

高等学校教材·计算机科学与技术

可下载课件

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

计算机网络与通信

陈向阳 谈宏华 巨修练 编著



清华大学出版社

高等学校教材·计算机科学与技术

计算机网络与通信

陈向阳 谈宏华 巨修练 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书共分 13 章,系统介绍网络基础知识、网络交换技术、路由技术、服务器技术、网络管理系统、网络安全、宽带多媒体网络技术、数据网络技术、新一代 Internet 标准 IPv6、网络计算新技术等,所讲内容均以实际工程为基础。每章均提供若干习题和相关实验,以帮助读者进一步理解和实践相关内容,并配有完备的电子教案和实验指导、习题答案,供教师教学参考。

本书内容丰富,图文并茂,深入浅出,对于帮助读者系统掌握网络技术、提高网络应用能力颇具实用价值。

本书可作为普通高校计算机、电子商务、网络、通信类相关专业的本科教材,对相关专业本科高年级课程设计和毕业设计有一定参考价值,也可作为企业信息化建设的培训教材,网络工程师、网络管理人员的实用型参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与通信 / 陈向阳,谈宏华,巨修练编著. —北京:清华大学出版社,2005.11

(高等学校教材·计算机科学与技术)

ISBN 7-302-11861-2

I. 计… II. ①陈… ②谈… ③巨… III. ①计算机网络-高等学校-教材 ②计算机通信-高等学校-教材
IV. ①TP393 ②TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 119614 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

责任编辑: 付弘宇

印 装 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185 × 260 印张: 28.25 字数: 667 千字

版 次: 2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-11861-2/TP · 7706

印 数: 1 ~ 3000

定 价: 36.00 元

改革开放以来，特别是党的十五大以来，我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就，高等教育实现了历史性的跨越，已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上，高等教育规模取得如此快速的发展，创造了世界教育发展史上的奇迹。当前，教育工作既面临着千载难逢的良好机遇，同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾，是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月，教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》，提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月，教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件，指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分，精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间（2003—2007年）建设1500门国家级精品课程，利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放，以实现优质教学资源共享，提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》精神，紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”，在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下，我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”（以下简称“编委会”），旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划，讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师，其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求，“编委会”一致认为，精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求，处于一个比较高的起点上；精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要，要有特色风格、有创新性（新体系、新内容、新手段、新思路，教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量）、先进性（对原有的学科体系有实质性的改革和发展、顺应并符合新世纪教学发展的规律、代

表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

- (1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

清华大学出版社经过近 20 年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材经过 20 多年的精雕细刻,形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会
E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

针 对当前网络教学中存在的问题,并结合网络技术的发展情况,我们编写了《计算机网络与通信》这本教材。本书以通俗易懂的形式,为读者介绍最新的网络工程技术和研究成果。按照本书的设计,学生通过学习可以进行网络的规划设计和开发实践,可以较好、较快地掌握网络工程技术,克服目前网络教学与课程设计、实验严重脱节的矛盾。本书讲述网络基础知识的系统性、全面性,以及理论与网络工程实践相结合的实用性、可操作性,能为信息类专业的学生和各类读者提供实质性的帮助。

本书共分 13 章,每章中基本原理的讲解都与实际应用紧密结合,从而使内容更加通俗易懂。各章后面均附有习题,其中实验设计题目为提高部分,适用于有一定网络通信基础的高年级学生。通过引入 OPNET 及 VMWARE 技术可以实现对几乎所有现代网络技术的模拟仿真,从而有效解决网络学习中抽象的协议概念模型不易理解的问题。

第 1 章介绍当前计算机网络通信的发展现状。第 2 章重点介绍现代网络通信技术基础知识。第 3 章重点介绍 CSMA/CD、10G 以太网和无线网络。第 4 章介绍数据网络中的 X.25、DDN、ISDN、Frame Relay、ATM、卫星通信、光通信、xDSL 等技术。第 5 章和第 6 章主要介绍两种常用的网络设备——交换机和路由器的功能、工作原理以及配置使用。第 7 章主要介绍服务器的结构和可靠性、服务器集群技术、RAID 技术以及网络存储系统 NAS 和 SAN。第 8 章介绍网络操作系统和网络数据库等网络软件,网站开发技术。第 9 章介绍网络管理的基本原理、结构模型、网络管理协议、网络管理技术、网管系统设计。第 10 章介绍常见的网络安全威胁以及应对这些威胁的安全技术。第 11 章介绍多媒体系统、IP 电话、软交换和 NGN。第 12 章介绍新一代 Internet 标准 IPv6。第 13 章介绍网络及计算的新技术。

本书由陈向阳、谈宏华、巨修练编著,武汉大学石岗教授、喻业勤副教授审阅了全书。其中第 1~4、9~12 章由陈向阳负责编写,第 5~8 章由谈宏华编写,第 13 章由巨修练指导编写,李伟波、孙金余、肖迎元、刘晓华、明岸华等编写、审校了书中的部分章节。刘兵、李向娜、陈康等做了大量的资料整理工作。

本书是“网络工程技术”系列教材之一。在该系列教材的编写过程中,笔者

参阅了大量书籍资料，参考了某高校的校园网建设、国家电子政务工程信息保障系统等网络工程项目资料，同时参与了国家自然科学基金项目和 973 科研项目，得到了很多专家及同行的指导帮助。中国科学院网络中心高性能计算中心主任迟学斌教授在大规模并行计算和网格计算方面进行了指导。清华大学出版社为本书的顺利出版做了大量的工作。华为 3COM 公司的薛伟、汪济民、朱冬光工程师为本书的编写提供了很多宝贵的资料。在此，对所有为本书的顺利出版提供帮助的各界人士，及所参阅书籍和文献的作者一并致以敬意，并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，不足之处在所难免。若在使用本书的过程中，发现错误和不妥之处，或者有更好的建议，欢迎您来电来函，同时也恳请学界同仁批评指正，以期共同搞好网络教学。

编 者

2005 年 5 月

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机网络技术概述	1
1.2 数字语音多媒体“三网合一”	2
1.2.1 “三网合一”的技术基础	3
1.2.2 企业数据网与电话网的融合	5
1.3 无线网络	6
1.4 下一代 Internet 技术 (NGN) 简介	9
1.5 网络架构	10
1.5.1 网络通信架构概述	10
1.5.2 硬件架构	10
1.5.3 软件架构	10
小结	11
习题 1	11
第 2 章 网络通信基础	12
2.1 网络拓扑结构	12
2.2 数据通信基础	13
2.2.1 数据通信模型	13
2.2.2 数据编码	15
2.2.3 数据传输方式	18
2.2.4 多路复用技术	22
2.2.5 数据交换技术	30
2.2.6 传输媒体	33
2.3 OSI 模型体系结构	33
2.3.1 网络基础协议模型	33
2.3.2 网络协议概述	33
2.3.3 OSI 参考模型	34
2.3.4 OSI 协议标准利弊分析	41
2.4 TCP/IP 参考模型及协议族	41

2.4.1 TCP/IP 的起源和发展	41
2.4.2 TCP/IP 的网络体系结构	41
2.4.3 TCP/IP 的功能描述	42
2.4.4 TCP/IP 利弊分析	56
2.5 其他常用网络协议	56
小结	58
习题 2	58
第 3 章 IEEE 802 标准系列	60
3.1 IEEE 802 概述	60
3.2 IEEE 802.3 协议	61
3.2.1 CSMA/CD 媒体访问控制	61
3.2.2 IEEE 802.3 媒体访问控制协议	64
3.2.3 IEEE 802.3ae 标准与 10G 以太网	67
3.3 IEEE 802.11 无线局域网	69
3.3.1 IEEE 802.11 协议栈标准	70
3.3.2 IEEE 802.11 物理层	71
3.3.3 IEEE 802.11 MAC 子层协议	72
3.3.4 IEEE 802.11 帧结构	75
3.3.5 IEEE 802.11 服务	76
3.4 无线个域网标准 IEEE 802.15	77
3.4.1 蓝牙技术与 IEEE 802.15.1 标准	77
3.4.2 IEEE 802.15.3 标准高速个域网	81
3.4.3 IEEE 802.15.3a 标准	88
3.4.4 IEEE 802.15.4 标准	97
3.5 IEEE 802.16 无线城域网标准	100
3.6 IEEE 802.20 无线广域网标准	108
小结	108
习题 3	108
第 4 章 数据通信网技术	110
4.1 X.25 分组交换数据网	110
4.1.1 X.25 概述	110
4.1.2 X.25 协议的分层	111
4.1.3 X.25 协议的功能	111
4.2 数字数据网 (DDN)	112
4.2.1 DDN 的定义	112
4.2.2 DDN 的特点	112

4.2.3	DDN 结点类型	113
4.2.4	DDN 的网络结构	113
4.2.5	各级 DDN 网络之间的接口	115
4.2.6	DDN 网络的互联	115
4.3	ISDN 技术	116
4.3.1	ISDN 的含义	116
4.3.2	ISDN 的基本特点	116
4.3.3	ISDN 的发展方向——宽带 ISDN	118
4.4	帧中继	118
4.4.1	技术背景	118
4.4.2	帧中继的定义	119
4.4.3	帧中继网络的组成	119
4.4.4	帧中继的适用场合	120
4.4.5	帧中继的帧格式	120
4.4.6	帧中继数据传输协议	121
4.4.7	帧中继的工作原理	121
4.4.8	阻（拥）塞控制	122
4.5	ATM 技术	123
4.5.1	ATM 概述	123
4.5.2	ATM 参考模型	125
4.5.3	ATM 物理层	126
4.5.4	ATM 层	130
4.5.5	ATM 适配层	134
4.5.6	ATM 高层	135
4.5.7	ATM 网络结构和接口	136
4.5.8	在 ATM 网络上支持 IP	138
4.6	卫星通信	138
4.7	光网络技术	144
4.8	xDSL 技术简介	149
	小结	152
	习题 4	152
第 5 章	网络交换技术	154
5.1	网络交换技术概述	154
5.2	交换机的功能及分类	156
5.2.1	交换机的功能	156
5.2.2	交换机的分类	156
5.3	以太网交换机	158

5.3.1	以太网交换机的结构	158
5.3.2	以太网交换机的工作原理	160
5.3.3	以太网交换机的数据交换方式	163
5.3.4	以太网交换机的性能参数	165
5.4	交换机的选择	165
5.5	交换机的连接	166
5.5.1	交换机之间的连接	166
5.5.2	交换机与服务器之间的连接	166
5.6	交换机技术发展展望	167
5.6.1	多层交换	167
5.6.2	光交换	170
5.6.3	ATM 与 IP 结合	171
5.6.4	MPLS 交换技术	171
5.6.5	高速以太网交换机	174
5.7	虚拟局域网	175
5.7.1	VLAN 概述	175
5.7.2	VLAN 的优点	177
5.7.3	VLAN 的技术标准	178
5.7.4	VLAN 的类型	181
5.7.5	VLAN 的划分实现方式	182
5.7.6	VLAN 之间的通信	187
5.7.7	VLAN 的规划设计	187
5.7.8	VLAN 的应用及发展趋势	188
小结		190
习题 5		190
第 6 章	网络路由器技术	192
6.1	路由器概述	192
6.1.1	路由器的功能特点	193
6.1.2	路由器的工作原理	193
6.2	路由表	195
6.3	路由算法和路由协议	197
6.3.1	路由算法	197
6.3.2	内部路由选择协议	202
6.3.3	外部路由选择协议	207
6.3.4	组播与 IGMP 协议	211
6.4	路由器类型	213
6.4.1	路由器模块化	214

6.4.2 单协议路由器	214
6.4.3 多协议路由器	215
6.5 路由器发展趋势	217
6.5.1 速度更快	217
6.5.2 服务质量更高	224
6.5.3 管理智能化	232
小结	233
习题 6	233
第 7 章 网络服务器及网络存储技术	235
7.1 网络服务器	235
7.1.1 网络服务器的分类	235
7.1.2 影响服务器性能的因素	236
7.1.3 服务器系统中的主要技术	239
7.2 RAID 技术基础	248
7.2.1 RAID 概述	248
7.2.2 RAID 级别	249
7.2.3 如何确定 RAID 级别	249
7.3 RAID 技术选择解决方案	251
7.4 网络存储	254
7.4.1 网络存储概述	254
7.4.2 中小型网络数据存储技术的选择	261
7.4.3 NAS 的解决方案	263
7.4.4 SAN 网络存储备份系统方案	263
7.4.5 SAN 网络教育行业光纤存储解决方案	267
小结	269
习题 7	270
第 8 章 网络系统软件及网络开发技术	271
8.1 网络操作系统概述	271
8.1.1 定义	271
8.1.2 网络操作系统特性	272
8.1.3 网络操作系统结构	272
8.1.4 网络操作系统功能	272
8.1.5 流行的网络操作系统	272
8.2 网络数据库	281
8.2.1 网络数据库的基本概念	281
8.2.2 网络数据库管理系统选型	282

8.2.3 网络数据库产品	283
8.3 网络开发技术	285
8.3.1 网络编程接口	285
8.3.2 Web 网站的规划设计	287
小结	296
习题 8	296
第 9 章 网络管理系统	298
9.1 网络管理技术概述	298
9.2 网络管理的主要功能	300
9.3 网络管理结构模型	301
9.3.1 网络管理系统的逻辑结构	301
9.3.2 网络管理信息模型	303
9.4 网络管理协议	304
9.4.1 简单网络管理协议 (SNMP)	304
9.4.2 公共管理协议 (CMIP)	307
9.4.3 网络管理技术的发展方向	309
9.4.4 下一代网络管理发展趋势	312
9.4.5 主动网络	314
9.5 网络管理系统平台	316
9.5.1 网络管理系统的分类	316
9.5.2 主流网络管理系统平台及特点	316
9.5.3 网络管理系统的规划	317
小结	318
习题 9	318
第 10 章 网络安全	319
10.1 网络安全威胁	319
10.2 网络安全技术分类	321
10.3 数据加密技术	323
10.3.1 传统加密算法	324
10.3.2 对称密钥加密算法	324
10.3.3 公开密钥加密算法	325
10.3.4 信息摘要算法	327
10.4 身份验证技术	327
10.4.1 身份认证	327
10.4.2 哈希函数	329
10.5 防火墙技术	330

10.5.1	防火墙技术发展	330
10.5.2	防火墙的技术种类	331
10.5.3	防火墙的结构	333
10.5.4	防火墙的产品分类及选型	335
10.5.5	防火墙的局限性及其新发展	338
10.6	跟踪审计技术	340
10.6.1	入侵检测	340
10.6.2	入侵检测系统及实例	341
10.6.3	入侵防御系统 (Intrusion Prevention System, IPS)	346
10.7	网络隔离技术	347
10.7.1	网络隔离技术的概念	347
10.7.2	网络隔离技术的现状	348
10.8	生物免疫系统在网络安全中的应用	349
10.9	网络安全风险评估	350
10.9.1	风险评估对象	350
10.9.2	风险评估方法	350
10.9.3	安全性评估标准	351
10.10	网络安全技术新趋势	351
10.10.1	信息网络安全结构标准化趋势	351
10.10.2	网络安全技术应用综合化趋势	352
10.10.3	网络安全技术的自我完善趋势	352
小结		353
习题 10		353
第 11 章	网络多媒体技术	355
11.1	多媒体系统概述	355
11.2	传统网络多媒体系统及应用	357
11.2.1	PSTN 可视电话系统	357
11.2.2	电信网上的视频会议系统	357
11.2.3	远程监控系统	358
11.2.4	远程医疗系统	359
11.3	宽带多媒体系统	361
11.3.1	视频点播 (VOD)	361
11.3.2	数字视频广播 (DVB)	364
11.3.3	IP 网络视频会议系统	366
11.3.4	远程教学系统	366
11.3.5	宽带监控系统	368
11.4	IP 网络电话系统 (VoIP)	368

11.4.1	什么是 VoIP	368
11.4.2	VoIP 的工作过程	369
11.4.3	VoIP 的相关协议	369
11.4.4	H.323 与可选择的软交换体系结构 SIP	376
11.4.5	软交换体系结构简介	378
11.5	下一代网络 (NGN)	379
11.5.1	什么是 NGN	379
11.5.2	NGN 的功能	379
11.5.3	NGN 的结构	379
11.5.4	NGN 组网结构及采用的主要协议	380
	小结	381
	习题 11	382
第 12 章	新一代 Internet 标准 IPv6	383
12.1	IPv6 取代 IPv4 的必然性	383
12.2	IPv6 的发展状况	385
12.3	IPv4 向 IPv6 的过渡技术	386
12.4	IPv6 报文结构	387
12.5	ICMPv6	391
12.5.1	ICMPv6 基本概念	391
12.5.2	ICMPv6 差错报文	392
12.5.3	ICMPv6 信息报文	393
12.5.4	ICMPv6 的应用	393
12.6	IPv6 地址	396
12.6.1	IPv6 地址表示方法	396
12.6.2	IPv6 地址分类	397
12.6.3	IPv6 地址分配情况	401
12.6.4	IPv6 地址配置技术	402
12.7	IPv6 数据通信的实现	406
12.8	Linux 下的 IPv6 防火墙	408
12.9	IPv6 应用开发	411
	小结	414
	习题 12	414
第 13 章	网络及计算新技术	416
13.1	网络技术简介	416
13.2	网络体系结构	419
13.2.1	网络体系结构的概念	419

13.2.2 网格体系结构演变	419
13.2.3 网格应用	420
13.2.4 网格系统软件开发	422
13.3 对等计算	428
小结	431
习题 13	431
参考文献	433

第1章

绪 论

进入 21 世纪,人类进入了网络信息化时代,从日常生活、学习到科学研究再到人们的行为和思维无不打下了信息时代的烙印。借助无处不在的无线和有线网络,人们之间的沟通变得更方便、更快捷。人们可以在网上交友、冲浪、游览、购物、休闲娱乐,可以享受即时通信,接受远程教育,发行电子刊物,而电子银行、电子商务、网上图书馆的便利更是不言而喻。同时还有网络警察、网络部队时刻为人们维护网络秩序,提供安全保障。现实生活中存在的东西几乎都能在网络上找到,因此越来越多的人加入到网络使用的行列中。根据著名的梅特卡尔菲定律 (Metcalfe's Law),网络的价值将随着用户数的增加而按指数规律增长。既然网络如此重要,与人们的生活又联系得如此紧密,那么我们就有必要掌握好网络技术,并充分利用它武装自我,迎接挑战,为自己在当今网络信息社会中的立足和发展做好准备。众所周知,从日常通信使用的 IP 电话、移动通信设备、聊天工具 QQ,到网络通信新技术 10G 以太网、下一代网络 (NGN) 等都包含着信息技术的结晶,那么,该如何把握网络发展动向,掌握并利用好目前流行的网络技术呢?本章内容就将围绕这些问题展开。

本章重点

- 计算机网络的基本概念
- 实现“三网合一”的基础
- 无线网络
- 下一代 Internet 技术 (NGN) 的基本概念
- 计算机网络工程架构

1.1 计算机网络技术概述

计算机网络是计算机技术和通信技术结合的产物,这种结合对计算机系统的组织方式产生了深远的影响。为了实现数据交换和资源共享,就得将计算机互连起来,这样原来“计算机中心”的形式,即由一台计算机来处理整个组织中所有计算需求的模型,就被新的计算机互连模型取代。这种互连模型就是计算机网络,它由资源子网和通信子网