

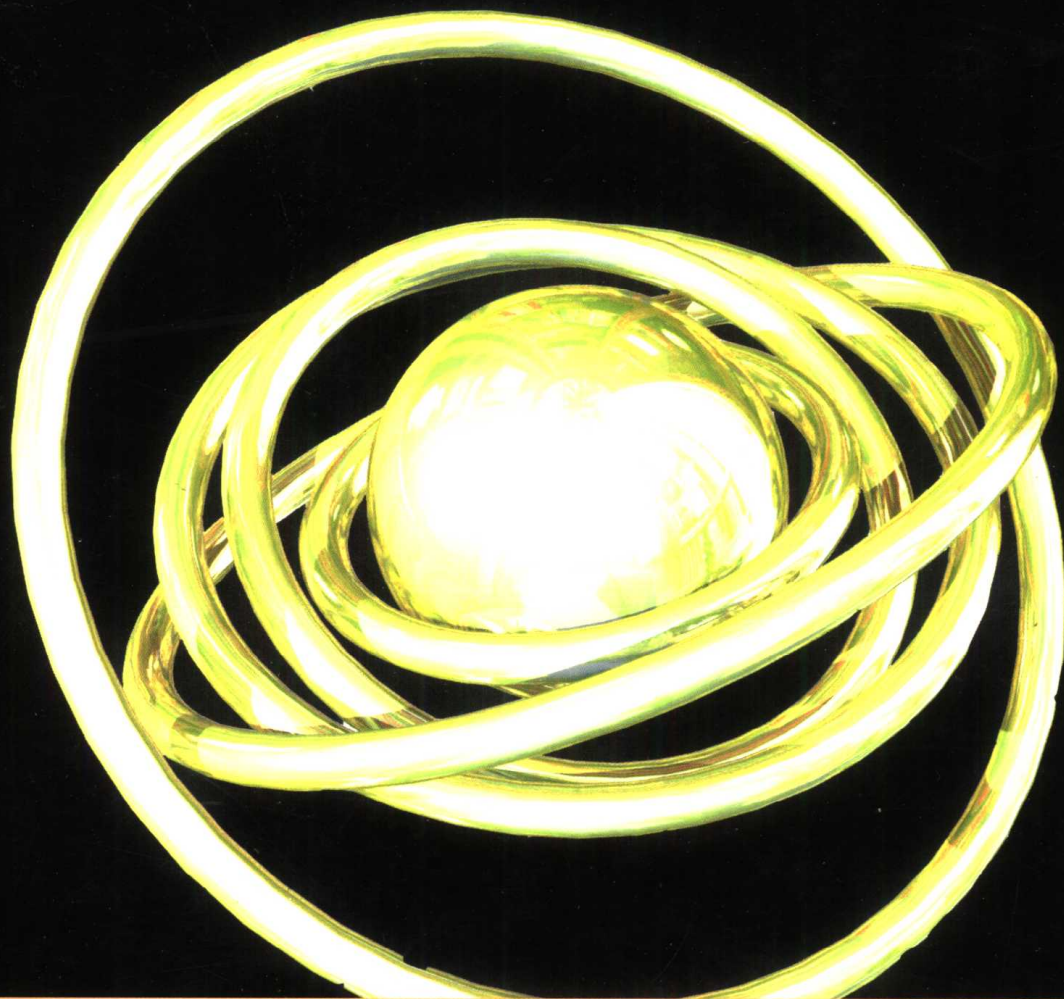
世界著名计算机教材精选

Mc
Graw
Hill Education

通信网 基本概念与主体结构

[美] Alberto Leon-Garcia & Indra Widjaja 著

乐正友 杨为理 等译



COMMUNICATION NETWORKS
FUNDAMENTAL CONCEPTS AND KEY ARCHITECTURES

Mc
Graw
Hill

清华大学出版社

世界著名计算机教材精选

通 信 网

基本概念与主体结构

利昂-加拉西亚
[美] Alberto Leon-Garcia 著
Indra Widjaja

乐正友 杨为理 等译

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

当今,以电信基础设施为主干网络,利用因特网协议提供广泛的网络互联,已成为通信网发展的必由之路。本书是将通信技术与网络技术这两个领域的知识有机结合起来的一个很好尝试。本书共 12 章,大致由三部分组成:第一部分(第 1~2 章)为总体描述,介绍通信网的基本概念和相关应用;第二部分(第 3~7 章)以不同通信网络为示例,介绍通信网的基本结构、相关协议和主要技术,内容涉及电话网、局域网、分组网、ATM 网和 IP 网;第三部分(第 8~12 章)简明介绍了当前的某些研究热点,如 ATM 网和 IP 网的融合技术、网络安全、多媒体信息的基本特性和相关的网络技术等。

本书取材广泛、实例丰富,并配有大量的习题和图表。本书可作为高等院校计算机、电子类专业本科生、研究生的基本教材,也可作为各行业网络技术服务人员的参考读物。

通信网:基本概念与主体结构

Alberto Leon-Garcia & Indra Widjaja: Communication Networks: Fundamental Concepts and Key Architectures

EISBN: 0-07-250353-X

Copyright © 1999 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Authorized simplified Chinese translation edition by McGraw-Hill Education(Asia) Co. is published by Tsinghua University Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司授权清华大学出版社在中国境内(香港、澳门特别行政区及台湾地区除外)独家出版发行。未经出版者预先书面许可,任何人不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2001-0119 号

图书在版编目(CIP)数据

通信网:基本概念与主体结构/[美]加西亚,[美]维德加加著;乐正友等译.—北京:清华大学出版社,2003

(世界著名计算机教材精选)

书名原文:Communication Networks: Fundamental Concepts and Key Architectures

ISBN 7-302-06050-9

I. 通… II. ①加… ②维… ③乐… III. 通信网—教材 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 085520 号

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.com.cn>

责任编辑:马 珂

封面设计:常雪影

印 刷 者:北京昌平环球印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:42.5 字数:978 千字

版 次:2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-06050-9/TP·3608

印 数:0001~5000

定 价:68.00 元

译 者 序

本书以不同的网络为主线,介绍了通信网的基本概念和相关技术。本书取材广泛、内容新颖、实例丰富、论述清晰,是一本有关通信网知识的优秀教材。

近 10 余年来,伴随着信息综合化、网络综合化的历史进程,通信技术与网络技术的相互渗透融合,对通信网的发展与变革产生了巨大的推动作用。以电信基础设施为主干网络,利用因特网协议提供广泛的网络互联,已成为通信网发展的必由之路。在这种背景下,有关通信网的知识结构,也应打破传统的电信网和计算机网彼此分离的局面,而这方面的教材,也应将这两个领域的知识有机地结合在一起,本书正是作者在这方面所做的一个很好的尝试。

译者曾用本书的部分内容作为研究生课程的教材。在教学过程中我们感觉到,通过本书的学习,读者可以对当前主要的通信网络有一个整体的了解,而且,对通信网络中的主要技术问题会有一个较深入的认识;更为重要的是,通过本书的学习,读者可以领会到不同网络中相通思想和不同的实施技术,这一点或许会对读者今后的学习和工作有所启迪。

本书第 1~4 章由杨为理翻译,第 5~9 章由乐正友翻译,第 10、11 章由那怡超翻译,第 12 章由王喻翻译,全书由乐正友统稿。

限于译者水平,译文难免有不妥之处,恳请读者指正。

译 者

2002 年 5 月

前 言

本书的目的

通信网络已进入了变革的时代,在这个时代中,市场和管理的活力最终是源于有关技术的发展,这可明显地体现在下列几方面:

- 多媒体个人计算机与万维网(WWW)的迅速发展,证明了网络服务的价值。
- 电信行业开放新型接入网技术,如数字蜂窝系统、线缆调制解调器、高速数字用户线(DSL)调制解调器、直播卫星系统、卫星网络与宽带无线接入系统等,这些将促进电信基础设施演变为灵活的分组主干网技术。
- 由于采用光传输技术和出现了新的国家与全球主干网服务提供商,使可用带宽急剧加大。
- 因特网协议族可作为基本、有效的工具,提供网络间广泛的互联。
- 由于数据业务将超过话音业务,因此未来网络将主要针对数据进行设计,而电话业务最终必然要在因特网上传送。

这样,在今后 10 年,网络的主要构成单元将会有明显的变化。本书的目的是让电气工程、计算机工程和计算机科学专业的学生掌握基本的网络结构概念及网络应用的知识。

本书适应的课程

本书是通信网方面课程的一学期或一学年导论性教科书,是为高年级本科生和一年级研究生的教学计划而编写的。本书的后半部分涉及当前网络结构的细节,可用作更高级课程的教材。本书也可供工程与计算机方面的专业人员选作网络概论性的教材。

学习本书时应具备计算机系统与编程的一般知识及基本的计算能力。在某些部分,初等概率知识是有用的,但不是必要的。

方法与内容

网络是由许多完成不同工作的部件所构成的极为复杂的系统。为了便于理解网络,必须先使学生了解网络的宏观情况,了解网络中各个部分是如何构成一个整体的。我们在组织本书时就考虑在刚开始先给学生一个大致的概念,然后让学生逐步深入此书中的各个论题。

本书试图均衡地安排有关网络的重要单元内容,在一学期的有限时间内学完本课程也是一种很大的挑战。我们在组织本书时,尽量将有关的论题描述得简明、实用,有些附加的材料可能难度较大,可由教师选用。

本书内容包括 3 个部分,第一部分为总体描述;第二部分介绍某些基本概念;第三部分讨论一些先进的论题和详细的网络结构;书后的两个附录提供了重要的技术支持材料。

网络、服务与层次结构

本书的第一部分从第 1 章开始讨论基于网络的应用,如学生所熟悉的万维网(WWW)、电子邮件(e-mail)、电话呼叫及家庭影视娱乐等。利用这些例子是为了强调现代网络的设计必须支持广泛的应用。然后我们将讨论电报、电话和计算机网直到因特网(Internet)的发展与变革。通过这种发展历史的讨论,可以认识到其中一些基本功能对所有网络都是通用的。我们将说明通常可有几种方法来实现一种功能,例如可利用无连接分组交换和电路交换两种方式进行信息的传送;可通过当时的技术、市场、管理等方面因素的综合来确定一种所需的网络结构。

第 2 章从服务提供商的角度来介绍网络,讲述电子邮件和 Web 浏览器应用,并说明支持这些应用的协议,即超文本传输协议(HTTP)、简单邮件传输协议(SMTP)和域名服务(DNS)等。我们也将说明这些协议如何利用传输控制协议(TCP)与用户数据报协议(UDP)来提供传送服务。通过这些应用,可以对层次的概念以及开放系统互连(OSI)的参考模型有个基本了解。书中还利用详细的例子说明以太网(Ethernet)、点到点协议(PPP)、网际协议(IP)、TCP 与 UDP 如何共同工作,以支持应用层的协议,在这些实例中还介绍了寻址与封装的主要概念。第 2 章中包括可选读的 2.4 和 2.5 两节,其内容为套接字及其他应用层协议与几种 TCP/IP 实用软件的简介。我们相信学生能够熟悉某些应用层方面的内容,从而可把第 2 章作为学习有关网络内部操作的一些论题的桥梁。套接字和 TCP/IP 实用软件为今后一些有用的练习与实践打下基础,这些练习与实践能使學生获得某些常用的网络知识。

基本的网络体系结构概念

第二部分将介绍网络体系结构的基本概念,主要讨论物理层到网络层,并探讨网络结构的发展趋势。

第 3 章主要介绍数字传输(包括检错)技术。我们介绍网络应用对比特率的要求及网络的传输能力,介绍带宽与比特率、信噪比之间的关系,并以调制解调器标准作为例子,介绍基本的数字传输技术。然后讨论各种介质或媒体(如铜线、同轴电缆、无线电、光纤)的特性及在接入网中的应用。本章比一般导论性课程包含更多的内容,教师可根据需要选用。

第 4 章讨论数字传输系统与电话网。前几节涉及当前和新出现的光网络,介绍数字复用等级和同步光网络(SONET)标准及 SONET 环的自恢复能力,并着重说明 SONET 光网络在软件控制下构建任意逻辑拓扑的能力。然后,我们引入波分复用(WDM)的概念,并说明 WDM 光网络如何共享 SONET 灵活的网络配置特性。接着讨论用于传统电话网和未来光网络的电路交换机。后几节涉及电话网,重点是实现电话服务及有关增值业务,如呼叫身份认证和集中付费业务(800 号业务)等所需的信令系统。介绍电话网及其信令系统的分层结构,讨论频率重复利用的概念及其在电话和卫星蜂窝网络中的应用。

第 5 章讨论数据链路控制。我们先不马上涉及这个问题,而首先引入对等层协议和

服务模型表示。作为对等层协议的例子,详细介绍提供可靠传送服务的自动重发请求(ARQ)协议。通过这种讨论可使学生对协议的具体实现有一个基本的了解。将端到端和逐跳方式与对等层协议进行比较,并用附加的对等层协议示例来说明流量控制与定时恢复问题。我们还能提前了解一下由 TCP 提供的可靠信息流服务方面的内容。然后描述高级数据链路控制(HDLC)与 PPP 等数据链路层标准的细节,讨论多个分组流共享一条数据链路和复用增益的问题。

第 6 章以局域网(LAN)和无线网作为例子,说明经共享介质的信息传送问题。我们先简单介绍广播式网络和介质共享技术,然后描述 LAN 的功能及其在 OSI 参考模型中的位置。介绍在共享介质上传送分组所采用的随机访问和预约方法。讨论延时-带宽乘积对性能的影响,并说明为什么以太网从共享介质访问演进到交换方式。除令牌环和光纤分布式数据接口(FDDI)LAN 外,我们也详细讨论无线局域网的 IEEE 802.11 标准。我们还讨论共享介质的频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)等信道复用方式及其在各种蜂窝无线网络中的应用。我们尽力使 CDMA 这一难题易于让学生理解与接受。

第 7 章讨论分组交换网。为便于理解本章的内容,我们先介绍通过因特网的端到端分组传送,然后以 IP 与异步转移模式(ATM)作为例子,介绍数据报和虚电路分组交换的概念。讲述分组交换机与路由器的基本设计方法,在其后介绍网络中路由选择所常用的最短路径算法以及链路状态与距离矢量方法。介绍 ATM 与标签交换的概念,讨论服务质量(QoS)与流量整形、调度、呼叫接纳控制之间的关系。本章的讨论还包括 TCP 和 ATM 的拥塞控制问题。

主要的网络体系结构与先进技术

第三部分介绍基本的网络概念是如何体现在 ATM 与 TCP/IP 这两种主要的网络体系结构中。在该部分中也涉及 ATM 与 TCP/IP 网的互连及增强 TCP/IP 的效能,以提供安全、有效的通信。

第 8 章详细介绍 TCP/IP 协议。内容包括 IP 层结构分析、IP 地址、路由选择、分段与重组、IPv6 的发展动力和特点以及 UDP。本章还详细分析了 TCP 是如何通过无连接的分组网络实现端到端可靠信息流服务与流量控制的,并简单介绍了路由信息协议(RIP)、开放式最短路径优先(OSPF)协议和边界网关协议(BGP),以说明在因特网中建立路由表的过程,同时也引入组播路由的概念。

第 9 章讨论 ATM 网络的结构。介绍 ATM 层、QoS 与 ATM 网业务类型,接着讨论 ATM 适配层(AAL)的各种协议及 ATM 信令和 PNNI 路由选择技术。

第 10 章讨论 IP 与 ATM 网的交互工作及建议的 IP 功能增强。介绍在 ATM 网运行 IP 的多种方案,然后介绍多协议标签交换(MPLS)技术及其他链路层协议,目前 MPLS 是在 ATM 网上运行 IP 最有前途的一种方式。最后,我们讨论资源预留协议(RSVP)、综合服务 IP 与区分服务 IP,它们共同提供 IP 的服务质量保证机制。

第 11 章简单介绍网络安全协议。在网络中可能出现各种威胁,相应也需要采取多种安全措施进行防御。本章介绍秘密密钥与公开密钥加密技术及它们在网络安全方面的应用,讨论提供网络安全性的协议与建立安全连接和管理密钥的协议。然后将这些通用协

议与 IP 安全协议、传输层安全协议联系起来。

第 12 章介绍多媒体信息及其网络技术。我们先简单介绍图像、音频和视频信号的特性,讨论为实现有效的数字表示而采用的各种压缩方案及有关的压缩标准。然后我们再返回来讨论简易老式电话业务(POTS)的各种信令协议,这些协议经发展可支持一般的多媒体通信,特别是在因特网上的 IP 电话。

本书结尾讨论网络体系结构的发展趋势及影响未来网络发展的几个方面。

附录

附录 A 给出网络性能模型。网络性能是网络设计和运行的主要部分与总体性要求。本书利用定量的实例说明在多种情况下所做的折衷考虑。我们对性能问题主要关心感性认识,而不想陷入数学推导之中。延迟与损耗特性在涉及复用、中继连接和介质访问控制等部分中引入,在这些部分中描述了这些特性的动态情况和所引起的主要特性。附录 A 的目的是对书中所引用的性能模型进行分析,这些分析方法与结果可融入到更高级的通信网络课程中。

附录 B 简要介绍网络管理。讨论网络管理系统的基本功能与结构及简单网络管理协议(SNMP),介绍描述管理信息的规则及对象的集合(称为管理信息库),它由 SNMP 进行管理。我们也介绍远程网络监控(RMON),它可提供广泛的网络诊断、规划和性能信息。

如何利用本书

本书在组织上能够适应各种导论性计算机与通信网课程的需要。教师通过选用适当的章节来调整重点,可满足不同学生背景的实际要求。第 1~8 章包括了一般计算机网络导论性课程所覆盖的核心内容(可能还多一些),例如在多伦多(Toronto)大学,40 学时的本科生计算机网络课包括第 1 章(全部)、第 2 章(全部,含利用套接字的一系列实际练习)、第 3 章(3.1、3.2、3.5、3.6 及 3.8.1~3.8.5 节)、第 4 章(4.1~4.3 节)、第 5 章(全部)、第 6 章(6.1~6.4 及 6.6.1、6.6.2 节)、第 7 章(全部)、第 8 章(8.1~8.5 节)。若想多花点儿时间学习第 8 章或其后的内容,可以略去第 3、4 章。本书的内容足够两个学期的课程,可作为计算机网络的导论性课程,之后应开设网络协议方面的课程。

教学元素

本书包含下列教学元素:

- 大量图。为有效地理解有关网络的概念,书中提供了大量必要的网络图、时间图、特性曲线和状态转换图。
- 大量实例。在讨论基本概念时,利用各种有关的例子实际说明所阐述的概念。在书中也尽可能地包含了一些数值例子。
- 带框的文字说明。利用框内注释来说明网络的发展趋势、重要进展,并探讨未来发展和一些新的论题。
- 习题。要掌握学习内容必须做习题。本书每章习题的难度范围都从概念的简单应用到研究、开发或探索各种问题。定量性的习题范围从简单的计算到某些算

法、技术或网络问题的研究。其中也适当地包含一些套接字与 TCP/IP 实用软件的简单编程练习。

- 每章有一小结和主要术语表。在小结中重复说明一些最重要的概念,主要术语表可帮助学生回顾一下有关的内容。
- 参考读物。每章有一参考读物清单,可对学习书中内容起一定的引导作用,主要提供进一步学习的材料。某些方面特别是较新的论题可参考因特网工程任务组(IETF)的相关 RFC 文件与研究论文。
- Web 站点。下列万维网(Web)站点可链接在线的解答手册、PowerPoint 幻灯片、作者情况及其他相关信息: www.mhhe.com/leon-garcia。

致谢

在初级和高级的网络课程中所使用的本书材料是多年积累与研究的结果,可用于大学本科、研究生及面向专业实践的教学中。我们感谢参加这些课程学习及用过本书手稿的许多学生所反馈的意见和建议,特别要感谢 CETYS 大学的学生们。我们还要感谢作为这些课程教学助理的研究生,特别是 Dennis Chan、Yasser Rasheed、Mohamed Arad、Massoud Hashemi、Hasan Naser 和 Andrew Jun 等。

我们感谢 Anindo Banerjea、Raouf Boutaba、Michael Kaplan 和 Gillian Woodruff 与我们进行的有关网络方面令人激动的谈话,Anindo 与 Raouf 还提供了第 2 章中的一些材料。我们也要感谢 Anwar Elwalid 和 Debasis Mitra 对本书的不断支持与关注,感谢 Yau-Ren Jenq 对公平队列细节问题的探讨与评论。

我们特别要感谢 Irene Katzela 在她的课程中试用本书手稿;也要感谢 Ray Pickholtz 对本书不同版本的试用,以及他的许多有价值的建议和不断的鼓励。

我们感谢 Subrata Banerjee (史蒂文斯理工学院)、John A. Copeland (佐治亚理工学院)、Mario Gerla (加利福尼亚大学洛杉矶分校)、Rohit Goyal (俄亥俄州立大学)、Gary Harkin (蒙大拿州立大学)、Melody Moh (圣何塞州立大学)、Kihong Park (普渡大学-西拉斐特)、Raymond L. Pickholtz (乔治·华盛顿大学)、Chunming Qiao (纽约州立大学-布法罗)、Arunabha Sen (亚利桑那州立大学)、Stuart Tewksbury (西弗吉尼亚州立大学) 和 Zhi-li Zhang (明尼苏达大学),他们对本书提出了许多有用的意见与建议。

感谢 Nortel Networks 公司的很多朋友,他们向我们展示了多方面的网络技术。感谢 Sidney Yip 多年来与我们保持密切的联系和广泛的交流。也要感谢 Richard Vickers、Marek Wernik 和 Jim Yan 这些年来与我们进行的有启发性的谈话。

特别要感谢 Tony Yuen,他以他在网络上的渊博学识向我们揭示了这一领域颇为壮观的前景。

感谢 McGraw-Hill 公司的 Eric Munson,他促使我们着力于这一选题;感谢 Betsy Jones 主编,他在关键时刻给予我们决定性的支持。此外,我们还应感谢 McGraw-Hill 公司制作与生产人员的耐心、建议和不断的支持,特别是 Kelley Butcher 与 Jim Labeots。

Indra Widjaja 非常感谢妻子 Liesye 对他的不断鼓励。在他花费大量时间写这本书的许多夜晚和周末,特别是在最后阶段,她一直在他身旁支持他。

最后,Alberto Leon-Garcia 很感谢挚友 Karen Carlyle,他除了为作者弥补了许多不足外,还承担了此书的管理、设计、抄写和实时编辑等工作。

通过使用此书以前版本的许多评论者、教授和学生的帮助与支持,我们力图使网络体系结构这一复杂、变化的论题尽可能变得易于理解、更新和准确。我们欢迎有关的改进意见和建议。读者有何想法、意见和建议请通过本书站点与我们联系。

Alberto Leon-Garcia

Indra Widjaja

目 录

译者序	I
前言	III
第 1 章 通信网及其业务	1
1.1 网络与业务	1
1.2 网络设计的方法	6
1.2.1 网络功能与网络拓扑	7
1.2.2 报文交换、分组交换与电路交换	10
1.2.3 电报网与报文交换	11
1.2.4 电话网与电路交换	12
1.2.5 因特网与分组交换	14
1.2.6 关于交换方式的讨论	20
1.3 通信网发展的关键因素	21
1.3.1 技术的作用	21
1.3.2 政策的作用	22
1.3.3 市场的作用	23
1.3.4 标准的作用	23
1.4 本书概述	24
主要术语表	26
参考读物	27
习题	28
第 2 章 应用与层次体系结构	31
2.1 层次举例	32
2.2 OSI 参考模型	36
2.2.1 层次、协议与服务	36
2.2.2 7 层协议模型	38
2.3 TCP/IP 网络体系结构概述	41
2.3.1 TCP/IP 协议	43
◆ 2.4 应用编程接口	46
2.4.1 套接字系统调用	48

2.4.2	网络的实用功能	51
◆2.5	应用协议与 TCP/IP 实用软件	61
2.5.1	远程登录	61
2.5.2	文件传送协议	62
2.5.3	IP 实用软件	64
小结	66
主要术语表	66
参考读物	67
习题	68
第3章	数字传输基础	73
3.1	信息的数字化表示	74
3.1.1	不同信息类型的二进制表示	74
3.1.2	各种信息类型对网络的要求	77
3.2	为什么需要数字化传输	79
3.2.1	数字传输系统的基本特性	81
3.3	信道特性	84
3.3.1	频域特性	84
3.3.2	时域特性	87
3.4	数字传输的基本限制	88
3.4.1	奈奎斯特速率	88
3.4.2	香农信道容量	90
3.5	线路编码	92
3.6	Modem 与数字调制	94
3.6.1	信号星座图与电话 Modem 标准	98
3.7	介质与数字传输系统的特性	100
3.7.1	双绞线	101
3.7.2	同轴电缆	104
3.7.3	光纤	107
3.7.4	无线电传输	110
3.7.5	红外光	113
3.8	检错与纠错	113
3.8.1	检错	114
3.8.2	二维奇偶校验	117
3.8.3	因特网校验和	117
3.8.4	多项式码	119
3.8.5	标准的多项式码	121

3.8.6 多项式码的检错能力	122
◆3.8.7 线性码	123
◆3.8.8 纠错	128
小结	131
主要术语表	132
参考读物	134
习题	134
附录 3A 异步数据传输	139
附录 3B 傅里叶级数	140
第 4 章 传输系统与电话网	142
4.1 复用	142
4.1.1 频分复用	143
4.1.2 时分复用	144
4.2 SONET	146
4.2.1 SONET 复用技术	147
4.2.2 SONET 的帧结构	151
4.3 波分复用	154
4.4 电路交换器	156
4.4.1 空分交换器	157
◆4.4.2 时分交换器	159
4.5 电话网	162
4.5.1 传输系统	164
4.5.2 端到端的数字业务	167
4.6 信令	168
4.6.1 7 号信令系统的体系结构	171
4.7 电话网中的话务量与过载控制	172
4.7.1 集中器	172
4.7.2 路由控制	175
4.7.3 过载控制	176
4.8 蜂窝电话网	178
4.9 卫星蜂窝网	182
小结	185
主要术语表	185
参考读物	187
习题	188

第 5 章 对等层协议	195
5.1 对等层协议和服务模型	196
5.1.1 服务模型.....	199
5.1.2 端到端请求和适配功能.....	200
5.1.3 端到端法与逐跳法之间的比较.....	202
5.2 ARQ 协议.....	203
5.2.1 停止-等待式 ARQ 协议	204
5.2.2 后退 N 帧的 ARQ	208
5.2.3 选择性重发 ARQ	214
5.2.4 ARQ 协议的传输效率	217
5.3 其他适配功能	223
5.3.1 滑动窗流量控制.....	223
5.3.2 同步业务的定时恢复.....	224
5.3.3 可靠的信息流服务.....	227
5.4 数据链路控制	228
5.4.1 HDLC 数据链路控制	228
5.4.2 点到点协议.....	234
◆ 5.5 使用分组复用的链路共享	236
5.5.1 统计复用.....	236
5.5.2 语音内插和分组化语音的复用.....	242
小结.....	246
主要术语表.....	247
参考读物.....	248
习题.....	249
第 6 章 局域网与介质访问控制协议	257
6.1 多路访问通信	258
6.2 局域网	264
6.2.1 局域网的结构.....	264
6.2.2 介质访问控制子层.....	265
6.2.3 逻辑链路控制层.....	267
6.3 随机访问	268
6.3.1 ALOHA	269
6.3.2 分隙 ALOHA	271
6.3.3 CSMA	272
6.3.4 CSMA-CD	274
6.4 介质访问控制的预约方式	277

6.4.1	预定系统	277
6.4.2	轮询	279
6.4.3	令牌传送环	282
6.4.4	介质访问控制的预约方式比较	287
6.4.5	随机访问和预约式介质访问控制的比较	287
◆ 6.5	信道化	288
6.5.1	FDMA	288
6.5.2	TDMA	289
6.5.3	CDMA	290
6.5.4	蜂窝电话网络中的信道化	296
6.5.5	信道化技术在突发型业务方面的性能	301
6.6	局域网标准	303
6.6.1	以太网和 IEEE 802.3 LAN 标准	303
6.6.2	令牌环和 IEEE 802.5 LAN 标准	310
6.6.3	FDDI	315
6.6.4	无线局域网和 IEEE 802.11 标准	317
6.7	局域网网桥	332
6.7.1	透明网桥	334
6.7.2	源路由网桥	339
6.7.3	混合介质网桥	342
	小结	342
	主要术语表	343
	参考读物	346
	习题	346
第 7 章	分组交换网	352
7.1	网络服务和网络的内部操作	353
7.2	分组网络的拓扑结构	356
7.3	数据报和虚电路	361
7.3.1	交换机/路由器的结构	361
7.3.2	无连接的分组交换	363
7.3.3	虚电路分组交换	367
7.4	分组网络中的路由选择	370
7.4.1	路由算法的分类	371
7.4.2	路由表	372
7.4.3	分级路由选择	374
7.4.4	链路状态路由算法与距离矢量路由算法	375

7.5	最短路径算法	375
7.5.1	Bellman-Ford 算法	376
7.5.2	Dijkstra 算法	381
7.5.3	其他路由算法	383
7.6	ATM 网络	386
7.7	流量管理和 QoS	390
7.7.1	FIFO 和优先级队列	391
7.7.2	公平队列	392
7.8	拥塞控制	397
7.8.1	开环控制	398
7.8.2	闭环控制	405
	小结	411
	主要术语表	411
	参考读物	413
	习题	413
第 8 章	TCP/IP	419
8.1	TCP/IP 体系结构	420
8.2	网际协议	422
8.2.1	IP 分组	422
8.2.2	IP 地址	424
8.2.3	子网地址	425
8.2.4	IP 路由	427
8.2.5	无类域间路由	429
8.2.6	地址解析	430
8.2.7	反向地址解析	430
8.2.8	分段和重组	431
8.2.9	ICMP: 差错和控制消息	432
8.3	IPv6	433
8.3.1	报头格式	434
8.3.2	网络地址	434
8.3.3	扩展报头	437
8.4	用户数据报协议	439
8.5	传输控制协议	440
8.5.1	TCP 的可靠流服务	440
8.5.2	TCP 操作	440
8.5.3	TCP 协议	444

8.6	DHCP 和移动 IP	454
8.6.1	动态主机配置协议.....	454
8.6.2	移动 IP	454
8.7	因特网路由协议	457
8.7.1	路由信息协议.....	458
8.7.2	开放式最短路径优先.....	459
8.7.3	边界网关协议.....	465
8.8	组播路由	473
8.8.1	反向路径广播.....	474
8.8.2	因特网组管理协议.....	476
8.8.3	反向路径组播.....	477
8.8.4	距离矢量组播路由协议.....	477
	小结.....	478
	主要术语表.....	479
	参考读物.....	481
	习题.....	482
第9章	ATM 网络	487
9.1	为什么需要 ATM	487
9.2	BISDN 参考模型	488
9.3	ATM 层	491
9.3.1	ATM 信头	492
9.3.2	虚连接.....	493
9.3.3	QoS 参数	494
9.3.4	流量描述器.....	495
9.3.5	ATM 业务类型	496
9.3.6	流量合约、连接接纳控制和流量管理	497
9.4	ATM 适配层	498
9.4.1	AAL1	499
9.4.2	AAL2	501
9.4.3	AAL3/4	504
9.4.4	AAL5	506
9.4.5	信令 AAL	507
9.4.6	应用、AAL 以及 ATM 业务类型	508
9.5	ATM 信令	511
9.5.1	ATM 地址	511
9.5.2	UNI 信令	512