



“十二五” 高职高专计算机类专业规划教材

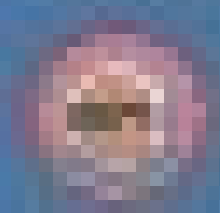
JISUANJI
WANGLUO JICHU

计算机网络基础

王 硕 主编



河南科学技术出版社



教育部推荐教材

计算机专业主干课程教材
第2版

计算机网络基础

王 刚 编



清华大学出版社

“十二五” 高职高专计算机类专业规划教材

计 算 机 网 络 基 础

王 硕 主编

河南科学技术出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书系统地介绍了计算机网络的基础知识和基本原理。在此基础上还介绍了局域网、网络互连、因特网、NGN、VPN、WiMAX、网络安全、系统集成等方面的内容。

本书以基本原理为重点,易懂易学为出发点,既有成熟的技术,又有当前前沿的技术。本书既可作为普通高等院校、高职高专和成人高等院校工程类或其他非计算机专业的学生学习计算机网络基础理论的教材,同时也可作为社会上各种计算机网络基础知识培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络基础/王硕主编. —郑州:河南科学技术出版社, 2011. 1
(“十二五”高职高专计算机类专业规划教材)
ISBN 978 - 7 - 5349 - 4835 - 0

I. ①计… II. ①王… III. ①计算机网络 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 004808 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028 65788613

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 范广红 崔军英

责任编辑: 王亦梁

责任校对: 崔春娟 丁秀荣

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

责任印制: 张 巍

印 刷: 郑州美联印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 12 字数: 290 千字

版 次: 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

前 言

随着网络技术的快速发展,人类进入了一个崭新的网络信息时代。计算机网络已经应用于社会的诸多领域,网络技术已经成为人们迫切希望掌握的技术。目前,各个高校计算机专业都不同程度地开设了有关计算机网络的课程,无论是理论课还是实践课,随着网络技术本身的发展都在不断地更新。通过多年的教学实践,笔者一直希望编写一本适用于高职高专院校计算机网络原理课程的教材。

本书从教学实际出发,结合高等专科学校学生特点,用言简意赅的语言阐述抽象的网络原理,系统地介绍了网络协议、网络体系结构、局域网原理、网络安全、系统集成等内容,适当增加了一些实践中常用的学生比较感兴趣的内容,同时将目前先进的网络技术添加进来,并对发展趋势进行介绍。本书以服务教学为主,适用于文科类本科院校、高等专科学校、高职高专及各类职业学院计算机网络课程的教学,还可供希望掌握网络基本原理的读者自学使用。

本书是作者在多年教学实践的基础上,参考若干资料编写而成的,按照有利于课堂教学的原则组织内容。在教材编写过程中,对基本概念、基础理论的介绍力求做到简明扼要。全书共分9章,内容如下。

第1章:计算机网络概论。主要介绍计算机网络发展的历史,计算机网络的概念、特点和分类。

第2章:通信原理基础。主要内容有通信系统的基本模型,与计算机网络技术密切相关的基本概念。

第3章:网络体系结构与协议。主要介绍开放系统互连参考模型。

第4章:局域网。主要介绍局域网的基本特点,以太网和令牌环网的基本理论和局域网的发展趋势。

第5章:网络互连与TCP/IP基础。介绍网络互连设备和网络互连思想,因特网的TCP/IP体系结构和相关协议。

第6章:广域网技术。主要介绍计算机网络发展过程中的一些广域网技术。

第7章:计算机网络安全与管理。主要介绍计算机网络安全策略、加密算法和网络管理的基本理论。

第8章:下一代网络应用技术。主要介绍当今比较流行的网络技术:NGN、VPN和WiMAX。

第9章:网络系统集成。从工程实践的角度介绍网络系统集成的基本概念。

作者编写分工情况：主编为王硕，副主编为郭秀峰、张红红。

第1章、第8章由张浩编写，第2章、第3章、第5章由王硕编写，第4章、第6章由郭秀峰编写，第7章由张红红编写，第9章由赵超编写。

由于作者水平有限，再加上计算机网络技术发展很快，因此，书中难免存在一些缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者
2010 年 10 月

目 录

第1章 计算机网络概论	1
1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 计算机网络的产生	1
1.1.2 计算机网络的发展	2
1.1.3 计算机网络的应用	5
1.2 计算机网络的定义及分类	6
1.2.1 计算机网络的定义	6
1.2.2 计算机网络的分类	7
1.3 因特网的发展	8
1.3.1 因特网的起源	8
1.3.2 因特网的主要组成部分	10
1.3.3 因特网在中国的发展	11
第2章 通信原理基础	15
2.1 基本概念	15
2.1.1 信号与噪声	15
2.1.2 信道与传输介质	16
2.2 通信系统的分类及通信方式	19
2.2.1 通信系统模型	19
2.2.2 通信系统的分类	19
2.2.3 通信方式	22
2.3 主要性能指标	23
2.3.1 带宽	23
2.3.2 信道的主要技术指标	24
2.4 模拟传输与数字传输	25
2.4.1 调制与解调	26
2.4.2 数字信号的编码	27
2.4.3 脉冲编码调制 (PCM)	28
2.5 多路复用	30

2.5.1	频分多路复用 FDM	30
2.5.2	时分多路复用 TDM	31
2.5.3	波分多路复用 WDM	31
2.6	数据交换技术	32
2.6.1	电路交换	32
2.6.2	报文交换	32
2.6.3	分组交换	33
第3章	网络体系结构与协议	35
3.1	网络体系结构的基本概念	35
3.1.1	网络协议	35
3.1.2	层次化的概念	35
3.1.3	网络体系结构	36
3.2	OSI 参考模型	37
3.2.1	OSI 参考模型的制定	37
3.2.2	各层的主要功能	37
3.2.3	OSI/RM 中的基本概念	38
3.3	物理层	41
3.3.1	物理层的功能	41
3.3.2	物理层的特性	41
3.4	数据链路层	42
3.4.1	数据链路的概念	42
3.4.2	数据链路层的功能	42
3.4.3	停止等待协议	43
3.4.4	连续 ARQ 协议和选择重传 ARQ 协议	46
3.4.5	数据链路层帧的格式	47
3.5	网络层	48
3.5.1	路由选择	48
3.5.2	流量控制	49
3.6	运输层及其以上各层	50
3.6.1	运输层	50
3.6.2	会话层	51
3.6.3	表示层	51
3.6.4	应用层	52
第4章	局域网	56
4.1	局域网概述	56
4.1.1	局域网的特点	56
4.1.2	局域网拓扑结构	57
4.1.3	局域网的体系结构	59
4.1.4	IEEE 802 标准	60

4.2	以太网	60
4.2.1	载波侦听多路访问/冲突检测 (CSMA/CD)	61
4.2.2	MAC 子层	64
4.3	令牌总线网	66
4.4	令牌环网	67
4.5	光纤分布式数据接口 FDDI	68
4.6	高速以太网	69
4.6.1	交换以太网	69
4.6.2	快速以太网	69
4.6.3	千兆以太网	71
4.6.4	万兆以太网	72
4.6.5	以太网技术发展存在的问题	72
4.7	无线局域网	73
4.7.1	无线局域网标准	73
4.7.2	无线局域网应用范围	75
4.8	局域网操作系统	76
4.8.1	局域网操作系统的演变过程	76
4.8.2	局域网操作系统的基本服务	77
第5章	网络互连与 TCP/IP 基础	80
5.1	网络互连技术	80
5.1.1	网络互连的必要性	81
5.1.2	网络互连的要求	81
5.1.3	网络互连设备	82
5.2	TCP/IP 体系结构	90
5.2.1	TCP/IP 体系结构	90
5.2.2	TCP/IP 与 OSI/RM 体系结构的区别	92
5.3	IP 地址	93
5.3.1	IP 地址的表示方法	93
5.3.2	IP 地址的分类	93
5.3.3	常用的三类 IP 地址	94
5.3.4	特殊的 IP 地址	95
5.3.5	子网划分	96
5.4	网际层协议	98
5.4.1	IP 协议	98
5.4.2	ARP 协议	102
5.4.3	RARP 协议	103
5.4.4	ICMP 协议	103
5.5	TCP 与 UDP 协议	105
5.5.1	端口的概念	106

5.5.2	TCP 协议	106
5.5.3	UDP 协议	109
5.6	应用层协议	110
5.6.1	远程终端协议 TELNET	110
5.6.2	简单邮件传送协议 SMTP	111
5.6.3	文件传送协议 FTP	112
5.7	DNS 域名系统	113
第6章	广域网技术	117
6.1	X.25 网	117
6.1.1	X.25 简介	117
6.1.2	X.25 层次	117
6.2	帧中继	119
6.2.1	帧中继简介	119
6.2.2	帧中继层次	120
6.3	综合业务数字网 ISDN	120
6.3.1	ISDN 简介	120
6.3.2	ISDN 组成	121
6.3.3	ISDN 层次	122
6.4	异步传输模式 ATM	123
6.4.1	ATM 简介	123
6.4.2	ATM 结构	124
第7章	计算机网络安全与管理	127
7.1	计算机网络安全	127
7.1.1	信息安全的基本要素	127
7.1.2	计算机系统的安全等级	128
7.1.3	网络安全的模型	130
7.1.4	安全威胁	131
7.1.5	数据加密	132
7.1.6	数字签名	135
7.2	防火墙技术	135
7.2.1	防火墙的基本概念	135
7.2.2	防火墙的配置	137
7.3	网络安全防范	140
7.3.1	入侵检测系统	140
7.3.2	入侵防御系统	141
7.4	网络管理	143
7.4.1	网络管理模型	143
7.4.2	网络管理功能	145
7.4.3	网络管理协议	147

第 8 章 下一代网络应用技术	151
8.1 下一代网络 NGN	151
8.1.1 NGN 的概念	151
8.1.2 NGN 的体系结构	151
8.1.3 NGN 的主要技术	152
8.1.4 NGN 的特点	153
8.2 WiMAX	154
8.2.1 WiMAX 的概念与标准	154
8.2.2 WiMAX 的优势	155
8.2.3 WiMAX 的应用	155
8.2.4 WiMAX 与 Wi-Fi 的比较	156
8.3 虚拟专用网络 VPN	156
8.3.1 虚拟专用网络概述	156
8.3.2 VPN 技术的优势	160
8.3.3 VPN 技术的分类	160
8.3.4 VPN 的应用	161
8.3.5 IPSEC 虚拟专用网络	162
8.3.6 虚拟专用网络的实现	162
第 9 章 网络系统集成	166
9.1 网络系统集成的基本概念	166
9.1.1 网络系统集成目标	166
9.1.2 网络系统集成方法	167
9.1.3 网络系统集成内容	167
9.2 网络系统规划	168
9.2.1 网络系统规划的一般步骤与原则	168
9.2.2 网络系统规划的内容	168
9.3 网络系统设计	170
9.3.1 网络系统设计概述	170
9.3.2 网络系统设计的具体内容	171
9.4 网络系统的实施、测试与维护	173
9.4.1 网络系统的实施	173
9.4.2 网络系统的测试	173
9.4.3 网络系统的维护	173
9.5 综合布线系统介绍	174
9.5.1 综合布线系统概述	174
9.5.2 综合布线系统的优点	177
9.5.3 综合布线系统标准及其要点	177
9.5.4 综合布线系统的设计等级	178

9.5.5 综合布线系统的设计要点	179
参考文献	181

第1章 计算机网络概论

学习目标:

- 了解计算机网络的产生背景。
- 掌握计算机网络发展的各个阶段。
- 理解分组交换的概念。
- 掌握计算机网络的定义。
- 掌握计算机网络的分类。
- 掌握因特网发展的历史。

1.1 计算机网络的形成与发展

1.1.1 计算机网络的产生

1946年,世界上第一台电子计算机诞生,这在当时是很大的创举,但是任何人都没有预测到60多年后的今天,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,也不会有人预测到计算机网络在当今信息社会中扮演了如此重要的角色。ARPANET 网络已从最初的4个结点发展为横跨全世界100多个国家和地区,挂接有几万个网络、几百万台计算机、几亿个用户的 Internet (因特网)。Internet 是当前世界上最大的国际性计算机互联网,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年电报的发明及1876年电话的出现,开创了近代电信事业,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。微波传输、大西洋电话电缆及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,和其他事物的发展一样,它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。

问世初期的计算机数量非常少,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，而计算机计算出来的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。

1.1.2 计算机网络的发展

按照计算机网络发展不同历史阶段出现的典型技术，可将计算机网络的发展分为面向终端的计算机通信网、分组交换网、计算机网络体系结构和高速网络技术 4 个阶段。

1. 面向终端的计算机通信网

面向终端的计算机通信网是计算机通过线路控制器和远程终端连接的形式。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 是必需的，因为电话线路本来是为传送模拟话音而设计的。

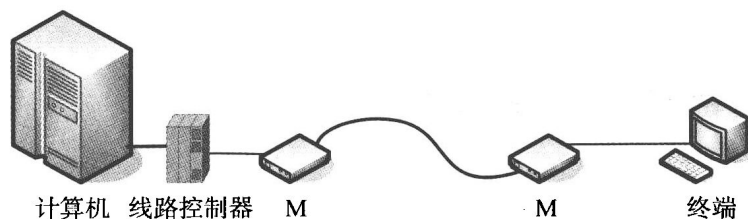


图 1-1 计算机通过线路控制器和远程终端连接

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 20 世纪 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，终端围绕着重心分布在各处，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。

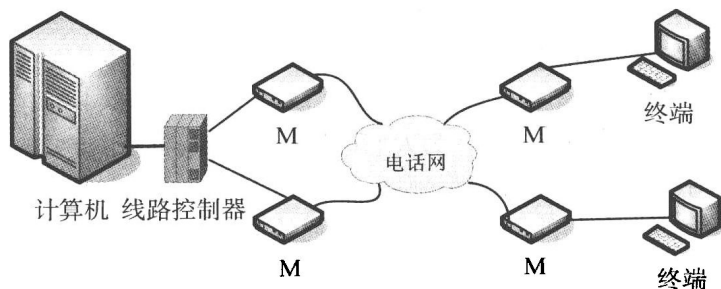


图 1-2 以主机为中心的第一代网络

当时，这种面向终端网络的应用范围极广，已涉及军事、银行、航空、铁路、教育等

部门。其中极具代表性的是美国 20 世纪 50 年代建立起来的半自动地面防空系统 (SAGE)，它将雷达信号和其他信息经远程通信线路送至计算机进行处理，第一次利用计算机网络实现远程集中控制。其他如 20 世纪 60 年代初美国建成的全国性航空公司飞机订票系统、1970 年投入使用的美国商用分时系统等，都是面向终端的计算机网络的应用实例。

面向终端的计算机网络，虽可实现远程信息通信，促进计算机及计算机网络的应用和发展，但也存在下述问题：一是主机负荷过重，从而导致响应时间过长；二是终端速度慢，操作时间长，因而占用通信线路的时间也长，故通信代价极高；三是单个计算机集中系统的可靠性较低，一旦主机出现故障，将导致整个系统的瘫痪。为了克服上述缺点，便产生了资源共享的网络，或者叫做具有通信功能的多机系统和计算机网络，这是网络发展的第二阶段，其主要标志是 ARPANET 的出现。它是美国国防部高级研究计划署于 1969 年研制的有四个结点相连接的网络。到 1975 年已有 100 多台不同型号的大型计算机联网，其结点遍及北美、欧洲和夏威夷等地。

2. 分组交换网

分组交换 (packet switching) 也称为包交换，它是现代计算机网络的技术基础。但是，这一技术经历了一个发展过程。

在有线电话出现不久，人们就认识到在所有用户之间架设直达的线路，不仅线路投资太大，而且没有必要，可以采用交换机实现用户之间的互连。一百多年来，尽管电话交换机从人工转接发展到现代的程控交换机，经过多次更新换代，但交换方式始终未变，都是采用电路交换 (circuit switching)，即通过交换机实现线路的转接，在两个要求通话的用户之间建立一条专用的通信线路。用户在通话之前，先要申请拨号，待建立一条从发端到收端的物理通路后，双方才能互相通话。在通话的全部时间里，用户始终占用端到端的固定线路，直到通话结束，挂断电话 (释放线路) 为止，这种通信系统不适合传送计算机或终端的数据。主要体现在以下几点：

(1) 计算机的数字信号是不连续的，它和打电话传送的连续语音信号不同，具有突发性和间歇性，传送这种信号真正占用线路的时间很少，往往不到 10% 甚至 1%，在绝大部分时间里通信线路实际上是空闲的。但是，对电信局来说，只要通信线路被用户占用，不论线路是否在传送数据都要收费。

(2) 电路交换建立通路 (呼叫过程) 的时间为 10 ~ 20 s，对打电话来讲并不长，但对计算机传送数据来说就太长了。

(3) 电路交换很难适应不同类型、规格、速率的终端和计算机之间的通信，除非采取一些措施。比如，在终端与计算机之间经过缓冲器暂存一下，经适当变换后再发送或接收。但是，这样做已有别于电路交换。

(4) 计算机通信对可靠性要求很高，需要在传送过程中进行差错控制，电路交换难以做到。

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，美国兰德 (Rand) 公司的巴兰 (Baran) 在其发表的“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 的戴维斯 (David) 于 1966 年首次提出了“分组” (packet) 这一概念。到 1969 年 12 月, ARPA 的计算机分组交换网 ARPANET 投入运行。

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个主机为中心的星形网, 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。

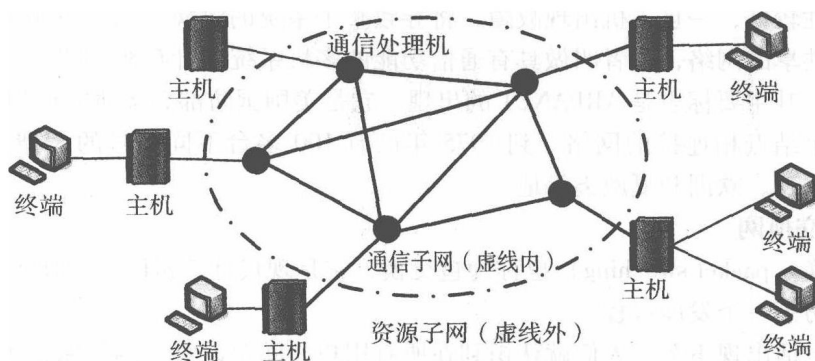


图 1-3 分组交换网

由上述可知, 采用存储转发方式的分组交换技术, 实质上采用的策略是断续 (或动态) 分配传输通道, 非常适合传输突发式的计算机数据, 极大地提高了通信线路的利用率, 降低了用户的使用费用。分组交换技术也存在一些问题, 主要体现在: 第一, 分组在各结点存储转发时, 会因为排队带来一定的时延; 第二, 各分组必须携带的控制信息造成额外开销; 第三, 分组交换网的管理与控制也比较复杂。尽管如此, ARPANET 的试验成功使计算机网络的概念发生了根本变化, 由以单个主机为中心的面向终端的计算机网转变为以通信子网为中心的分组交换网, 而主机和终端则处于网络的外围, 构成用户资源子网。这种以通信子网为中心的计算机网络常称为第二代计算机网络, 它的功能比第一代计算机网络扩大很多。今天著名的全球性网络 Internet 就是在此基础上形成的。

分组交换网可以是专用的, 也可以是公用的, 一些发达国家已建造了不少公用分组交换网, 与公用电话网相似, 为更广大的用户服务。

3. 形成计算机网络的体系结构

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)。

但是, 随着社会的发展, 不同网络体系结构的用户迫切要求能互相交换信息。为了使不同体系结构的计算机网络都能互连, 国际标准化组织 ISO 于 1977 年成立专门机构研究

这个问题。1978年ISO提出了异种机联网标准的框架结构得到了国际上的承认，这就是著名的OSI/RM（开放系统互连参考模型），成为其他各种计算机网络体系结构靠拢的标准，大大地推动了计算机网络的发展。从这以后，开始了所谓的第三代计算机网络的新纪元。

在这一时期（20世纪70年代末到80年代初），出现了利用人造通信卫星进行中继的国际通信网络、局域网络的商品化和实用化、网络互连和实用化、网络互连技术的成熟和完善、网络环境下的信息处理——分布式处理的应用和分布式数据库的应用。

4. 高速网络技术

从20世纪80年代末开始，计算机网络开始进入发展的第四代时期，其主要标志可归纳为：网络传输介质的光纤化、信息高速公路的建设；B-ISDN（多媒体网络及宽带综合业务数字网）的开发和应用；智能网络的发展；分布式系统的研究，促使高速网络的发展，相继出现的高速以太网、光纤分布式数据接口FDDI、快速分组交换技术，包括帧中继、异步转移模式等。这些内容将在后面章节详细介绍。

1.1.3 计算机网络的应用

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，被越来越广泛地应用于政治、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，则可使各种信息在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 Cooperative 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，在同一网内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，并使网内各计算机负载均衡。由于计算机网络具备上述功能，因此可以