

软 件 工 程 系 列 规 划 教 材

计算机网络技术

◎ 龚海刚 主编

◎ 夏 琦 易发胜 陈洪彬 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

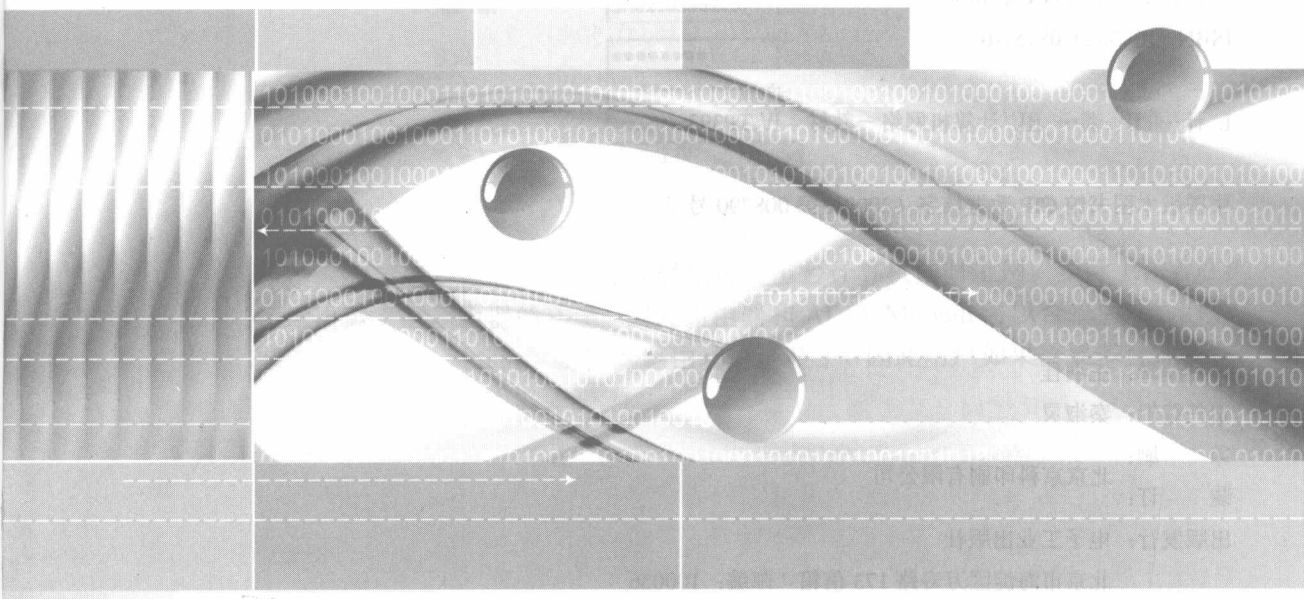
<http://www.phei.com.cn>

软 件 工 程 系 列 规 划 教 材

计算机网络技术

龚海刚 主编

夏琦 易发胜 陈洪彬 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 TCP/IP 协议栈为线索,通过实例深入浅出地介绍了计算机网络的基本原理和相关应用技术,并突出了计算机网络的最新发展思想。全书共 9 章,主要内容包括:计算机网络基础、物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层、计算机网络安全和网络的服务质量,并对一些高级计算机网络技术进行了总结,在附录中介绍了一个网络工程的综合实例和家庭用户接入互联网的各种配置流程,为读者使用和配置网络提供了指导。本书各章均附有练习题,并提供电子课件。

本书博采众家之长,内容新颖,图文并茂,可作为高等学校计算机、通信及其他相关专业硕士研究生和本科生教材,也可供从事计算机网络工作的技术人员学习参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术 / 龚海刚主编. —北京:电子工业出版社, 2009.4

(软件工程系列规划教材)

ISBN 978-7-121-08157-6

I. 计… II. 龚… III. 计算机网络—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 008790 号

策划编辑:王羽佳

责任编辑:秦淑灵

印 刷:

北京京科印刷有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:23.75 字数:608 千字

印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:39.90 元

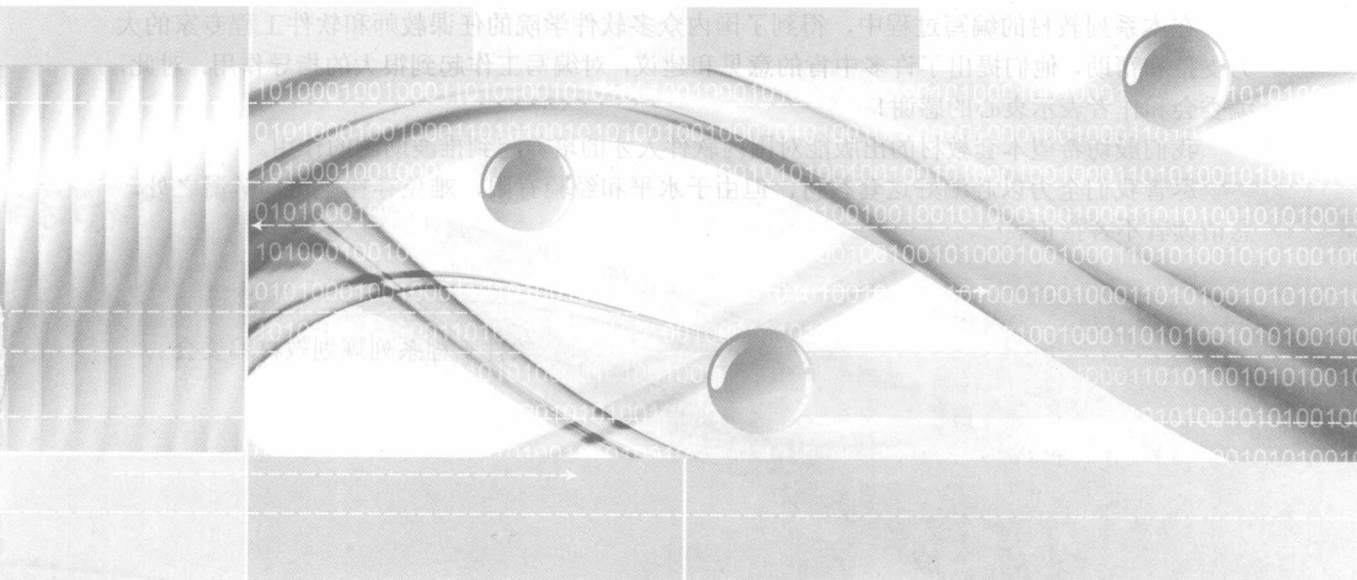
凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

软件工程系列规划教材 编委会

- 主任:** 秦志光 电子科技大学计算机科学与工程学院 / 示范性软件学院 院长 教授 / 博导
- 副主任:** 徐 谡 电子科技大学计算机科学与工程学院 / 示范性软件学院 党总支书记 博士 / 教授
- 任立勇 电子科技大学示范性软件学院 副院长 博士 / 副教授
- 委员:** 张凤荔 电子科技大学示范性软件学院 网络安全系系主任 教授 / 博导
- 桑 楠 电子科技大学示范性软件学院 嵌入式系统系系主任 教授
- 叶 茂 电子科技大学示范性软件学院 软件技术系系主任 副教授 / 博导
- 刘 均 电子科技大学示范性软件学院 大型主机系系主任 副教授
- 陆 鑫 电子科技大学示范性软件学院 数字媒体系系主任 副教授
- 侯孟书 电子科技大学示范性软件学院 国家计算机实验教学中心副主任 副教授
- 卢如海 电子科技大学示范性软件学院 研究生培养科科长
- 夏 琦 电子科技大学示范性软件学院 企业合作部主任



出版说明

为适应我国经济结构战略性调整的要求和软件产业发展对人才的迫切需要，实现我国软件人才培养的跨越式发展，教育部和国家发展计划委员会于 2001 年联合批准在国内部分高等学校开办示范性软件学院，努力造就一批进入国际前沿、掌握关键技术、擅长顶层设计的技术带头人，培养一批具备不同专业背景且有市场观念的开发管理、工程管理和软件经营等复合型软件人才，形成一支有相当规模和质量、从事软件开发与应用的专业技术人员队伍。

经过多年的软件人才培养和教学实践，依据国内外企业对软件人才的知识 and 能力需求，以培养高层次、实用型软件人才为目标，我们组织长期从事软件工程硕士教学的专家教授，编写了一套软件工程专业学位课系列教材。该系列教材主要包括《软件开发技术》、《数据库系统及应用》、《操作系统原理与 Linux 实例设计》、《面向对象技术与工具》及《计算机网络技术》。本次推出的软件工程硕士系列教材内容涵盖软件工程硕士需要掌握的主要知识和基本技术，具有领域宽、实用性强的特点，既可以作为软件学院工程硕士专业基础课教材，也可作为计算机专业高年级本科生和研究生的教材，还可供软件开发和管理人员作为参考书籍。我们还将陆续推出系列教材的习题解答和上机指导及教学用多媒体电子课件，便于教师备课和学生自学，请登录华信教育资源网（<http://www.huaxin.edu.cn> 或 <http://www.hxedu.com.cn>）注册下载。

在本系列教材的编写过程中，得到了国内众多软件学院的任课教师和软件工程专家的大力支持和帮助，他们提出了许多中肯的意见和建议，对编写工作起到很大的指导作用，对此，编委会和作者表示衷心的感谢！

我们殷切希望本套教材的出版能对国内软件人才的培养起到推波助澜的作用。

尽管我们全力以赴编好这套教材，但由于水平和经验有限，难免存在不足和疏漏之处，恳请读者不吝指正。

软件工程系列规划教材编委会

前 言

21 世纪是以网络为核心的信息时代, 依靠完善的网络实现了信息资源的全球化, 网络已经成为信息时代的命脉。以互联网为代表的计算机网络得到了飞速发展, 成为仅次于全球电话网的第二大网络, 并逐步全面渗透到人们的日常生活中, 对社会生活的方方面面产生了深远的影响。

鉴于计算机网络的重要性, 掌握计算机网络知识和技术已经成为人们必备的技能, 而计算机网络技术也已成为许多高等学校的专业基础课程。

为了进一步加强计算机基础教学工作, 适应高等学校软件工程硕士课程体系与教学内容的改革, 及时反映计算机基础教学的研究成果, 突出软件工程硕士课程的工程性, 我们编写了本书。

本书具有如下特色:

- 本书从网络基本理论的学习和工程实用两方面进行讲述, 突出工程性, 书中列举了大量工程实例, 理论联系实际, 读者通过这些工程实例的学习, 可以加深对基础内容的理解, 并增强实际动手能力;
- 在内容及描述上, 尽量使用通俗的语言, 通过恰当的图、表说明相关网络原理, 避免堆砌大量专业词汇, 可读性强;
- 本书注重将计算机网络发展的新技术适当地引入到教学中来, 确保内容的先进性;
- 本书源于计算机教学实践, 凝聚了作者多年的教学经验与教学成果。

全书共分 9 章, 从先进行和实用性出发, 较为全面系统地介绍了计算机网络的基本原理和应用技术。

第 1 章概述计算机网络, 介绍计算机网络的基本概念、发展历史和网络体系结构;

第 2 章讲述物理层, 介绍网络传输的各种媒体、接口和物理层设备;

第 3 章讲述数据链路层, 介绍媒质接入控制技术、局域网和数据链路层的设备;

第 4 章讲述网络层, 主要介绍 IP 协议、路由原理和网络层设备;

第 5 章讲述传输层, 介绍 TCP 协议和 UDP 协议;

第 6 章讲述应用层, 介绍典型的几种应用层协议, 如 HTTP 协议、SNMP 协议和 FTP 协议等;

第 7 章讲述计算机网络安全, 讨论网络安全的本质根源和相关网络安全技术;

第 8 章讲述网络的服务质量, 介绍服务质量的基本概念和服务质量保证技术;

第 9 章讲述高级计算机网络技术, 介绍一些当前网络发展的新技术, 以扩展读者的视野, 使读者了解计算机网络发展的潮流;

附录介绍了一个网络工程的综合实例和家庭网络配置方法, 为读者实际使用和配置网络提供了指导;

各章后都附有相应的练习题供读者练习使用, 以巩固所学知识。

通过本书学习，你可以：

- 通过大量实例轻松了解网络的基本原理；
- 使用 **Ethereal** 软件直观明了地学习多种网络基本协议；
- 认识阻碍互联网发展的两大问题——网络安全和服务质量；
- 了解一些高级计算机网络技术；
- 通过网络工程实例学习构建一个园区网；
- 了解并掌握接入互联网主要方式的配置流程；
- 熟悉组建家庭局域网的方法。

当前国内外的计算机网络教材数不胜数，其中，S.Tanenbaum 的书博大精深，准确翔实；谢希仁教授的书条理清晰，案例鲜明，语言流畅；F. Kurose 的书另辟蹊径，以自顶向下的方式阐明网络原理。我们力图博采众家之长，结合作者多年来从事计算机网络教学的经验和科研成果，在对网络基本原理进行分析和阐述的同时，通过浅显易懂的工程案例和图表提高本书的可读性。

本书可作为高等学校计算机、通信和其他相关专业的硕士研究生和本科生教材，也可供从事计算机网络工作的工程技术人员学习参考。教学中，可以根据教学对象和学时等具体情况对书中的内容进行删减和组合，也可以进行适当扩展。本教材参考学时为 48~64 学时。为适应教学模式、教学方法和手段的改革，本书配有多媒体电子课件及相应的网络教学资源，请登录华信教育资源网 (<http://www.huaxin.edu.cn> 或 <http://www.hxedu.com.cn>) 注册下载。

本书第 1、4、5、9 章和附录 B 由龚海刚编写，第 3、8 章由夏琦编写，第 2、7 章、附录 A 和各章的工程实例由易发胜编写，第 6 章和部分图例由陈洪斌编写。全书由龚海刚统稿。

四川省计算机学会网络与信息系统专委会副主任、电子科技大学计算机网络专家曾家智教授作为本书的顾问，对本书的编写提出了许多宝贵的建设性意见；刘明副教授在百忙之中对全书进行了审阅。在此我们表示诚挚的谢意！

电子工业出版社的王羽佳编辑为本书的出版做了大量工作，研究生李天梅、王勋、王明杰、肖刚和赵庆等对本书进行了大量的校对、复核和作图等工作，在此一并表示感谢！

本书的编写参考了大量近年来出版的相关技术资料，吸取了许多专家和同仁的宝贵经验，在此向他们深表谢意！

由于水平有限、时间仓促，书中难免出现一些错误和遗漏之处，希望广大读者批评指正！

作者

于电子科技大学

目 录

第 1 章 计算机网络概述	(1)
1.1 计算机网络	(2)
1.1.1 计算机网络定义	(2)
1.1.2 计算机网络分类	(3)
1.2 网络交换技术	(5)
1.2.1 电路交换	(5)
1.2.2 报文交换	(6)
1.2.3 分组交换	(7)
1.2.4 其他网络交换技术	(8)
1.3 计算机网络的发展过程	(8)
1.3.1 互联网的产生	(9)
1.3.2 互联网的多级结构	(10)
1.3.3 计算机网络在我国的 发展	(11)
1.4 计算机网络组成	(12)
1.4.1 网络边缘部分	(13)
1.4.2 网络核心部分	(13)
1.4.3 接入网络	(14)
1.5 网络体系结构	(15)
1.5.1 网络协议	(15)
1.5.2 分层的必要性	(16)
1.5.3 体系结构分层的 几个概念	(17)
1.5.4 OSI 模型	(19)
1.5.5 TCP/IP 模型	(21)
1.5.6 具有 5 层协议的网络 体系结构	(22)
1.6 几个计算机网络概念	(24)
1.6.1 带宽	(24)
1.6.2 时延	(25)
1.6.3 结点	(26)
1.7 案例分析	(26)
1.7.1 协议报文分析	(26)
1.7.2 网络工程和开发实例	(29)
习题	(29)
第 2 章 物理层	(31)
2.1 物理层功能	(32)
2.2 传输媒体	(32)
2.2.1 导向传输媒体	(32)
2.2.2 非导向传输媒体	(35)
2.3 调制与解调	(37)
2.3.1 调制方法	(37)
2.3.2 调制解调器的异步 通信方式	(38)
2.3.3 PCM 系统	(39)
2.4 信道复用技术	(41)
2.4.1 频分复用	(41)
2.4.2 时分复用和统计时 分复用	(42)
2.4.3 码分复用	(44)
2.4.4 波分复用	(45)
2.5 物理接口	(46)
2.5.1 RS-232-C 接口	(47)
2.5.2 RS-449 接口	(49)
2.5.3 RJ-45 接口	(51)
2.6 物理层互连设备	(51)
2.6.1 中继器	(51)
2.6.2 集线器	(52)
2.6.3 调制解调器	(52)
2.7 工程实例	(55)
习题	(56)
第 3 章 数据链路层	(57)
3.1 数据链路层功能	(58)
3.1.1 成帧	(58)
3.1.2 差错控制	(59)

3.1.3	流量控制	(59)	3.9	局域网扩展	(97)
3.1.4	链路管理	(59)	3.9.1	物理层扩展局域网	(97)
3.1.5	媒体接入控制	(60)	3.9.2	数据链路层扩展局域网	(98)
3.2	差错控制	(60)	3.10	工程实例	(99)
3.2.1	检错技术	(61)	3.10.1	以太网帧实例	(100)
3.2.2	循环冗余校验	(62)	3.10.2	ARP 协议实例	(101)
3.3	媒体接入控制	(63)	3.10.3	局域网组网	(101)
3.3.1	随机访问协议	(64)	习题	(103)	
3.3.2	受控接入协议	(65)	第 4 章	网络层	(105)
3.4	局域网	(66)	4.1	网络层功能	(106)
3.4.1	局域网的拓扑结构	(67)	4.2	虚电路服务和数据报服务	(106)
3.4.2	以太网	(68)	4.2.1	虚电路服务	(106)
3.4.3	以太网寻址	(68)	4.2.2	数据报服务	(108)
3.4.4	IEEE 802.3 标准	(71)	4.2.3	虚电路服务和数据报服务的比较	(108)
3.4.5	802.3 MAC 协议 ——CSMA/CD	(73)	4.3	网际协议	(109)
3.4.6	802.3 帧格式	(74)	4.3.1	网络层寻址: IP 地址	(109)
3.5	无线局域网	(75)	4.3.2	IP 协议	(113)
3.5.1	无线局域网基本概念	(75)	4.3.3	ICMP 协议	(116)
3.5.2	IEEE 802.11 标准	(76)	4.3.4	网络地址转换 NAT	(118)
3.5.3	802.11 MAC 协议 ——CSMA/CA	(77)	4.4	网络层的路由选择	(120)
3.5.4	802.11 帧结构	(79)	4.4.1	路由算法分类	(120)
3.5.5	个人区域网	(80)	4.4.2	距离向量算法	(122)
3.6	高速局域网	(81)	4.4.3	链路状态算法	(123)
3.6.1	FDDI 网络	(81)	4.4.4	层次选路	(125)
3.6.2	快速以太网	(82)	4.5	互联网中的选路	(126)
3.6.3	千兆位以太网	(83)	4.5.1	路由信息协议 RIP	(126)
3.7	点到点协议	(84)	4.5.2	开放式最短路径 优先协议 OSPF	(129)
3.7.1	透明传输	(84)	4.5.3	边界网关协议 BGP	(131)
3.7.2	PPP 协议概述	(86)	4.6	网络层互连设备	(132)
3.7.3	PPP 的帧格式	(87)	4.6.1	路由器	(132)
3.7.4	PPP 协议的状态	(88)	4.6.2	第三层交换机	(136)
3.7.5	PPPoE 协议	(89)	4.7	IP 多播	(138)
3.8	数据链路层互连设备	(90)	4.7.1	IP 多播的定义	(138)
3.8.1	网桥	(90)	4.7.2	IGMP 协议	(140)
3.8.2	交换机	(93)	4.7.3	多播路由	(141)
3.8.3	网卡	(95)			

4.8 下一代网际协议	6.1.3 混合结构	(195)
——IPv6 协议	6.2 域名系统 DNS	(196)
4.8.1 IPv6 概述	6.2.1 互联网的域名结构	(197)
4.8.2 IPv4 和 IPv6 比较	6.2.2 域名解析过程	(198)
4.8.3 IPv6 寻址	6.2.3 域名资源记录	(201)
4.8.4 IPv4 向 IPv6 的过渡	6.2.4 域和区	(201)
4.8.5 IPv6 的发展现状	6.3 超文本传输协议 HTTP	(202)
4.9 工程实例	6.3.1 万维网和统一资源 定位符 URL	(203)
4.9.1 网络层报文实例	6.3.2 超文本传输协议 HTTP	(205)
4.9.2 广域网	6.3.3 非持久连接和持久连接	(208)
习题	6.3.4 Cookie 和 Web 缓存	(210)
第 5 章 传输层	6.4 文件传送协议 FTP	(214)
5.1 传输层功能	6.4.1 FTP 概述	(214)
5.2 传输层服务	6.4.2 FTP 工作原理	(215)
5.2.1 面向连接的服务	6.4.3 FTP 命令	(216)
5.2.2 无连接的服务	6.4.4 TFTP 协议	(217)
5.3 传输层寻址——端口	6.5 电子邮件	(218)
5.4 用户数据报协议 UDP	6.5.1 电子邮件系统的构成	(219)
5.4.1 UDP 概述	6.5.2 简单邮件传送协议 SMTP	(220)
5.4.2 UDP 的数据报格式	6.5.3 邮局协议 POP3	(223)
5.4.3 UDP 的应用	6.5.4 通用互联网邮件 扩充标准 MIME	(224)
5.5 传输控制协议 TCP	6.6 远程终端协议 TELNET	(227)
5.5.1 TCP 概述	6.6.1 TELNET 概述	(227)
5.5.2 可靠传输原理	6.6.2 使用 TELNET 访问 标准服务	(228)
5.5.3 TCP 报文段格式	6.7 简单网络管理协议 SNMP	(228)
5.5.4 TCP 连接管理	6.7.1 网络管理的功能	(229)
5.5.5 TCP 的可靠传输	6.7.2 网络管理对象	(231)
5.5.6 TCP 流量控制	6.7.3 管理信息结构 SMI	(232)
5.5.7 TCP 拥塞控制	6.7.4 ASN.1	(234)
5.6 工程实例	6.7.5 SNMP 协议	(235)
5.6.1 传输层报文实例	6.8 工程实例	(235)
5.6.2 网络编程及实例	6.8.1 浏览器消息实例 及其工作过程	(236)
习题	6.8.2 基于 B/S 的应用体系	(238)
第 6 章 应用层	习题	(242)
6.1 应用层体系结构	第 7 章 计算机网络安全	(243)
6.1.1 客户-服务器体系结构	7.1 网络安全概述	(244)
6.1.2 对等体系结构		

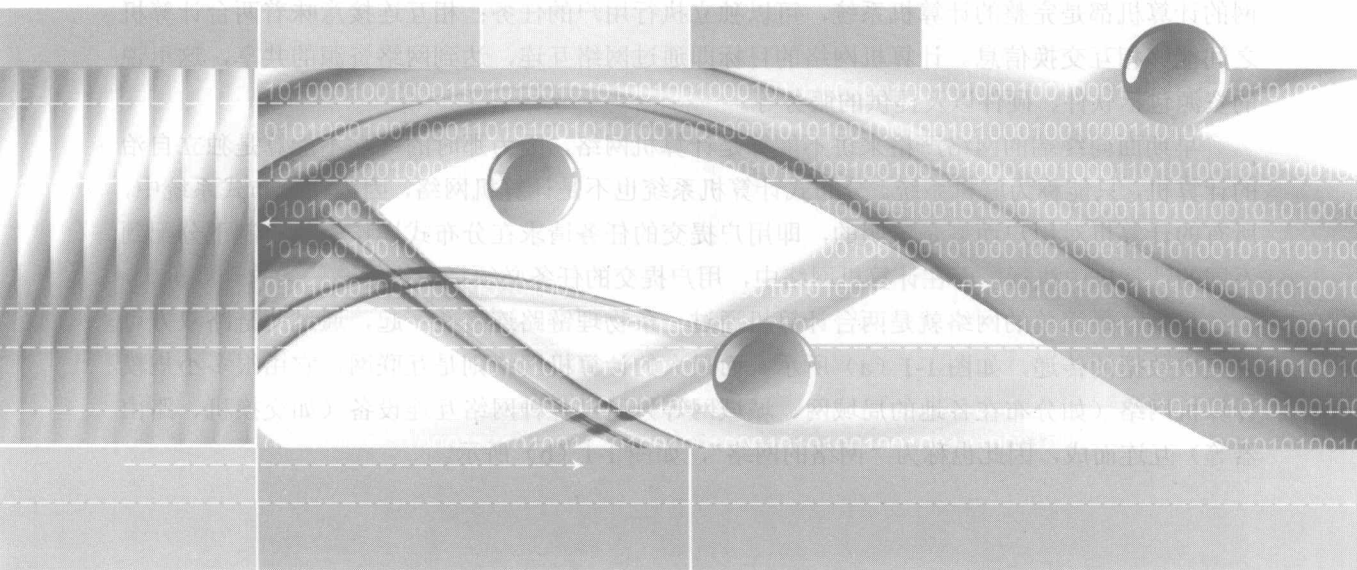
7.1.1	计算机网络面临的 安全威胁	(244)	8.2.2	RTP 协议	(294)
7.1.2	网络安全内容	(245)	8.2.3	RTCP 协议	(296)
7.1.3	互联网不安全的根源	(246)	8.2.4	RTSP 协议	(297)
7.2	对称密钥原理	(248)	8.3	改进互联网的服务质量	(299)
7.2.1	对称密钥技术	(248)	8.3.1	基本原则	(299)
7.2.2	对称密钥标准 DES	(250)	8.3.2	综合服务	(300)
7.3	公钥原理	(252)	8.3.3	RSVP 协议	(301)
7.3.1	公钥技术	(252)	8.3.4	区分服务	(303)
7.3.2	公钥标准 RSA	(254)	8.4	服务质量实现机制	(305)
7.4	数字鉴别	(256)	8.4.1	分组分类	(305)
7.4.1	基于对称密钥技术 的鉴别	(259)	8.4.2	流量的监管与整形	(306)
7.4.2	基于公钥技术的鉴别	(260)	8.4.3	队列管理	(309)
7.5	数字签名	(261)	8.4.4	分组调度	(311)
7.5.1	生成数字签名	(262)	8.5	MPLS 网络	(313)
7.5.2	报文摘要	(263)	8.5.1	MPLS 基本体系结构	(313)
7.5.3	散列函数算法	(264)	8.5.2	MPLS 区分服务	(316)
7.6	密钥分配和认证	(265)	8.5.3	MPLS 的应用	(317)
7.6.1	密钥分配中心	(266)	8.6	服务质量研究新进展	(317)
7.6.2	证书和证书认证机构	(267)	习题		(319)
7.7	协议栈各层的安全性	(268)	第 9 章	高级计算机网络技术	(321)
7.7.1	链路层安全—— 链路层加密	(269)	9.1	新型网络体系结构	(322)
7.7.2	网络层安全—— IPsec 协议	(272)	9.1.1	主动网络	(322)
7.7.3	传输层安全—— 安全套接字协议 SSL	(275)	9.1.2	服务元网络体系结构	(324)
7.7.4	应用层安全	(276)	9.1.3	其他网络体系结构	(326)
7.8	防火墙	(280)	9.2	无线网络	(327)
7.8.1	分组过滤级防火墙	(281)	9.2.1	自组织网络—— Ad Hoc 网络	(328)
7.8.2	应用层网关	(283)	9.2.2	无线传感器网络	(331)
7.9	网络安全发展新趋势	(284)	9.2.3	无线 3G 网络	(335)
习题		(287)	9.3	应用层网络技术	(338)
第 8 章	服务质量	(288)	9.3.1	覆盖网络—— Overlay 网络	(338)
8.1	服务质量的基本概念	(289)	9.3.2	对等网络—— P2P 网络	(340)
8.2	多媒体应用和服务质量	(290)	9.3.3	应用层多播	(343)
8.2.1	多媒体应用分类 及其特点	(290)	习题		(346)
			附录 A	网络工程综合实例	(347)
			附录 B	家庭互联网接入配置	(357)
			参考文献		(370)

第1章 计算机网络概述

21 世纪是一个以网络为核心的信息时代，依靠完善的网络实现信息资源的全球化，因此网络已经成为信息时代的命脉，而网络对社会生活的各方面也已经产生了深远的影响，并逐步全面渗透到人们的日常生活中。目前，信息社会存在的网络主要有 3 种：电信网络、有线电视网络和计算机网络。其中电信网络是人类架构的最早的网络之一，也是覆盖范围最广的网络，而计算机网络虽然出现较晚，却是最具活力也是发展最快的网络，本书要讨论的正是计算机网络的内容。

学习目标：

- 计算机网络概念
- 网络交换技术及计算机网络发展
- 计算机网络组成
- 网络体系结构





1.1 计算机网络

计算机网络是现代通信技术和计算机技术相结合的产物，它实现了远程通信、远程信息处理和资源共享等。在 20 世纪 50 年代，计算机主要是一些大型机，数量很少且造价昂贵，而且没有网络操作系统及管理软件，根本形成不了规模性的计算机网络。随着计算机技术的发展，在 20 世纪 60 年代，面向终端的计算机通信网得到了很大的发展。在专用的计算机通信网中，最著名的是美国的半自动地面防空系统 SAGE，它被誉为计算机通信发展史上的里程碑。该系统将远距离的雷达和其他设备的信息，通过通信线路汇集到一台旋风型计算机上，第一次实现了远距离的集中控制和人机对话。从此，计算机网络开始逐步形成，并日益发展。

对计算机网络发展起巨大推动作用的另一个技术是分组交换（packet switching）技术。分组交换技术克服了传统电话交换技术的缺点，提高了网络资源利用率。1969 年 12 月，美国第一个使用分组交换技术的 ARPAnet 投入运行。ARPAnet 的成功使计算机网络的概念发生了根本的变化，由面向终端的计算机网络转变为以通信子网为中心的网络，而 ARPnet 也是当今互联网（Internet）的原型。

互联网作为计算机网络的典型代表，已从最初的学术科研网络发展成为商业运营网络，成为仅次于全球电信网络的第二大网络，它给人们的日常生活带来了很大的便利，缩短了人际交往的距离，有人甚至把地球称为“地球村”。

1.1.1 计算机网络定义

简单来说，计算机网络是指独立自主、相互连接的计算机集合。独立自主意味着每台联网的计算机都是完整的计算机系统，可以独立执行用户的任务；相互连接意味着两台计算机之间能够相互交换信息。计算机网络的目标即通过网络互连，达到网络资源的共享，这里说的资源包括软件、硬件以及提供的服务等。

早期面向终端的网络严格来讲不能算是计算机网络，因为那时的终端不能算是独立自主的计算机，只能称为联机系统。分布式计算机系统也不是计算机网络，因为在分布式系统中，所有的计算机对用户而言是透明的，即用户提交的任务请求在分布式操作系统控制下分配到不同的计算机中执行，而在计算机网络中，用户提交的任务必须指明执行该任务的计算机。

显然，最简单的网络就是两台计算机通过一条物理链路连接在一起，通过此链路双方可以完成数据的传递，如图 1-1（a）所示。而最大的计算机网络则是互联网，它由很多小规模计算机网络（如分布在各地的局域网、城域网等）通过各种网络互连设备（如交换机、路由器等）互连而成，因此也称为“网络的网络”，如图 1-1（b）所示。

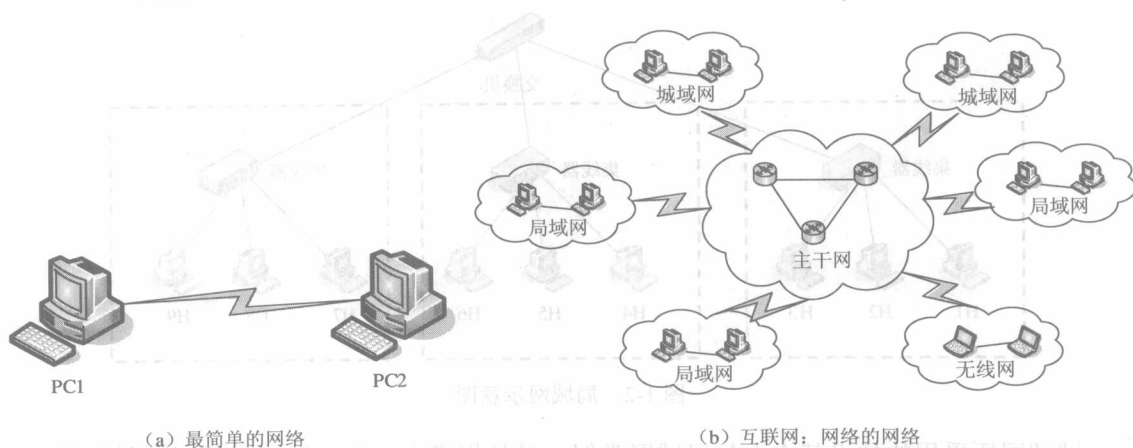


图 1-1 网络示意图

1.1.2 计算机网络分类

计算机网络的分类标准很多,比如按拓扑结构、介质访问方式、交换方式以及数据传输率等,但这些分类标准只给出了网络某一方面的特征,并不能反映网络技术的本质。事实上,确实存在一种能反映网络技术本质的网络划分标准,那就是计算机网络的覆盖范围。按网络覆盖范围的大小,我们将计算机网络分为个人区域网(Personal Area Network, PAN)、局域网(Local Area Network, LAN)、城域网(Metropolitan Area Network, MAN)、广域网(Wide Area Network, WAN)和互联网,如表 1-1 所示。网络覆盖的地理范围是网络分类的一个非常重要的度量参数,因为不同规模的网络将采用不同的网络技术。

表 1-1 计算机网络分类

分布距离	覆盖范围	网络类别
1~10 m	房间	个人区域网(局域网)
100 m	建筑物	局域网
1 km	校园、企业	校园网、企业网(局域网)
10 km	城市	城域网
100 km	国家	广域网
1000 km	国家、洲际	互联网

个人区域网是指利用短距离、低功率无线传输技术,以及自组织的网络(Ad Hoc networks)互连技术,在 10 m 以内的范围构成的网络。PAN 技术可以连接家庭的资讯家电、办公室个人桌上型或手提电脑、个人 PDA 和移动电话等,能够增进生活便利性,改善办公环境并提供闲暇娱乐等服务。例如,蓝牙鼠标、蓝牙键盘和个人电脑之间即构成个人区域网。

局域网是指范围在几百米到十几千米内办公楼群或校园内的计算机相互连接所构成的计算机网络,图 1-2 所示为某大厦的局域网拓扑图。计算机局域网广泛用于连接校园、工厂以及机关的个人计算机或工作站,以利于个人计算机或工作站之间共享资源(如打印机)和数据通信。局域网与其他网络的区别主要体现在以下 3 个方面:①网络所覆盖的物理范围;②网络所使用的传输技术;③网络的拓扑结构。

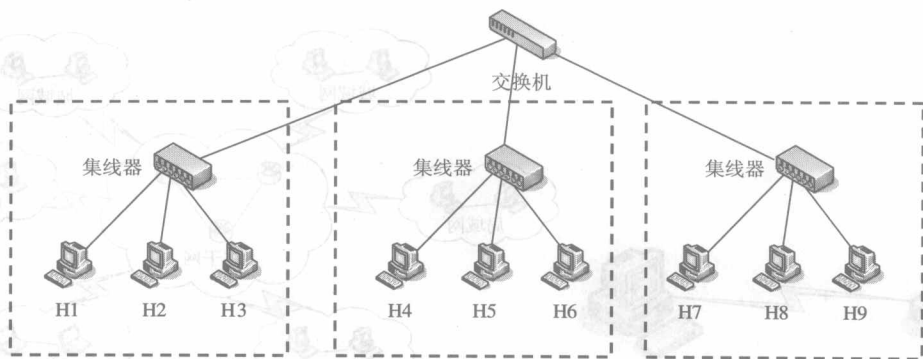


图 1-2 局域网示意图

城域网所采用的技术基本上与局域网类似，只是规模大一些。城域网既可以覆盖相距不远的几栋办公楼，也可以覆盖一个城市；既可以是私人网，也可以是公用网。城域网既可以支持数据和语音传输，也可以与有线电视相连。图 1-3 所示为城域网典型的结构示意图，即在一定的区域内将校园、企业和家庭等小型局域网连接成较大规模的网络。城域网要和多种局域网连接，因此必须适应多种业务、多种网络协议以及多种数据传输速率，并且要保证各种局域网能够连接到广域网。

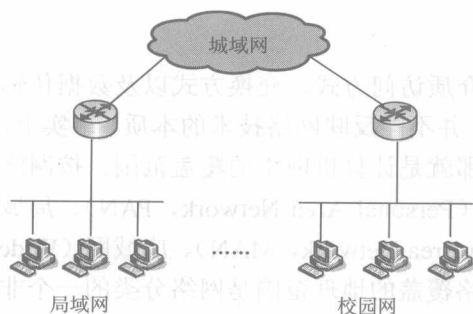


图 1-3 城域网示意图

广域网通常跨接很大的物理范围，一般为几十到几千千米，是互联网的核心部分，其任务是通过长距离（往往跨越不同的国家）传送计算机发送的数据。广域网的结构如图 1-4 所示，广域网由通信子网和资源子网构成，其中各局域网中的主机或端系统称为资源子网，由大、中、小及微型计算机构成。而网络中转设备如路由器、ATM 交换机等构成通信子网，即负责资源子网中数据由源到目的的传输。这种结构将网络通信（通信子网）和主机（资源子网）分开，对后来的网络发展产生了深远的影响。

广域网通常跨接很大的物理范围，一般为几十到几千千米，是互联网的核心部分，其任务是通过长距离（往往跨越不同的国家）传送计算机发送的数据。广域网的结构如图 1-4 所示，广域网由通信子网和资源子网构成，其中各局域网中的主机或端系统称为资源子网，由大、中、小及微型计算机构成。而网络中转设备如路由器、ATM 交换机等构成通信子网，即负责资源子网中数据由源到目的的传输。这种结构将网络通信（通信子网）和主机（资源子网）分开，对后来的网络发展产生了深远的影响。

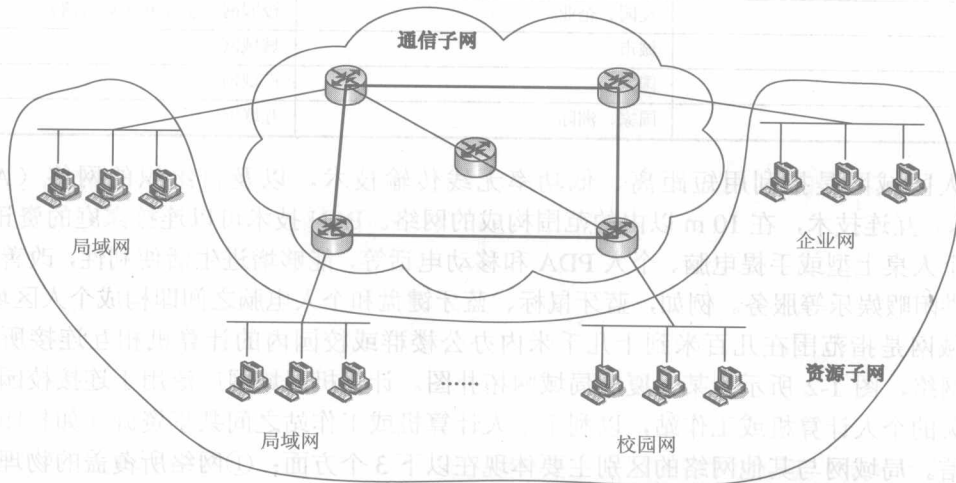


图 1-4 广域网的结构



1.2 网络交换技术

计算机网络的发展很大程度上和网络交换技术的发展是分不开的。从通信资源的分配角度来看，“交换”就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。随着人们对数据传输需求的日益加大，网络交换技术也随之不断发展，典型的网络交换技术有电路交换、报文交换和分组交换等。

1.2.1 电路交换

电路交换 (circuit switching) 是电话网络中最早使用的交换技术。在电话网中，两台电话机直接相连便能够进行通信，然而所有的电话机两两之间直接互连却是不现实的。例如，有 5 台电话机要两两相连，则需要 10 对电话线，如图 1-5 (a) 所示。而有 N 台电话机要两两相连，则需要 $N(N-1)/2$ 对电话线。显然，当 N 很大时，需要的电话线数量太大。此外，每部电话也需要 $N-1$ 个接口来和其他 $N-1$ 部电话机相连。因此，从经济和技术角度看，

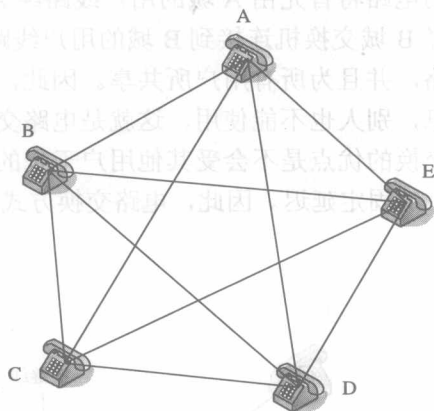


图 1-5 (a) 电话机两两互连

两两互连的方案是不合理的，而应当使用中间设备（电话交换机）将电话连接起来，如图 1-5 (b) 所示。在电话交换机上，使用电路交换技术完成每一部电话的通信。当电话机数量增多时，就使用彼此连接的交换机来完成全网的交换工作。

在使用电路交换方式打电话之前，先拨号建立连接：当拨号的信令通过许多交换机到达被叫用户所连接的交换机时，该交换机就向用户的电话机振铃；在被叫用户摘机且摘机信号传送到主叫用户所连接的交换机后，呼叫即完成，这时从主叫端到被叫端就建立了一条连接。连接建立完成后，双方即可开始通话。通话结束挂机后，挂机信令告知这些交换机，使交换机释放刚才使用的物理通路。这种必须经过“建立连接—通信—释放连接”3 个步骤的联网方式称为面向连接的。电路交换必定是面向连接的。

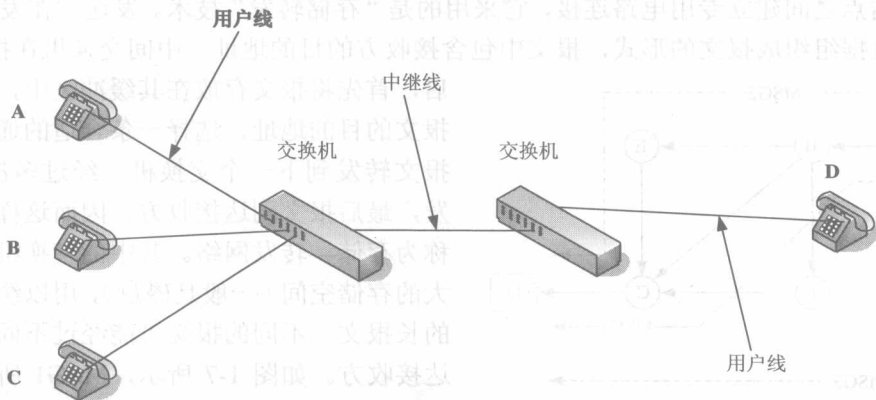


图 1-5 (b) 使用交换机连接电话

用户到交换机之间的线路叫做用户线路，归电话用户专用。交换机之间可由许多用户共享的线路叫做中继线路，拥有大量的话路，正在通话的用户只占用其中的一个话路，在通话的全部时间里，通话的两个用户始终占用端到端的固定传输带宽。

举例来说，假设有 A、B 两个城市，每个城市都有一部交换机并有 1000 个用户，两个交换机之间用 100 条中继线连接，即每 10 个用户共享一条中继线，如图 1-6 所示。如果 A 城的两个用户要通信，则在这两个用户之间建立一条电路，即将两条用户线路通过 A 城的交换机连接起来。如果 A 城的一个用户和 B 城的一个用户要通信，那么这两个用户之间需要建立的电路将首先由 A 城的用户线路经 A 城交换机连接到 A、B 城之间的一条中继线路，然后再经 B 城交换机连接到 B 城的用户线路上。由于经济上的原因，中继线路总是大大少于用户线路，并且为所有用户所共享。因此，一旦用户占用了一条中继线路以后，即使它们不传送信息，别人也不能使用，这就是电路交换最主要的缺点，即信道资源利用率非常低。但是电路交换的优点是不会受其他用户干扰的，一旦连接建立，数据的传输延迟就只是电信号在线路上的固定延迟。因此，电路交换方式适合于传输大量的、实时的数据。

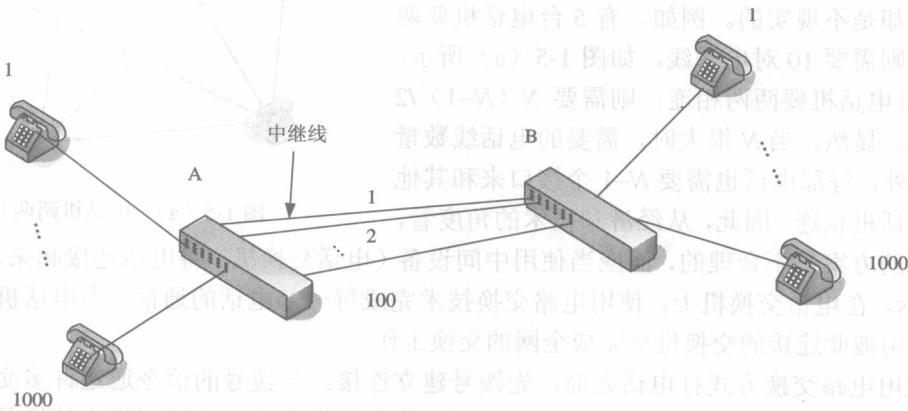


图 1-6 电路交换共享线路

1.2.2 报文交换

报文交换技术 (message switching) 提高了线路资源的利用率。报文交换技术不需要在两个通信结点之间建立专用电路连接，它采用的是“存储转发”技术。发送方在发送信息时，要把发送数据组织成报文的形式，报文中包含接收方的目的地址。中间交换机在接收到报文后，

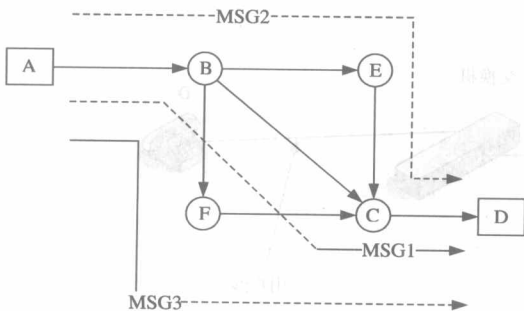


图 1-7 报文交换

首先将报文存放在其缓冲区中，然后根据报文的地址，选择一条合适的通路，再将报文转发到下一个交换机。经过多次存储-转发，最后报文到达接收方，因而这样的网络也称为存储-转发网络。其中的交换机要有足够大的存储空间（一般是磁盘），用以缓冲接收到的长报文。不同的报文可能经过不同的路径到达接收方。如图 1-7 所示，MSG1 所经过的路径为 A → B → C → D，MSG2 所经过的路径为 A