的转发过程	150
12.14 ISDN	124	14.9 永久型虚线路	151
12.15 不对称数字用户线技术	124	14.10 交换型虚线路	152
12.16 其他数字用户线技术	126	14.11 服务质量	152
12.17 电缆调制解调技术	127	14.12 采用信元和标记交换的动机	153
12.18 上行流通信	128	14.13 ATM数据传输与AAL5	153
12.19 混合光纤电缆	129	14.14 对ATM的评价	154
12.20 光纤到户	130	14.15 多协议标记交换	155
12.21 头端与尾端调制解调器	130	14.16 小结	155
12.22 特殊场合下的无线技术	130	练习题	155
12.23 广播卫星系统	131	第15章 网络所有权、服务模式和性能	157
12.24 小结	132	15.1 概述	157
练习题	132	15.2 网络所有权	157
第13章 广域网技术与路由	134	15.3 专用与公用网络	158

15.4 优点与缺点	158	17.11 网络互联及TCP/IP的重要性	186
15.5 虚拟专用网络	159	17.12 分层与TCP/IP协议	186
15.6 保证绝对隐私	159	17.13 主机、路由器及协议层	187
15.7 服务模式	160	17.14 小结	188
15.8 面向连结型服务模式	160	练习题	188
15.9 无连结型服务模式	161	第18章 网际协议地址	189
15.10 内部和外部服务模式	161	18.1 概述	189
15.11 服务模式比较	161	18.2 虚拟互联网的地址	189
15.12 服务模式举例	162	18.3 IP编址方案	190
15.13 地址与连结标识符	162	18.4 IP地址的层次结构	190
15.14 网络性能特征	163	18.5 IP地址的原分类	190
15.15 抖动	166	18.6 地址类别的计算	191
15.16 小结	166	18.7 点分十进制表示法	192
练习题	167	18.8 类别与点分十进制表示法	193
第16章 协议与分层	168	18.9 地址空间的划分	193
16.1 概述	168	18.10 地址的授权	193
16.2 协议的必要性	168	18.11 有类编址举例	194
16.3 协议组	168	18.12 子网与无类编址	194
16.4 协议设计规划	169	18.13 地址掩码	195
16.5 七层功能	169	18.14 CIDR表示法	196
16.6 栈：分层软件	170	18.15 CIDR地址块举例	196
16.7 分层软件如何工作	171	18.16 CIDR主机地址	196
16.8 多层嵌套的头部	171	18.17 特殊IP地址	197
16.9 分层的科学依据	172	18.18 特殊IP地址小结	199
16.10 协议所采用的技术	172	18.19 伯克利广播地址形式	199
16.11 协议设计技巧	178	18.20 路由器与IP寻址原理	199
16.12 小结	178	18.21 多穴主机	200
练习题	179	18.22 小结	200
		练习题	201
		第19章 协议地址绑定	202
		19.1 概述	202
		19.2 协议地址和分组传递	202
		19.3 地址解析	202
		19.4 地址解析技术	203
		19.5 查表法地址解析	204
		19.6 封闭式计算法地址解析	205
		19.7 报文交换法地址解析	205
		19.8 地址解析协议	206
		19.9 ARP报文传递	206
		19.10 ARP报文格式	207
		19.11 发送ARP报文	208
第四部分 网络互联			
第17章 网络互联：概念、结构与协议	182		
17.1 概述	182		
17.2 网络互联的动机	182		
17.3 全局服务概念	182		
17.4 异构网络中的全局服务	183		
17.5 网络互联	183		
17.6 用路由器连接物理网络	183		
17.7 互联网体系结构	184		
17.8 实现全局服务	184		
17.9 虚拟网络	185		
17.10 网络互联协议	186		

19.12 识别ARP帧	208	22.10 采用多重头部的目的	230
19.13 高速缓存ARP响应	209	22.11 IPv6编址	230
19.14 收到ARP报文的处理	209	22.12 IPv6冒分十六进制数表示法	231
19.15 分层、地址解析、协议地址	210	22.13 小结	232
19.16 小结	210	练习题	232
练习题	211	第23章 差错报告机制	233
第20章 IP数据报和数据报转发	212	23.1 概述	233
20.1 概述	212	23.2 尽力服务语义和差错检测	233
20.2 无连结服务	212	23.3 互联网控制报文协议	233
20.3 虚拟分组	212	23.4 ICMP报文传送	235
20.4 IP数据报	213	23.5 利用ICMP报文测试可达性	236
20.5 IP数据报转发	214	23.6 利用ICMP跟踪路径	236
20.6 IP地址与路由表项	214	23.7 利用路径跟踪程序打印出最后的地址	236
20.7 掩码域与数据报转发	215	23.8 利用ICMP发现通路MTU	237
20.8 目的地与下一站地址	216	23.9 小结	238
20.9 尽力传递	216	练习题	238
20.10 IP数据报头部格式	216	第24章 数据报传送服务	239
20.11 小结	217	24.1 概述	239
练习题	217	24.2 端到端传送协议的必要性	239
第21章 IP封装、分片与重装	219	24.3 用户数据报协议	239
21.1 概述	219	24.4 无连结的通信模式	240
21.2 数据报传输与帧	219	24.5 面向报文的接口	240
21.3 封装	219	24.6 UDP通信语义	240
21.4 通过互联网传输	220	24.7 任意的交互通信	241
21.5 MTU、数据报长度及封装	221	24.8 支持单播、组播和广播	241
21.6 重装	222	24.9 用协议端口号标识端点	241
21.7 标识数据报	223	24.10 UDP数据报格式	242
21.8 片丢失问题	223	24.11 UDP校验和及伪头部	242
21.9 分片再分片	223	24.12 UDP封装	243
21.10 小结	223	24.13 小结	243
练习题	224	练习题	243
第22章 未来的IP	225	第25章 可靠的传输服务	245
22.1 概述	225	25.1 概述	245
22.2 IP成功之处	225	25.2 可靠传输的必要性	245
22.3 改革的动机	225	25.3 传输控制协议	245
22.4 名称和版本号	226	25.4 TCP为应用提供的服务	245
22.5 IPv6的特点	226	25.5 端到端服务与数据报	246
22.6 IPv6数据报格式	227	25.6 实现可靠性	247
22.7 IPv6基本头部的格式	227	25.7 分组丢失与重传	247
22.8 IPv6如何处理多重头部	228	25.8 自适应重传	248
22.9 分片、重装和通路MTU	229	25.9 重传时间的比较	248