



国外经典教材·计算机科学与技术

NETWORKS FOR COMPUTER SCIENTISTS AND ENGINEERS

计算机网络 (工科类)

Youlu Zheng 著
Shakil Akhtar
彭旭东 译



清华大学出版社

计算机网络(工科类)

Youlu Zheng/Shakil Akhtar 著

彭旭东 译



清华大学出版社

北 京

Youlu Zheng Shakil Akhtar

Networks For Computer Scientists and Engineers

EISBN:0195113985

Copyright©2001 by Oxford University Press, Inc.

This translation of *Networks for Computer Scientists and Engineers*, originally published in English in 2001, is published by arrangement with Oxford University Press, Inc.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by Oxford University Press, Inc., within the territory of the People's Republic of China only (excluding Hong Kong SAR, 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 Oxford University Press, Inc. 授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经许可之出口视为违反著作权法,将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2002-1083 号

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络(工科类)/郑友律,阿卡他(Akhtar, S.)著;彭旭东译. —北京:清华大学出版社,2004.5

书名原文:Networks For Computer Scientists and Engineers

ISBN 7-302-08381-9

I. 计... II ①郑...②阿...③彭... III. 计算机网络 - 高等学校 - 教材 IV.TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 026655 号

出 版 者: 清华大学出版社

http: //www.tup.com.cn

社总机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 常晓波

封面设计: 一克米工作室

印 刷 者: 北京世界知识印刷厂

装 订 者: 三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印张: 33.5 字数: 753 千字

版 次: 2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08381-9/TP·6033

印 数: 1~4000

定 价: 49.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

前 言

这是一本有关数据通信和网络的教材,它同时涉及了基础理论和现代技术。它是为计算机科学与工程专业的高年级本科生编写的。不过,它也可以供一年级的研究生,以及专科学校和职业技术学校的高年级学生使用。此外,本书可以供 IT 业人士自学使用,以获取有关联网基础和实践的知识。学习本书应先修/并修的课程包括:数据结构、程序设计语言、操作系统和计算机体系结构。本书所独具的特色是包括了不同平台的几个网络项目,这些平台包括 Linux 和 Microsoft Windows/NT。

特点:

- 语言简单,并带有大量的示例、图和示例程序,清晰地解释并说明了计算机网络的基础理论。每一章都建立在前面章节的基础之上,以循序渐进、逐步积累的方法给予了学生学习的信心,同时也使它们更好地理解复杂的概念。
- 通过在实验室设备中使用软件项目,涵盖了实际应用,提供了对网络构件和程序设计技能的动手实践。
- 尤其注意到了当今的技术改革,加深了在学习理论时的理解,并能够让学生掌握业界的技术趋势。

本书的产生是用 E-mail 进行调查的结果,调查的结果显示人们迫切需要一本供计算机科学与工程专业大学生使用的新的网络教材。随后,由 5 位计算机科学专家组成的委员会评论并一致推荐了书和课程编制项目,而且还得到了 National Science Foundation(美国国家自然科学基金会)的支持。本书是学术界和业界数年经验的结晶。从 1987 年到 1996 年,在加入 KPMC Consulting 和 Bellcore(现在的 Telcordia)作为 Network Architect and Principal Consultant(网络体系结构与原理顾问)之前,Youlu Zheng 博士是 University of Montana 的终身教授。在 University of Montana 的 Department of Computer Science,他使用本书中的资料讲授过 Computer Networks、Operating Systems 和 Computer Graphics 等课,领导过网络和通信相关的研究,还指导过研究生。现在,Zheng 博士是 Rocky Tec Partnership 的 General Partner,它涉及在高科技产业的投资活动。1988 到 2000 年,Shakil Akhtar 博士在 Central Michigan University 工作,之后,他加入了 Lucent Technologies。目前,他在那里研究交换系统的性能。他用书中的资料讲过多年本科生和研究生级别的 Computer Networks 课程。

本书章节组织如下:

第 1 章涉及了近几年来数据和通信网络的发展。讨论了计算机网络领域中的最近变化及未来的趋势。我们还证明了电话技术和电信技术是现代通信系统的基础,此外,在本质

上,网络是根据协议、标准化和分布式系统体系结构提供的。

数据通信的理论对于理解计算机网络非常重要。第2章涉及了数据通信的基础,其中包括调制和调制解调器技术。另外,还将无线通信介质和几种有线介质进行了比较和对照。

第3章介绍了计算机通信的 OSI 七层模型。该模型被详细给出,并说明了其学术重要性。此外,本章还引进了网络性能的主题。

第4章介绍了“局域网”(Local Area Network)。本章讨论了 LAN 协议、硬件、服务和操作系统。我们主要使用工程的方法来解释 LAN 设备和连通性。另外,我们还提供了前面章节所涉及的相关主题内容。

第5章论及了 TCP/IP 和 Internet。在第3章给出了七层模型之后,这里展示了它与 Internet 上实际使用的四层模型的对照。我们详细讨论了 Internet 体系结构。除了路由协议和 IP 以外,我们还讨论了许多 Internet 服务,例如 FTP、SMTP 和 TELNET。另外,本章还解释了传输协议、UDP 和 TCP、DNS 以及 WWW 应用。

第6章介绍了几种高速联网技术,例如 ISDN、电缆调制解调器、帧中继、FDDI 和 SONET。不理解这些高速技术,就不能完全理解现代广域网。本章说明了这些技术是如何综合到 Internet 当中来更好地提供视频会议、基于 IP 的语音服务和多媒体联网标准。

第7章讨论了目前的交换系统,还讲述了通过使用交换机和路由器,LAN 的使用范围已经超出了建筑物和社区。本章从 hub 和交换技术开始,还讲述了用于 ATM 和非 ATM 网络的虚拟 LAN 仿真。

第8章着重讲述了对网络性能和评价的理解,用许多示例阐述了几种分析和仿真建模技术。另外,本章还研究了网络监视和计算机网络中应用的排队论。

第9章是关于网络管理的。它建立在前面章节的基础之上,证明了网络管理为什么重要,以及如何进行网络管理。我们讨论并解释了基于 SNMP、RMON 和 TMN 的管理协议。

第10章讨论了网络安全,另外还研究了几种加密技术,并且对防火墙、数字证书和各种“虚拟专用网”(VPN, virtual private network)等也都做了讨论和解释。

第11章讲的是网络程序设计。在这里讲述了几种类型的网络程序设计,它们是串行/并行端口、NetBios、socket、winsock 和 RPC 程序设计。本章位于全书的最后,这样它就可以比较容易地与前面的章节综合在一起。

本书可以在两个学期的课程中讲完,根据不同的需要,可以按多种组织方式讲授。第1~4章提供了学习本课程的基础知识。对于程序设计能力很强的学生,可以进一步学习第5、6、10 和 11 章,或者第5、7、10 和 11 章。对于工程基础比较好的学生,可以进一步学习第6~8 章,以及第9 或第10 章。对于程序设计和工程基础都很好的学生(例如 CSE 或者 EECS),可以进一步学习第5~8 章,然后是第9、10 或 11 章中的一章。不过,如果学生在计算机网络方面有一定基础的话(比如,一年级研究生水平),那么可以讲授第4~11 章。

书中包括有示例、总结、复习问题、术语表和参考资料。

在准备本书期间,作者得到了同事、朋友和许多学生的支持。University of Montana 的

Department of Computer Science 的研究生——Yan Zhu、Saxon Holbrook、Sean Xiaoan Hou——为本书贡献了他们的课程项目。Alden Wright 教授专门赞助了本书草稿的撰写与整理工作。Curt Taylor 和 John Hunt 在本书的早期开发中提供了帮助。另外,还要专门感谢 Central Michigan University 的几名本科生和研究生,他们参与了本书和实验手册中包括的专门项目。他们是 Piyush Bhatt、Travis May、Julie Hill、Bhushan Balani、Yanjie Cheng、Wei Wang、Veeraraghavan Naranammalpuram、Chee Ming Hee、Ling Chen、Met Li、Niroshena Jayawardena、Qing - shan Xie 以及其他几名学生。Shakil Akhtar 希望专门答谢他的同事和朋友 Gongzhu Hu 教授,他是 Central Michigan University 的 Department of Computer Science 的系主任,他为保证本项目的完成提供了支持。另外,我们还要感谢在开发手稿中提供有价值的指导的评论者。我们同样要感谢 Central Michigan University 和 Lucent Technologies, Inc 提供的支持与帮助。

尤其感谢 National Science Foundation 为课程编制项目提供的赞助。

译者序

感谢清华大学出版社的丁岭女士,使我能够很荣幸地翻译 Youlu Zheng 博士和 Shakil Akhtar 博士撰写的 *Networks for Computer Scientists and Engineers* 一书。本书是专为计算机科学和工程专业本科生及研究生使用的网络教材,它是多年来学术界和业界经验的结晶,并得到了 National Science Foundation 的支持。

本书涉及到了网络技术中的基础理论和现代技术。它从作为基础的电话和电信技术开始,除了全面而细致地介绍了网络参考模型、局域网、Internet、高速联网技术、交换技术和网络管理等内容以外,还深入探讨了有关网络性能评价、仿真建模技术、网络安全和网络程序设计等方面。覆盖面之大,内容之新是国内同类教材中所罕见的,也是本书的最大特点。

作者在讲述理论时,取舍得当,语言简练,并配有大量的示例、图和示例程序加以说明,使得深奥的理论浅显易懂,这是本书的又一特点。作为教材的补充,作者还准备了大量的附加资料,其中包括每章后面的习题、参考资料、Web 站点等,非常便于教学和自学。对这一领域感兴趣的读者也可以在本书的基础上进一步从 Internet 上找到更多信息。

由于全书由本人单独翻译,但本人深感水平和精力有限,翻译不妥或错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

欢迎广大师生就本书与本人多多联系探讨。电子邮件地址为:cp3319@sina.com

彭旭东
2003.11.22

目 录

第 1 章 简介	1
1.1 数据通信和网络的发展史	1
1.1.1 20 世纪后期电信业中的变化	1
1.1.2 电信的发展与未来	3
1.1.3 现代方案	4
1.2 电话系统和计算机电话	5
1.2.1 电话的机能	6
1.2.2 电话网	8
1.2.3 电话号码	10
1.3 计算机电话	12
1.3.1 计算机电话概述	13
1.3.2 Internet 电话	16
1.3.3 统一的消息	17
1.3.4 网络结构和网络拓扑	18
1.4 分布式系统和客户机/服务器模型	21
1.4.1 集中计算与分布式客户机/服务器系统	21
1.4.2 三层客户机/服务器系统	23
1.4.3 基于 Web 的应用程序服务器和电子商务	25
1.5 协议与标准	26
1.5.1 协议的语法和语义	26
1.5.2 国家标准和国际标准	27
1.5.3 电信的标准和组织	28
1.5.4 网络的标准和组织	28
1.6 本章小结	30
1.7 参考资料	31
第 2 章 数据通信	35
2.1 数字通信的优点	35
2.2 传输介质	36

2.2.1	屏蔽双绞线(STP)和非屏蔽双绞线(UTP)	37
2.2.2	同轴电缆	37
2.2.3	光纤	38
2.2.4	无线电波和微波	40
2.2.5	卫星通信	41
2.3	数字传输基础	44
2.3.1	频谱、带宽和数据速率	44
2.3.2	Shannon 定律	48
2.3.3	采样(Nyquist)定理	49
2.4	数字化传输和多级传输	50
2.4.1	脉冲编码调制	51
2.4.2	高级数字化技术:CPCM、DPCM 和 ADPCM	53
2.5	调制技术和调制解调器	54
2.5.1	调幅	55
2.5.2	调频	55
2.5.3	调相	56
2.5.4	调制解调器技术	58
2.6	终端设备	60
2.6.1	哑终端和智能终端	60
2.6.2	数据终端设备和数据通信设备	61
2.7	无线通信	64
2.7.1	数字蜂窝电话和个人通信服务	65
2.7.2	无线数据服务	69
2.7.3	全球定位系统及其应用	73
2.8	视频会议	77
2.8.1	桌面视频会议系统	77
2.8.2	文档会议系统	78
2.8.3	视频会议标准	79
2.9	本章小结	83
2.10	习题	83
2.11	参考资料	85
第3章	OSI 七层网络模型	88
3.1	物理层	89
3.1.1	数据编码	90

3.1.2 多路复用方案	91
3.2 数据链路层	99
3.2.1 异步与同步通信	99
3.2.2 差错检验和纠正	101
3.2.3 成帧与流控制	106
3.2.4 HDLC	110
3.3 网络层	111
3.3.1 子网的概念	112
3.3.2 交换技术概述	112
3.3.3 路由策略	115
3.3.4 拥塞控制	116
3.4 传输层和会话层	117
3.5 表示层和应用层	117
3.5.1 数据压缩	117
3.5.2 加密与解密	122
3.5.3 网络应用	122
3.6 网络性能	123
3.6.1 延迟	123
3.6.2 吞吐量	124
3.6.3 带宽利用率	124
3.6.4 错误率、拥塞和网络可靠性	124
3.7 本章小结	126
3.8 习题	126
3.9 参考资料	130
第 4 章 LAN 技术	132
4.1 LAN 概述	132
4.2 协议与标准	134
4.2.1 IEEE 标准	134
4.2.2 CSMA/CD、Ethernet 和 IEEE 802.3	135
4.2.3 令牌总线网和 IEEE 802.4	137
4.2.4 令牌环网和 IEEE 802.5	139
4.2.5 商业 LAN 系统	140
4.2.6 无线 LAN 和 IEEE 802.11	140
4.3 LAN 硬件	141

4.3.1	连接组件:电缆连接、连接器、收发器、中继器和网络接口卡	141
4.3.2	工作站和网络服务器	145
4.3.3	网络存储系统和分级存储管理	146
4.4	LAN 服务和 LAN 操作系统	152
4.4.1	网络文件系统	152
4.4.2	网络目录服务	153
4.4.3	网络打印和传真服务	154
4.4.4	备份	155
4.4.5	LAN 操作系统	157
4.5	本章小结	163
4.6	习题	164
4.7	参考资料	165
第 5 章	TCP/IP 和 INTERNET	169
5.1	INTERNET 体系结构	170
5.1.1	Internet 地址	170
5.1.2	网关编址	171
5.1.3	网络和广播编址	171
5.1.4	点分十进制符号	171
5.1.5	回送编址	171
5.1.6	Internet 编址中的弱点	172
5.1.7	物理地址和 IP 地址的映射	172
5.1.8	逆向地址解析协议	174
5.2	网际协议和数据报	175
5.2.1	IP 数据报格式和服务类型	177
5.2.2	数据报封装和分段	178
5.2.3	重组和分段控制	178
5.2.4	其他字段	179
5.2.5	错误和网际控制报文协议	182
5.2.6	IPv6	188
5.3	路由协议	189
5.3.1	路由表和路由机制	190
5.3.2	子网路由	195
5.3.3	Internet 路由	197
5.4	用户数据报协议	199

5.5	传输控制协议	201
5.5.1	TCP 报头和服务	201
5.5.2	连接的建立和终止	203
5.5.3	流控制和窗口大小通告	204
5.5.4	TCP 的超时与重传	204
5.6	INTERNET 标准服务	205
5.6.1	文件传输协议	205
5.6.2	简单邮件传输协议及示例	205
5.6.3	邮局协议	209
5.6.4	远程登录和 Telnet	213
5.7	域名系统	214
5.7.1	把域名映射到 IP 地址	214
5.7.2	DNS 报文	215
5.7.3	Internet 域名层次方面最近的进展	216
5.8	用于 PC 的 TCP/IP	216
5.8.1	串行线路网际协议(SLIP, Serial Line Internet Protocol)	216
5.8.2	点对点(PPP, Point-to-Point)	217
5.8.3	Winsock	218
5.9	INTERNET 应用	218
5.9.1	万维网	218
5.9.2	最近的发展	220
5.10	本章小结	222
5.11	习题	222
5.12	参考资料	228
第 6 章	高速网络的访问与联网技术	232
6.1	ISDN	234
6.1.1	ISDN 信令和体系结构	234
6.1.2	ISDN 协议	235
6.1.3	ISDN 的优点	237
6.1.4	宽带 ISDN	238
6.2	电缆调制解调器系统	239
6.3	DSL 技术	241
6.4	SMDS	244
6.4.1	SMDS 特性	244

6.4.2	SMDS 寻址和协议	247
6.5	帧中继	249
6.5.1	协议和体系结构	250
6.5.2	实现	253
6.5.3	帧中继性能分析和拥塞控制	258
6.5.4	基于帧中继的语音	261
6.5.5	向 ATM 移植	262
6.6	快速 ETHERNET、100VG-ANYLAN 和 GIGABIT ETHERNET	264
6.6.1	100VG-AnyLAN	264
6.6.2	快速 Ethernet	266
6.6.3	Gigabit 和 10 Gigabit Ethernet	268
6.7	FDDI 和 CDDI	269
6.8	ATM 网络	273
6.8.1	ATM 的优点	274
6.8.2	ATM 协议和 ATM 层	275
6.8.3	ATM 交换	278
6.8.4	ATM 与帧中继的互连	278
6.8.5	ATM 上的 IP	279
6.8.6	ATM 的未来	280
6.9	SONET	281
6.9.1	SONET 信号和体系结构	281
6.9.2	SONET 层和帧	284
6.9.3	SONET 开销	285
6.9.4	SONET 容错	287
6.10	DWDM 通信	288
6.11	本章小结	290
6.12	习题	290
6.13	参考资料	291
第 7 章	交换 LAN 和虚拟 LAN	296
7.1	集线器技术	296
7.1.1	早期的集线器	296
7.1.2	智能集线器及其组件	297
7.1.3	LAN 互连和紧缩主干网	299
7.2	用于 LAN 的交换技术和互联网络	301

7.2.1	交换体系结构	302
7.2.2	Ethernet 交换机	305
7.2.3	令牌环交换机	307
7.2.4	FDDI 交换机	309
7.2.5	交换网络管理	310
7.3	非 ATM 的虚拟 LAN	312
7.3.1	基于段的 VLAN	313
7.3.2	基于 MAC 的 VLAN	313
7.3.3	基于 IP 地址的 VLAN	314
7.4	ATM 虚拟 LAN	316
7.4.1	ATM LAN 仿真	317
7.4.2	ATM 边界路由器	318
7.4.3	ATM 虚拟路由器	319
7.4.4	ATM 关系网络	321
7.5	IEEE 802.1Q VLAN 标准	322
7.6	本章小结	323
7.7	习题	324
7.8	参考资料	325
第 8 章	网络性能	327
8.1	为什么研究网络性能	327
8.2	分析方法	328
8.2.1	延迟吞吐量分析	328
8.2.2	概率技术	331
8.2.3	排队论技术	336
8.2.4	Markov 模型	344
8.2.5	可靠性模型	349
8.3	模拟	352
8.3.1	连续模拟	353
8.3.2	“离散事件模拟”(DEVS, Discrete Event Simulation)	354
8.3.3	基于 Web 的模拟	354
8.3.4	模拟模型	359
8.4	监视网络通信量	368
8.4.1	监视基于 Windows 的通信量	368
8.4.2	监视 Ethernet 的通信量	372

8.5	本章小结	376
8.6	习题	376
8.7	参考资料	382
第9章	网络管理	385
9.1	SNMP	387
9.1.1	简介	387
9.1.2	SNMP 模型	387
9.1.3	管理信息的结构	389
9.1.4	SNMPv2	390
9.1.5	SNMPv3	393
9.2	RMON 和 RMONV2	393
9.2.1	RMON 模型	395
9.2.2	RMON2	396
9.3	TMN	398
9.3.1	物理体系结构	399
9.3.2	接口	400
9.3.3	TMN 和 OSI 之间的区别	401
9.4	目录服务和网络管理	401
9.5	基于 WEB 的网络管理	404
9.6	本章小结	406
9.7	习题	406
9.8	参考资料	407
第10章	通信与网络安全	409
10.1	加密技术	411
10.1.1	私钥加密技术	411
10.1.2	公钥加密技术	414
10.1.3	DES 和 AES	418
10.1.4	连续加密	420
10.1.5	链路级、网络级和应用级加密	421
10.1.6	数字签名、报文摘要和数字证明	422
10.1.7	E-mail 的 PGP	425
10.1.8	编写自己的加密算法	426
10.2	数字证书和 PKI	427
10.3	防火墙	429

10.3.1	分组过滤原则	431
10.3.2	基于路由的分组过滤防火墙	433
10.3.3	应用网关防火墙	435
10.3.4	电路网关防火墙	436
10.3.5	防火墙体系结构	437
10.4	Kerberos	439
10.5	SSL 和 VPN	442
10.5.1	SSL 协议	442
10.5.2	VPN	443
10.6	网络安全应用中的新技术	451
10.6.1	Internet 商务与电子货币	451
10.6.2	电子出版的安全容器	452
10.6.3	智能卡和安全电子交易	453
10.6.4	随机一次一密和没有密钥的加密	455
10.7	本章小结	456
10.8	习题	457
10.9	参考资料	458
第 11 章	网络程序设计	463
11.1	支持网络程序设计的软件体系结构	463
11.1.1	大型机体系结构	463
11.1.2	文件共享的体系结构	463
11.1.3	对等体系结构	464
11.1.4	客户机/服务器体系结构	464
11.1.5	两层体系结构	465
11.1.6	三层体系结构	465
11.2	串口和并口程序设计	467
11.2.1	串口程序设计	468
11.2.2	并口程序设计	475
11.3	NETBIOS 程序设计	477
11.4	TCP/IP 和套接字程序设计	480
11.4.1	进程之间的通信和管道	481
11.4.2	套接字的创建	482
11.4.3	使用 Internet 库和 DNS	483
11.4.4	客户机和服务器之间的套接字连接	486

11.4.5	阻塞、同步和定时	492
11.4.6	客户机/服务器程序范例	494
11.5	WINSOCK 程序设计	502
11.5.1	使用 Winsock	503
11.5.2	示例程序	504
11.6	RPC 程序设计	505
11.7	JAVA 程序设计	509
11.8	本章小结	514
11.9	习题	515
11.10	参考资料	517