

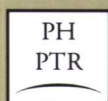
国外计算机科 学教材系列

数据与计算机通信

(第六版)

Data & Computer Communications
Sixth Edition

[美] William Stallings 著
王海 张娟 蒋慧 等译
谢希仁 审校



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

数据与计算机通信

(第六版)

Data & Computer Communications
Sixth Edition

[美] William Stallings 著

王海/张娟 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

数据与计算机通信是当今通信与计算机界的热门话题。本书内容丰富新颖,涉及最基本的数据通信原理、各种类型的计算机网络以及多种网络协议和应用。这一版本增加的新内容主要有:用双绞线进行宽带接入的xDSL技术、千兆位以太网和100Mb/s以太网、可用比特率 ABR 服务和机制、TCP的拥塞控制、IP组播技术、Internet中的综合服务、区分服务,以及服务质量 QoS 和资源预约协议 RSVP等。此外,本书还包括了一个庞大的词汇表、参考文献和常用缩写词对照表。在每一章还设有一些习题和建议,以便读者进一步阅读。

本书可供通信或计算机专业的本科生或研究生使用,也可供通信或计算机领域的研究人员和专业技术人员参考。

Authorized translation from the English language edition published by Prentice-Hall, Inc. Copyright © 2000.

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 © 2001.

本书中文简体版专有翻译出版权由 Pearson 教育集团所属的 Prentice-Hall, Inc. 授予电子工业出版社。其原文版权及中文翻译出版权受法律保护。未经许可,不得以任何形式或手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

数据与计算机通信(第六版)/(美)斯大林(Stallings, W.)著;王海等译. —北京:电子工业出版社, 2001.5
(国外计算机科学教材系列)

书名原文: Data & Computer Communications, Sixth Edition

ISBN 7-5053-6701-3

I. 数… II. ①斯… ②王… III. ①数据通信 ②计算机通信 IV. TN919

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第029691号

丛 书 名: 国外计算机科学教材系列

书 名: 数据与计算机通信(第六版)

原 书 名: Data & Computer Communications, Sixth Edition

著 者: [美] William Stallings

译 者: 王 海 张 娟 蒋 慧 等

审 校 者: 谢希仁

责任编辑: 吴 源 谭海平

排版制作: 今日电子公司制作部

印 刷 者: 北京东光印刷厂

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 电话: 68279077

经 销: 各地新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 41.25 字数: 1056千字

版 次: 2001年5月第1版 2001年5月第1次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6701-3

TP · 3741

定 价: 59.00元

版权贸易合同登记号 图字: 01-2000-3477

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,与本社发行部联系调换。

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面改革。

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 | 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授
中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长 |
| | 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 |

译者序

我们愿意向广大读者推荐 William Stallings 教授的《Data and Computer Communications》第六版的中译本。

William Stallings 早年在麻省理工学院获计算机科学博士学位,是国际上颇有影响的计算机网络教授。他先后出版了 17 种不同内容的教材,其中有的已再版多次。他曾 4 次获得教科书与院校作者协会(Text and Academic Authors Association)的最佳计算机科学图书年度奖。本书的第五版也是其中获奖的一本。

本书的特点是内容丰富且新颖,从最基本的数据通信原理,到各种类型的计算机网络以及多种网络协议和应用都有涉及。各章都有一定数量的习题。一些较深入的内容还放在有些章或全书后面的附录中,供读者进一步学习。在每章的后面还附上了作者推荐的一些有价值的 Web 网址,以便读者上网查找更多的信息。

本书的第六版增加了不少新的内容,或对某些内容进行了更加深入的讨论。例如,用双绞线进行宽带接入的 xDSL 技术、千兆位以太网和 100Mb/s 以太网、可用比特率 ABR 服务和机制、TCP 的拥塞控制、IP 组播技术、Internet 中的综合服务、区分服务,以及服务质量 QoS 和资源预约协议 RSVP 等。

本书主要由王海博士和张娟工程师翻译,其中的第 13 章和第 14 章由蒋慧博士和林东博士翻译,最后的词汇表由张兴元博士翻译。全书由谢希仁教授进行审校。

原书的一些错误已在翻译过程中改正。对于在作者的勘误表中没有列出的错误,我们都曾用电子邮件和作者进行过联系。限于水平,翻译不妥或错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

译者

前 言

宗旨

本书力图向读者全面完整地介绍数据与计算机通信这一广泛领域。从书中的章节结构组成可以看出作者试图将此庞大的主题细化,使之更易于理解,并逐步向读者揭示这一领域的高新技术。本书的重点是基本原理以及与该领域技术和体系结构有关的重要问题,同时也详细讨论了一些领先技术。

本书所讨论的内容始终围绕以下几条主线展开。

- **基本原理:**虽然本书所涉甚广,但有一些基本原理会作为主线反复出现,这样做是为了维持领域内的统一性。例如复用、流控制和差错控制。书中反复强调这些基本原理,并将它们在各种不同技术范围内的应用进行了对比。
- **设计方法:**本书详细介绍了满足特定通信需求的可选设计方法。
- **标准:**在数据与计算机通信领域中,标准起着越来越重要的作用,甚至是决定性的作用。要想了解某一技术的现状和发展方向,就必须广泛深入地讨论其相关标准。

内容安排

本书分为以下五个部分:

一、概述:介绍本书所要讲述内容的范围。此外,这一部分还就协议、OSI 以及 TCP/IP 协议族进行了讨论。

二、数据通信:这一部分的重点是两个直接连接设备之间的数据交换,并考察了在所涉及的范围内的传输、接口、链路控制和复用技术等各关键点。

三、广域网:这一部分所研究的内部机制及用户与网络接口是为了在远距离网络上进行话音、数据及多媒体通信而发展起来的。在介绍早期的分组交换和电路交换技术的同时,还会介绍最近出现的 ATM。本部分中有一章专门讨论拥塞控制问题。

四、局域网:这一部分讨论的是为短距离联网而发展起来的各种技术和体系结构,它们相互之间差别很大。传输媒体、拓扑结构以及媒体接入控制协议这些局域网设计要素是我们将要讨论的重点,同时还要介绍几个具体的标准局域网系统。

五、网络协议:这部分介绍的体系结构原理和机制是在计算机、工作站、服务器及其他数据处理设备之间进行数据交换所必需的,其中大部分取材于相关的 TCP/IP 协议族。

另外,本书还包括了一个庞大的词汇表、常用缩写对照表和参考书目表。在每一章还设有一些习题和建议,以便读者进一步阅读。

本书的阅读对象包括学术研究人员和专业技术人员。对数据和计算机通信领域有兴趣的专业技术人员可将本书视为基础入门教材,本书十分适合自学。作为教材来说,它可用作一个学期或两个学期的课程,其中包括了 1991 年 ACM 与 IEEE 联合举办的计算机课程(ACM/IEEE Computing Curricula 1991)中计算机通信网络的教程。本书规范化的章节结构为课程安排提供了很大的灵活性。以下是对课程安排的几点建议:

- **数据通信基础**: 第一部分(概述)、第二部分(数据通信)以及从第 9 章到第 11 章(电路交换、分组交换和异步传输模式与帧中继)。
- **通信网络**: 如果学生已经掌握了数据通信的基础知识,那么课程应当包括第一部分(概述)、第三部分(广域网)和第四部分(局域网)。
- **计算机网络**: 同样,假如学生已经掌握了数据通信的基础知识,则课程应当包括第一部分(概述)、第 6 章、第 7 章(数据通信接口和数据链路控制)以及第五部分(联网协议)。

此外,如果略去某些对第一次阅读来说并不重要的章节,就能够以更连贯的方式讲授本书的所有内容。这些可选的章节包括:第 3 章(数据传输)、第 4 章(传输媒体),只要学生对这些章节有个基本了解就可以了。还有第 8 章(复用)、第 9 章(电路交换)、第 12 章(数据网络中的拥塞)、第 16 章(互联网络工作原理)和第 18 章(网络安全)。

向教师和学生提供的 Internet 服务

本书在 Internet 上有一个 Web 主页,为教师和学生提供服务。该主页包括相关站点的链接,与书中图片对应的可下载图片,以及邮件发送清单(mailing list)的登录信息。该主页地址在 <http://www.shore.net/~ws/DCC6e.html>。为了让采用本书的读者之间以及读者与作者之间能够交换教学信息、建议和问题,还建有一个 Internet 邮件发送清单。一旦发现任何排版错误或其他错误,可以使用 <http://www.shore.net/~ws> 地址下的勘误表。

用于数据与计算机通信教学的项目

对于许多教师来说,数据通信或者网际互联教学课程中的一个重点就是实现某个项目或一组项目,学生们可以通过这些项目亲自动手实践,从而对课本中的概念有更深刻的了解。本书有侧重地在课程中提供了一些有关项目的内容。教师手册不仅对如何设计和构建项目提供指导,而且还包含有一组推荐项目,这些项目覆盖了书中所讨论的大部分内容,包括研究项目、仿真项目、建模分析项目以及对阅读/报告内容的指定。详情参见附录 C。

第六版中新增加的内容

第六版在本书的第一版发行将近 15 年后问世了。这些年来发生了许多事情。的确,近年来的变化无疑是越来越快。在第六版中,我一方面坚持对整个数据与计算机通信领域做出广泛而全面的介绍,另一方面也在努力跟上这些变化。在进行改版之前,有多位本专业的教授对本书的第五版做了大量评审工作。因此,这一版在很多地方的叙述比以往更清晰、更严谨,许多图表都有所改进,同时还增加了不少新的“现场试验”题目。

除了一些令本书更适用于教学和阅读的改进之外,还有一些主要的实质性改变贯穿全书。每一章都重写了,并增加了一些新的章节,全书的整体组成也发生了变化。值得注意的地方有:

- **xDSL**: 术语 xDSL 指的是各种数字用户线路技术,它可以通过网络与住宅或商业用户之间的普通双绞线,提供对 ISDN 和其他广域网络的高速接入。本书考察了 xDSL,特别是非对称数字用户线路(ADSL, Asymmetric Digital Subscriber Line)技术。
- **千兆位以太网(Gigabit Ethernet)**: 对 100Mb/s 以太网的讨论有所修改,并且增加了对千兆位以太网的介绍。

- **可用比特率 (ABR, Available bit rate) 服务及工作机制**: ABR 是一种为 ATM 网络提供的较新服务, 它为基于 IP 的数据通信量提供增强的支持能力。
- **拥塞控制**: 专门有一个独立的章节来讨论这个问题, 这种集中性的描述能够更清晰地表达所涉及的问题。这一章包括了更多对 ATM 流量管理和拥塞控制技术的介绍。
- **IP 组播**: 有一个独立的小节专门讨论这个问题。
- **综合服务、区分服务以及 RSVP (资源预约)**: 自从本书第五版付印以来, 针对在 Internet 上提供增强性的服务以支持各种多媒体和时间敏感的通信量这一课题的研究获得了长足进展。作者用了一个新章节来讨论综合服务、区分服务以及其他与服务质量 (quality of service) 有关的问题, 另外还有重要的 RSVP 资源预留协议。
- **TCP 拥塞控制**: 这是目前仍然非常热门的研究课题, 书中新增加了一小节来考察这个问题。

除此之外, 事实上书中所有的讨论内容都被修改过, 以反映自第五版发行以来这些标准和技术的发展。

质量保证

为了保证本书能够高质量地出版发行, 我们做了大量工作。无论是在初稿还是校样阶段, 作者和出版社都花费了大量的时间和精力, 对本书的内容进行了仔细校对。此外还有多位专业领域内的人士也自愿加入到我们中间。他们每个人都负责仔细地校对一个章节, 以检查其中的技术错误和排版错误。本书的每一章都得到了两位评审者的帮助。在此我感谢 Mel Adams、Navin Kumar Agarwal、Ferdinand N. Ahlberg、David Airlie、Tom Allebrandi、Maurice Baker、Rob Blais、Art Boughan、Frank Byrum、George Cherian、Christian Cseh、Dr. Mickael Fontaine、Charles Freund、Bob Furtaw、Andrew Gallo、Gary Gapinski、Sundar Gopal、Phil Guillemette、David Hoffman、Dr. Jun Huang、Prasad Kallur、Gary Kessler、Steven Kilby、John Kristoff、David Lucantoni、Kenneth Ma、Eddie Maendel、Richard Masoner、Mark McCutcheon、John McHarry、Mittal Monanim、Dr. John Naylor、Robert Olsson、Mike Patterson、Mahbubur Rashid、Jeffrey Rhodes、Monika Riffle、Peter Russell、Ahmet Sekercioğlu、Rayaz Siddiqui、Dick Smith、Dave Stern、Omesh Tickoo、Scott Valcourt、Dominick Vanacore、Eko Wibowo、Craig Wiesner 以及 Jeffrey Wright。

最后, 由 Arthur Werbner 审核了所有的课外习题及答案。

致谢

此次新版得益于诸多人士的鼎力支持, 他们慷慨地付出了自己的时间和专长。Robert H. Greenfield (Villanova University) 在工作之余, 为本书提供了大量详尽的有关技术上和教学上的意见。给予本书以支持和帮助的还有 Thomas Milham (Devry Institute of Technology)、Gregory B. Brewster (DePaul University)、Marc Delvaux (GlobeSpan Semiconductors)、Robert E. Morris (Devry Institute of Technology) 和 Matt Mutka (Michigan State University)。

目 录

第一部分 概述	1
第 1 章 引言	2
1.1 通信模型	2
1.2 数据通信	5
1.3 数据通信网络连接	6
1.3.1 广域网	6
1.3.2 局域网	8
1.4 协议与协议体系结构	9
1.4.1 一个三层模型	10
1.4.2 TCP/IP 协议结构	13
1.4.3 OSI 模型	15
1.5 标准	17
附录 1A 标准化组织	17
1A.1 Internet 标准和 Internet 协会	17
1A.2 标准化国际组织(ISO)	19
1A.3 ITU 电信标准部	21
1A.4 ATM 论坛	21
附录 1B Internet 资源	22
1B.1 本书的 Web 站点	22
1B.2 其他 Web 站点	22
1B.3 USENET 新闻组	23
第 2 章 协议与体系结构	24
2.1 协议	24
2.1.1 特性	24
2.1.2 功能	26
2.2 OSI	34
2.2.1 模型	34
2.2.2 OSI 框架结构内的标准化	36
2.2.3 服务原语和参数	38
2.2.4 OSI 的各层	39
2.3 TCP/IP 协议族	41
2.3.1 TCP/IP 的方法	42
2.3.2 TCP/IP 协议体系结构	42

2.3.3 TCP 和 IP 的操作	43
2.3.4 协议接口	44
2.3.5 应用层	45
2.4 推荐读物	46
2.5 习题	46
第二部分 数据通信	49
第 3 章 数据传输	51
3.1 概念和术语	51
3.1.1 传输术语	51
3.1.2 频率、频谱和带宽	52
3.2 模拟和数字数据传输	60
3.2.1 数据	60
3.2.2 信号	63
3.2.3 传输	65
3.3 传输损伤	67
3.3.1 衰减	68
3.3.2 时延失真	68
3.3.3 噪声	70
3.3.4 信道容量	71
3.4 推荐读物	75
3.5 习题	75
附录 3A 傅里叶分析	77
3A.1 周期信号的傅里叶级数表达式	77
3A.2 非周期信号的傅里叶变换表达式	78
3A.3 功率谱密度和带宽	78
附录 3B 分贝和信号强度	80
第 4 章 传输媒体	83
4.1 导向传输媒体	84
4.1.1 双绞线	85
4.1.2 同轴电缆	88
4.1.3 光纤	89
4.2 无线传输	92
4.2.1 地面微波	93
4.2.2 卫星微波	94
4.2.3 广播无线电波	97
4.2.4 红外线	98
4.3 推荐读物和 Web 站点	98
4.4 习题	98

第 5 章 数据编码	100
5.1 数字数据与数字信号	101
5.1.1 不归零码	104
5.1.2 多电平二进制	105
5.1.3 双相位	106
5.1.4 调制速率	107
5.1.5 扰码技术	108
5.2 数字数据与模拟信号	110
5.2.1 编码技术	110
5.2.2 性能	113
5.3 模拟数据与数字信号	115
5.3.1 脉码调制	115
5.3.2 增量调制	118
5.3.3 性能	119
5.4 模拟数据与模拟信号	120
5.4.1 调幅	120
5.4.2 角度调制	122
5.4.3 正交调幅	125
5.5 扩频	126
5.5.1 跳频	127
5.5.2 直接序列	128
5.6 推荐读物	129
5.7 习题	130
附录 5A 采样定理的证明	133
5A.1 证明	133
第 6 章 数据通信接口	135
6.1 异步传输与同步传输	135
6.1.1 异步传输	136
6.1.2 同步传输	138
6.2 线路配置	138
6.2.1 拓扑结构	139
6.2.2 全双工和半双工	139
6.3 接口	140
6.3.1 V.24/EIA-232-F	141
6.3.2 ISDN 的物理接口	147
6.4 推荐读物	148
6.5 习题	149

第7章 数据链路控制	150
7.1 流控制	151
7.1.1 停止等待流控制	152
7.1.2 滑动窗口流控制	152
7.2 差错检测	155
7.2.1 奇偶检验	156
7.2.2 循环冗余检验	156
7.3 差错控制	161
7.3.1 停止等待 ARQ	162
7.3.2 返回 N ARQ	162
7.3.3 选择拒绝 ARQ	165
7.4 高级数据链路控制	165
7.4.1 基本特点	166
7.4.2 帧结构	166
7.4.3 操作	169
7.5 其他数据链路控制协议	172
7.5.1 LAPB	172
7.5.2 LAPD	172
7.5.3 逻辑链路控制	172
7.5.4 帧中继	173
7.5.5 异步传输模式	174
7.6 推荐读物	174
7.7 习题	174
附录 7A 性能问题	177
7A.1 停止等待流控制	177
7A.2 无差错的滑动窗口流控制	179
7A.3 ARQ	180
第8章 复用	184
8.1 频分复用	185
8.1.1 特点	185
8.1.2 模拟载波系统	189
8.2 同步时分复用	190
8.2.1 特点	190
8.2.2 TDM 链路控制	192
8.2.3 数字载波系统	194
8.2.4 ISDN 用户网络接口	196
8.2.5 SONET/SDH	199

8.3	统计时分复用	202
8.3.1	特点	202
8.3.2	性能	203
8.4	非对称数字用户线路	207
8.4.1	ADSL 设计	207
8.4.2	离散多音	209
8.5	xDSL	210
8.5.1	高数据率数字用户线路	210
8.5.2	单线数字用户线路	211
8.5.3	甚高数据率数字用户线	211
8.6	推荐读物及 Web 站点	211
8.7	习题	212
第三部分 广域网		215
第 9 章 电路交换		217
9.1	交换网络	217
9.2	电路交换网	218
9.3	交换的概念	221
9.3.1	空分交换	222
9.3.2	时分交换	224
9.4	电路交换网中的路由选择	226
9.5	控制信令	228
9.5.1	信令功能	228
9.5.2	信令的位置	231
9.5.3	共路信令	231
9.5.4	7 号信令系统	234
9.6	推荐读物	236
9.7	习题	237
第 10 章 分组交换		238
10.1	分组交换原理	238
10.1.1	交换技术	240
10.1.2	分组大小	241
10.1.3	电路交换与分组交换的对比	242
10.1.4	外部和内部操作	244
10.2	路由选择	246
10.2.1	特性	246
10.2.2	路由选择策略	249
10.2.3	举例	254
10.3	X.25	259

10.3.1	虚电路服务	260
10.3.2	分组格式	261
10.3.3	复用	263
10.3.4	流控制和差错控制	264
10.3.5	分组序列	264
10.3.6	复位和重启动	265
10.4	推荐读物	266
10.5	习题	266
附录 10A	最小费用算法	270
10A.1	Dijkstra 算法	270
10A.2	Bellman-Ford 算法	271
10A.3	比较	273
第 11 章	异步传输模式与帧中继	275
11.1	协议体系结构	275
11.2	ATM 逻辑连接	276
11.2.1	虚通路连接的使用	278
11.2.2	虚通道/虚通路的特性	278
11.2.3	控制信令	279
11.3	ATM 信元	280
11.3.1	首部格式	280
11.3.2	一般流控制	282
11.3.3	首部差错控制	283
11.4	ATM 信元传输	285
11.4.1	基于信元的物理层	285
11.4.2	基于 SDH 的物理层	286
11.5	ATM 服务种类	287
11.5.1	实时服务	288
11.5.2	非实时服务	288
11.6	ATM 适配层	290
11.6.1	AAL 服务	290
11.6.2	AAL 协议	291
11.7	帧中继	297
11.7.1	背景	297
11.7.2	帧中继协议体系结构	298
11.7.3	用户数据传送	299
11.8	推荐读物	300
11.9	习题	301

第 12 章 数据网络中的拥塞	304
12.1 拥塞的结果	304
12.1.1 理想的性能	306
12.1.2 实际的性能	307
12.2 拥塞控制	308
12.2.1 反压	309
12.2.2 阻流分组	309
12.2.3 隐式拥塞信令	309
12.2.4 显式拥塞信令	310
12.3 通信量管理	311
12.3.1 公平性	311
12.3.2 服务质量	311
12.3.3 预约	311
12.4 分组交换网络中的拥塞控制	312
12.5 ATM 通信量管理	312
12.5.1 ATM 通信量和拥塞控制需求	312
12.5.2 反应时间/速率影响	313
12.5.3 信元时延偏差	314
12.5.4 通信量和拥塞控制框架结构	316
12.5.5 通信量管理和拥塞控制技术	317
12.6 ATM-ABR 通信量管理	322
12.6.1 反馈机制	323
12.6.2 信元流	324
12.7 帧中继拥塞控制	325
12.7.1 通信量速率管理	326
12.7.2 使用显式信令的拥塞避免	329
12.8 推荐读物	330
12.9 习题	331
第四部分 局域网	333
第 13 章 局域网技术	334
13.1 局域网应用	335
13.1.1 个人计算机局域网	335
13.1.2 后端网络和存储区网络	335
13.1.3 高速办公室网络	336
13.1.4 主干局域网	336
13.2 局域网体系结构	337
13.2.1 协议体系结构	337