

● 计算机应用系列丛书

# 计算机网络

● 主编 仝兆岐 ● 石油大学出版社



# 计 算 机 网 络

主 编 仝兆岐  
副主编 崔培伟 胡长军

石油大学出版社

鲁新登字 10 号

计 算 机 网 络

仝兆岐 主编

\*

石油大学出版社出版

(山东省东营市)

新华书店发行

石油大学印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 18 印张 461 千字  
1995 年 6 月第 1 版 1995 年 6 月第 1 次印刷  
印数 1—4000 册

ISBN 7-5636-0605-X/TP·22

定价:18.80 元

## 前 言

计算机网络是目前迅速发展的高科技应用技术,是一种新兴的交叉学科,它涉及到微电子学、计算机和通信等多种学科,计算机网络是计算机和通信技术的集合体。计算机网络集中了现代计算机和通信技术的最新成果,是计算机各种应用的基础。

目前国外实施的“信息高速公路”计划和我国实施的“三金”工程及中国教学和科研计算机网络工程,都是把计算机网络的发展作为重大战略发展决策来对待的,计算机网络在各行各业中已经得到广泛应用,尤其在最近几年中,计算机网络的应用正在迅速普及和推广。计算机网络技术的发展,引发了一场新的信息革命,这场革命必将把人们带入一个崭新的信息时代。在未来高科技将主导世界的发展。

《计算机网络》课程是计算机应用专业的一门专业主干课,我们根据多年的教学实践,结合目前计算机网络迅速发展的特点,由各石油院校共同编写了这本书。本书具有以下特点:

1. 在计算机网络基本原理叙述时,打破了以往按网络拓扑结构为主线的分散论述方法,采用以网络协议为主线的论述方法,层次分明,由下而上,由浅入深,使初学者容易接受。

2. 在典型网络介绍时,重点以国内目前使用的网络为对象,特别是紧密结合各类具体使用的网络实例,学起来更结合实际,学以致用。

3. 本书结合国内外已经投入使用的典型网络,叙述了在计算机网络领域中的最先进技术和重大攻关技术,学起来更有针对性、方向性,目标明确。

本书共分七章,第一、二、三章由胡长军编写,第四章由崔培伟编写,第五章由全兆岐编写,第六章由廖建明编写,第七章由王魁生编写,全书由全兆岐教授主编。

全部书稿由庄长淞教授进行了仔细审阅,并提出了很好的意见。在本书编写过程中,庞景芹同志做了部分文字抄写及绘图工作,在此,向以上各位同志表示衷心的感谢。

本书的主要对象是计算机专业的学生及从事计算机、通信、自动化及相关专业的工程技术人员,也可供非计算机专业的学生和工程技术人员作为教材使用。

由于书中涉及的内容是正在发展中的新技术,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

一九九四年五月

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第一章 引论</b> .....           | 1  |
| § 1.1 计算机网络的产生与发展 .....       | 1  |
| 一、计算机网络的产生 .....              | 1  |
| 二、计算机网络的发展过程 .....            | 2  |
| 三、计算机网络的应用及发展前景 .....         | 4  |
| § 1.2 计算机网络的定义、功能、类型及组成 ..... | 5  |
| 一、计算机网络的定义 .....              | 5  |
| 二、计算机网络的功能 .....              | 6  |
| 三、计算机网络的分类 .....              | 8  |
| 四、计算机网络的组成 .....              | 9  |
| § 1.3 网络的体系结构及网络协议概述 .....    | 10 |
| 一、网络体系结构概述 .....              | 10 |
| 二、开放系统互连参考模型的制定 .....         | 11 |
| 三、OSI 参考模型概论 .....            | 12 |
| 四、国际上几个著名的标准化组织 .....         | 13 |
| 习题 .....                      | 14 |
| <b>第二章 数据通信基础</b> .....       | 15 |
| § 2.1 数据通信概述 .....            | 15 |
| 一、数据通信的基本概念 .....             | 15 |
| 二、计算机数据通信的过程 .....            | 16 |
| 三、通信方式的分类 .....               | 16 |
| § 2.2 信道及其特性 .....            | 19 |
| 一、传输介质 .....                  | 19 |
| 二、信道的传输特性 .....               | 23 |
| § 2.3 数据传输概述 .....            | 24 |
| 一、数据传输与数据通信 .....             | 24 |
| 二、数据编码 .....                  | 25 |
| 三、数据传输方式 .....                | 29 |
| 四、传输信道与数据电路 .....             | 30 |
| 五、数据传输质量参数 .....              | 30 |
| 六、数据通信系统 .....                | 33 |
| § 2.4 基带传输和宽带传输 .....         | 34 |
| 一、基带传输 .....                  | 34 |
| 二、宽带传输 .....                  | 39 |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 三、基带和宽带信号的传输性能 .....          | 43        |
| § 2.5 多路复用技术 .....            | 44        |
| 一、信道复用的基本概念 .....             | 44        |
| 二、多路复用及其类型 .....              | 45        |
| 三、多路复用器与计算机的连接 .....          | 49        |
| § 2.6 数据交换技术 .....            | 51        |
| 一、数据交换概述 .....                | 51        |
| 二、线路交换 .....                  | 51        |
| 三、存贮交换 .....                  | 53        |
| § 2.7 传输控制和纠错 .....           | 55        |
| 一、概述 .....                    | 55        |
| 二、差错控制概述 .....                | 56        |
| 三、差错控制编码概述 .....              | 59        |
| 四、几种常用的检错编码 .....             | 61        |
| 习题 .....                      | 69        |
| <b>第三章 网络的拓扑结构和体系结构 .....</b> | <b>70</b> |
| § 3.1 网络的拓扑结构 .....           | 70        |
| 一、网络拓扑结构的概念 .....             | 70        |
| 二、几种典型的拓扑结构 .....             | 70        |
| § 3.2 OSI 参考模型 .....          | 71        |
| 一、ISO/OSI 网络体系结构的研究方法 .....   | 72        |
| 二、OSI 环境 .....                | 72        |
| 三、OSI 的分层原则和分层结构 .....        | 73        |
| 四、服务、协议和服务访问点 .....           | 74        |
| 五、信息传送单元 .....                | 76        |
| 六、服务原语 .....                  | 77        |
| 七、面向连接的服务与无连接的服务 .....        | 78        |
| § 3.3 OSI 管理及对 OSI 的评价 .....  | 80        |
| 一、OSI 管理 .....                | 80        |
| 二、对 ISO/OSI 的简单评价 .....       | 80        |
| § 3.4 其它网络体系结构简介 .....        | 81        |
| 一、ARPA 网参考模型 .....            | 81        |
| 二、SNA 网的体系结构 .....            | 82        |
| 三、DECNET 网的体系结构 .....         | 83        |
| 习题 .....                      | 84        |
| <b>第四章 网络协议 .....</b>         | <b>85</b> |
| § 4.1 物理层 .....               | 85        |
| 一、机械特性 .....                  | 85        |
| 二、电气特性 .....                  | 87        |
| 三、功能特性 .....                  | 88        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 四、规程特性 .....              | 89  |
| § 4.2 数据链路层 .....         | 91  |
| 一、数据链路层概述 .....           | 91  |
| 二、面向字符的协议 .....           | 93  |
| 三、高级数据链路协议 HDLC .....     | 98  |
| 四、信息流量控制 .....            | 102 |
| 五、协议分析 .....              | 108 |
| § 4.3 网络层 .....           | 113 |
| 一、网络层提供的服务及功能 .....       | 113 |
| 二、数据交换方式 .....            | 115 |
| 三、路由选择 .....              | 118 |
| 四、拥塞控制 .....              | 126 |
| 五、网络层举例 .....             | 130 |
| § 4.4 传输层 .....           | 141 |
| 一、传输层在网络体系结构中的地位和作用 ..... | 141 |
| 二、传输层协议应提供的服务 .....       | 141 |
| 三、传输服务原语及时序关系 .....       | 143 |
| 四、传输层协议类型 .....           | 146 |
| 五、OSI 传输协议机制 .....        | 146 |
| 六、传输控制协议 TCP .....        | 153 |
| § 4.5 高层协议 .....          | 155 |
| 一、会话层 .....               | 155 |
| 二、表示层 .....               | 159 |
| 三、应用层 .....               | 169 |
| 习题 .....                  | 177 |
| <b>第五章 局域网及其协议</b> .....  | 178 |
| § 5.1 局域网的定义及特征 .....     | 178 |
| 一、局域网的定义 .....            | 178 |
| 二、局域网的特征 .....            | 178 |
| § 5.2 局域网的分类及组成 .....     | 178 |
| 一、局域网的分类 .....            | 178 |
| 二、局域网的组成 .....            | 179 |
| § 5.3 局域网的拓扑结构及传输介质 ..... | 179 |
| 一、局域网的拓扑结构 .....          | 179 |
| 二、局域网网络拓扑结构的选择 .....      | 182 |
| 三、局域网传输介质 .....           | 182 |
| § 5.4 局域网协议及标准 .....      | 183 |
| 一、局域网参考模型 .....           | 183 |
| 二、局域网标准 .....             | 184 |
| 三、逻辑链路控制 (LLC) 协议 .....   | 184 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 四、介质访问控制(MAC)协议 .....                   | 188 |
| § 5.5 局域网的性能选择及发展 .....                 | 211 |
| 一、局域网的综合性能指标 .....                      | 212 |
| 二、局域网选择的考虑和步骤 .....                     | 213 |
| 三、局域网技术的发展 .....                        | 215 |
| 习题 .....                                | 218 |
| <b>第六章 网络互连</b> .....                   | 219 |
| § 6.1 网络互连概述 .....                      | 219 |
| 一、网络互连的目的 .....                         | 219 |
| 二、网络互连需要解决的问题 .....                     | 219 |
| 三、网络互连分类 .....                          | 220 |
| § 6.2 用网桥实现网络互连 .....                   | 220 |
| 一、网桥的产生 .....                           | 220 |
| 二、网桥的结构 .....                           | 222 |
| § 6.3 用网关实现网络互连 .....                   | 223 |
| 一、网关的功能 .....                           | 223 |
| 二、网关的结构 .....                           | 223 |
| § 6.4 互连协议 .....                        | 225 |
| 一、X.75 协议 .....                         | 225 |
| 二、IP 互连协议 .....                         | 226 |
| 三、IEEE802 互连协议 .....                    | 230 |
| § 6.5 局域网与广域网的互连 .....                  | 232 |
| 习题 .....                                | 234 |
| <b>第七章 计算机网络在石油工业中的应用</b> .....         | 235 |
| § 7.1 计算机网络的应用和发展 .....                 | 235 |
| § 7.2 计算机网络在国外的应用 .....                 | 236 |
| 一、Client/server—国外计算机应用的新模式 .....       | 237 |
| 二、计算机网络和数据库技术应用示例—Taurus 公司计算机网络 .....  | 238 |
| 三、一个石油领域中的网络环境——TUFFP 网络 .....          | 240 |
| § 7.3 微机远程传输系统在国内石油系统中的应用 .....         | 242 |
| 一、有线传输系统 .....                          | 242 |
| 二、无线传输系统 .....                          | 243 |
| 三、石油文献检索系统——PDIS 网络 .....               | 243 |
| § 7.4 局域网络在我国石油系统中的应用 .....             | 244 |
| 一、局域网在管理信息系统中的应用 .....                  | 244 |
| 二、管理信息系统中局域网的组建原则 .....                 | 246 |
| § 7.5 计算机资源共享网络在我国石油系统中的应用 .....        | 248 |
| 一、校园网络 .....                            | 248 |
| 二、VAX 主机的 DECnet 网络——大庆油田局机关局域网简介 ..... | 250 |
| 三、多机互连网络在石油勘探开发科学研究院中的应用 .....          | 253 |



|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| § 7.6 石油天然气总公司计算机广域网络简介 .....           | 254 |
| 一、建立 CNPCNET 的必要性及目的 .....              | 254 |
| 二、建立 CNPCNET 的可能性及现实条件 .....            | 255 |
| 三、CNPCNET 的总目标及要求 .....                 | 256 |
| 四、CNPCNET 的建设现状 .....                   | 257 |
| § 7.7 CNPCNET 的通信子网——石油数据通信网的组网方案 ..... | 258 |
| 一、数据通信网的组网方式 .....                      | 258 |
| 二、石油数据通信网网络结构方案 .....                   | 259 |
| § 7.8 CNPCNET 的网络协议 .....               | 261 |
| 一、CNPCNET 的网络协议 .....                   | 262 |
| 二、CNPCNET 的特点及主要攻关技术 .....              | 262 |
| 附录 英汉对照词汇表 .....                        | 267 |
| 参考文献 .....                              | 278 |

# 第一章 引 论

如果说 18 世纪是机械时代, 19 世纪是蒸汽机时代的话, 那么 20 世纪则是伟大的信息时代。通信卫星的发射, 全球电话传真网的形成, 计算机技术的全面普及, 都是这一伟大时代的根本标志。计算机网络技术就是随着信息时代到来而诞生的一门综合性学科, 目前它已广泛应用于社会的各个领域, 受到人们的普遍重视, 成为当今计算机技术的四大发展方向之一(其它三个是计算机巨型化、计算机微型化和计算机智能化)。

计算机网络技术还处在迅速发展之中, 它是计算机技术、通信技术、自动化技术等相互渗透、相互结合的结果, 是一门涉及到计算机硬件、软件、通信、信息处理和信息工程等的综合性学科。就目前而言, 是否具有全国性的计算机网络, 已经成为衡量一个国家的科技水平的标志, 是一个国家综合国力和信息化程度的主要表现。在我国, 发展全国性计算机网络是四化建设的重要内容, 也是发展其它学科的重要基础, 是国家信息化的一个重要条件。因此, 学习计算机网络知识, 不仅具有极强的理论意义, 而且具有极大的实践意义。本章将介绍网络的形成与发展及网络的定义、分类、结构等一般概念。

## § 1.1 计算机网络的产生与发展

### 一、计算机网络的产生

自从 1946 年第一台电子计算机诞生以来, 以计算机为主体的各种远程信息处理技术应运而生, 计算机与通信的结合也在不断地发展, 计算机网络技术就是这种结合的结果。1952 年美国半自动化的地面防空系统(SAGE)可以看做是计算机技术和通信技术的首次结合。SAGE 系统分为 17 个防区, 每个防区的指挥中心装有两台 IBM 公司的 AN/FSQ-7 计算机(每台机器有 58000 只电子管, 耗电 1500kW), 通过通信线路连接防区的各雷达站、机场、防空导弹等, 形成联机系统。计算机中的程序帮助指挥员做出决策, 自动引导飞机、导弹对目标进行拦截。SAGE 系统首次使用了人机交互显示器, 并以小型计算机做为其前端机, 研究了高可靠性的多种路由选择算法。60 年代美国航空公司的联机订票系统, 是计算机和通信技术结合的典范, 它通过通信线路, 将遍布全美的 2000 多台终端连接起来, 以一台 CABRE-I 为中心机, 进行实时事务处理, 产生了巨大的经济效益。1969 年, 美国国防部高级计划研究局 ARPA 网的开通, 标志着计算机网络的正式形成, 是计算机技术和通信技术全面深入的结合, 是计算机网络发展的一个里程碑。进入 80 年代, 微型机技术有了突飞猛进的发展, 它已渗透到社会的各个方面。但是由于微型机资源有限, 且处理能力低, 自然就产生了利用通信技术将微机互连形成局部网的需求。办公自动化系统、管理信息系统等应用系统的研制, 为微机局域网的发展注入了活力, 使得微机局域网技术成为计算机网络中一个独立的分支。如果说广域计算机网络扩大和延伸了信息社会中信息资源的共享范围, 那么局域网则增加了社会信息的共

享密度。显然，广域网与局域网的互连，既能增加信息共享的范围，又能增加共享的密度，形成网际网网络。

二、计算机网络的发展过程

计算机网络的发展，也是一个从简单到复杂，从低级到高级的过程，一般认为它经历了三代。

(一) 面向终端的通信网（第一代）

早期计算机数量很少，价格十分昂贵，用户必须去计算中心使用机器，这显然是不方便的。1954 年，人们研制了一种称为收发器（Transceiver）的终端。使用这种终端，人们首次实现了将穿孔卡片上的数据通过电话线路发送给远方的计算机。此后，电传打字机也做为远程终端与计算机相联，用户可在远地电传打字机上敲入自己的程序，并从打字机上得到结果，从而开始了计算机与通信的结合。

由于最初的计算机一般是为批处理信息而设计的，所以，远程终端和计算机相连时，必须在计算机上增加一个接口才行，这样就出现了如图 1-1 所示的线路控制器（Line Controller）。图中调制解调器的主要作用，就是把计算机或终端的数字信号转换为可在电话线路上传送的模拟信号以及作相反的变换。

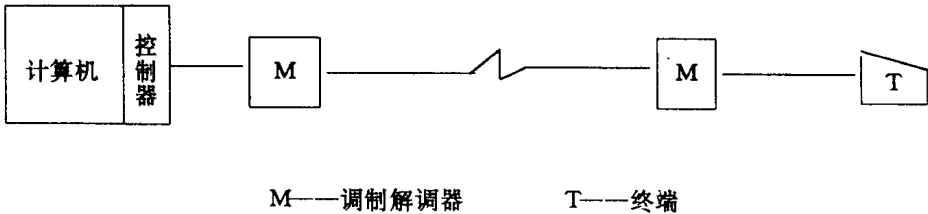


图 1-1 计算机和远程终端的连接

随着远程终端数目的增加，在 60 年代初期，出现了多重线路控制器（Multiline Controller），它可以和多个远程终端相连，这种联机系统称为面向终端的计算机通信网，也有人叫它为第一代网络（如图 1-2）。这里计算机仍然是网络的中心和控制者，其主要任务仍然是批处理。

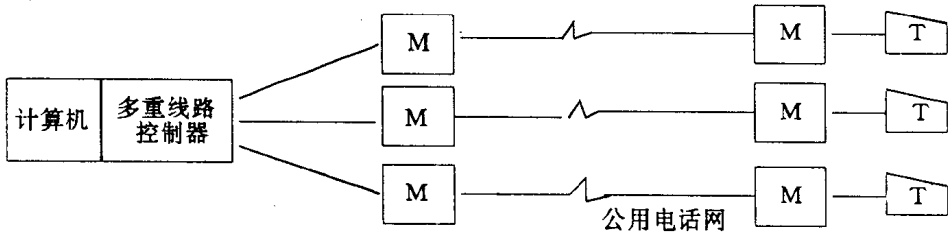


图 1-2 多重线路控制器的连接

大家知道，计算机最初是为科学计算而设计的，然而人们很快认识到，计算机还可以做数据处理，而且计算机的非数值运算应用要比科学计算广泛得多。于是，计算机的用户迅速增多，但是每增加一个用户，就要对上述的线路控制器进行硬件和软件的改动，以适应新加入的终端的字符集和传送速率等，这样就使得主机的负担过重。也就是说，远程终端的通信对以成批处理为主要任务的计算机造成了一个相当大的额外开销。人们认识到应该设计专门

的通信处理机来负责通信工作，而把主机从通信事务中解脱出来，通信处理机又称前端处理机 FEP (Front End Processor)，有时也称前端机。前端机的使用，大大提高了联机系统的效率。一直到现在，前端机仍然在计算机网络中起着重要的作用。

## (二) 第二代网络

在面向终端的通信网中，终端和计算机间的数据交换是通过线路进行的，但人们很快认识到这种线路交换技术不适于计算机的数据传输。这是因为用户应支付的通信线路费用主要是按占用线路的时间计算的，而在整个计费时间内，计算机的数据是间歇性地或突发式地出现在传输线路上，线路真正用来传输数据的时间不到 10%，甚至只有 1%，在绝大多数时间内，线路往往是空闲的。例如，用户正在阅读屏幕上的信息，而计算机可能正在处理用户请求但尚未得出结果，虽然用户和计算机均未休息，然而宝贵的通信线路资源就这样被浪费了。不仅如此，线路交换建立通路的呼叫过程对计算机通信也嫌过长。线路交换是为打电话而设计的，打电话的平均持续时间为几分钟，因此呼叫过程（约 10~20 秒）不算太长。但对计算机通信而言，1000bit 的数据在 2400bit/s 的线路上传输时不到半秒钟，相比之下，呼叫过程就太长了。另外，由于计算机和各种终端的传送速率很不一样，采用线路交换时，不同类型、不同规格、不同速率的计算机终端互相很难通信，因此，应采用一些措施以适应这一情况。这同样也需要新的交换方式来改变线路交换，以适应计算机通信的要求。

分组交换技术就是在这种背景下产生的，它是现代通信网的核心基础。分组交换 (Packet Switching) 最初是在 1964 年 8 月由巴兰 (Baran) 在美国兰德公司 (Rand) 讨论分布式通信中提出的。在此前后，即 1962 年至 1965 年，美国国防部远景规划局 DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) 和英国的国家物理实验室 NPL 都对新型计算机通信网进行了研究。1969 年 12 月，美国的分组交换网 ARPANET 投入运行，从此，计算机网络进入了一个崭新的纪元。现在大家公认 ARPANET 是分组交换网之父，并将分组交换网的出现作为现代电信时代的开始。

ARPANET 的出现，使计算机网络的概念发生了根本的变化。早期的面向终端的计算机网络是以单个主机为核心的星型网（如图 1-3 (a)），各终端通过通信线路共享主机的硬件和软件资源。而现在却是以通信子网为中心（如图 1-3 (b)），主机和终端都处在网络的外围。这些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，而且还可以共享用户资源子网的硬件和软件资源。这种以网络为中心的计算机网络，通常称做第二代网络。

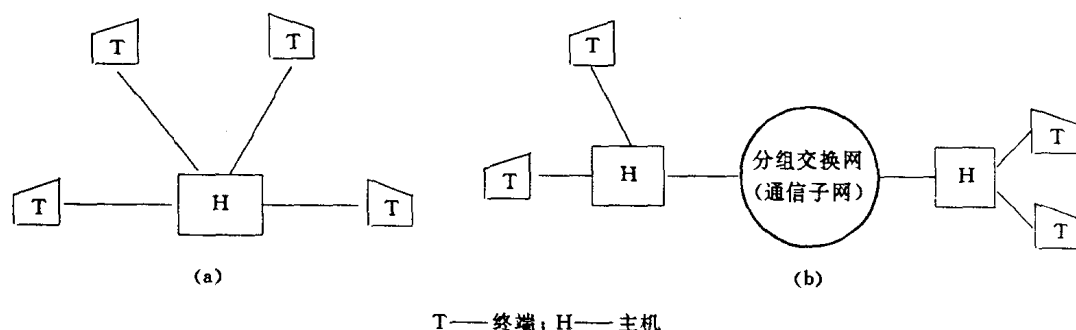


图 1-3 网络结构的演变

## (三) 体系结构标准化网络 (第三代)

计算机网络是一个十分复杂的软件系统，我们可以设想一下两台机器互相传送文件这一

最为简单的操作,显然两计算机物理上必须有传送数据的通路,但仅有这一点还远远不够,还需要两机器在软件上互相协调。例如:何时发送,何时接受,文件格式怎样,传输中出现差错如何处理等等。为了设计这样一个复杂的系统,首先就要研究其体系结构。最初 ARPANET 设计时提出并采用了分层的方法。这样,将一个复杂的系统转化为若干局部问题,而这些局部问题比较容易处理。

随着网络系统的不断普及,各大计算机公司纷纷宣布自己的网络体系结构。1974 年,IBM 公司宣布了它的网络体系结构 SNA (System Network Architecture)。这个著名的网络结构标准,也是按照分层的方法制定的,它的出现,极大地推动了网络体系结构标准化的进程,成为世界上使用较为广泛的一种结构。目前全球采用 SNA 标准设置的标准在 15000 个以上。此后各个公司纷纷提出了自己的结构标准。如 DEC 公司提出了 DNA 标准(数字网络系统结构);Univac 公司公布了 DCA(数据通信体系结构)等。在各公司纷纷提出各自标准的情况下,国际标准化组织 ISO 为适应网络发展的趋势,于 1977 年成立了 TC97 计算机与信息处理标准化委员会下属的 SC16 开放系统互连分技术委员会。在研究吸取了各计算机厂商的标准的前提下,开始着手制定开放系统互连的一系列标准,旨在使各厂商的各种型号的计算机能方便地互连。不久,该委员会就提出了著名的开放系统互连基本参考模型,也就是通常所说的“七层协议”。从此,计算机网络走上了标准化的轨道。我们把体系结构标准化网络称为第三代网络。

1980 年,正当微机技术迅猛发展之时,美国电子电气工程师协会(IEEE)就成立了 IEEE8-02 局域网标准化委员会,经过几年的研究,制定了 IEEE802 系列标准,使局域网一开始就走上了标准化的轨道,所以局域网是典型的第三代网络。

### 三、计算机网络的应用及发展前景

#### (一) 计算机网络的应用

计算机网络是计算机应用的高级形式,它使信息传输、资源分配、信息处理一体化。它的应用不仅对整个社会产生重大的影响,而且对于计算机科学的许多研究领域,如人工智能、并行算法等都会起到推动作用。目前,计算机网络的应用,基本上有如下几种类型:

1. 通过网络使用远程程序。如某公司建立了一个模拟世界经济情况的模型。该模型允许登录入网的用户使用该程序。这样,网络用户便可通过该模型了解各种经济情况,如货币的升贬,通货膨胀率等。这实际上做到了信息资源的共享。

2. 通过网络使用远程数据库。也许用不了多久,用户坐在家,就可以阅读世界各地的报纸,预订世界各地的机票和车船票等。电子化的图书馆将使您不用去书库便可在机器上阅读您想要的文献。

3. 网络的第三类应用是作为通信媒介。科学工作者可以通过网络把电子邮件发往世界各地,通过网络还可将声音、画面等多媒体信息发往世界各地。

总之,随着网络的发展,信息的通信将会大大节省交通旅行的费用,信息革命将象任何其它革命一样,变革整个社会。

#### (二) 计算机网络的发展前景

计算机网络的发展主要集中在如下几个方面。

1. 通信网及通信设备的智能化

随着计算机技术的发展,程控交换已广泛应用于各级网络,它采用了分布式控制、模块

化结构、遥控交换等技术。因此，可靠性高，灵活性大，并且可节省大量投资。随着程控技术的发展，转接信号采用公共信道信号方式，可节省昂贵的接口设备。在网络管理方面，可利用微机和计算机对全网进行集中监控。提高网络的可靠性和工作效率，实现网络管理的自动化。程控交换、公共信道信号系统及网络的集中监控系统，构成了网络智能化的主要内容。通过这些手段，可实现网络工作状态的自动分析，故障的自动检测及预报，信息流的自动控制，网络组织的自动调整等工作。

## 2. 建立综合业务数字网 (ISDN)

目前存在的各种网络都是面向不同应用的。很明显，适用于这种业务的网络未必也适用于另一种业务。由于新业务的不断出现，很难为每一种新的业务建造适合于该业务的新型网络，这是目前我们面临的主要矛盾。人们终于认识到，只要各种业务均采用数字化技术，即将各种信息，如声音、数据、图形、图像……等，都转变为数字代码进行传送，那么只需建造一种数字网络，就可以方便地传送各种不同的业务信息。这就是众所周知的综合业务数字网 ISDN (Integrated Services Digital Network)。尽管 ISDN 网可带来不少经济上的好处，但也不是马上就可以实现的。这不仅由于 ISDN 技术复杂，而且还因现有的各种网络投资甚巨，不可能将旧网络全部更新。如何从现存的网络逐步过渡到 ISDN，是一个十分复杂的问题。各国的具体情况不同，过渡到 ISDN 的策略也不同。但 ISDN 是网络发展的目标，未来的计算机网络迟早将要纳入到 ISDN 中去。

## 3. 光纤网

用光缆代替电缆，建立光纤网是网络发展的必然趋势。发达国家目前已经普遍使用了光缆计算机网，我国以后也不拟再建新的以电缆做为媒介的通信系统。这主要是因为光缆与电缆相比，有如下明显优点。第一，通信容量大。理论上可以通 100 亿路电话或 1000 万套电视。第二，光纤的可靠性高。它不受环境电磁波的影响，因此抗干扰能力强。第三，光纤对每一种频率的损耗都一样，因此可大大降低增益成本。除此之外，光纤还具有保密性好、铺设简单、维护方便等特点。当然，光纤通信也具有一些缺点，如制造工艺复杂，耦合困难，当光纤破裂时故障点难以寻找等。

# § 1.2 计算机网络的定义、功能、类型及组成

## 一、计算机网络的定义

什么是计算机网络，多年来对这个问题的定义并未完全统一，其定义的内容随着发展阶段和观点的不同而不同。在 ARPA 网建成以后，有人将计算机网络定义为“以相互共享资源（硬件、软件和数据）方式而连接起来，且各自具有独立功能的计算机系统的集合”。这个定义强调了网络建设的目的，但却没有给出物理结构。在网络发展到第二代后，为了与第一代相区别，又有人将其定义为“在网络协议控制下，由多台主计算机、若干台终端、数据传输设备所组成的计算机复合系统”。这个定义过于强调了网络的组成，没有给出网络的本质。近年来，随着网络研究的不断深入，人们普遍公认如下定义：

凡将地理位置不同，具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和线路连接起来，以功能完善的网络软件（即网络的通信协议、信息交换方式及网络操作系统等）实现网中资源共享的系统，称为计算机网络。

由此定义我们可以看出，网络建造的目的是资源共享，而手段是计算机通信。这里网中的资源包括大型数据库、大型计算机等。资源共享是计算机网络中一个十分重要的概念，为正确理解资源共享，先介绍两个有关定律。

第一是“大数定律”：设有很大数量的用户，他们使用资源的要求都是突发式地随机产生的。如果将全体用户看成为一个整体时，则这个整体对资源的使用要求却变得相当“平滑”，并且也是可以预测和比较稳定的。

大数定律是资源共享的基本定理，它对于确定一个网络系统究竟需要多少资源是有用的。我们应该注意到，当用户数目较少时，由于用户的要求是突发式的，所以或者是由于用户可用资源较少而不能满足用户，或者是不适当地增加用户可用资源，造成资源利用率不高。只有当用户数目较大时，整个系统的负荷才越来越趋于平稳。

第二是“规模经济性”原理：当资源与用户数目同时按比例增加时，在一定范围内，规模越大就越经济。

这两个资源共享的基本定理告诉我们：共享的资源越多，系统的某些性能（如负载的平稳性、资源的利用率、网络的响应时间等）就越好。这也是建设网络的一个关键的理论根据，是一个很重要的概念。

理解计算机网络的定义，应注意如下几点：

1. 网络中的计算机是功能独立的，或称之为“自主”的。也就是说，它们之间没有明显的主从关系，一台计算机不能强制地起动、停止或者控制网中其它的计算机。所以，带有大量终端的联机系统，以及具有一个控制单元和多个从属单元的系统都不是计算机网络。

2. 计算机网络的概念不能和分布式系统（Distributed system）的定义相混淆。两者的关键区别在于：在分布式系统中，多台独立自主的计算机的存在，对用户来说是透明的。对于用户提交的任务，操作系统会选择最为合适的处理机，找到相应的文件，并将处理结果放到适当的地方。这样，用户感觉到的是一台具有分布功能的虚拟单处理机。而在网络中，用户需在指定的机器上登录，远程操作时，用户必须指定把任务提交给某台机器，传输文件必须指定源机器和目标机器。

分布式系统和网络系统相比，也有许多共同的特点，就其应用效果来讲，分布式系统可以看成网络系统的特例。另外，两者都需要在系统内进行文件调度。

3. 计算机网络，特别是局域网系统和多终端分时系统不同。虽然，目前多终端联机系统仍是广泛应用的一种形式，在功能、形式等许多方面和局域网有着许多相似之处，但网络系统在以下方面有着不同于分时系统的优点：

- 网络是许多自主的主机互连，各个机器的资源可以共享，也可以共享主机的外围设备，这一点分时系统做不到。

- 由于终端数目的增加，分时系统的效率会明显降低，而网络中增加结点，在一定范围内不但效率不会降低，而且还会提高整个系统的效率和资源。

- 多终端系统中，终端之间不能进行直接通信，但网络中各结点间可容易地实现结点间的互访。此外，多终端系统中，还要求主机的内存、速度均要较高，而网络中的各结点要求的仅相当于一个终端的环境配制。

## 二、计算机网络的功能

由计算机网络的定义可知，计算机网络的主要优点在于资源共享。由于在计算机网络中

含有各具特色的计算机系统，因此，资源共享可以为用户带来许多好处，它不仅使计算机作用的范围超越了地理位置的限制，而且也增大了计算机本身的威力。总的来说，计算机网络的功能如下：

#### 1. 实现数据信息的集中综合处理

通过网络可对分散在各地计算机中的数据资料适时地进行综合处理，形成各种报表，供决策者参考，这是网络最基本的功能。如自动订票系统、政府部门的计划系统、气象数据收集处理系统等都是利用此功能实现的。

#### 2. 可进行资源调剂

计算机的许多资源是宝贵的，例如，大型计算机、大容量磁盘、光盘、数据库等。计算机网络的建立使得这些资源得到共享，避免重复投资和设备浪费。总之，通过网络实现资源的互通有无，使整个系统的资源利用率大大提高，使数据处理的平均费用大大下降。

#### 3. 提高系统的可靠性

在单机运行的某些应用中，若没有备用机，则当计算机的某一部件发生故障时，便引起停机，若采用备用机，则会大大提高系统的成本。计算机纳入网络环境后，若网中某一处理机发生故障，则可由别的路径传送信息或转到别的系统中代为处理，以保证系统的正常操作而不至于瘫痪。同样，若某一数据库中的数据因处理机发生故障或因误操作而丢失时，可以从另外的结点备份数据库中得以恢复，不至于造成大的损失。此外，还可以在某些结点上设置一些后备设备，起全网备份的作用。这样，投资小，见效大，使整个网络的可靠性大大提高。

#### 4. 均衡负载，相互协作

当某一个计算中心的任务很重时，可通过网络将此任务传给空闲的计算机去处理，以调节忙闲不均的现象。此外，时差也为计算机网络带来了很大的灵活性。一般白天计算机负荷较重，晚上较轻，地球时差正好为我们提供了半个地球的调度余地。

#### 5. 能进行分布式处理

在计算机网络中，用户可根据问题的性质和要求，选择网络中最合适的资源来利用。对于大型综合性问题，可采用合适的算法，将任务分散到不同的计算机上进行分布处理；各计算中心连成网络也便于共同协作进行重大科研项目的合作研究。由于计算机价格的不断下降，利用网络技术还可以将小型机、微型机系统连成具有高性能的计算机系统，使复杂的问题得以解决。

#### 6. 方便用户，易于扩充

计算机网络建成后，用户通过自己的结点方便地获得所需的服务，当需要扩大网络或增加工作站点时，只需要把相应的设备挂在网络上即可。

#### 7. 节省软硬件设备的开销

因为每一个用户都可以共享网中任意位置上的资源，所以网络设计者可以全面统一地考虑各工作站上的具体配置，从而达到最低的开销和最佳的效果。例如，远程工作站可以通过某些具有远程通信功能的结点实现远程信息交换，而无须将每一个工作站上都配上远程通信装置。

以上仅仅列举了一些网络通常具备的功能，随着计算机应用范围的不断扩展，计算机网络的功能和提供的服务必将不断增加。据国外不完全统计，目前通过网络实现的服务已达2000多种，这些服务大致可以归纳为询问系统、数据采集系统、信息转发系统、远程处理和



远程作业录入系统等。

### 三、计算机网络的分类

计算机网络是数据通信和数据处理相结合的系统，从不同的角度可对网络进行不同的分类。下面介绍几种分类方法：

1. 从网络覆盖的范围可将网络分成广域网和局域网。在广域网内，通信的传输装置和介质由电信部门提供，范围可遍布一个城市，一个国家乃至全世界。局域网一般由一个部门或公司组建，在地理位置上限制在一个建筑，一个公司部门之内。局域网的特点是灵活方便，传输效率高。但随着信息社会的不断发展，局域网必将会同广域网相连接，只有这样，才能使其发挥更大的作用。

2. 根据网络的所有权性质，可将网络分成专用网和公用网。公用网是由电信部门组建的，一般都是由国家政府或管理部门管理控制，网络内的传输和转接装置可供任何部门使用，可联结众多的计算机和终端。专用网是政府部门或一个公司经营组建，不允许其它部门和单位使用。

3. 按网络的拓扑结构划分，可将网络分成集中式网络、分散式网络和分布式网络。所谓拓扑结构是指网络中各结点或工作站之间相互连接的构形。它反映整个网络的整体结构外貌和网络的结构特性。在网络拓扑中，称各工作站为结点。它支持网络通信，具有转发、缓存或数据处理能力，实现网络的数据交换。在一个集中式网络里，所有信息必须经过中央处理设备（即交换结点）。链路都从中央结点向外辐射。这个中心结点的可靠性基本上决定了整个网络的可靠性。集中式网络又称为星型网（如图 1-4（a）所示）。有时为了增加可靠性，可采

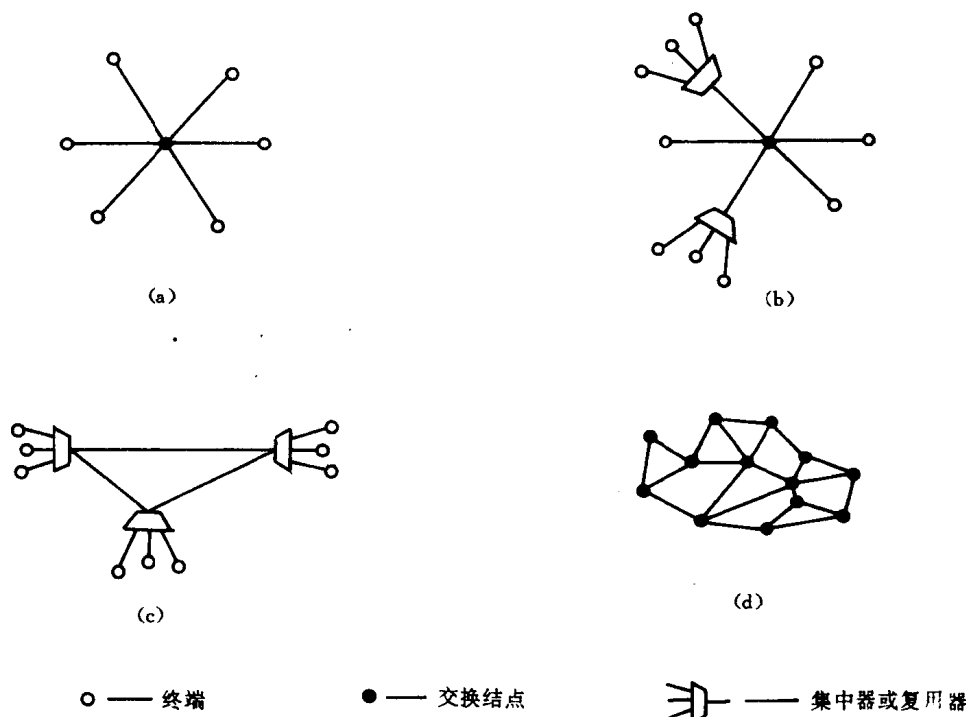


图 1-4 集中式网络

用双中心结点。若很多个终端比较集中在某处时，可采用集中器和复用器。集中器具有存储功能，因而其输入链路容量的总和可超过输出链路的容量。复用器的输入链路容量的总和则