

HZ BOOKS

重点大学
计算机教材

计算机网络

蔡开裕 范金鹏 编著
(国防科技大学)



机械工业出版社
China Machine Press

重点大学计算机教材

计 算 机 网 络

国防科技大学

蔡开裕 范金鹏 编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书共20章，分为五大部分。第1章引言，内容涉及网络的产生和发展、主要功能、分类以及网络体系结构和ISO/OSI参考模型。第一部分（第2~3章）介绍数据通信知识，涉及数据通信基本概念和基础理论、传输介质、多路复用技术、数据交换技术、调制解调技术以及物理层接口技术等内容。第二部分（第4~6章）讨论各种底层网络技术，涉及各种广域网、局域网和高速局域网技术。第三部分（第7~11章）讨论网络互联技术及其相关协议，涉及网络互联、TCP/IP参考模型、IP、ARP和ICMP、IP路由协议以及TCP和UDP等内容。第四部分（第12~17章）讨论网络应用程序相互作用模式以及各种具体的网络应用，涉及客户/服务器模型、套接字编程接口、域名系统、远程登录、文件传输和访问、电子邮件以及万维网。第五部分（第18~19章）讨论网络安全和管理。最后，第20章简单介绍了网络技术的未来发展。

本书主要供高等院校计算机专业高年级本科生和低年级硕士研究生作为计算机网络课程的教材使用，同时也可供计算机网络设计人员、开发人员以及管理人员作为技术参考书使用。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络 / 蔡开裕，范金鹏编著. —北京：机械工业出版社，2001.2

（重点大学计算机教材）

ISBN 7-111-08667-8

I. 计… II. ①蔡…②范… 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（2000）第85705号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：姚 蕾

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年3月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·16.5印张

印数：0 001-6 000册

定价：28.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

序

计算机网络技术是20世纪对人类社会影响最深远的科技成就之一。随着因特网技术的发展和信息基础设施的完善，计算机网络已广泛应用于政府、军事、教育、科研、商业等部门，并连接到千千万万个普通家庭。计算机网络已成为人们获取和交流信息的一种十分重要、快捷的手段，它正深刻影响着社会管理及经济运行模式以及人们的工作、学习、生活方式。

信息业务是人类社会交往的一种工具。一方面，信息化社会对巨量信息快速处理、存储、交换能力的迫切需求牵引着计算机网络技术的飞速发展；另一方面，光通信技术的进步又驱动着计算机网络性能的空前提高。新概念、新思想、新技术、新型信息服务不断涌现。在这种形势下，学习、理解、掌握计算机网络基本知识和把握计算机网络技术的未来发展已成为人们普遍的需求。蔡开裕、范金鹏编著的这本《计算机网络》为广大读者学习、理解和掌握计算机网络技术提供了十分有益的参考和帮助。

本书在计算机网络的基本原理、网络协议、关键技术以及计算机网络未来技术的发展等方面都进行了翔实的介绍。我相信，所有学习、使用、设计和管理计算机网络的人员阅读此书都会从中获益匪浅。

卢锡城

2000年12月

前 言

随着微电子技术、计算机技术和通信技术的迅速发展和相互渗透,计算机网络已成为当今最热门的学科之一,在过去的几十年里取得了长足的发展,尤其是在近十几年来得到了高速发展。在21世纪,计算机网络尤其是Internet技术必将改变人们的生活、学习、工作乃至思维方式,并对科学、技术、政治、经济乃至整个社会产生巨大的影响,每个国家的经济建设、社会发展、国家安全乃至政府的高效运转都将越来越依赖于计算机网络。

本书不打算覆盖计算机网络的所有方面,不想成为大而全的参考手册,而是重点论述目前计算机网络采用的比较成熟的思想、结构和方法,并且力求做到深入浅出、通俗易懂。在内容选择上,我们一方面以ISO/OSI参考模型为背景介绍了计算机网络的基本概念、原理和设计方法;另一方面以TCP/IP协议族为线索详细讨论了各种常用的网络互联协议和网络应用,并简单讨论了网络管理和网络安全。考虑到许多计算机专业的学生对数据通信知识的缺乏,我们在本书中增加了有关数据通信基础知识的内容,力求使本书在内容上保持相对完整。

全书共20章,分为五大部分。第1章引言,简单介绍计算机网络的产生和发展、主要功能、分类以及网络体系结构和ISO/OSI参考模型。第2、3章构成第一部分数据通信,内容包括数据通信基本概念和基础理论、传输介质、多路复用技术、数据交换技术以及物理层接口技术。第4~6章构成第二部分底层物理网络,内容包括各种广域网、局域网以及高速局域网技术。第7~11章构成第三部分网络互联,内容包括网络互联、TCP/IP参考模型、IP、ARP和ICMP、IP路由协议以及TCP和UDP。第12~17章构成第四部分网络应用,内容包括客户/服务器模型、套接字编程接口、域名系统、远程登录、文件传输与访问、电子邮件以及万维网。第18、19章构成第五部分网络管理与安全。最后,第20章简单介绍了网络技术的未来发展。

本书主要供高等院校计算机专业高年级本科生和低年级硕士研究生作为计算机网络课程的教材使用,同时本书也可供计算机网络设计人员、开发人员以及管理人员作为技术参考书使用。

本书的编著自始至终得到国防科技大学计算机学院院长卢锡城院士的指导和支持。在本书完稿之后,卢院士在百忙之中认真审阅了初稿,提出了许多宝贵意见并为本书作序,在此向他致以最诚挚的谢意。

在本书的编写过程中,还得到国防科技大学计算机学院副院长窦文华教授、计算机学院副院长王志英教授以及计算机科学与技术系副主任戴葵博士的大力支持和帮助。

本书除第13、18章外全部由蔡开裕编写,第13、18章由范金鹏编写。国防科技大学计算机学院王凤学教授对本书的部分书稿进行了文字审阅,卓琳女士为本书的录入和文字修改付出了辛勤的劳动。

由于计算机网络技术发展非常迅速，涉及的知识面广，加之作者水平有限，虽经编者艰苦努力，但书中难免会有错漏之处，欢迎广大读者批评指正。

编者

2000年12月

目 录

序

前言

第1章 引言	1
1.1 计算机网络的产生和发展	1
1.2 计算机网络的功能	5
1.3 计算机网络分类	6
1.3.1 局域网	7
1.3.2 城域网	8
1.3.3 广域网	8
1.3.4 互联网	10
1.3.5 无线网	10
1.4 网络体系结构	11
1.4.1 协议分层	11
1.4.2 网络服务	14
1.4.3 服务原语	15
1.5 ISO/OSI参考模型	17
1.5.1 参考模型	17
1.5.2 模型评价	20
1.6 本书的结构	21

第一部分 数据通信

第2章 数据通信基础知识	23
2.1 基本概念	23
2.1.1 信号与通信	23
2.1.2 模拟通信	24
2.1.3 数字通信	25
2.2 数据通信基础理论	27
2.2.1 信号的频谱与带宽	27
2.2.2 信道的截止频率与带宽	28
2.2.3 信道的最大数据传输率	29
2.3 传输介质	29
2.3.1 双绞线	30
2.3.2 同轴电缆	30

2.3.3 光纤	31
2.3.4 无线介质	33
2.4 多路复用	35
2.4.1 频分多路复用	35
2.4.2 波分多路复用	36
2.4.3 时分多路复用	36
2.5 数据交换技术	38
2.5.1 电路交换	38
2.5.2 报文交换	38
2.5.3 分组交换	39
2.6 调制解调器	40
2.6.1 调制方式	40
2.6.2 Modem标准	41
2.6.3 Modem分类	42
2.6.4 工作模式	43
2.7 小结	43
习题	43
第3章 物理层接口	45
3.1 RS-232-C接口	45
3.1.1 机械特性	45
3.1.2 电气特性	45
3.1.3 功能特性	46
3.1.4 过程特性	47
3.1.5 空Modem电缆	48
3.2 其他接口	51
3.2.1 RS-449接口	51
3.2.2 RS-530接口	52
3.3 小结	52
习题	53

第二部分 底层物理网络

第4章 广域网	55
4.1 广域网结构	55

4.1.1 虚电路和数据报	55
4.1.2 两者比较	56
4.2 广域网实例	57
4.2.1 PSTN	58
4.2.2 X.25	58
4.2.3 DDN	59
4.2.4 帧中继	60
4.2.5 SMDS	60
4.2.6 B-ISDN/ATM	62
4.3 各种广域网的比较	65
4.4 小结	65
习题	66
第5章 局域网	67
5.1 介质访问控制	67
5.1.1 ALOHA协议	68
5.1.2 CSMA协议	68
5.1.3 CSMA/CD协议	69
5.2 以太网和IEEE 802.3	71
5.2.1 物理层标准	71
5.2.2 MAC协议	73
5.2.3 性能分析	75
5.3 令牌环网和IEEE 802.5	76
5.3.1 MAC协议	78
5.3.2 管理与维护	80
5.3.3 性能分析	81
5.4 网桥	82
5.4.1 透明网桥	83
5.4.2 源选径网桥	86
5.5 小结	87
习题	87
第6章 高速局域网	89
6.1 FDDI网络	89
6.1.1 FDDI与OSI的关系	89
6.1.2 帧格式	90
6.1.3 MAC协议	91
6.1.4 工作原理	92
6.1.5 拓扑结构	93
6.1.6 网络容错	94

6.1.7 技术指标	96
6.2 快速以太网	97
6.3 千兆位以太网	98
6.4 局域网交换机	99
6.5 小结	100
习题	101

第三部分 网络互联

第7章 网络互联与TCP/IP	103
7.1 网络互联层次	103
7.1.1 应用级互联	103
7.1.2 网络级互联	104
7.2 TCP/IP参考模型	104
7.3 TCP/IP参考模型的特点	106
7.3.1 TCP/IP模型的两大边界	106
7.3.2 IP层的地位	106
7.3.3 TCP/IP的可靠性思想	107
7.3.4 TCP/IP模型的特点	107
7.4 TCP/IP与ISO/OSI	108
7.5 小结	109
习题	109
第8章 IP: 网络互联协议	110
8.1 IP数据报	110
8.1.1 IP报文格式	110
8.1.2 IP地址格式	113
8.2 IPv6	114
8.2.1 固定头部格式	115
8.2.2 IPv6地址	116
8.2.3 扩展头部	117
8.3 小结	119
习题	119
第9章 ARP、RARP和ICMP	120
9.1 ARP和RARP	120
9.1.1 ARP	120
9.1.2 RARP	122
9.1.3 报文格式	123
9.2 ICMP	124
9.2.1 ICMP报文格式	125

9.2.2 ICMP差错报文	125
9.2.3 ICMP控制报文	126
9.2.4 ICMP请求/应答报文	127
9.3 小结	127
习题	127
第10章 IP路由协议	128
10.1 路由器与路由选择	128
10.1.1 路由器	128
10.1.2 路由选择	129
10.2 Internet结构	130
10.3 基本路由算法	132
10.3.1 V-D路由算法	132
10.3.2 L-S路由算法	136
10.4 IGP: 内部网关协议	139
10.4.1 RIP	139
10.4.2 IGRP	140
10.4.3 OSPF协议	141
10.5 EGP: 外部网关协议	141
10.6 Internet组播	143
10.6.1 组播协议	143
10.6.2 组的维护	146
10.6.3 组播范围	146
10.7 移动IP路由	147
10.8 无类域间路由	150
10.9 小结	151
习题	152
第11章 传输层协议: TCP和UDP	153
11.1 传输层基本原理	153
11.1.1 服务质量	153
11.1.2 传输层端口	154
11.2 UDP	155
11.2.1 UDP报文格式	156
11.2.2 UDP伪头部	156
11.2.3 UDP多路复用	157
11.3 TCP	158
11.3.1 TCP报文格式	158
11.3.2 TCP连接端点	159
11.3.3 TCP可靠传输	160

11.3.4 TCP流量控制	162
11.3.5 TCP拥塞控制	163
11.3.6 TCP连接建立	164
11.3.7 TCP连接删除	164
11.3.8 TCP紧急数据传输	165
11.4 小结	165
习题	166

第四部分 网络应用

第12章 客户/服务器模型与套接字编程	
接口	167
12.1 网络间进程通信	167
12.2 客户/服务器模型	169
12.3 套接字编程接口	170
12.3.1 套接字基本概念	170
12.3.2 套接字系统调用	171
12.3.3 其他系统调用	177
12.4 基于客户/服务器模型的套接字编程	
举例	178
12.4.1 客户/服务器模型流程图	178
12.4.2 服务器实现机制	180
12.4.3 Unix环境下的套接字编程举例	181
12.5 小结	185
习题	186
第13章 DNS: 域名系统	187
13.1 域名结构	187
13.1.1 平面型命名机制	187
13.1.2 层次型命名机制	188
13.1.3 层次型名字管理	188
13.1.4 TCP/IP域名	188
13.2 域名解析	190
13.2.1 TCP/IP域名服务器	190
13.2.2 域名解析	191
13.2.3 逆向域名解析	192
13.2.4 域名解析的效率	193
13.3 小结	194
习题	195
第14章 远程登录Telnet和rlogin	196

14.1 为什么要引入远程登录	196	17.2.2 Java	223
14.2 Telnet协议	196	17.2.3 ASP	224
14.2.1 Telnet工作原理	196	17.3 小结	226
14.2.2 网络虚终端	198	习题	227
14.2.3 Telnet选项	200		
14.3 rlogin	201	第五部分 网络管理与安全	
14.4 小结	201	第18章 网络管理	229
习题	201	18.1 什么是网络管理	229
第15章 文件传输与访问	202	18.2 SNMP网管体系	230
15.1 FTP: 文件传输协议	202	18.2.1 管理员/代理模型	230
15.1.1 FTP特点	202	18.2.2 MIB: 管理信息库	231
15.1.2 FTP工作原理	203	18.2.3 ASN.1	232
15.1.3 FTP连接建立	204	18.2.4 SNMP	233
15.1.4 FTP访问控制	204	18.3 小结	234
15.2 TFTP: 简单文件传输协议	205	习题	235
15.3 NFS: 网络文件系统	205	第19章 网络安全	236
15.4 小结	207	19.1 基本概念	236
习题	207	19.2 网络安全攻击	236
第16章 电子邮件	208	19.3 网络安全策略	237
16.1 电子邮件系统体系结构	208	19.4 网络安全机制	238
16.1.1 ISO/OSI电子邮件系统	208	19.4.1 加密	238
16.1.2 TCP/IP电子邮件系统	209	19.4.2 鉴别	240
16.2 TCP/IP电子邮件地址	210	19.4.3 数字签名	240
16.3 TCP/IP电子邮件标准	212	19.5 防火墙	241
16.3.1 TCP/IP电子邮件格式	212	19.5.1 包过滤	242
16.3.2 MIME: 多用途Internet邮件扩展	212	19.5.2 应用级网关	242
16.3.3 SMTP: 简单邮件传输协议	214	19.6 小结	243
16.4 邮箱访问	215	习题	243
16.5 小结	215	第20章 网络技术的未来发展	244
习题	215	20.1 新型网络应用技术	244
第17章 万维网	217	20.2 宽带网络技术	245
17.1 Web页面浏览	217	20.3 无线接入技术	246
17.1.1 浏览器和服务端	217	20.4 统一网络技术	246
17.1.2 HTTP	218	20.5 网络安全技术	248
17.1.3 HTML	220	20.6 主动网络技术	249
17.2 交互式动态页面	222	20.7 小结	250
17.2.1 CGI	222	参考文献	253

第1章 引言

过去的三百年中，每一个世纪都有一种技术占据主要的地位。18世纪伴随着工业革命而来的是伟大的机械时代；19世纪是蒸汽机时代；20世纪的关键技术是信息的获取、存储、传输、处理和应用。计算机是20世纪人类最伟大的发明之一，它的产生标志着人类开始迈向一个崭新的信息社会。从工业革命到信息革命，一个根本的变革就是从劳动密集型社会转入到知识密集型社会。在20世纪的最后10年中，人们惊喜地发现：电话、电视及计算机正在迅速地融合；信息的获取、存储、传输和处理之间的孤岛现象随着计算机网络的发展而逐渐消失；曾经独立发展的电信网、电视网和计算机网将合而为一；新的信息产业正以强劲的势头迅速崛起。因此，在未来社会中，信息产业将成为社会经济中发展最快和最大的部门。为了提高信息社会的生产力，提供一种全社会的、经济的、快速的存取信息的手段是十分必要的，这种手段是由计算机网络来实现的。

1.1 计算机网络的产生和发展

世界上第一台电子计算机的诞生在当时是很大的创举，但是任何人都没有预测到五十年后的今天，计算机在社会各个领域的应用和影响是如此广泛和深远。当1969年12月世界上第一个数据包交换计算机网络ARPANET出现时，也不会有人预测到时隔二十多年之后，计算机网络会在现代信息社会中扮演如此重要的角色。ARPANET网络已从最初的四个结点发展为横跨全世界一百多个国家和地区、挂接有几万个网络、几百万台计算机、几亿用户的因特网（Internet）。Internet是当前世界上最大的国际性计算机互联网络，而且还在发展之中。

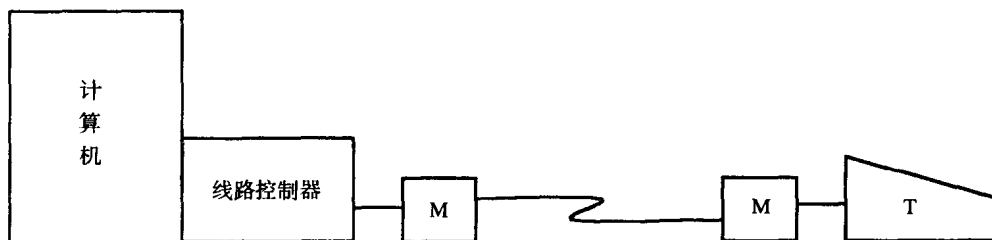
回顾计算机网络的发展历史，对预测这个行业的未来，会得到一些有益的启示。在电气时代到来之前，还不具备发展远程通信的先决条件，所以通信事业的发展十分缓慢。从19世纪40年代到20世纪30年代，电磁技术被广泛用于通信。1844年电报的发明以及1876年电话的出现，开始了近代电信事业，为人们迅速传递信息提供了方便。从20世纪30年代到60年代，电子技术被广泛用于通信领域。随着微波通信的建立、跨大西洋电话电缆的铺设以及1960年美国海军首次使用命名为“月亮”的卫星进行远距离通信，标志着远程通信事业的开始。

纵观计算机网络的发展历史可以发现，它和其他事物的发展一样，也经历了从简单到复杂、从低级到高级的过程。在这一过程中，计算机技术与通信技术紧密结合、相互促进、共同发展，最终产生了计算机网络。

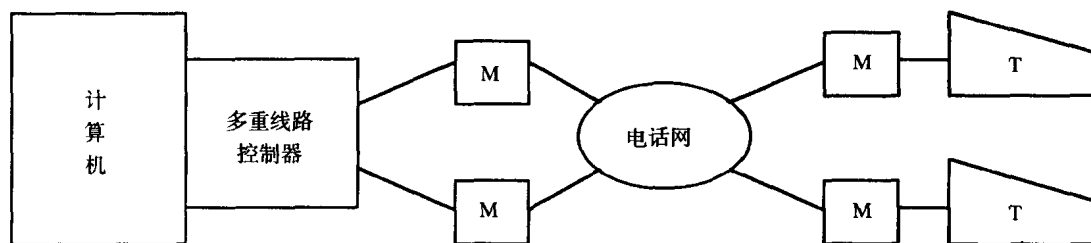
在1946年，世界上第一台数字计算机问世，但当时计算机的数量非常少，且非常昂贵。由于当时的计算机大都采用批处理方式，用户使用计算机首先要将程序和数据制成纸带或卡片，再送到计算中心进行处理。1954年，出现了一种被称作收发器（transceiver）的终端，人们使用这种终端首次实现了将穿孔卡片上的数据通过电话线路发送到远地的计算机。此后，电传打字机也作为远程终端和计算机相连，用户可以在远地的电传打字机上输入自己的程序，而计算机的处理结

果也可以传送到远地的电传打字机上并打印出来，计算机网络的基本原型就这样诞生了。

由于当初的计算机是为批处理而设计的，因此当计算机和远程终端相连时，必须在计算机上增加一个接口。显然，这个接口应当对计算机原来软件和硬件的影响尽可能小。这样就出现了如图1-1所示的线路控制器（line controller）。图中的调制解调器M是必须的，因为电话线路本来是为传送模拟话音而设计的。



随着远程终端数量的增加，为了避免一台计算机使用多个线路控制器，在60年代初期，出现了多重线路控制器（multiple line controller）。它可以和多个远程终端相连接，构成面向终端的计算机通信网，如图1-2所示。有人将这种最简单的通信网称为第一代计算机网络。这里，计算机是网络的控制中心，终端围绕着中心分布在各处，而计算机的主要任务是进行批处理。同时考虑到为一个用户架设直达的通信线路是一种极大的浪费，因此在用户终端和计算机之间通过公用电话网进行通信。



在第一代计算机网络中，人们利用通信线路、集中器、多路复用器以及公用电话网等设备，将一台计算机与多台用户终端相连接，用户通过终端命令以交互的方式使用计算机系统，从而将单一计算机系统的各种资源分散到了每个用户手中。面向终端的计算机网络系统（分时系统）的成功，极大地刺激了用户使用计算机的热情，使计算机用户的数量迅速增加。但这种网络系统也存在着一些缺点：如果计算机的负荷较重，会导致系统响应时间过长；而且单机系统的可靠性一般较低，一旦计算机发生故障，将导致整个网络系统的瘫痪。

为了克服第一代计算机网络的缺点，提高网络的可靠性和可用性，人们开始研究将多台计算机相互连接的方法。

人们首先想到能否借鉴电话系统中所采用的电路交换（circuit switching）思想？多年来，虽然电话交换机经过多次更新换代，从人工接续、步进制、纵横制直到现代的计算机程序控制，

但是其本质始终未变，都是采用电路交换技术。从资源分配角度来看，电路交换是预先分配线路带宽的。用户在开始通话之前，先要通过拨号申请建立一条从发送端到接收端的物理通路。只有在此物理通路建立之后，双方才能通话。在通话过程中，用户始终占有从发送端到接收端的固定传输带宽。

电路交换本来是为电话通信而设计的，对于计算机网络来说，建立通路的呼叫过程太长，必须寻找新的适合于计算机通信的交换技术。1964年8月，巴兰（Baran）在美国兰德（Rand）公司“论分布式通信”的研究报告中提到了存储转发的概念。1962—1965年，美国国防部的高级研究计划署（Advanced Research Projects Agency, ARPA）和英国的国家物理实验室（National Physics Laboratory, NPL）都在对新型的计算机通信技术进行研究。英国NPL的戴维德（David）于1966年首次提出了“分组”（packet）这一概念。到1969年12月，DARPA的计算机分组交换网ARPANET投入运行。ARPANET连接了美国加州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学和犹他大学4个结点的计算机。ARPANET的成功，标志着计算机网络的发展进入了一个新纪元。

ARPANET的成功运行使计算机网络的概念发生了根本性的变化。早期的面向终端的计算机网络是以单台主机为中心的星型网，各终端通过电话网共享主机的硬件和软件资源。但分组交换网则以通信子网为中心，主机和终端都处在网络的边缘，如图1-3所示。主机和终端构成了用户资源子网。用户不仅共享通信子网的资源，而且还可共享用户资源子网的丰富的硬件和软件资源。这种以通信子网为中心的计算机网络通常被称为第二代计算机网络。

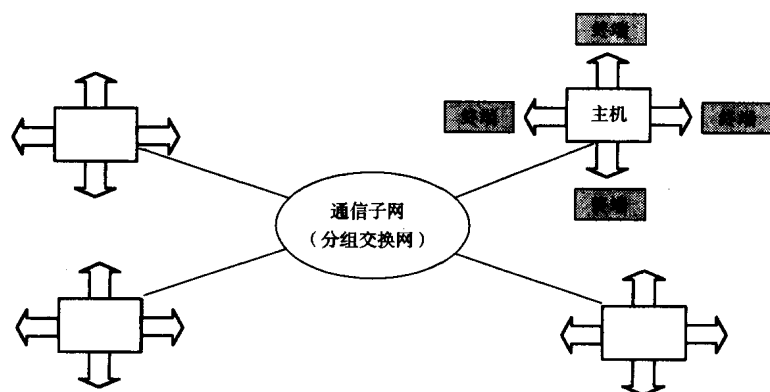


图1-3 第二代计算机网络：以通信子网为中心

在第二代计算机网络中，多台计算机通过通信子网构成一个有机的整体，既分散又统一，从而使整个系统性能大大提高；原来单一主机的负载可以分散到全网的各个机器上，使得网络系统的响应速度加快；而且在这种系统中，单机故障也不会导致整个网络系统的全面瘫痪。

在网络中，相互通信的计算机必须高度协调工作，而这种“协调”是相当复杂的。为了降低网络设计的复杂性，早在当初设计ARPANET时就有专家提出了层次模型。分层设计方法可以将庞大而复杂的问题转化为若干较小且易于处理的子问题。1974年IBM公司宣布了它研制的系统网络体系结构（System Network Architecture, SNA），它是按照分层的方法制定的。DEC公司也在20世纪70年代末开发了自己的网络体系结构——数字网络体系结构（Digital Network Architecture, DNA）。

有了网络体系结构,使得一个公司所生产的各种机器和网络设备可以非常容易被连接起来。但由于各个公司的网络体系结构是各不相同的,所以不同公司之间的网络不能互联互通。针对上述情况,国际标准化组织(International Standard Organization, ISO)于1977年设立专门的机构研究解决上述问题,并于不久后提出了一个使各种计算机能够互联的标准框架——开放式系统互联参考模型(Open System Interconnection / Reference Model, OSI/RM),简称OSI。OSI模型是一个开放体系结构,它规定将网络分为7层,并规定每层的功能,如图1-4所示。OSI参考模型的出现,意味着计算机网络发展到第三代。

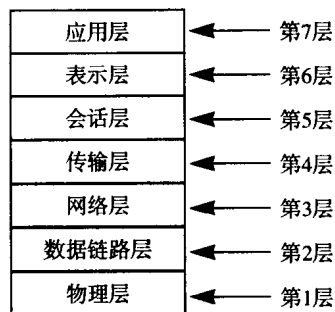


图1-4 第三代计算机网络：
OSI参考模型

在OSI参考模型推出后,网络的发展道路一直走标准化道路,而网络标准化的最大体现就是Internet的飞速发展。现在Internet已成为世界上最大的国际性计算机互联网。Internet遵循TCP/IP参考模型,由于TCP/IP仍然使用分层模型,因此Internet仍属于第三代计算机网络。

计算机网络经过第一代、第二代和第三代的发展,表现出其巨大的使用价值和良好的应用前景。进入20世纪90年代以来,微电子技术、大规模集成电路技术、光通信技术和计算机技术不断发展,为网络技术的发展提供了有力的支持;而网络应用正迅速朝着高速化、实时化、智能化、集成化和多媒体化的方向不断深入,新型应用向计算机网络提出了挑战,新一代网络的出现已成必然。

计算机网络的发展既受到计算机技术和通信技术的支撑,又受到网络应用需求的推动。如今,计算机网络从体系结构到实用技术已逐步走向系统化、科学化和工程化。作为一门年轻的学科,它具有极强的理论性、综合性和依赖性,又具有自身特有的研究内容,亦即在一定的约束条件下如何合理、有效地管理和调度网络资源(如链路、带宽、信息等),提供适应不同应用需求的网络服务。图1-5给出了计算机网络体系结构演变的大致过程。

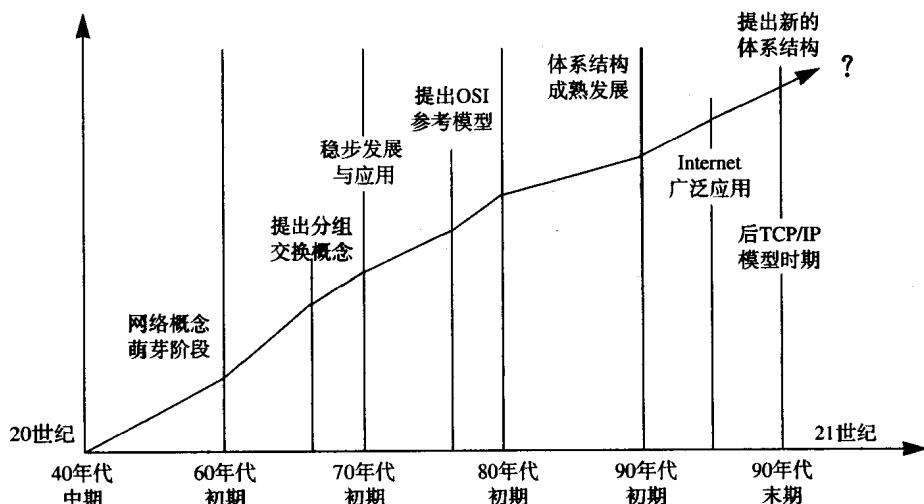


图1-5 网络体系结构的演变过程

1.2 计算机网络的功能

计算机网络自20世纪60年代末诞生以来,仅20多年时间即以异常迅猛的速度发展起来,被越来越广泛的应用于政治、经济、军事、生产及科学技术的各个领域。计算机网络的主要功能包括如下几个方面。

1. 数据通信

现代社会信息量激增,信息交换也日益增多,每年有几万吨信件要传递。利用计算机网络传递信件是一种全新的电子传递方式。电子邮件比现有的通信工具有更多的优点,它不像电话需要通话者同时在场,也不像广播系统只是单方向传递信息,在速度上比传统邮件快得多。另外,电子邮件还可以携带声音、图像和视频,实现多媒体通信。如果计算机网络覆盖的地域足够大,则可使各种信息通过电子邮件在全国乃至全球范围内快速传递和处理(如因特网上的电子邮件系统)。

除电子邮件以外,计算机网络给科学家和工程师们提供一个网络环境,在此基础上可以建立一种新型的合作方式——计算机支持协同工作(Computer Supported Co-operative Work, CSCW),它消除了地理上的距离限制。

2. 资源共享

在计算机网络中,有许多昂贵的资源,例如大型数据库、巨型计算机等,并非为每一用户所拥有,所以必须实行资源共享。资源共享包括硬件资源的共享,如打印机、大容量磁盘等;也包括软件资源的共享,如程序、数据等。资源共享的结果是避免重复投资和劳动,从而提高了资源的利用率,使系统的整体性能价格比得到改善。

3. 增加可靠性

在一个系统内,单个部件或计算机的暂时失效必须通过替换资源的办法来维持系统的继续运行。但在计算机网络中,每种资源(尤其程序和数据)可以存放在多个地点,而用户可以通过多种途径来访问网内的某个资源,从而避免了单点失效对用户产生的影响。

4. 提高系统处理能力

单机的处理能力是有限的,且由于种种原因(例如时差),计算机之间的忙闲程度是不均匀的。从理论上讲,在同一个网络系统的多台计算机可通过协同操作和并行处理来提高整个系统的处理能力,并使各计算机负载均衡。

由于计算机网络具备上述功能,因此可以得到广泛的应用。银行部门利用计算机网络进行业务处理时,可使用户在异地实现通存通兑,还可以利用地理位置的差异加快资金的流转速度。例如,地处美国的银行晚上停止营业后将资金通过网络转借给新加坡的银行,而此刻新加坡正是白天,新加坡银行就可在白天利用这些资金,到晚上再归还给美国的银行,从而提高了资金的利用率。

使用网络的另一个主要领域是访问远程数据库。也许要不了很长时间,许多人就能坐在家里向世界上任何地方预订飞机票、火车票、汽车票、轮船票,向饭店、餐馆和剧院订座,并且立即得到答复。

在军事指挥系统中的计算机网络,可以使遍布在十分辽阔地域范围内的各计算机协同工作,

对任何可疑的目标信息进行处理,及时发出警报,从而使最高决策机构采取有效措施。

在计算机网络的支持下,医生将可以联合看病:医疗设备技术人员、护士及各科医生同时给一个病人治疗;医务人员和医疗专家系统互为补充,以弥补医生在知识和医术方面的不足;各种电视会议可以使医生在遇到疑难病症时及时得到一个或更多医生的现场指导。伦敦的心脏病专家可以观察到旧金山进行的手术,并对正在进行手术的医生提出必要的建议。

在计算机网络的支持下,科学家们将组成各个领域的研究圈。现在科学家进行学术交流主要是通过国际会议和专业期刊,效率相对较低。预计在不久的将来,信息技术将使世界各地的科学家频繁、方便地通过电视会议系统地进行讨论和学术交流,并通过网络及时发表最新思想和研究成果。

目前,IP电话、网上寻呼、网络实时交谈和E-mail已成为人们重要的通信手段。视频点播(Video On Demand, VOD)、网络游戏、网上教学、网上书店、网上购物、网上订票、网上电视直播、网上医院、网上证券交易、虚拟现实以及电子商务正逐渐走进普通百姓的生活、学习和工作当中。

在未来,谁拥有“信息资源”,谁能有效使用“信息资源”,谁就能在各种竞争中占据主导地位。随着美国“信息高速公路”计划的提出和实施,计算机网络作为信息收集、存储、传输、处理和应用的整个系统,将在信息社会中得到更加广泛的应用。随着网络技术的不断发展,各种网络应用将层出不穷,并将逐渐深入到社会的各个领域及人们的日常生活当中,改变着人们的工作、学习和生活乃至思维方式。

1.3 计算机网络分类

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连网的计算机是一个完整的计算机系统,可以独立运行用户程序;相互连接意味着两台计算机之间能够相互交换信息。计算机之间的连接是物理的,由硬件实现。计算机连接所使用的介质可以是双绞线、同轴电缆或光纤等有线介质;也可以是无线电、激光、大地微波或卫星微波等无线介质。计算机之间的信息交换具有物理和逻辑上的双重含义。在计算机网络的最底层(通常为物理层),信息交换体现为直接相连的两台机器之间无结构的比特流传输;而在物理层之上的各层所交换的信息便有了一定的逻辑结构,越往上逻辑结构越复杂,也越接近用户真正需要的形式。信息交换在低层由硬件实现,而到了高层则由软件实现。在上述定义中之所以强调联网计算机的“独立自主”性,主要是为了将计算机网络与主机加终端构成的分时系统,以及与主机加从属计算机构成的主从式系统区分开。如果一台计算机带多台终端和打印机,这种系统通常被称为多用户系统,而不是计算机网络;而由一台主控机带多台从控机构成的系统,是主从式系统,也不是计算机网络。

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局域网(LAN)、城域网(MAN)、广域网(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技术。下面我们将简要介绍上述几种网络，最后讨论目前比较流行的无线网。

表1-1 计算机网络分类

分布距离	覆盖范围	网络种类
10m	房间	局域网
100m	建筑物	局域网
1km	校园	局域网
10km	城市	城域网
100km	国家	广域网
1000km	洲或洲际	互联网

1.3.1 局域网

局域网（Local Area Network, LAN）是指范围在几百米到十几公里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。计算机局域网被广泛应用于连接校园、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。局域网区别于其他网络主要体现在下面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。

局域网中经常使用共享信道，即所有的机器都接在同一条电缆上。传统局域网具有高数据传输率（10 Mbps或100 Mbps）、低延迟和低误码率的特点。新型局域网的数据传输率可达每秒千兆位甚至更高。

局域网有不同的拓扑结构。图1-6给出了两种不同网络拓扑结构的示意图。在总线网络中，任何时刻只允许一台机器发送数据，而所有其他机器都处于接收状态。当有两台或多台机器想同时发送数据时必须进行仲裁，仲裁机制可以是集中式也可以是分布式的。例如IEEE 802.3，即以太网，它是基于共享总线采用分布控制机制、数据传输率为10 Mbps的局域网。以太网中的站点机器可以在任意时刻发送数据，当发生冲突时，发送数据的站点机器立即停止发送数据并等待一个随机长的时间后继续尝试数据发送。

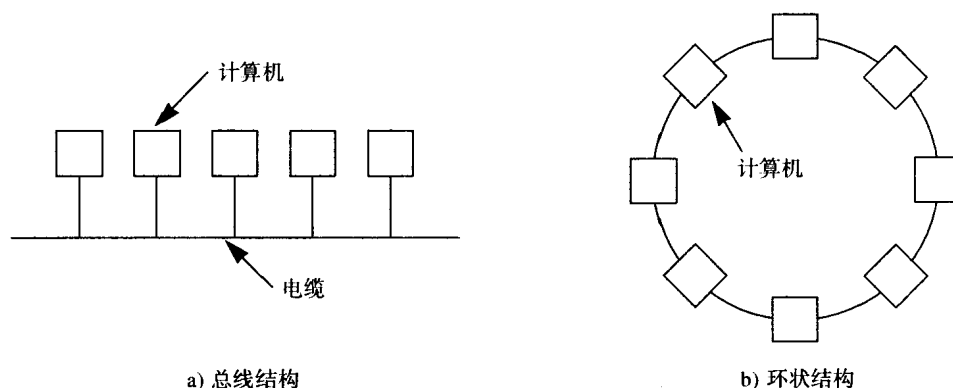


图1-6 局域网的两种拓扑结构