

Practical Computer Network

新编 计算机 网络实用教程



黎连业 编著



清华大学出版社

新编计算机网络实用教程

黎 连 业 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书结合作者多年的工程实践和培训教学经验,全面系统地介绍计算机网络系统的理论与应用技术,以及最流行的网络产品,力求使读者对必备的网络知识有足够的了解,对主要的网络实用技术有较深的掌握,对网络的新发展、新技术、新产品有一定的了解。

书中首先给出一个计算机局域网参考模型,然后以此为主线安排内容,采用理论与案例相结合的方式逐步介绍计算机网络技术和组网方法,内容涉及:计算机网络概述,网络数据通信技术,网络拓扑与网络体系结构,网络传输介质,网络互连设备及其在网络体系结构中的地位、作用,网络通信协议,以太网及其组网方案,网络安全,网络管理,无线网,虚拟专用网,Internet 与 Intranet,网络存储与磁盘阵列技术。

本书可作为高等职业专科学校的计算机网络课程教材,也可作为各类网络培训班的培训教材,还可供计算机网络工程技术人员学习参考。

版权所有, 盗版必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

新编计算机网络实用教程/黎连业编著. —北京:

清华大学出版社, 2003

ISBN 7-302-06829-1

I.新… II.黎… III.计算机网络—教材 IV.TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 050901 号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

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

印刷者: 北京科普瑞印刷有限责任公司

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 正 16 开 印张: 26.5 字数: 643 千字

版 次: 2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-06829-1/TP · 5071

印 数: 0001~5000

定 价: 37.00 元

前 言

自 1969 年 ARPANET 诞生至今, 计算机网络得到了迅猛发展。微机局域网、公用分组交换网、帧中继网、ISDN、ADSL, 尤其是 Internet 迅速发展起来。网络互连使世界发生了变化, 网络应用已经从原来的科技和教育领域深入到各行各业。1993 年美国提出信息高速公路计划后, 在全世界引起了巨大的反响, 各国纷纷开始筹划建设自己的信息公路。信息化程度已经成为衡量一个国家发达水平和综合国力的重要尺度之一, 而计算机和计算机网络的技术进步与广泛应用, 成为推动信息化发展的巨大动力。

我国从 20 世纪 80 年代初开始发展计算机网络, 到现在已建成中国科技网(CSTNET)、中国教育和科研网(CERNET)、中国公用计算机互联网(CHINANET)和金桥网(GBNET), 并实现了同 Internet 的连接。这 4 大网络已于 1997 年相互连通, 全国各地的用户可以通过不同的方式加入上述 4 大网络, 从而进入 Internet。用户可以通过 CHINADDN (公用数字数据网)、CHINAPAC (公用分组交换网 X.25)、公用电话网、帧中继、ISDN、ADSL、局域网和移动电话 WAP 等接入 Internet。

由于计算机网络的发展和广泛应用, 网络技术已成为计算机网络工程技术人员、计算机通信专业人员必须掌握的技术, 同时也成为计算机及通信专业和相关专业学生以及广大从事计算机应用和信息管理人员应该掌握的基本知识。本书理论联系实际, 系统地介绍了计算机网络基础知识和组网技术。全书内容共分 14 章, 第 1 章主要介绍计算机网络的形成与发展、定义与常用术语、网络类型、基本要素与操作系统及国内十大重要网络的发展概况, 并给出了一个计算机局域网的参考模型; 第 2 章介绍网络数据通信基础、编码技术、传输技术与介质等; 第 3、4、5 章分别介绍了网络拓扑与分层体系结构、网络传输介质与网络互连设备; 第 6、7 章介绍网络通信协议与 ARP、RARP 和 ICMP; 第 8 章是以太网网络及其组网方案, 介绍了当前最流行的以太网应用技术及多种组网方案; 第 9、10 章介绍了网络安全与网络管理; 第 11 章与第 12 章分别详细介绍了目前最热门的无线网络应用技术以及虚拟专用网的构建; 第 13 章介绍了 Internet 与 Intranet; 第 14 章介绍了当前应用最为广泛的网络存储与磁盘阵列技术。

本书结合作者多年来的网络工程经验和培训教学体会, 首先给出一个计算机局域网参考模型, 然后以此为主线安排内容, 逐步介绍计算机网络技术和组网方法, 读者可根据该模型随着工程规模大小的不同进行删改, 组建新的网络方案, 这使本书非常实用又容易学习; 另外在本书写作过程中力图反映当前最热门、最流行的网络技术和网络产品, 并对有

关新技术进行了适当的介绍。

本书在写作的过程中得到许多同行的支持和帮助，其中帮助最大的是王钢同志、刘占全同志。在写作过程中也先后得到过刘春阳、张静、张洪波、张黎明、腾华、梁艳、顾寿筠、陈建华、李淑春、王兆康、王长富、华慧、张维、马金川、郭军让、王月冬等同志的帮助和扶持，对此表示衷心的感谢。

本书可作为高等职业专科学校的计算机网络课程教材，也可作为各类网络培训班的培训教材，还可供计算机网络工程技术人员学习参考。

黎连业
于中科院计算所
2003年3月

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 网络的形成与发展	1
1.1.1 远程联机系统	1
1.1.2 多机通信系统 (ARPA 网时代)	2
1.1.3 国际标准化网络	3
1.2 网络定义与几个常用术语	5
1.2.1 网络的定义	5
1.2.2 几个网络常用术语	6
1.3 网络类型	7
1.3.1 局域网	7
1.3.2 城域网	8
1.3.3 广域网	9
1.3.4 无线网	10
1.3.5 互联网	11
1.4 网络功能与资源共享	11
1.4.1 网络功能	12
1.4.2 网络资源共享	12
1.5 网络的基本要素及其操作系统	17
1.5.1 网络的基本要素	17
1.5.2 网络操作系统	21
1.6 组成计算机网络的参考模型	23
1.7 国内十大重要网络发展概况	23
1.7.1 中国公用分组交换网 (CHINAPAC)	23
1.7.2 中国数字数据网 (CHINADDN)	25
1.7.3 中国公用帧中继网 (CHINAFRN)	28
1.7.4 综合业务数字网 (ISDN)	30
1.7.5 中国公用计算机互联网 (CHINANET)	33
1.7.6 中国公用增值业务数据网	34
1.7.7 中国金融数据通信网 (CFN)	37
1.7.8 中国教育和科研计算机网 (CERNET)	38
1.7.9 中国科技网络 (CSTNET)	39
1.7.10 国内其他重大的网络工程	40
1.8 网络操作系统发展回顾与有影响的组织	41
1.8.1 网络操作系统的发展过程	41

1.8.2 对网络发展有影响的组织	43
1.8.3 因特网标准及最有影响的组织	44
第 2 章 网络数据通信技术	46
2.1 网络数据通信基础	46
2.1.1 数据与信息的关系	46
2.1.2 传输信号与通信	46
2.1.3 模拟通信系统	47
2.1.4 数字通信系统	48
2.2 网络数据编码技术	49
2.2.1 数据编码类型	49
2.2.2 脉冲编码调制方法	51
2.3 信道的传输方式	52
2.3.1 串行通信方式	52
2.3.2 并行通信方式	55
2.3.3 单工/半双工/全双工通信方式	56
2.4 网络数据传输技术	57
2.4.1 基带传输和频带传输	57
2.4.2 同步传输与异步传输	58
2.4.3 多路复用技术	59
2.4.4 数据交换技术	63
2.5 差错控制技术	66
2.5.1 差错产生的原因与类型	66
2.5.2 检错码与纠错码	66
2.5.3 差错控制方法	66
2.6 通信线路	67
2.6.1 数字用户线	67
2.6.2 xDSL 的实现	68
2.6.3 无线通信	69
第 3 章 网络拓扑与分层体系结构	73
3.1 网络的两级结构	73
3.2 网络拓扑结构	74
3.2.1 总线 (Bus) 结构网络	75
3.2.2 星形 (Star) 网络	75
3.2.3 环形 (Ring) 网络	76
3.2.4 树形网络	77
3.2.5 网状结构网络	77
3.2.6 分布式网络	78
3.3 OSI 分层体系结构	79

3.3.1	OSI 参考模型	79
3.3.2	物理层	81
3.3.3	数据链路层	84
3.3.4	网络层	87
3.3.5	传输层	90
3.3.6	会话层	91
3.3.7	表示层	92
3.3.8	应用层	93
3.4	TCP/IP 体系结构	93
3.5	其他网络体系结构	95
3.5.1	ARPA 网体系结构	95
3.5.2	Novell NetWare 网体系结构	96
3.5.3	Windows NT 体系结构	97
第 4 章	网络传输介质	99
4.1	双绞线	99
4.1.1	双绞线的分类	99
4.1.2	常用的双绞线电缆	99
4.2	同轴电缆	105
4.2.1	基带同轴电缆	105
4.2.2	宽带同轴电缆	105
4.3	光纤	107
4.3.1	光纤的结构	107
4.3.2	光纤的分类	108
4.3.3	光纤的三种连接方式	108
4.3.4	光纤的应用范围与主要性能	109
第 5 章	网络互连设备的作用与层次关系	114
5.1	物理层使用的设备——中继器	116
5.2	物理层使用的集线器	117
5.3	物理层使用的调制解调器	118
5.4	数据链路层使用的网卡	121
5.5	数据链路层使用的网桥	123
5.6	数据链路层使用的交换机	125
5.7	网络层使用的路由器	127
5.7.1	路由器的互连结构	127
5.7.2	路由器的作用与功能	128
5.7.3	路由器的设置	130
5.8	应用层使用的设备——网关	136
5.8.1	网关	136

5.8.2 半网关与全网关	137
5.9 远程访问服务器	137
第 6 章 网络通信协议	139
6.1 协议分层	139
6.2 网络接口层协议	141
6.2.1 网络接口协议的结构	141
6.2.2 网络接口物理层设计	142
6.2.3 用户/网络接口的数据链路控制	144
6.2.4 用户/网络接口的呼叫控制	151
6.2.5 网络间信号连接控制协议	158
6.2.6 网络间呼叫/连接控制规程	161
6.3 网际层协议	164
6.3.1 IP 数据报格式	164
6.3.2 IP 地址格式	168
6.3.3 网络掩码	169
6.3.4 子网规划和子网掩码	170
6.3.5 IPv6	177
6.4 传输层协议	182
6.4.1 TCP 协议	182
6.4.2 UDP 协议	185
6.5 应用层协议	187
6.5.1 FTP 协议	187
6.5.2 Telnet 协议	189
第 7 章 ARP、RARP 和 ICMP	192
7.1 域名与域名解析	192
7.1.1 Internet 的域名系统	192
7.1.2 域名解析	194
7.2 地址解析协议 (ARP)	195
7.2.1 地址解析	195
7.2.2 地址解析技术	196
7.2.3 地址解析协议	198
7.2.4 ARP 协议的应用	201
7.3 逆向地址解析协议 (RARP)	202
7.4 网际控制报文协议 (ICMP)	204
7.4.1 网际控制报文	204
7.4.2 ICMP 报文的传送和利用	205
7.4.3 用 ICMP 发现路径 MTU	207
7.4.4 ICMP 协议的应用	207

第 8 章 以太网及其组网方案	212
8.1 以太网基础知识	212
8.1.1 IEEE 802.3 标准	212
8.1.2 以太网与 IEEE 802.3 的关系	213
8.1.3 802.3 以太网帧和地址格式	216
8.1.4 主干线、水平干线的端接	219
8.2 十兆位以太网组网方案	220
8.2.1 十兆位以太网 10Base-T 详述	220
8.2.2 十兆位以太网组网方案	222
8.3 百兆位以太网组网方案	226
8.3.1 百兆位以太网拓扑结构	226
8.3.2 百兆位快速以太网的设计思想	231
8.3.3 百兆位以太网组网方案	232
8.4 千兆位以太网组网方案	238
8.4.1 千兆位以太网标准	238
8.4.2 千兆位以太网主要技术	240
8.4.3 千兆位以太网组网方案	246
第 9 章 网络安全	253
9.1 网络安全的具体内容	253
9.2 网络安全威胁源	254
9.3 网络安全保护策略	256
9.4 网络安全设计	257
9.4.1 新安装网络的安全设计	258
9.4.2 现有网络的安全设计	260
9.4.3 设计物理安全措施	260
9.5 使用防火墙	261
9.5.1 防火墙的作用	261
9.5.2 防火墙设计	262
9.5.3 代理服务	265
9.6 网络数据加密	266
9.6.1 数据加密技术	266
9.6.2 公开密钥与私密密钥系统	268
9.7 安全认证	268
9.7.1 数字签名	269
9.7.2 数字凭证	269
第 10 章 网络管理	271
10.1 网络管理的任务与功能	271
10.1.1 网络管理的任务	271

10.1.2	网络管理的基本功能	272
10.1.3	网络管理模型	273
10.2	网络管理协议	274
10.2.1	管理对象之间的交互关系	274
10.2.2	简单网络管理协议 (SNMP)	275
10.2.3	公共管理信息协议 (CMIP)	276
10.3	集成本地管理接口 (ILMI)	277
10.3.1	ILMI 的任务	277
10.3.2	ILMI 协议	278
10.3.3	ILMI 的管理信息库 (MIB)	278
10.4	网络运行维护管理 (OAM)	280
10.4.1	OAM 的功能	280
10.4.2	OAM 的分级与 OAM 流	280
10.4.3	OAM 信息流的传送方式	283
10.4.4	OAM 信元格式	284
10.5	网络存储管理与性能优化	285
10.5.1	网络的分布式文件系统	285
10.5.2	网络的磁盘管理	286
10.5.3	网络的远程存储管理	289
10.6	网络打印管理	296
10.7	网络管理测试	297
10.7.1	主要测试类型	297
10.7.2	网络测试内容	300
10.7.3	网络测试方式	303
10.7.4	网络测试技术	304
第 11 章	无线网络	307
11.1	无线网络的基本概念	307
11.1.1	什么是无线网络	307
11.1.2	无线网络通信传输介质	309
11.1.3	无线网络标准与协议	311
11.1.4	无线应用协议 (WAP)	316
11.1.5	无线宽带 HiperLAN/2 新技术的展望	319
11.1.6	无线 ATM 技术	322
11.1.7	无线网卡的组成与工作原理	327
11.1.8	宽带无线技术与宽带无线接入技术	328
11.1.9	微波扩频无线网的特点及运行环境	331
11.1.10	AIRLAN 计算机无线网络	331
11.2	微波扩频通信技术	332

11.2.1	基本原理	332
11.2.2	扩频通信的主要特点	333
11.2.3	扩频通信系统的工作方式	334
11.3	微波扩频无线网络产品	338
11.4	无线网络典型连接方式与实例	343
11.4.1	无线网络典型连接方式	343
11.4.2	无线网络安装实例	344
11.5	无线分组交换网	348
11.5.1	无线分组交换网概况	348
11.5.2	无线分组交换网的系统结构	350
11.5.3	无线信道的访问方式	352
11.6	无线网络的现状和发展前景	354
11.6.1	计算机无线网络的应用状况	354
11.6.2	计算机无线网络目前存在的问题	355
11.6.3	无线互联网	355
第 12 章	虚拟专用网	358
12.1	虚拟专用网简述	358
12.2	Cisco 系统 VPN	360
12.2.1	Cisco 系统 VPN 的设计	360
12.2.2	Cisco 的虚拟拨号服务	361
12.3	IP VPN 急待解决的问题	365
12.4	Intel 公司的 VPN 和直接拨号解决方案	367
12.4.1	Shiva VPN 方案简述	367
12.4.2	Shiva VPN 解决方案	368
第 13 章	Internet 与 Intranet	371
13.1	Internet 的组成与应用前景	371
13.1.1	Internet 的组成	371
13.1.2	Internet 的应用前景	373
13.2	通信协议与域名机制	375
13.2.1	通信协议	375
13.2.2	域名机制	376
13.3	ISP 选择与 Internet 接入方法	379
13.3.1	ISP 的基本概念	379
13.3.2	ISP 的选择方法	380
13.3.3	Internet 接入方法	381
13.3.4	接入 Internet 所需的硬件与软件	383
13.4	Intranet 应用	384

第 14 章 网络存储与磁盘阵列技术	386
14.1 存储与磁盘阵列概述.....	386
14.1.1 存储技术简述.....	386
14.1.2 磁盘阵列 (RAID) 基础.....	392
14.2 磁带存储.....	395
14.2.1 磁带简述.....	395
14.2.2 四分之一英寸匣式磁带 (QIC) 驱动器.....	396
14.2.3 数字线性磁带 (DLT)	398
14.2.4 螺旋式扫描磁带.....	398
14.2.5 可写光盘驱动器.....	399
14.3 SVA 共享虚拟磁盘阵列.....	399
14.3.1 SVA 9500 共享虚拟磁盘阵列和规格.....	399
14.3.2 虚拟磁盘.....	401
14.3.3 SVA 9500 共享虚拟磁盘阵列规格说明.....	404
14.4 虚拟存储管理系统 (VSM)	405
14.4.1 VSM 的基本组成.....	405
14.4.2 VSM 管理工具 (VSMAT)	411
14.4.3 专业性能报告程序 (ExPR)	411
14.4.4 异地灾难备份-VSMRL.....	411

第1章 计算机网络概述

随着现代通信技术的飞速发展，光纤、微波通信、卫星传输使得全球计算机的网络互连成为现实。计算机网络在现代电子技术、网络技术、数据处理技术的强有力推动下，以其巨大的优势推动着人类社会的第三次产业革命，在我国的各行业中已成为不可或缺的工作平台。

本章重点讨论了以下内容：

- 网络的形成与发展
- 网络定义与常用术语
- 网络类型
- 网络功能与资源共享
- 网络基本要素及其操作系统
- 计算机网络的参考模型
- 国内十大重要网络发展概况

1.1 网络的形成与发展

计算机网络涉及到通信网络与计算机两个领域，多年来，计算机与通信网络日益紧密的结合，已对人类进步做出了极大的贡献。

计算机与通信网络的相互结合主要表现在两个方面。一方面，通信网络为计算机之间的数据传递和交换提供了必要的手段；另一方面，数字计算技术的发展渗透到通信技术中，提高了通信网络的各种性能。

计算机网络的发展过程是从为解决远程计算、信息收集和处理而形成的专用联机系统开始，发展到以实现资源共享为目的，遵循国际标准协议，有统一网络体系结构的多计算机互联网。概括起来，计算机网络应用的发展经历了以下三个阶段：

- 以单台计算机为中心的远程联机系统的数据通信阶段；
- 多台计算机通过通信线路互连的多机通信阶段；
- 遵循国际标准协议，有统一网络体系结构的广泛应用和发展的阶段。

1.1.1 远程联机系统

计算机通过线路控制器与远程终端相连接构成第一代计算机网络系统。最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，这个接口应当对计算机原来的硬件和软件的影响尽可能地小，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 (Modem) 是必须加入的, 因为电话线路本来是为传送模拟话音信号而设计的。

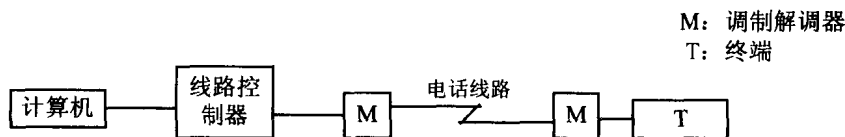


图 1-1 计算机通过线路控制器与远程终端连接

随着远程终端数量的增加, 为了避免一台主计算机 (简称主机) 使用多个线路控制器, 出现了多重线路控制器 (Multiple Line Controller), 也称为 Modem 池。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, 这就是以主机为中心的第一代计算机网络, 如图 1-2 所示。

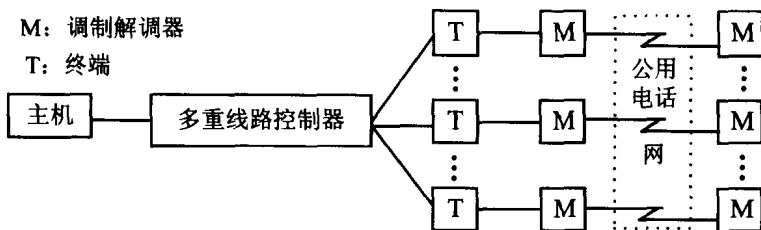


图 1-2 主机与终端相连的联机系统

由图 1-2 可知, 在远程联机系统中, 如果利用电话线来传输主机处理的信号和远程终端发出的信号, 需要一种进行信号转换的设备, 这就是调制解调器。

1.1.2 多机通信系统 (ARPA网时代)

在第一代计算机网络中, 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, 使得计算机用户数量迅速增加。但远程终端系统存在着以下缺点:

- 计算机的负荷较重, 会导致系统响应时间过长;
- 单机系统的可靠性较低, 一旦发生故障, 将导致整个网络系统瘫痪。

为了提高第一代网络系统的可靠性和可用性, 开始研究将多台计算机相互连接的方法。这种方法采用电路交换技术, 使得终端与计算机间的直接通信, 发展到了计算机与计算机之间直接通信, 出现了以数据交换为目的的一级结构的计算机网络, 如图 1-3 所示。

随着应用要求的不断提高, 后来又形成了利用计算机网络来实现“资源共享”或完成分布式作业处理的两级结构计算机网络。这种由多个计算机连接构成的系统分成通信子网和资源子网两大部分。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。

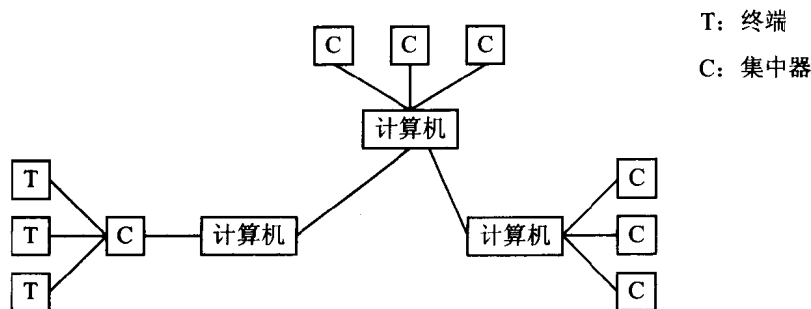


图 1-3 一级结构的计算机网络

第二代计算机网络是多个主机通过通信线路互连起来，互连的多个主机都具有自主处理能力，它们之间不存在主从关系，这种多个主计算机互连的网络才是目前常说的计算机网络，其典型代表是 ARPA 网（ARPANET，由美国国防部高级研究计划署组建，主要由 4 个节点组成，也是我们现在 Internet 发展的雏型）。ARPA 网中有专门的设备负责线路的互连，这个设备叫接口信息处理机（IMP，Interface Message Processor），当主机要发送信息时只要把信息发往与之相连的 IMP 就行了，然后由 IMP 负责找到对方的 IMP 把信息发送出去，IMP 采用存储转发的方式，当线路有空闲时再发。这样 ARPA 网就形成了两级子网的结构，即通信子网和资源子网。

具有两级结构的 ARPA 计算机网络如图 1-4 所示。

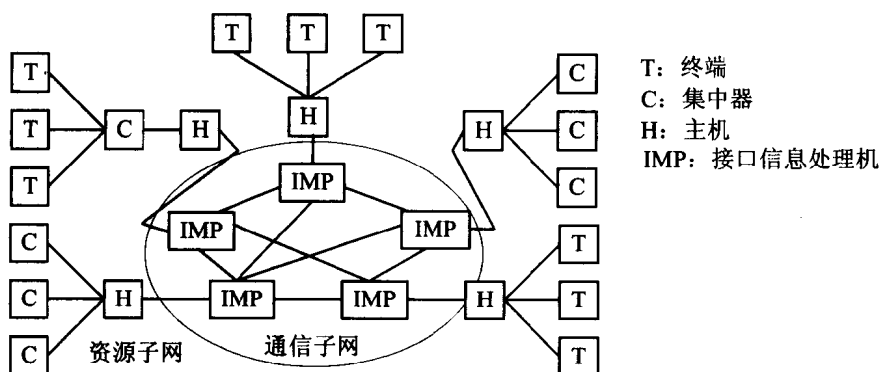


图 1-4 两级结构的 ARPA 计算机网络

ARPA 网的投入运行，标志着在第二代计算机网络中形成了以下特点：

- 多台计算机通过通信子网通信；
- 组成一个有机的整体，既分散又统一，从而使整个系统性能大大提高；
- 原来单个主机的负载可以分散到全网的各个计算机上，使得网络系统的响应速度加快；
- 在这一系统中，单机的故障不会导致整个网络系统全面瘫痪。

1.1.3 国际标准化网络

在 ARPA 网（即 ARPANET）时代，虽然网络分成了通信子网和资源子网，但网络之

间的体系结构与协议标准不统一限制了计算机网络的发展。

计算机网络系统是非常复杂的,计算机之间的相互通信涉及到许多复杂的技术问题。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,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,美国的 IBM 公司宣布了它研制的系统网络体系结构(SNA, System Network Architecture)。这个著名的网络标准就是按照分层方法制定的。据统计,在 1988 年按照 SNA 设置的网络至少有 15 000 个以上。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(DNA, Digital Network Architecture)。

网络体系结构出现后,对同一体系结构的网络产品互连是非常容易实现的,但对不同体系结构的网络产品却很难实现互连。针对上述情况,国际标准化组织(ISO, International Standards Organization)于 1977 年设立了专门的机构来解决上述问题,并于 1984 年公布了名为开放式系统互连参考模型(OSI, Open Systems Interconnection)的网络体系结构,这进一步推动了计算机网络的发展。

OSI 是一个开放的体系结构,规定将网络分为 7 层,每层各有其功能,如图 1-5 所示。OSI 参考模型的出现,开辟了第三代计算机网络的新纪元。

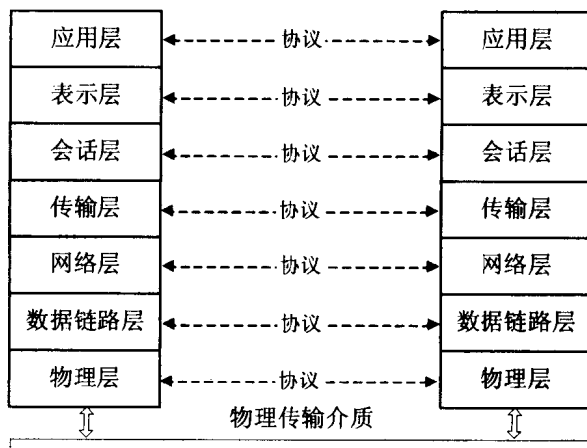


图 1-5 OSI 参考模型

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。

现在的网络已经是 Internet 时代,向着互连、高速、宽带方向发展。网上的各种应用也丰富起来,如虚拟大学、虚拟社区、电子商务和 VOD (Video On Demand, 视频点播) 系统等等,对我们的生活已经产生了重要的影响。