

# 计算机网络 与因特网

Computer  
Networks  
and Internets  
Second Edition

(美) Douglas E. Comer 著

徐良贤 唐英 王勋 等译



附 CD-ROM 赠



机械工业出版社  
China Machine Press

Prentice Hall

计算机科学丛书

# 计算机网络与因特网

(美) Douglas E.Comer 著

徐良贤 唐英 王勋 等译



机械工业出版社  
China Machine Press

本书以一种清晰并易于接受的方式将深奥的互联网技术问题表达给具有各种背景的读者。作者是互联网最早期的研究者之一，他以独树一帜的方法把技术上的准确性和当前网络的研究热点完美地结合起来，讲述了网络的底层技术和联网技术。

本书是原书第2版的译本，比第1版增加了3章内容，介绍了基本网络工具、远程数字连接技术和中间件技术。对全书做了很多修改和更新。

本书是描述互联网技术的经典之作，被认为是互联网技术的“圣经”。

Douglas E.Comer:Computer Networks And Internets,Second Editon.

Authorized translation from the English language edition published by Prentice Hall.

Copyright ©1999 by Prentice Hall, Inc.

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2000 by China Machine Press.

本书中文简体字版由美国Prentice Hall公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

**本书版权登记号：图字：01-1999-2860**

### **图书在版编目（CIP）数据**

计算机网络与因特网 / (美) 科默 (D.E.Comer) 著；徐良贤，唐英，王勋译. —北京：机械工业出版社，2000.8

(计算机科学丛书)

书名原文：Computer Networks And Internets, Second Edition.

ISBN 7-111-07570-6

I. 计… II. ①科…②徐…③唐…④王… III. 计算机网络—基本知识 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第39440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：周 桦

北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年8月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·21.25印张

印数：0 001-7 000 册

定价：40.00 元(附光盘)

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

# 译者序

我们有幸翻译了美国普度大学Douglas E. Comer教授编写的“Computer Networks and Internets”一书的第2版。这是一本全面、通俗地介绍计算机网络和互联网知识的书籍，是一本优秀的教材和参考书。第2版对第1版作了仔细的修改，并增加了第2、11和32章等重要内容，反映了当前的研究热点。我们慎重地将此书推荐给读者，并深信读者阅读此书一定会受益匪浅。

参加本书翻译工作的有徐良贤、唐英、王勋、翁惠玉和毛家菊等，最后由徐良贤和唐英统校了全稿。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  
2000年元月

# 前 言

这是本书的第2版，不仅新增了3章内容（第2、11和32章），而且对全书做了全面的修改和更新。第2章讨论用于探索因特网的基本网络工具。第11章讨论远程数字连接技术，例如租用数字线路（如T1、T3和OC3）、地区接入技术（如ADSL和电缆调制解调器）。第32章考察中间件技术，包括一般概念和具体实现（如ONC RPC、DCE RPC、MSRPC、COM、DCOM和CORBA）的讨论。最后，本书附带的光盘以及相应的Web站点也进行了重组和扩充。为方便教师授课，光盘中还收录了一些教授采用本书作为教材上课时的课堂笔记、示例、考试和作业等内容（作者和出版商允许教师在保留版权提示并且不发售或出版的前提下使用光盘和Web站点中的所有资料）。光盘中也包括了许多网络设备的新照片以及新增的动画。光盘中更新的内容可以在以下站点找到：

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

本书在最广泛的意义上回答了“计算机网络和因特网是如何工作的”这个问题。从最低层的数据传输和接线到最高层的应用软件，本书都提供了丰富而完整的建网技术。在每一层，本书展示了为低层提供的装置和服务的使用情况以及在下一层中的扩展。因此，叙述了调制解调器如何利用载波将数据编码之后，本书又说明了包交换系统如何利用调制解调器发送帧。叙述了帧传输之后，本书又说明了协议如何使用帧提供可靠的流传输。最后，本书解释应用程序如何利用可靠的流传输提供高层服务。

本书适于大学中高年级本科生或缺乏网络知识的低年级研究生用做课程教材。它并不使用复杂的数学方法，也不要求操作系统的知识，而是用类比和实例来定义概念，给出分析结果而不提供数学证明。

除了引言（第1~2章）之外，本书可以分成四部分。第一部分（第3~5章）概述底层硬件的工作，解释载波信号的概念，讨论载波的调制，说明调制解调器如何在载波上对数据编码以便传输。本部分也讨论了面向字符的异步数据传输，并定义波特（baud）和带宽（bandwidth）等术语供以后章节使用。

第二部分（第6~14章）集中于包交换。本部分先说明引入包的动机，然后叙述用以分类网络的各种特性，如局域网、本地环路、广域网、公用和私有、面向连接和无连接，以及基本的网络拓扑和布线方案。本部分也引入了下一站路由、交换和协议分层概念以及大量的基础术语。最后本部分在示例中采用几个常用网络技术，包括以太网、FDDI、令牌环、ATM和ASDL。

第三部分（第15~22章）集中于网络互联。在讨论了网络互联的动机后，本部分叙述互联网络结构和路由器、互联网编址、地址联编和TCP/IP协议。一些协议如TCP和ARP讲解得较详细，可使学生了解这些概念是如何实现的。第22章阐明了关于TCP的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23~35章）考察了网络应用。正如本书的其他部分一样，这部分的内容也是非常广泛的，既包含了一般原理又讨论了专门的应用。本部分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

示例代码。该部分还叙述了域名系统的域名解析，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，书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。第32章讨论了中间件，包括面向过程和面向对象的中间件技术。第33、34章讨论了网络安全性并解释如何用应用软件来管理网络。第35章考虑有趣的初始化问题，即应用层软件如何能得到那些看起来似乎不可能用协议软件得到的、初始化该协议软件所需要的信息。

本书包含的内容足以提供两门本科生课程，也可选择部分内容作为一门精简的课程。作为两门课安排的话，可以第14章为界，第一学期集中讲建网，第二学期再讲网络互联。一些有进取心的学生可能抱怨第一学期并不涉及传输协议。然而，对于大多数本科生来说，需要时间来学习许多概念。

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教材的哪些内容。普渡大学学生最感兴趣的是因特网，遗憾的是了解因特网需要关于网络的一些基本知识。

无论是在一个学期还是两个学期的教学中，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。记住我们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。要让学生理解为什么我们要强调概念和原理：他们现在学习的知识几年后可能过时，但原理仍会保留。另外也尽量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，但学生们仍可发现资料的数量也是有魅力的。在普渡大学的课程中，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，并有一些客户/服务器应用编程经验。不过，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术语。尤其是网络的简缩字和行话特别令人费解，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A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，我鼓励在网络课程中加入实验部分。例如，有机会接触底层硬件内容的学生可编写通过串行线路发送和接收字符的程序。无此条件的学生可使用文件模拟串行输入输出。类似地，学生经常认为很难理解相位移动调制的概念，但如果他们写一个程序画出像图5-3中那样的调制正弦波，那就会改变这个观点。

希望在整个学期中强调客户/服务器程序设计的教师可能会将第23章到第25章的内容提前讲授。如果打乱次序，学生可能较难理解面向连接和无连接的通信这些概念。并且，教师也不能指望学生自己掌握IP编址以及协议端口号的细节。这样，教师可以采取“黑盒”的方式，在开始的时候直接给学生提供代码，用于创建套接字（socket），绑定地址，创建连接。并且教师应该从讲授TCP开始，而将UDP推迟到学期末，这样学生可以具有更多的背景知识。

在第二、第三部分，使用网络分析器（有时称sniffer）将十分有助于学习。学生通过观察实际网络中的包可以更好地理解这部分内容。如果不能得到专门的分析器，可在标准PC机上装上合适的软件来获得一个便宜的分析器。一个叫tcpdump的程序可以提供很多所需的功能。教师也可以自己编写分析器程序。我在网络课程中要求研究生做一个分析器作为准备活动（我们提供操作系统，运行分析器的硬件，和以混合模式置于网络接口的驱动程序，其余都由他们做）。最后，对于那些没有条件使用网络的学生，光盘中有包记录的例子，他们可以写一个程序读这些包并进行处理，就像它们是从网络捕获的一样。

学生们在学习基础部分期间，可以使用像ping这样一些工具，也可使用像telnet这样一些网

络应用。在学到第23章到第25章时，他们就有能力写自己的分布式应用。

本书所附带的光盘和本书的Web站点都包括有助于教学和帮助学生材料。对教师来说，光盘包含的课文中插图可用来演示，动画可帮助澄清概念。光盘也包含了一些书中没有的内容，如网络布线和设备的图像以及能作为学生的程序中的输入的数据文件。

为了帮助教师和学生查找信息，光盘也包含关键字查询机制。给出一个关键字，查询机制将从联机术语词汇表中找到相应的定义并给出其他相关项。光盘还包括到Web站点的链接，那里的材料将不断更新。我们已为本书建立了两个电子邮件列表：一般性的讨论在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，可发送一个电子邮件消息给表名-request，正文中包含subscribe字样。为了避免使邮件服务器在因特网中发送每个消息的多重副本，教师应为所有学生在他们的站点上建立单独的本地别名。

我要感谢所有为此书做出贡献的人们。Vince Russo对第32章内容提出了建议并参与了编辑工作。Tim Korb编辑了第11章。John Lin校对了全书。John Steele为数据传输部分提供了资料。Jennifer Seitzer整理了电缆调制解调器和xDSL技术的概要，并校对了第11章的初稿。Mike Evangelista为光盘寻取了许多新的图片并写了图注，Charlotte Tubis和Scott Ballew也参与了此项工作。Ralph Droms校对其中章节，整理光盘，并管理Web资料。Scott Comer阅读本书并从学生的角度提供看法。特别要感谢我的妻子和合作者Chris，她细心的编辑和有益的建议使全书增色不少。

Douglas E.Comer

1998年9月

# 目 录

译者序

前言

第1章 导论 .....1

1.1 计算机网络的发展 .....1

1.2 网络系统复杂性 .....1

1.3 对复杂性的控制 .....2

1.4 概念与术语 .....2

1.5 本书的结构 .....2

1.6 小结 .....2

第2章 推动力和工具 .....3

2.1 概述 .....3

2.2 资源共享 .....3

2.3 因特网的增长 .....3

2.4 探索因特网 .....5

2.5 对ping响应的解释 .....6

2.6 跟踪路由 .....7

2.7 小结 .....7

练习 .....8

第3章 传输介质 .....9

3.1 概述 .....9

3.2 铜缆 .....9

3.3 光纤 .....10

3.4 无线电波 .....10

3.5 卫星 .....10

3.6 地球同步卫星 .....11

3.7 低地球轨道卫星 .....11

3.8 低地球轨道卫星阵列 .....12

3.9 微波 .....12

3.10 红外线 .....12

3.11 激光 .....12

3.12 小结 .....13

练习 .....13

第4章 局域异步通信 .....14

4.1 概述 .....14

4.2 异步通信的必要性 .....14

4.3 用电流发送位串 .....14

4.4 通信标准 .....14

4.5 波特率、帧对齐和差错 .....16

4.6 全双工异步通信 .....16

4.7 实际硬件的限制 .....17

4.8 硬件带宽与位串的传输 .....17

4.9 噪声对通信的影响 .....18

4.10 数据传输率对数据联网的重要性 .....18

4.11 小结 .....19

练习 .....19

第5章 远程通信 .....20

5.1 概述 .....20

5.2 远程发送信号 .....20

5.3 用于调制和解调的调制解调器硬件 .....21

5.4 租用模拟数据线路 .....22

5.5 光学、无线和拨号调制解调器 .....22

5.6 载波频率和多路复用 .....23

5.7 基带和宽带技术 .....24

5.8 波分多路复用 .....24

5.9 分布频谱 .....25

5.10 时分多路复用 .....25

5.11 小结 .....25

练习 .....26

第6章 包、帧与差错检测 .....27

6.1 概述 .....27

6.2 包的概念 .....27

6.3 包和时分多路复用 .....28

6.4 包和物理帧 .....28

6.5 字节充填 .....29

6.6 传输差错 .....30

6.7 奇偶位与奇偶校验 .....30

6.8 差错检测中的概率和算术 .....31

6.9 校验和检测差错 .....32

6.10 循环冗余校验检测差错 .....32

6.11 模块联接 .....33

|                                |    |                                      |    |
|--------------------------------|----|--------------------------------------|----|
| 6.12 突发错误 .....                | 34 | 练习 .....                             | 58 |
| 6.13 帧格式和差错检测机制 .....          | 34 | 第9章 局域网布线、物理拓扑结构与接口硬件 .....          | 59 |
| 6.14 小结 .....                  | 35 | 9.1 概述 .....                         | 59 |
| 练习 .....                       | 35 | 9.2 计算机与局域网的速度 .....                 | 59 |
| 第7章 局域网技术与网络拓扑 .....           | 37 | 9.3 网络接口硬件 .....                     | 59 |
| 7.1 概述 .....                   | 37 | 9.4 网络接口卡与网络的连接 .....                | 60 |
| 7.2 直接点对点通信 .....              | 37 | 9.5 粗缆以太网布线 .....                    | 61 |
| 7.3 共享通信信道 .....               | 38 | 9.6 多路复用连接 .....                     | 62 |
| 7.4 局域网的重要性与访问的局部性 .....       | 38 | 9.7 细缆以太网布线 .....                    | 63 |
| 7.5 局域网拓扑结构 .....              | 39 | 9.8 双绞线以太网 .....                     | 63 |
| 7.5.1 星型拓扑 .....               | 39 | 9.9 布线方案的优缺点 .....                   | 64 |
| 7.5.2 环状拓扑 .....               | 39 | 9.10 拓扑悖论 .....                      | 65 |
| 7.5.3 总线拓扑 .....               | 40 | 9.11 网络接口卡与布线方案 .....                | 66 |
| 7.5.4 使用多种拓扑结构的原因 .....        | 40 | 9.12 布线方案与其他网络技术 .....               | 66 |
| 7.6 总线网络实例: 以太网 .....          | 40 | 9.13 小结 .....                        | 67 |
| 7.6.1 以太网的历史 .....             | 40 | 练习 .....                             | 67 |
| 7.6.2 以太网上的共享 .....            | 41 | 第10章 局域网扩展: 光纤调制解调器、中继器、网桥及交换机 ..... | 69 |
| 7.7 多路存取网络上的载波侦听 .....         | 41 | 10.1 概述 .....                        | 69 |
| 7.8 冲突检测与重发 .....              | 41 | 10.2 距离限制与局域网设计 .....                | 69 |
| 7.9 无线局域网和CSMA/CA .....        | 42 | 10.3 光纤扩展 .....                      | 69 |
| 7.10 总线网络另一实例: LocalTalk ..... | 43 | 10.4 中继器 .....                       | 70 |
| 7.11 环状网络实例: IBM令牌环 .....      | 44 | 10.5 网桥 .....                        | 72 |
| 7.12 环状网络另一实例: FDDI .....      | 45 | 10.6 帧过滤 .....                       | 72 |
| 7.13 星形网络实例: ATM .....         | 46 | 10.7 桥接网络的启动与稳态特性 .....              | 73 |
| 7.14 小结 .....                  | 47 | 10.8 规划一个桥接网络 .....                  | 73 |
| 练习 .....                       | 48 | 10.9 大楼间桥接 .....                     | 74 |
| 第8章 硬件编址与帧类型标识 .....           | 49 | 10.10 远程桥接 .....                     | 74 |
| 8.1 概述 .....                   | 49 | 10.11 网桥环 .....                      | 75 |
| 8.2 指定接收方 .....                | 49 | 10.12 分布生成树 .....                    | 76 |
| 8.3 局域网硬件怎样用地址过滤包 .....        | 50 | 10.13 交换 .....                       | 77 |
| 8.4 物理地址格式 .....               | 50 | 10.14 交换机与集线器的结合 .....               | 78 |
| 8.5 广播 .....                   | 51 | 10.15 其他技术中的桥接和交换 .....              | 78 |
| 8.6 组播 .....                   | 52 | 10.16 小结 .....                       | 78 |
| 8.7 组播地址 .....                 | 52 | 练习 .....                             | 79 |
| 8.8 标识包的内容 .....               | 53 | 第11章 远程数字连接技术 .....                  | 80 |
| 8.9 帧头部和帧格式 .....              | 53 | 11.1 概述 .....                        | 80 |
| 8.10 帧格式实例 .....               | 54 | 11.2 数字电话 .....                      | 80 |
| 8.11 无自标识帧的网络的使用 .....         | 55 | 11.3 同步通信 .....                      | 81 |
| 8.12 网络分析器、物理地址和帧类型 .....      | 56 | 11.4 数字线路和DSU/CSU .....              | 81 |
| 8.13 小结 .....                  | 57 |                                      |    |
| 8.14 以太网地址分配 .....             | 58 |                                      |    |

|                        |     |                           |     |
|------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 11.5 电话标准 .....        | 82  | 12.17.5 ATM .....         | 102 |
| 11.6 DS 术语和数据速率 .....  | 83  | 12.18 小结 .....            | 103 |
| 11.7 低容量线路 .....       | 83  | 练习 .....                  | 103 |
| 11.8 中间容量数字线路 .....    | 83  | 第13章 网络所有权、服务模式和性能 .....  | 104 |
| 11.9 高容量线路 .....       | 84  | 13.1 概述 .....             | 104 |
| 11.10 光纤传输标准 .....     | 84  | 13.2 网络所有权 .....          | 104 |
| 11.11 后缀C .....        | 84  | 13.3 虚拟私有网络 .....         | 105 |
| 11.12 同步光纤网 .....      | 85  | 13.4 服务模式 .....           | 105 |
| 11.13 本地用户线路 .....     | 86  | 13.5 连接期限与保持 .....        | 106 |
| 11.14 ISDN .....       | 86  | 13.6 服务模式实例 .....         | 107 |
| 11.15 不对称数字用户线技术 ..... | 86  | 13.7 地址与连接标识 .....        | 108 |
| 11.16 其他DSL技术 .....    | 88  | 13.8 网络性能特性 .....         | 108 |
| 11.17 电缆调制解调技术 .....   | 89  | 13.8.1 延迟 .....           | 109 |
| 11.18 上行通信 .....       | 89  | 13.8.2 吞吐量 .....          | 109 |
| 11.19 混合光纤电缆 .....     | 90  | 13.8.3 延迟与吞吐量的关系 .....    | 110 |
| 11.20 光纤到街道 .....      | 90  | 13.8.4 延迟-吞吐量的乘积 .....    | 110 |
| 11.21 特定场合下的方法 .....   | 91  | 13.9 小结 .....             | 110 |
| 11.22 小结 .....         | 91  | 练习 .....                  | 111 |
| 练习 .....               | 91  | 第14章 协议与分层 .....          | 112 |
| 第12章 广域网技术与路由 .....    | 93  | 14.1 概述 .....             | 112 |
| 12.1 概述 .....          | 93  | 14.2 协议的必要性 .....         | 112 |
| 12.2 大型网络和广域 .....     | 93  | 14.3 协议系列 .....           | 112 |
| 12.3 包交换 .....         | 93  | 14.4 协议设计规划 .....         | 113 |
| 12.4 广域网的构成 .....      | 94  | 14.5 七层模型 .....           | 113 |
| 12.5 存储转发 .....        | 94  | 14.6 栈: 分层软件 .....        | 114 |
| 12.6 广域网的物理编址 .....    | 95  | 14.7 分层软件怎样工作 .....       | 115 |
| 12.7 下一站转发 .....       | 95  | 14.8 多层嵌套头部 .....         | 115 |
| 12.8 源地址独立性 .....      | 96  | 14.9 分层的科学依据 .....        | 115 |
| 12.9 层次地址与路由的关系 .....  | 96  | 14.10 协议使用的技术 .....       | 116 |
| 12.10 广域网中的路由 .....    | 96  | 14.10.1 无序传递的排序 .....     | 116 |
| 12.11 缺省路由的使用 .....    | 97  | 14.10.2 排序消除重复包 .....     | 117 |
| 12.12 路由表计算 .....      | 98  | 14.10.3 重发丢失的包 .....      | 117 |
| 12.13 图中最短路径计算 .....   | 98  | 14.10.4 避免过量延迟导致的重播 ..... | 117 |
| 12.14 分布式路由计算 .....    | 100 | 14.10.5 控制流量以防止数据过载 ..... | 118 |
| 12.15 矢量距离路由 .....     | 100 | 14.10.6 避免网络拥塞的机制 .....   | 119 |
| 12.16 链接状态路由 .....     | 101 | 14.11 协议设计的技巧 .....       | 120 |
| 12.17 广域网技术实例 .....    | 101 | 14.12 小结 .....            | 121 |
| 12.17.1 ARPANET .....  | 101 | 练习 .....                  | 121 |
| 12.17.2 X.25 .....     | 101 | 第15章 网络互联: 概念、结构与协        |     |
| 12.17.3 帧中继 .....      | 102 | 议 .....                   | 122 |
| 12.17.4 SMDS .....     | 102 | 15.1 概述 .....             | 122 |

|                             |     |                            |     |
|-----------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 15.2 网络互联的动机 .....          | 122 | 17.3 地址解析 .....            | 137 |
| 15.3 通用服务概念 .....           | 122 | 17.4 地址解析技术 .....          | 138 |
| 15.4 异构世界中的通用服务 .....       | 122 | 17.5 查表法地址解析 .....         | 138 |
| 15.5 网络互联 .....             | 123 | 17.6 相近形式计算地址解析 .....      | 139 |
| 15.6 用路由器连接物理网 .....        | 123 | 17.7 消息交换法地址解析 .....       | 140 |
| 15.7 互联网体系结构 .....          | 123 | 17.8 地址解析协议 .....          | 140 |
| 15.8 实现通用服务 .....           | 124 | 17.9 ARP消息传递 .....         | 140 |
| 15.9 虚拟网络 .....             | 124 | 17.10 ARP消息格式 .....        | 141 |
| 15.10 网络互联协议 .....          | 125 | 17.11 发送一个ARP消息 .....      | 142 |
| 15.11 网络互联与TCP/IP的重要性 ..... | 125 | 17.12 识别ARP帧 .....         | 142 |
| 15.12 分层与TCP/IP协议 .....     | 125 | 17.13 暂存ARP应答 .....        | 142 |
| 15.13 主机、路由器与协议层次 .....     | 126 | 17.14 处理接收到的ARP消息 .....    | 143 |
| 15.14 小结 .....              | 126 | 17.15 分层, 地址解析, 协议地址 ..... | 143 |
| 练习 .....                    | 127 | 17.16 小结 .....             | 144 |
| 第16章 IP: 互联网协议地址 .....      | 128 | 练习 .....                   | 144 |
| 16.1 概述 .....               | 128 | 第18章 IP数据报和数据报转发 .....     | 145 |
| 16.2 虚拟互联网地址 .....          | 128 | 18.1 概述 .....              | 145 |
| 16.3 IP编址方案 .....           | 128 | 18.2 无连接服务 .....           | 145 |
| 16.4 IP地址层次 .....           | 129 | 18.3 虚拟包 .....             | 145 |
| 16.5 IP地址分类 .....           | 129 | 18.4 IP数据报 .....           | 146 |
| 16.6 地址类别的计算 .....          | 130 | 18.5 IP数据报的转发 .....        | 146 |
| 16.7 点分十进制表示法 .....         | 130 | 18.6 IP地址与路由表项 .....       | 147 |
| 16.8 类别和点分十进制表示法 .....      | 131 | 18.7 屏蔽码域和数据报转发 .....      | 147 |
| 16.9 地址空间的划分 .....          | 131 | 18.8 目的地和下一站地址 .....       | 148 |
| 16.10 地址的授权 .....           | 131 | 18.9 尽力传递 .....            | 148 |
| 16.11 编址实例 .....            | 132 | 18.10 IP数据报头部格式 .....      | 149 |
| 16.12 特殊IP地址 .....          | 132 | 18.11 小结 .....             | 149 |
| 16.12.1 网络地址 .....          | 133 | 练习 .....                   | 150 |
| 16.12.2 直接广播地址 .....        | 133 | 第19章 IP封装、分段与重组 .....      | 151 |
| 16.12.3 有限广播地址 .....        | 133 | 19.1 概述 .....              | 151 |
| 16.12.4 本机地址 .....          | 133 | 19.2 数据报传输与帧 .....         | 151 |
| 16.12.5 回送地址 .....          | 133 | 19.3 封装 .....              | 151 |
| 16.13 特殊IP地址小结 .....        | 134 | 19.4 在互联网上的传输 .....        | 151 |
| 16.14 伯克利广播地址格式 .....       | 134 | 19.5 MTU、数据报长度和封装 .....    | 152 |
| 16.15 路由器和IP编址原则 .....      | 134 | 19.6 重组 .....              | 153 |
| 16.16 多穴主机 .....            | 135 | 19.7 标识一个数据报 .....         | 154 |
| 16.17 小结 .....              | 135 | 19.8 段丢失 .....             | 154 |
| 练习 .....                    | 135 | 19.9 段的进一步分解 .....         | 154 |
| 第17章 协议地址联编 .....           | 137 | 19.10 小结 .....             | 155 |
| 17.1 概述 .....               | 137 | 练习 .....                   | 155 |
| 17.2 协议地址和包传递 .....         | 137 | 第20章 IP的未来 .....           | 156 |

|                           |     |                                          |     |
|---------------------------|-----|------------------------------------------|-----|
| 20.1 概述 .....             | 156 | 23.1 概述 .....                            | 176 |
| 20.2 IP的成就 .....          | 156 | 23.2 应用软件提供的功能 .....                     | 176 |
| 20.3 变革的动机 .....          | 156 | 23.3 互联网提供的功能 .....                      | 176 |
| 20.4 名称与版本号 .....         | 157 | 23.4 建立通信 .....                          | 177 |
| 20.5 IPv6特性 .....         | 157 | 23.5 客户/服务器模式 .....                      | 177 |
| 20.6 IPv6数据报格式 .....      | 158 | 23.6 客户与服务器的特性 .....                     | 177 |
| 20.7 IPv6基本头部格式 .....     | 158 | 23.7 服务器程序与服务器类计算机 .....                 | 178 |
| 20.8 IPv6怎样处理多重头部 .....   | 159 | 23.8 请求、应答与数据流向 .....                    | 178 |
| 20.9 分段、重组和路径MTU .....    | 159 | 23.9 传输协议与客户/服务器交互 .....                 | 178 |
| 20.10 多重头部的目的 .....       | 160 | 23.10 一台计算机上的多种服务 .....                  | 179 |
| 20.11 IPv6编址 .....        | 161 | 23.11 标识一个特定服务 .....                     | 179 |
| 20.12 IPv6冒分十六进制表示法 ..... | 161 | 23.12 为一个服务建立多个服务器副本 .....               | 180 |
| 20.13 小结 .....            | 162 | 23.13 动态服务器创建 .....                      | 180 |
| 练习 .....                  | 162 | 23.14 传输协议与无二义性通信 .....                  | 180 |
| 第21章 差错报告机制 .....         | 163 | 23.15 面向连接与无连接的传输 .....                  | 181 |
| 21.1 概述 .....             | 163 | 23.16 支持多种协议的服务 .....                    | 181 |
| 21.2 “尽力而为”语义和差错检测 .....  | 163 | 23.17 复杂的客户/服务器交互 .....                  | 181 |
| 21.3 互联网控制报文协议 .....      | 163 | 23.18 交互与循环依赖 .....                      | 182 |
| 21.4 ICMP报文传送 .....       | 164 | 23.19 小结 .....                           | 182 |
| 21.5 用ICMP报文测试可达性 .....   | 165 | 练习 .....                                 | 183 |
| 21.6 用ICMP跟踪路由 .....      | 165 | 第24章 套接字接口 .....                         | 184 |
| 21.7 用ICMP发现路径MTU .....   | 166 | 24.1 概述 .....                            | 184 |
| 21.8 小结 .....             | 167 | 24.2 应用程序接口 .....                        | 184 |
| 练习 .....                  | 167 | 24.3 套接字API .....                        | 184 |
| 第22章 TCP: 可靠传输服务 .....    | 168 | 24.4 套接字与套接字库 .....                      | 185 |
| 22.1 概述 .....             | 168 | 24.5 套接字通信与UNIX I/O .....                | 185 |
| 22.2 可靠传输的必要性 .....       | 168 | 24.6 套接字、描述符与网络I/O .....                 | 185 |
| 22.3 传输控制协议 .....         | 168 | 24.7 参数与套接字API .....                     | 186 |
| 22.4 TCP为应用提供的服务 .....    | 168 | 24.8 实现套接字API的过程 .....                   | 186 |
| 22.5 端对端服务和数据报 .....      | 169 | 24.8.1 Socket过程 .....                    | 186 |
| 22.6 实现可靠性 .....          | 169 | 24.8.2 Close过程 .....                     | 186 |
| 22.7 包丢失与重发 .....         | 170 | 24.8.3 Bind过程 .....                      | 187 |
| 22.8 自适应重发 .....          | 171 | 24.8.4 Listen过程 .....                    | 188 |
| 22.9 重发时间的对比 .....        | 171 | 24.8.5 Accept过程 .....                    | 188 |
| 22.10 缓冲、流控与窗口 .....      | 171 | 24.8.6 Connect过程 .....                   | 188 |
| 22.11 三次握手 .....          | 172 | 24.8.7 Send、Sendto与Sendmsg过程 .....       | 189 |
| 22.12 拥塞控制 .....          | 173 | 24.8.8 Recv、Recvfrom与Recvmsg过<br>程 ..... | 190 |
| 22.13 TCP段格式 .....        | 173 | 24.9 用套接字进行读写 .....                      | 190 |
| 22.14 小结 .....            | 174 | 24.10 其他套接字过程 .....                      | 190 |
| 练习 .....                  | 174 | 24.11 套接字、线程与继承 .....                    | 191 |
| 第23章 客户/服务器交互 .....       | 176 |                                          |     |

|                           |     |                                  |     |
|---------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| 24.12 小结 .....            | 191 | 27.6 多用途互联网邮件扩充 .....            | 213 |
| 练习 .....                  | 192 | 27.7 电子邮件与应用程序 .....             | 214 |
| 第25章 客户与服务器实例 .....       | 193 | 27.8 邮件传输 .....                  | 214 |
| 25.1 概述 .....             | 193 | 27.9 简单邮件传输协议 .....              | 215 |
| 25.2 面向连接的通信 .....        | 193 | 27.10 对一台计算机上的多个接收者的<br>优化 ..... | 215 |
| 25.3 一个服务实例 .....         | 193 | 27.11 邮件分发、列表与转发 .....           | 215 |
| 25.4 实例程序的命令行参数 .....     | 193 | 27.12 邮件网关 .....                 | 216 |
| 25.5 套接字过程调用的顺序 .....     | 194 | 27.13 自动邮件列表 .....               | 217 |
| 25.6 客户实例代码 .....         | 194 | 27.14 邮件中继与电子邮件地址 .....          | 217 |
| 25.7 服务器实例代码 .....        | 196 | 27.15 邮箱访问 .....                 | 218 |
| 25.8 流服务与多重recv调用 .....   | 198 | 27.16 拨号连接与POP .....             | 219 |
| 25.9 套接字过程与挂起 .....       | 199 | 27.17 小结 .....                   | 219 |
| 25.10 代码长度与差错报告 .....     | 199 | 练习 .....                         | 220 |
| 25.11 在另一种服务上使用实例客户 ..... | 199 | 第28章 文件传输与远程文件访问 .....           | 221 |
| 25.12 使用另一个客户来测试服务器 ..... | 200 | 28.1 概述 .....                    | 221 |
| 25.13 小结 .....            | 200 | 28.2 数据传输与分布式计算 .....            | 221 |
| 练习 .....                  | 200 | 28.3 存储中间结果 .....                | 221 |
| 第26章 基于域名系统的命名 .....      | 202 | 28.4 通用文件传输 .....                | 221 |
| 26.1 概述 .....             | 202 | 28.5 交互与批处理模式 .....              | 222 |
| 26.2 计算机域名的结构 .....       | 202 | 28.6 文件传输协议 .....                | 222 |
| 26.3 地理结构 .....           | 203 | 28.7 FTP通用模型与用户界面 .....          | 223 |
| 26.4 组织内的域名 .....         | 203 | 28.8 FTP命令 .....                 | 223 |
| 26.5 DNS客户/服务器模型 .....    | 204 | 28.9 连接、授权与文件权限 .....            | 224 |
| 26.6 DNS服务器层次 .....       | 205 | 28.10 匿名文件访问 .....               | 224 |
| 26.7 服务器结构 .....          | 206 | 28.11 任意方向文件传输 .....             | 225 |
| 26.8 访问的局部性与多种服务器 .....   | 206 | 28.12 文件名的通配符扩展 .....            | 225 |
| 26.9 服务器之间的链 .....        | 206 | 28.13 文件名转换 .....                | 225 |
| 26.10 域名解析 .....          | 206 | 28.14 改变目录与列出内容 .....            | 226 |
| 26.11 DNS性能的优化 .....      | 207 | 28.15 文件类型与传输模式 .....            | 226 |
| 26.12 DNS项的类型 .....       | 208 | 28.16 FTP应用实例 .....              | 226 |
| 26.13 使用CNAME类型的别名 .....  | 208 | 28.17 冗长输出 .....                 | 229 |
| 26.14 多重类型的重要结果 .....     | 209 | 28.18 FTP中的客户/服务器交互 .....        | 230 |
| 26.15 缩写与DNS .....        | 209 | 28.19 控制与数据连接 .....              | 230 |
| 26.16 小结 .....            | 209 | 28.20 数据连接与文件结束 .....            | 230 |
| 练习 .....                  | 210 | 28.21 普通文件传输协议 .....             | 231 |
| 第27章 电子邮件的表示与传输 .....     | 211 | 28.22 网络文件系统 .....               | 231 |
| 27.1 概述 .....             | 211 | 28.23 小结 .....                   | 232 |
| 27.2 电子邮件模式 .....         | 211 | 练习 .....                         | 232 |
| 27.3 电子邮箱与地址 .....        | 211 | 第29章 WWW页面与浏览 .....              | 234 |
| 27.4 电子邮件信息格式 .....       | 212 | 29.1 概述 .....                    | 234 |
| 27.5 复制副本 .....           | 213 |                                  |     |

|                            |     |                                    |     |
|----------------------------|-----|------------------------------------|-----|
| 29.2 浏览器界面 .....           | 234 | 31.7 Java运行环境 .....                | 256 |
| 29.3 超文本与超媒体 .....         | 234 | 31.8 Java类库 .....                  | 257 |
| 29.4 文档表示 .....            | 235 | 31.9 图形工具箱 .....                   | 257 |
| 29.5 HTML格式与表示 .....       | 235 | 31.10 在特定计算机上使用Java的图形<br>功能 ..... | 258 |
| 29.6 HTML格式标签实例 .....      | 236 | 31.11 Java解释器和浏览器 .....            | 259 |
| 29.7 头部 .....              | 236 | 31.12 编译Java程序 .....               | 259 |
| 29.8 列表 .....              | 237 | 31.13 applet实例 .....               | 259 |
| 29.9 Web页中嵌入图形图像 .....     | 237 | 31.14 调用applet .....               | 261 |
| 29.10 标识一页 .....           | 238 | 31.15 与浏览器交互的实例 .....              | 261 |
| 29.11 文档之间的超文本链接 .....     | 238 | 31.16 差错和异常处理 .....                | 262 |
| 29.12 客户/服务器交互 .....       | 239 | 31.17 替代产品 .....                   | 263 |
| 29.13 Web文档传输与HTTP .....   | 239 | 31.18 小结 .....                     | 263 |
| 29.14 浏览器结构 .....          | 239 | 练习 .....                           | 263 |
| 29.15 可选客户 .....           | 240 | 第32章 RPC和中间件 .....                 | 265 |
| 29.16 Web浏览器中的缓存 .....     | 241 | 32.1 概述 .....                      | 265 |
| 29.17 小结 .....             | 241 | 32.2 客户和服务器的编程 .....               | 265 |
| 练习 .....                   | 242 | 32.3 远程过程调用模式 .....                | 265 |
| 第30章 动态Web文档的CGI技术 .....   | 244 | 32.4 RPC模式 .....                   | 266 |
| 30.1 概述 .....              | 244 | 32.5 通信桩程序 .....                   | 267 |
| 30.2 Web文档的三种基本形式 .....    | 244 | 32.6 外部数据表示 .....                  | 268 |
| 30.3 每种文档类型的优缺点 .....      | 244 | 32.7 中间件和面向对象的中间件 .....            | 268 |
| 30.4 动态文档的实现 .....         | 245 | 32.7.1 ONC RPC .....               | 269 |
| 30.5 CGI标准 .....           | 246 | 32.7.2 DCE RPC .....               | 269 |
| 30.6 CGI程序的输出 .....        | 246 | 32.7.3 MSRPC .....                 | 269 |
| 30.7 CGI程序实例 .....         | 246 | 32.7.4 CORBA .....                 | 269 |
| 30.8 参数和环境变量 .....         | 247 | 32.7.5 MSRPC2 .....                | 269 |
| 30.9 状态信息 .....            | 248 | 32.7.6 COM/DCOM .....              | 270 |
| 30.10 带有长期状态信息的CGI程序 ..... | 248 | 32.8 小结 .....                      | 270 |
| 30.11 带有短期状态信息的CGI程序 ..... | 249 | 练习 .....                           | 270 |
| 30.12 表格与交互 .....          | 251 | 第33章 网络管理 .....                    | 272 |
| 30.13 小结 .....             | 251 | 33.1 概述 .....                      | 272 |
| 练习 .....                   | 252 | 33.2 互联网管理 .....                   | 272 |
| 第31章 活动Web文档的Java技术 .....  | 253 | 33.3 潜在故障隐患 .....                  | 272 |
| 31.1 概述 .....              | 253 | 33.4 网络管理软件 .....                  | 273 |
| 31.2 屏幕连续更新早期形式 .....      | 253 | 33.5 客户、服务器、管理员与代理 .....           | 273 |
| 31.3 活动文档技术和服务器开销 .....    | 254 | 33.6 简单网络管理协议 .....                | 273 |
| 31.4 活动文档的表示形式及其相互转换 ..... | 254 | 33.7 存取模式 .....                    | 274 |
| 31.5 Java技术 .....          | 255 | 33.8 管理信息库与对象名 .....               | 274 |
| 31.6 Java程序设计语言 .....      | 255 | 33.9 MIB变量的多样性 .....               | 275 |
| 31.6.1 语言特点 .....          | 255 | 33.10 与数组相对应的MIB变量 .....           | 275 |
| 31.6.2 和C++的相同之处 .....     | 256 |                                    |     |

|                      |     |                          |     |
|----------------------|-----|--------------------------|-----|
| 33.11 小结 .....       | 275 | 35.4 协议参数 .....          | 283 |
| 练习 .....             | 276 | 35.5 协议配置 .....          | 284 |
| 第34章 网络安全 .....      | 277 | 35.6 需要配置项目的实例 .....     | 284 |
| 34.1 概述 .....        | 277 | 35.7 配置实例：使用磁盘文件 .....   | 285 |
| 34.2 安全网络和安全策略 ..... | 277 | 35.8 自动协议配置的必要性 .....    | 285 |
| 34.3 安全性指标 .....     | 278 | 35.9 自动协议配置的方法 .....     | 285 |
| 34.4 安全责任和控制在 .....  | 278 | 35.10 寻址地址 .....         | 286 |
| 34.5 完整性机制 .....     | 278 | 35.11 自举过程中使用协议的顺序 ..... | 286 |
| 34.6 访问控制和口令 .....   | 278 | 35.12 自举协议 .....         | 287 |
| 34.7 加密与保密 .....     | 279 | 35.13 自动地址分配 .....       | 288 |
| 34.8 公共密钥加密 .....    | 279 | 35.14 动态主机配置协议 .....     | 288 |
| 34.9 数字签名的鉴定 .....   | 279 | 35.15 DHCP的优化 .....      | 289 |
| 34.10 包过滤 .....      | 280 | 35.16 DHCP消息格式 .....     | 289 |
| 34.11 互联网防火墙概念 ..... | 281 | 35.17 DHCP与域名 .....      | 290 |
| 34.12 小结 .....       | 281 | 35.18 小结 .....           | 290 |
| 练习 .....             | 282 | 练习 .....                 | 290 |
| 第35章 初始化 .....       | 283 | 附录A 网络术语和缩写词汇编 .....     | 292 |
| 35.1 概述 .....        | 283 | 附录B ASCII字符集 .....       | 311 |
| 35.2 自举 .....        | 283 | 附录C 如何使用本书附带的光盘 .....    | 312 |
| 35.3 启动协议软件 .....    | 283 | 索引 .....                 | 315 |

# 第1章 导 论

## 1.1 计算机网络的发展

计算机网络近年来获得了飞速的发展。20年前,很少有人接触过网络。现在,计算机通信已成为我们社会结构的一个基本组成部分。网络被用于工商业的各个方面,包括广告宣传、生产、发运、计划、报价和会计等。结果,绝大多数公司拥有了多个网络。从小学到研究生教育的各级学校都使用计算机网络为教师和学生提供全球范围的联网图书信息的即时检索。从联邦到州和地方的各级政府使用网络,各种军事单位同样如此。简而言之,计算机网络已遍布各个领域。

全球因特网的持续发展是网络领域最令人感兴趣的现象之一。10年前,因特网仅是一个只有几十个站点的研究项目。今天的因特网已成为一个连接所有国家亿万人的通信系统。在美国因特网连接了大多数的企业、社区学院和大学,以及联邦、州及地区的政府办公室,并很快将连接大多数的大学、初级和高级中学。另外,许多个人居民也能通过拨号网络与因特网相连,并且新技术正在提供更高带宽的连接服务。因特网对社会造成的冲击在杂志和电视的广告中可见一斑。这些广告经常附带提供一个因特网站地址,从该处可以获得有关所宣传的产品或服务的补充信息。

网络的发展也是一个经济上的冲击。数据网络使个人化的远程通信成为可能,并改变了商业通信的模式。一个完整的用于发展网络技术、网络产品和服务的新兴工业已经形成,计算机网络的普及性和重要性已经导致在不同岗位上对具有更多网络知识的人才的大量需求。企业需要雇员规划、获取、安装、操作、管理那些构成计算机网络和因特网的软硬件系统。另外,计算机编程已不再局限于个人计算机,而要求程序员设计并实现能与其他计算机上的程序通信的应用软件。

## 1.2 网络系统复杂性

计算机网络是一个复杂的主题,其中存在许多技术,每种技术各有不同特点。多个组织已经独立地设立了网络标准,彼此并不完全兼容。许多企业也已经推出了各种使用非常规网络技术的产品和网络服务。总之使网络变得复杂的原因在于有多种技术可被用来连接两个或多个网络,这就导致网络间有多种可能的连接方式。

对一个初学者,网络显得尤其复杂,因为并不存在单一的基础理论来解释网络各部分的相互关系。事实上,各种组织和研究团体正在尝试定义各种概念模型以描述网络硬件和软件系统之间的异同。不幸的是,各系统所涉及的技术是各不相同的,并且变化非常之快,这些概念模型不是过于简单,以至于无法区分各系统间的细节,就是过于复杂而对简化主题毫无帮助。

缺乏单一基础理论对初学者还产生了另一个挑战:对各种网络概念并不存在简单而统一的术语。由于多个组织定义了各自的网络技术和标准,对一个给定概念存在多种术语。专业人员经常使用一种技术中的某一术语表达另一技术中的一个类似功能。另外,技术术语有时会 and 流行产品的名称相混淆。结果,除了一大堆包含很多同义语的术语与缩写外,网络界的行话还包

括一些经常被简略、被误用、或与产品联系在一起的术语。

### 1.3 对复杂性的控制

为克服网络的复杂性带来的困难，我们必须超越技术细节而将精力集中于基本概念。举例来说，虽然理解一个特定网络中连接各个计算机的接线细节并不重要，但能否理解现行的几种基本联网拓扑结构以及各自的特点就极为重要。类似地，学习某个特定的通信协议如何管理一个拥塞网络的细节并不重要，但了解是何种拥塞以及为何它必须加以适当管理就显得极为重要。

### 1.4 概念与术语

本书的目的在于帮助克服这一复杂性所带来的困难，它将致力于概念并避免不必要的细节。本书将解释每种联网技术的目的，指出其特点与缺陷，并讨论使用这些技术的一些后果。只要可能，本书将使用类比和插图以确保解释简单明了。

除了涉及概念和技术，本书还将介绍联网术语。当一个新概念被引入时，有关术语将被定义。本书也注意到了许多专业人员常用的流行缩写与同义语。所有术语都汇总在附录A的术语表中，以便为各种术语及本书中所定义的缩写提供快速检索。

### 1.5 本书的结构

除了本章导论之外，本书分为四大部分。第一部分描述数据传输。该部分解释了在最低层次上通过导线传输的电信号来传递信息，以及数据如何用电信号来编码。这些章节并未提供各种有关组建网络的硬件技术细节。相反，这些章节大致描述了数据传输的原理和实际活动以及它们对计算机网络的影响。

本书的第二部分集中讨论包传输。它解释了为何计算机网络使用包传输，并且展示了数据是如何分组为包以备传输的。本部分还介绍了两大类计算机网络：局域网和广域网，解释了两类网络间的差异，并且重现了一些范例技术。最后在该部分讨论了一些寻址和路由的重要概念，它解释了一个网络如何选择路由将一个包送至目的地。

本书的第三部分讨论网络互联——一种允许将异种网络技术组合成一个大型的无缝的通信系统的重要概念，还解释了全球因特网所采用的通信协议TCP/IP。

本书的第四部分解释了网络应用程序。它集中讨论了应用程序如何使用底层网络进行通信。该部分从介绍交互的客户/服务器模式开始，后续章节解释了应用程序如何用该模型提供诸如电子邮件和Web浏览等网络服务。

### 1.6 小结

如此众多的技术、产品和连接方案使得网络成为一个复杂的主题。许多组织定义了相互竞争的标准，并且许多网络混合使用了多种标准的组件。由于并不存在一种单一的理论能用以解释各部分是如何接合在一起的，结果网络中使用的各种术语与行话既复杂又易混淆。为克服这种复杂性，致力于理解概念与术语就显得极为重要。

本书的各章以概念为中心，共分为四部分：第一部分描述了数据传输与调制解调器，第二部分集中讨论包通信，第三部分解释网络互联的工作机制，而第四部分详细讨论了应用程序如何使用计算机网络。