

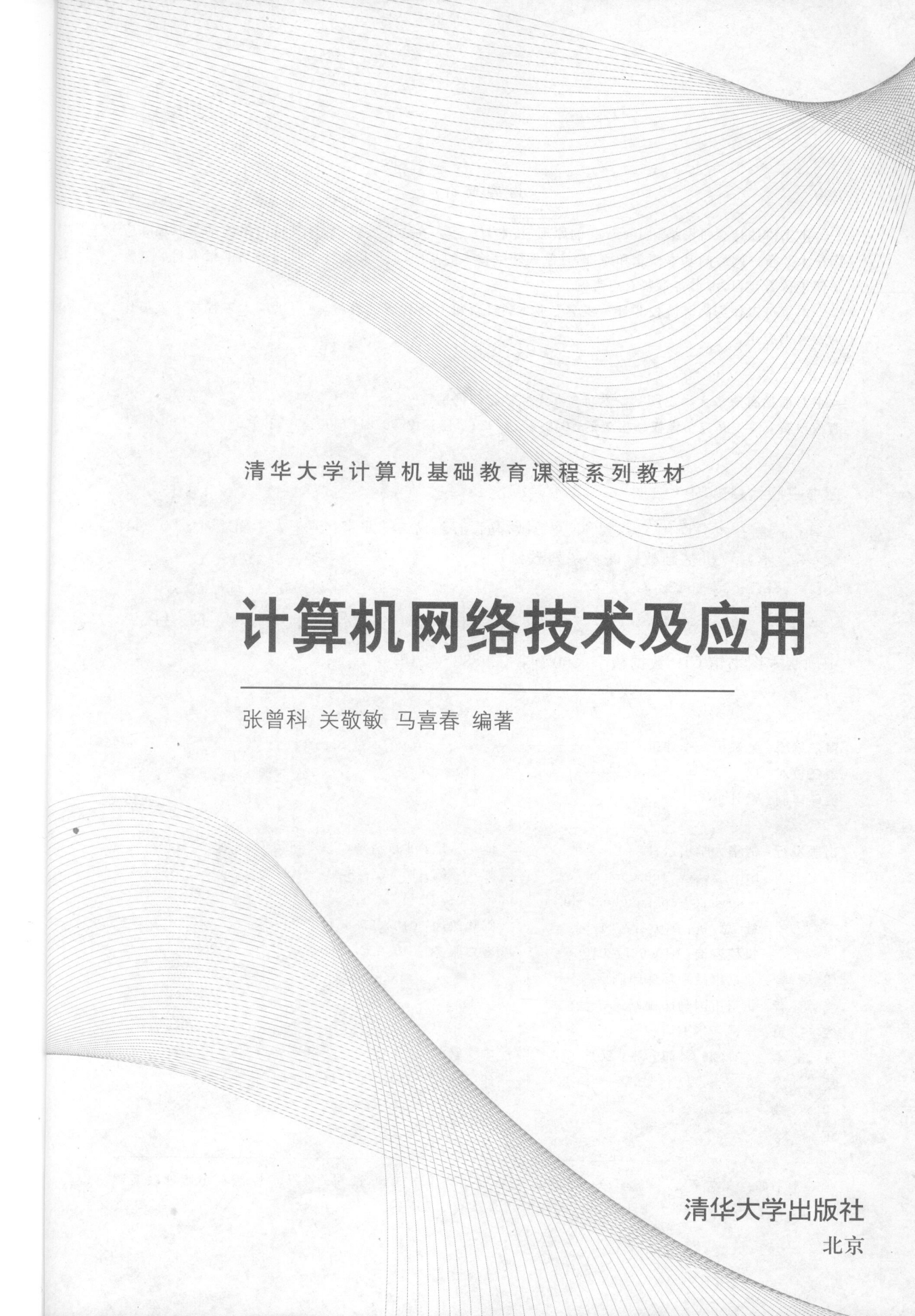
清华大学计算机基础教育课程系列教材

计算机网络技术及应用

张曾科 关敬敏 马喜春 编著



清华大学出版社



清华大学计算机基础教育课程系列教材

计算机网络技术及应用

张曾科 关敬敏 马喜春 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书讲述计算机网络和 Internet 的原理、技术与应用。在内容安排上,计算机网络的基本原理和应用技术并重。网络的基本概念和原理,是掌握网络技术的基础,而学以致用是学习网络的根本目的。为了便于读者复习,本书各章备有思考题。

本书可以作为高等院校非计算机类专业本科计算机网络课程的教材,也可供广大工程技术人员作为参考书应用。

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。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术及应用 / 张曾科,关敬敏,马喜春编著. — 北京:清华大学出版社,2007.11
(清华大学计算机基础教育课程系列教材)

ISBN 978-7-302-15125-8

I. 计… II. ①张… ②关… ③马… 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(2007)第 059882 号

责任编辑:袁勤勇 李玮琪

责任校对:白 蕾

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京市昌平环球印刷厂

装 订 者:北京市国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20.5

字 数:467 千字

版 次:2007 年 11 月第 1 版

印 次:2007 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:26.00 元

本书如存在文字不清、漏印、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:010-62770177 转 3103 产品编号:025795-01

读者意见反馈

亲爱的读者：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了今后为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间来填写下面的意见反馈表，以便我们更好地对本教材做进一步改进。同时如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题，或者有什么好的建议，也请您来信告诉我们。

地址：北京市海淀区双清路学研大厦 A 座 602 室 计算机与信息分社营销室 收

邮编：100084

电子邮件：jsjc@tup.tsinghua.edu.cn

电话：010-62770175-4608/4409

邮购电话：010-62786544

教材名称：计算机网络技术及应用

ISBN：978-7-302-15125-8

个人资料

姓名：_____ 年龄：_____ 所在院校/专业：_____

文化程度：_____ 通信地址：_____

联系电话：_____ 电子信箱：_____

您使用本书是作为：☐指定教材 ☐选用教材 ☐辅导教材 ☐自学教材

您对本书封面设计的满意度：

☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意 改进建议_____

您对本书印刷质量的满意度：

☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意 改进建议_____

您对本书的总体满意度：

从语言质量角度看 ☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意

从科技含量角度看 ☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意

本书最令您满意的是：

☐指导明确 ☐内容充实 ☐讲解详尽 ☐实例丰富

您认为本书在哪些地方应进行修改？（可附页）

您希望本书在哪些方面进行改进？（可附页）

电子教案支持

敬爱的教师：

为了配合本课程的教学需要，本教材配有配套的电子教案（素材），有需求的教师可以与我们联系，我们将向使用本教材进行教学的教师免费赠送电子教案（素材），希望有助于教学活动的开展。相关信息请拨打电话 010-62776969 或发送电子邮件至 jsjc@tup.tsinghua.edu.cn 咨询，也可以到清华大学出版社主页（<http://www.tup.com.cn> 或 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>）上查询。

前言

计算机网络特别是 Internet 的产生和发展在现代科学技术史上具有划时代的意义, 计算机网络为当今信息时代铺就了四通八达的信息高速公路。

计算机网络和 Internet 的出现, 彻底改变了人们的工作和生活方式, 改变了企事业单位的运营和管理方式。人们可以在网上进行电子商务、网络会议、远程教学、医疗会诊。世界各地图书馆的文献资料片刻就可以查阅下载; 发往大洋彼岸的电子邮件瞬间就可以送达; 坐在家中就可以浏览全世界网站提供的各种信息, 畅游于无边无际的信息海洋。

学习计算机网络的基本知识, 掌握计算机网络的基本应用技能, 是当代青年的必修课。

本书讲述计算机网络和 Internet 的原理、技术与应用。首先给出了计算机网络的体系结构, 然后以物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层五层体系结构为主线进行讲述, 这也是目前国际上计算机网络教材编排上主导的层次结构。

本书在内容安排上, 网络基本原理和应用技术并重。虽然网络技术发展迅速, 各种技术层出不穷, 但是其基本概念和原理, 是学习计算机网络最重要的知识点, 是掌握网络技术的基础。学习并掌握计算机网络的各种应用技术, 例如, 组建以太网、进行 Internet 接入、配置各种 Internet 服务等, 是学习计算机网络的重要目的。

本书是在清华大学计算机网络课程教学和实验的基础上编写的, 可以作为高等院校非计算机专业本科生的计算机网络课程教材, 也可供广大工程技术人员作为学习、应用计算机网络的参考书。教学时, 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, 学时可在 48 左右。为方便教学和学习, 本书在各章备有思考题。

本书由张曾科、关敬敏和马喜春共同编写。关敬敏编写了第 8 章的 8.2 节、8.3 节、8.4.3 节、8.4.4 节、8.5.3 节、8.5.4 节, 第 9 章的 9.4.3 ~ 9.4.5 节和第 10 章; 马喜春编写了第 4 章的 4.10 节和第 7 章的 7.2.3 节、7.3.3 节、7.4.5 节、7.5.5 节、7.5.6 节、7.6.2 节; 其余章节由张曾科编写。

由于作者水平有限, 书中难免存在错误和疏漏之处, 殷切希望广大读者批评指正。

作者

2007 年 8 月于清华园

目 录

第 1 章 计算机网络及其体系结构	1
1.1 计算机网络的基本概念	1
1.1.1 什么是计算机网络	1
1.1.2 计算机网络的分类	3
1.2 计算机网络的体系结构	8
1.2.1 概述	8
1.2.2 OSI 体系结构	10
1.2.3 TCP/IP 体系结构	13
1.2.4 5 层体系结构	14
1.3 计算机网络的发展历程	16
1.3.1 计算机网络的产生	16
1.3.2 分组交换网的出现	17
1.3.3 计算机网络体系结构的形成	19
1.3.4 局域网的产生和发展	20
1.3.5 Internet 时代	21
思考题	24
第 2 章 数据通信技术	25
2.1 引言	25
2.2 数据通信系统的性能指标	27
2.2.1 信息传输速率和码元传输速率	27
2.2.2 误码率和误比特率	28
2.2.3 奈奎斯特准则和香农定理	29
2.3 数据传输方式	30
2.3.1 单工、全双工和半双工传输	30
2.3.2 异步传输和同步传输	30
2.3.3 频带传输和基带传输	33
2.4 调制解调技术	33
2.4.1 幅移键控	34
2.4.2 频移键控	34
2.4.3 相移键控	34
2.4.4 多级调制	34

2.5	数据编码技术	35
2.5.1	不归零制编码	35
2.5.2	曼彻斯特编码	36
2.5.3	差分曼彻斯特编码	36
2.5.4	mB/nB 编码	37
2.6	信道复用技术	38
2.6.1	频分复用	38
2.6.2	时分复用和统计时分复用	38
2.6.3	准同步数字系列和同步数字系列	39
2.6.4	波分复用	42
2.7	数据交换技术	43
2.7.1	分组交换	44
2.7.2	信元交换和 ATM	46
2.8	传输媒体	46
2.8.1	双绞线	46
2.8.2	同轴电缆	47
2.8.3	光纤	47
2.8.4	无线传输	49
	思考题	51
第 3 章	数据链路控制	53
3.1	数据链路控制机制	53
3.1.1	引言	53
3.1.2	滑动窗口机制	55
3.1.3	停等 ARQ	56
3.1.4	回退-N ARQ	58
3.1.5	选择重传 ARQ	60
3.2	差错校验	60
3.2.1	奇偶校验	61
3.2.2	CRC 校验	61
3.2.3	校验和	63
3.3	高级数据链路控制规程	64
3.3.1	HDLC 链路配置和工作模式	64
3.3.2	HDLC 的帧和格式	65
3.4	Internet 数据链路控制协议 PPP	66
	思考题	68

第4章 局域网	69
4.1 IEEE 802 局域网体系结构	69
4.1.1 IEEE 802 局域网参考模型	69
4.1.2 媒体接入控制子层	70
4.1.3 逻辑链路控制子层	73
4.2 以太网的发展	74
4.3 以太网媒体接入控制方式	76
4.3.1 随机接入技术先驱	76
4.3.2 载波监听多点接入	78
4.3.3 带冲突检测的载波监听多点接入	79
4.4 以太网帧格式和数据封装	86
4.4.1 以太网帧格式	86
4.4.2 以太网数据封装	87
4.5 传统以太网	89
4.5.1 物理层	89
4.5.2 网络接口卡	90
4.5.3 中继器和集线器	91
4.5.4 传统以太网联网方式	91
4.6 高速以太网	95
4.6.1 100BaseT	95
4.6.2 千兆以太网	99
4.6.3 万兆以太网	102
4.7 全双工以太网	105
4.8 交换式以太网	105
4.8.1 网桥	106
4.8.2 交换机	108
4.8.3 交换式以太网及其特点	109
4.9 虚拟局域网	111
4.9.1 VLAN 及其特点	111
4.9.2 VLAN 帧	112
4.9.3 VLAN 运行	112
4.10 以太网的组建	113
4.10.1 硬件安装	113
4.10.2 软件设置	115
4.10.3 连通性测试	116
思考题	117

第 5 章 网络互联	119
5.1 引言	119
5.1.1 网络互联.....	119
5.1.2 网络互联中的路由器.....	120
5.2 网际协议	121
5.2.1 分类 IPv4 地址及子网划分	122
5.2.2 IP 数据报格式	125
5.2.3 IP 数据报的分片与重组	127
5.2.4 IP 数据报转发	130
5.3 地址解析协议	134
5.3.1 IP 地址与物理地址	134
5.3.2 ARP 和 RARP	136
5.4 因特网控制报文协议	138
5.4.1 ICMP 及其报文格式	138
5.4.2 ICMP 报文	139
5.5 无类别域间路由	141
5.5.1 CIDR 编址	141
5.5.2 构造超网和最长前缀匹配.....	143
5.6 动态路由选择	144
5.7 下一代的网际协议	145
5.7.1 IPv6 产生的背景和特点	145
5.7.2 IPv6 地址	147
思考题.....	148
 • 第 6 章 传输控制	151
6.1 引言	151
6.2 传输层端口	152
6.3 用户数据报协议	153
6.3.1 UDP 用户数据报	153
6.3.2 UDP 的特点	155
6.4 传输控制协议	155
6.4.1 TCP 的编号与确认	155
6.4.2 TCP 报文段	157
6.4.3 TCP 连接管理	160
6.4.4 TCP 重传机制	163
6.4.5 TCP 流量控制	166
6.4.6 TCP 拥塞控制	169
思考题.....	172

第 7 章 Internet 应用服务	174
7.1 网络应用模式	174
7.1.1 客户-服务器模式	174
7.1.2 浏览器-服务器模式	175
7.2 域名系统	175
7.2.1 Internet 域名结构	176
7.2.2 域名解析	177
7.2.3 DNS 服务的安装与配置	181
7.3 文件传送协议	187
7.3.1 FTP 的客户-服务器模式	187
7.3.2 FTP 的访问控制	189
7.3.3 FTP 服务的安装与配置	189
7.4 电子邮件	192
7.4.1 电子邮件系统	192
7.4.2 电子邮件的信息格式	194
7.4.3 简单电子邮件传送协议	196
7.4.4 邮局协议	197
7.4.5 电子邮件服务的安装与配置	199
7.5 万维网	211
7.5.1 万维网工作原理	211
7.5.2 统一资源定位符	214
7.5.3 超文本传送协议	215
7.5.4 超文本标记语言	216
7.5.5 浏览器的配置	219
7.5.6 Web 服务器的配置	220
7.6 动态主机配置协议 DHCP	222
7.6.1 DHCP 及其工作机制	222
7.6.2 DHCP 服务器的安装与配置	224
思考题	232
第 8 章 Internet 接入	234
8.1 引言	234
8.2 PSTN 拨号接入	235
8.2.1 Modem 的原理及分类	235
8.2.2 Modem 的安装设置方法	236
8.2.3 拨号连接的建立与管理	239
8.2.4 拨号上网的故障及排除方法	242
8.3 ISDN 接入	242

8.3.1	综合业务数字网 ISDN	242
8.3.2	ISDN 终端设备	244
8.3.3	ISDN 设备的安装与软件设置	245
8.4	ADSL 接入	245
8.4.1	ADSL 工作原理	245
8.4.2	ADSL 接入的网络结构	246
8.4.3	ADSL 接入模式	248
8.4.4	ADSL Modem 的安装与设置	248
8.5	Cable Modem 接入	253
8.5.1	HFC 工作原理	253
8.5.2	HFC 网络结构	254
8.5.3	Cable Modem 接入与安装	256
8.5.4	Cable Modem 的联网配置	257
8.6	无线接入	258
	思考题	261
第 9 章	网络安全	262
9.1	引言	262
9.2	密码学基础	263
9.2.1	密码学概述	263
9.2.2	对称密钥密码体制与 DES 算法	264
9.2.3	公开密钥密码体制与 RSA 算法	266
9.3	数字签名和报文摘要	269
9.3.1	数字签名	269
9.3.2	报文摘要	270
9.4	防火墙	272
9.4.1	防火墙技术	272
9.4.2	防火墙系统结构	273
9.4.3	防火墙产品的选择	275
9.4.4	Windows XP 防火墙的配置	280
9.4.5	天网防火墙的安装与配置	282
	思考题	291
第 10 章	网络操作系统	293
10.1	NOS 概述	293
10.1.1	NOS 的概念与特征	293
10.1.2	NOS 的发展与分类	293
10.1.3	NOS 的功能	294

10.1.4 LAN 中的几类 NOS	295
10.2 Windows 2003	296
10.2.1 Windows 2003 的特点	296
10.2.2 Windows 2003 的安装与配置	297
10.3 Unix	303
10.3.1 Unix 的发展	303
10.3.2 Unix 的特点	304
10.4 Linux	305
10.4.1 引言	305
10.4.2 Linux 的特点	305
10.4.3 redhat 9 Linux 的安装与配置	307
思考题	311
参考文献	312

第 1 章

计算机网络及其体系结构

1.1 计算机网络的基本概念

1.1.1 什么是计算机网络

计算机网络(computer network)是计算机技术和通信技术相结合的产物。

世界上第一台电子数字计算机于 1946 年诞生,称为电子数字集成器和计算器(electronic numerical integrator and computer, ENIAC),如图 1.1 所示。它由 18 000 个真空管组成,占地 170m²,重 28t。1971 年问世的第一块集成电路处理器 4004,就集成了 2300 个晶体管,而可以放在手心里的 Pentium 4 芯片,已经集成了 4200 万个晶体管。现在,一个芯片上可以容纳近 1 亿个晶体管。计算机技术的发展真是异常神速。Intel 公司的创始人之一摩尔(Gordon Moore)在 1964 年曾预言:芯片的能力每 18 个月提高一倍,而其价格降低一半。摩尔本人当初也未曾料到,这一预言至今仍然成立,这就是著名的摩尔定律(Moore's law),如图 1.2 所示。

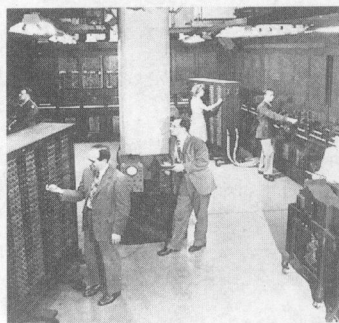


图 1.1 世界上第一台电子数字计算机 ENIAC

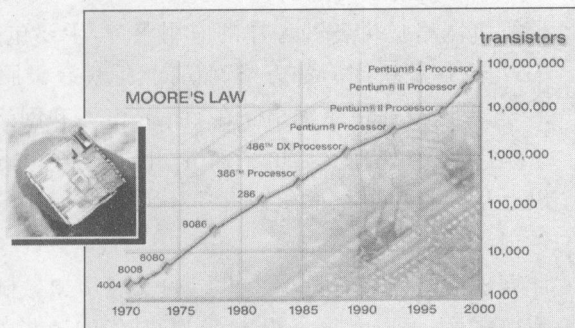


图 1.2 摩尔定律

通信技术是一门发展更早的技术,早在 1837 年就发明了电报,1876 年 Alexander Graham Bell 发明了电话,到 1927 年 AT&T 启动了跨大西洋的电话业务,1966 年研究人员首次使用光纤传输电话信号。

计算机技术和通信技术的结合是最近几十年的事。20 世纪 50 年代中期,人们开始进行计算机技术与通信技术相结合的尝试,一些系统通过电话通信线路将多个终端连接到一台中心计算机上,用户可以在远离计算机房的自己的办公室使用中心计算机。计算

机网络发展就是从计算机和电话通信系统相结合起步的。短短几十年,人类已经构建了覆盖全球的 Internet,铺设了四通八达的“信息高速公路”。

什么是计算机网络呢?简而言之,计算机网络是指自治的计算机(autonomous computers)互连起来(interconnected)的集合。计算机之间如果能相互通信则称为互连,自治是指计算机是能够独立进行处理的设备,而不是无自行处理能力的附属设备(如终端)。

上述定义只能概括地描述计算机网络,要具体地说明它的内涵,可以从计算机网络的组成和应用两个方面来描述。

(1) 计算机网络的组成

计算机网络由硬件和软件两部分组成:

① 硬件(hardware)

- 计算机 根据 ARPAnet 沿用下来的术语也称为主机(host),可以是个人计算机(PC)、大型计算机、客户机(client)或工作站(workstation)、服务器(server)等,在网络中它们统称为端系统(end system, ES);
- 通信设备 即中间系统(intermediate system, IS),如交换机(switch)和路由器(router)等,为主机转发数据。端系统和中间系统在网络中称为结点(node);
- 接口设备 网络接口卡(network interface card, NIC),调制解调器(Modem)等,作为计算机与网络的接口;
- 传输媒体或传输介质(medium) 双绞线、同轴电缆、光纤、无线电和卫星链路等。

② 软件(software)

- 通信协议 即传输规则,如 CSMA/CD、TCP/IP、UDP、PPP、ATM 等;
- 应用软件 如 WWW、E-mail、FTP、Telnet 等。

(2) 计算机网络的应用

计算机网络提供各种各样的应用服务,主要包括以下 3 类:

- 共享资源访问 如万维网访问、远程登录服务和网络文件访问等;
- 远程用户通信 如电子邮件、IP 电话和网络会议等;
- 网上事务处理 如电子商务、电子政务、电子金融、远程教育和远程医疗等。

以上从计算机网络的组成和应用两个方面进行了描述,进而对计算机网络有了更具体的认识。

计算机网络已经有近半个世纪的发展历史。随着计算机技术和网络技术的发展,继摩尔定律之后,一些专家又提出了 IT 时代的一些著名论断和预言。

- 贝尔定律(Bell's law)作为对摩尔定律的补充,表述了这样一个意思:如果保持计算能力不变,微处理器的价格和体积每 18 个月减小一倍。
- 20 世纪 90 年代初,以太网的发明人鲍勃·麦特卡尔夫(Bob Metcalfe)说:网络的价值同网络用户数量的平方成正比。网络上的 n 个用户,每一个人都可以看到其他人的内容, n 个人中每一个人都可以看到 n 个人的内容,所以网络的价值与 n^2 成正比。
- 被称为数字时代三大思想家之一的乔治·吉尔德(George Gilder)预测:在未来 25 年,主干网的带宽将每 6 个月增加一倍,其增长速率超过摩尔定律,是芯片增长速

率的3倍。

以上3个论断及预言和摩尔定律一起,被人称为IT时代的四大定律,它们揭示了计算机和计算机网络技术惊人的发展速度和美好灿烂的前景。计算机和计算机网络技术已经改写了历史,其飞速发展必将浓墨重彩地书写人类历史更加辉煌的篇章!

1.1.2 计算机网络的分类

计算机网络有多种分类方法,可以从不同的角度和特征进行划分。

- 从网络覆盖的地域范围或者说跨越的距离,可以分为局域网、城域网和广域网;
- 从网络的拓扑结构,可以分为总线网、环形网、星形网、树形网、网形网和混合网;
- 从使用的通信协议,可以分为TCP/IP网、ATM网、X.25网、FDDI网等;
- 从数据的交换方式,可以分为电路交换网、分组交换网、帧中继网、信元交换网等;
- 从网络的传输媒体,可以分为双绞线网、光纤网、卫星网、有线网和无线网等;
- 从网络使用单位的性质,可以分为企业网、校园网、园区网、政府网等;
- 从网络服务的对象,可以分为专用网和公共网;
- 从网络的应用性质,可以分为远程教育网、证券业务网、税务网、工业控制网等。

还可以有其他的分类,但最常用、最有意义的还是按网络覆盖的地域范围划分,因为网络覆盖的地域范围大小影响到网络诸多方面的特性,如传输速度、拓扑结构、使用的技术和网络设备等。

按网络覆盖的地域范围,计算机网络可以分为3类,即局域网(local area network, LAN)、城域网(metropolitan area network, MAN)和广域网(wide area network, WAN)。

另外,若干个LAN、MAN或WAN互联在一起就构成互联网(internet, internet)。互联网是网络的集合。目前全世界绝大多数网络都互联在一起,形成了因特网(Internet)。为了将不同的网络互联在一起。从网络覆盖的地域范围的角度,互联网可以像WAN一样覆盖很大的范围,但互联网使用了专门的技术。

- 以下对局域网、城域网、广域网、互联网和Internet作进一步说明。

1. 局域网

顾名思义,LAN是局部范围内的小规模的计算机网络,一般地理范围在10公里以内。

对于局域网,电气电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)的局域网络标准委员会曾提出如下定义:“局域网在以下方面与其他类型的数据网络不同,通信一般被限制在中等规模的地理区域内,例如,一座办公楼、一个仓库或一所学校;能依靠具有从中等到较高信息传输速率的物理通信信道,而且这种信道具有始终一致的低误码率;局域网是专用的,由单一组织机构所使用。”

LAN的一个重要特点是短距离工作,LAN的其他特点大都是由这一特点带来的。LAN的主要特点如下:

- 具有较高的带宽,信息传输速率高,一般为10Mbps~100Mbps,随着技术的发展,信息传输速率在不断提高。
- 数据传输可靠,误码率低,通常为 $10^{-12} \sim 10^{-7}$ 。

- 大多数 LAN 采用总线(bus)、环形(ring)及星形(star)拓扑,结构简单易于实现。图 1.3 表示了 LAN 主要的拓扑结构。
- 一般为广播网络(broadcast network)。广播网络上的多台主机共享一条信道(channel),一台主机发送信息,所有主机都能收到。多台主机同时访问信道时就可能产生冲突(collision,又称碰撞),因此共享信道的接入控制是 LAN 要解决的重要问题。
- 通常是由单一组织所拥有和使用,不受公共网络所属机构的规定约束,容易进行设备的更新和使用最新技术不断增强网络的功能。

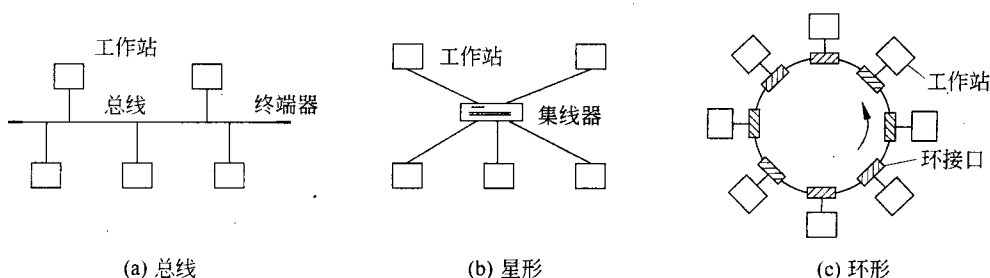


图 1.3 LAN 主要拓扑结构

LAN 应用非常广泛。目前,世界上绝大部分的计算机都连接在 LAN 上,进而接入 Internet。

LAN 有总线结构的以太网(Ethernet)、令牌环网(token ring network)和令牌总线网(token bus network)等。

LAN 的发展始于 20 世纪 70 年代。1975 年 Xerox 公司研制了第一个总线结构的实验性的以太网(Ethernet),1974 年英国剑桥大学建立了剑桥环(Cambridge ring)。20 世纪 80 年代后,微型计算机技术的兴起和飞速发展,极大地推动了 LAN 的发展和应用。

- 目前,以太网一枝独秀,是 LAN 的主流网络。

2. 广域网

WAN 覆盖的地域可达 100 公里以上,甚至数千公里,可以覆盖一个地区、一个国家、一个洲甚至更大,因此 WAN 又称远程网(long haul network)。

除跨越距离远之外,与 LAN 相比,WAN 在技术上还有着下述特点:

- WAN 一般由主机和通信子网组成,通信子网(communication subnet)由通信线路连接交换结点(交换机)组成,往往是由电信部门提供的公共通信网。而 LAN 则是单位专用网。
- WAN 网络拓扑一般比 LAN 复杂、不规整,多为网形(mesh)、树形(tree)或它们的混合。
- WAN 一般为点对点网络(point to point network),一条通信线路只连接一对结点,一端的结点发送的数据只有唯一的另一端结点接收。
- 多使用分组交换(packet switching)技术。点对点网络是一种交换式网络(switched network),交换式网络的数据传输使用数据交换技术,交换即数据在结

点间的转发。WAN 使用最多的是分组交换,把数据分割为若干个分组或包(packet),以分组为单位进行转发(forwarding)。为了将分组从源结点传送到目的结点,一般需要经过多个中间结点的转发。图 1.4 是 WAN 的示意图,是一个网形拓扑的交换式网络,由通信线路连接交换结点组成,用户计算机连接在交换结点上。

- LAN 通信协议结构包括物理层和数据链路层两层,重点是数据链路层如何解决共享信道的多点接入控制,而 WAN 通信协议结构还要加上网络层。网络层要实现上面提到的分组在网络中的转发,还有路由选择(routing)问题。当网络拓扑和网络负载等因素变化时,分组到达目的主机的路由(route)还应当按照一定的路由选择算法动态地变化,以便在某种意义上(如距离、时延、费用等)保持最优。路由选择动态地维护一个优化的路由表(routing table),分组转发正是根据路由表进行的。
- WAN 常采用信道复用技术,提高传输线路的利用率。LAN 不使用信道复用。

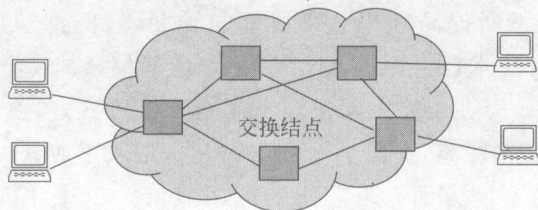


图 1.4 WAN (网形拓扑, 交换式网络)

早年的 ARPAnet 就是一个典型的 WAN。1983 年,ARPAnet 由 50 台 C30 和 C300 小型机作为交换机,称为接口报文处理机 IMP,由电信公司租用的点对点线路将它们连接成一个网络。IMP 上还有多达 22 个的端口用来连接用户主机,当时连接了数百台主机。

欧洲早年的 WAN 则是 X.25 分组交换网。X.25 技术规范(X.25 建议)1976 年由 CCITT 提出,曾有很大的影响。现在,X.25 网已经退出历史舞台。

帧中继 FR(frame relay)和异步传输模式 ATM(asynchronous transfer mode)是后来的 WAN 技术。FR 由 AT&T 于 1986 年提出,ITU-T、FR Forum 等相继制定标准,1991 年美国首先开始帧中继业务。一个帧中继网络包括帧中继交换机和帧中继接入设备,后者可以是用户计算机、路由器等。中继主要应用是为长距离用户提供永久虚电路,实现 LAN 互连。

ATM 网络也是一种分组交换网络,它交换的分组是短的固定长度的信元(cell),可以用硬件实现。ATM 网络使用 ATM 交换机连接,ATM 交换机上可以连接计算机,也可连接路由器,实现 LAN 互连。

3. 城域网

MAN 规模介于 LAN 和 WAN 之间,局限在一座城市的范围内,一般在 10km~100km 的区域。MAN 也是公共网络性质,面向多用户提供数据、语音、图像等多业务的传输服务。