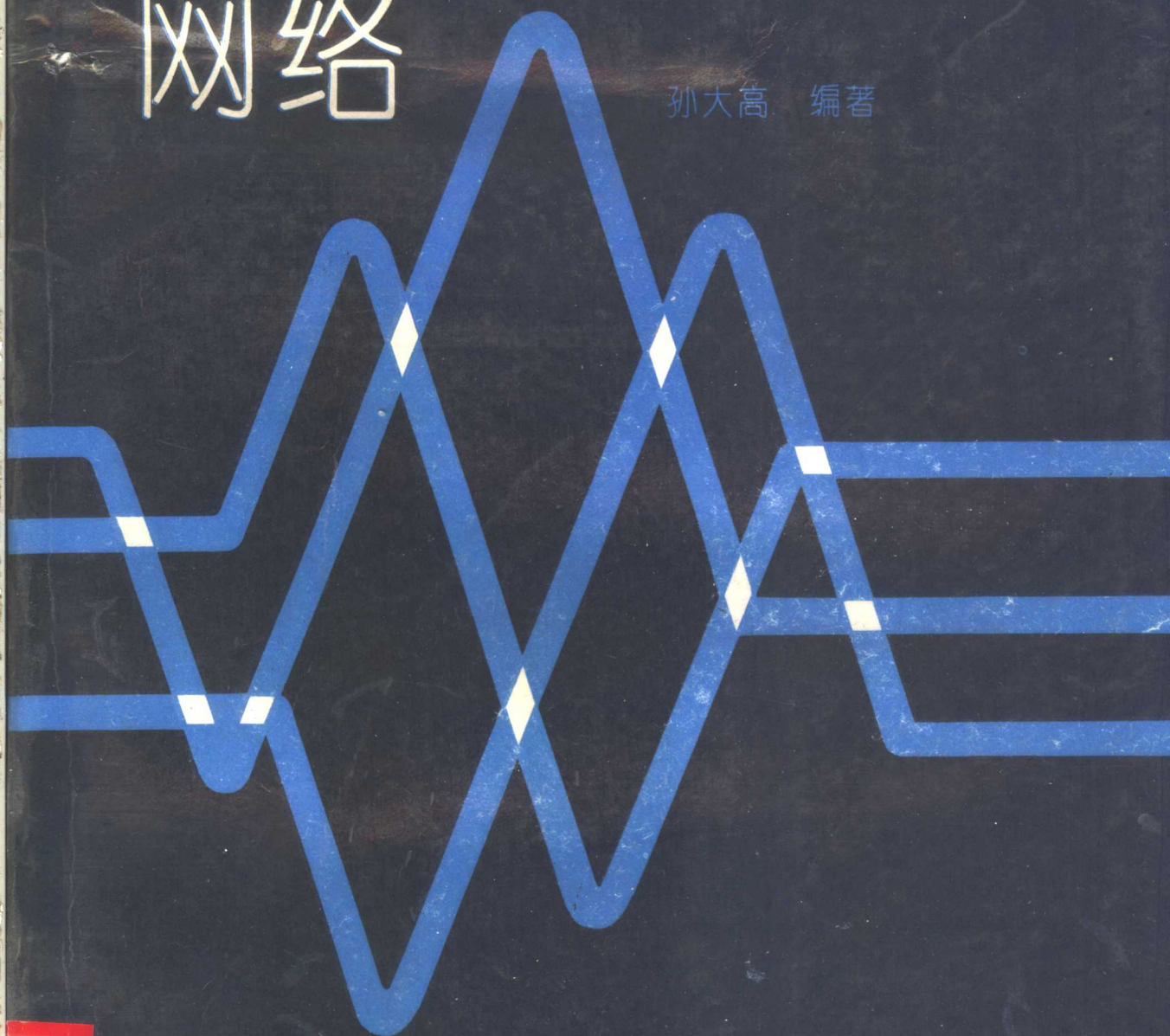


计算机通信 网络

孙大高 编著



武汉大学出版社

计 算 机 通 信 网 络

孙大高 编著

武 汉 大 学 出 版 社

计算机通信网络

孙大高 编著

*

武汉大学出版社出版发行

(430072 武昌 珞珈山)

荆沙市印刷一厂印刷

*

787×1092 16开本 20印张 470千字

1992年5月第1版 1995年7月第2次印刷

印数:2001—5000

ISBN 7-307-01025-9/TP·38

定价:16.00元

前 言

计算机通信网络这门课程涉及到计算机系统和通信工程这两大技术领域,是当今多种先进技术的综合,代表了 20 世纪后期信息化社会的重要特征,这种计算机通信网技术正在我们的生产和生活领域里发挥着越来越大的作用。银行出纳、商业公司的管理、飞机票的预订,以及我们的办公室业务自动化、生产企业的管理,大至一个部、委、国家管理机构的日常行政业务都越来越离不开计算机通信网络,它已成为我国四个现代化进程中,电子工业所肩负的重要职责之一。

计算机通信网络是计算机技术与通信技术两者结合的产物,因此在本书内,我们将从结合的观点来论述和研究计算机通信网络,它体现了目前在这两个技术领域许多最新的最先进的发展,因此研究这门新的学科也要基于计算机和通信这两门学科,并且立足于两者结合的观点去讨论已发展起来的技术和探讨将要开拓的新领域,使我们能驾驭计算机通信网这个突飞猛进发展的新学科。对于现代通信学科的科学来讲,他们已充分地认识到科学的发展正在把自己带到一个崭新的领域内,他们如果只考虑信号传输、调制、抗干扰度、误码率等等传统的概念,那已经是远远不够的了,他们还必须考虑到计算机在通信网中所起的重大作用,它不仅是一个信息处理机,在通信网中同时也是一个通信控制机,计算机网络正在把大量的型号各异的计算机,采用越来越复杂的拓扑结构联系在一起。因此重要的一个方面是,合理地选择信息流动的路径,充分地而又不拥挤地利用通信线路,以及代码格式转换、保密和寻址、流控制和近几年提出来的新的、大胆的新概念,诸如信息的综合传输等问题。

计算机网络区别于其他计算机系统的两大特征是分布式处理和资源共享。分布式处理使我们在网络的任何一个结点上都具有很强的自治性,资源共享特性使这些相对自治的用户结点享有前所未有的大量的计算机硬件、软件和数据资源,使网上的每一个用户都成为资源充沛,能力极强的拥有者。这正是通信技术注入到计算机系统中所萌发的新的产物。

本书的宗旨就在于为计算机通信网络这种综合性的新技术领域提供一本供教学、研究和开发用的较全面的教科书和技术参考书,在有限的篇幅内,力求达到能将材料较多涉及面较为广泛的内容阐述清楚,以便对当前网络的开发与应用提供某些有意义的资料。

本着这样的宗旨,我们在本书内将主要论述计算机网络的体系结构和计算机通信的基本原理。就计算机网络的结构而论,我们将重点讨论国际标准化组织(ISO)提出的 OSI(开放系统互连)参考模型,论述其七层协议,重点在低四层协议及其实现技术。OSI 的模型已成为世界上公认的较好的网络结构,并已成为世界各大生产厂家所支持的标准,但是为了回顾 OSI 标准发展的由来,以及使读者了解目前世界上正在广泛运行的各大计算机网络,我们将介绍一下 IBM 公司的系统网络结构(SNA),DEC 公司的数字网络结构(DNA)和全球性的最早发展起来的 ARPA 网络,以及具有典型应用价值的较为优秀的 Ethernet 局部地区网络和典型的无线传送的计算机通信网络 ALOHA 网。我们将从已发展起来的并且在世界上广

泛应用的网络例子中得到启示,从中提出将要研究的问题,并由此找到解决新的网络课题的立足点。

在通信原理的章节中,我们当然应该着重于介绍数据通信的原理,涉及到 PCM(脉码调制)传输技术,交换技术,抗干扰编码以及调制解调技术和有关的标准化协议(CCITT 的 X 系列和 V 系列建议)。

为了能够对计算机通信网的发展起到承上启下的作用,本书对今日正在发展兴起、未来二十年可能占领世界整个计算机通信网系统的综合业务数字通信,作了概要的介绍和评述,以飨读者求新之愿。

这本书更多讲的是计算机通信网络的体系及其涉及到的技术原理,因此在计算机通信网当中,有关的重要标准和协议在书中只作扼要介绍,较详细的资料将作为附录列在书后,以供网络设计者和使用者参考。总之,本书的宗旨在于讲述当前计算机通信网络已成熟的技术,介绍网络新发展的技术,并提供足够的技术资料,以求对设计者和使用计算机通信网络的同志都有某些帮助。

目 录

前 言	(1)
-----------	-------

第一章 计算机通信网络总论	(1)
---------------------	-------

§ 1.1 计算机通信网络的发展过程	(1)
--------------------------	-------

§ 1.2 数据通信与计算机网络	(5)
------------------------	-------

§ 1.3 计算机网络的体系结构	(8)
------------------------	-------

1.3.1 ARPA 网络简介	(10)
-----------------------	------

1.3.2 SNA 网络简介	(12)
----------------------	------

1.3.3 DNA(DECnet)网简介	(13)
----------------------------	------

§ 1.4 开放系统互连(OSI)参考模型	(14)
-----------------------------	------

§ 1.5 计算机通信网络的分类	(16)
------------------------	------

§ 1.6 通信子网和 X.25 协议	(21)
---------------------------	------

§ 1.7 分布式计算机系统概论	(22)
------------------------	------

§ 1.8 几种计算机应用网络的范例	(24)
--------------------------	------

1.8.1 以太网(Ethernet)	(24)
---------------------------	------

1.8.2 剑桥环形网(Cambridge Ring)	(25)
-----------------------------------	------

1.8.3 无线广播包传输 ALOHA 网	(26)
-----------------------------	------

第二章 数据通信原理	(28)
------------------	------

§ 2.1 数据通信的基本概念	(28)
-----------------------	------

2.1.1 信道带宽和数据传输速率	(28)
-------------------------	------

2.1.2 单工和双工传输	(28)
---------------------	------

2.1.3 数据通信线路的连接方式	(30)
-------------------------	------

2.1.4 信息交换方式	(32)
--------------------	------

2.1.5 同步和异步通信	(38)
---------------------	------

2.1.6 数据通信系统的主要指标	(39)
-------------------------	------

2.1.7 通信线路	(41)
------------------	------

§ 2.2 数据通信系统	(44)
--------------------	------

2.2.1 数据传输系统	(44)
--------------------	------

1. 有线载波数据传输系统	(44)
---------------------	------

2. 微波接力数据传输系统	(45)
---------------------	------

3. 短波数据传输系统	(45)
4. 电话网综合信息传输	(45)
2.2.2 数据传输技术	(46)
1. 基带传输和频带传输	(47)
2. 多路复用	(53)
3. 差错控制和抗干扰编码	(54)
§ 2.3 数据传输设备	(59)
2.3.1 用模拟信道传送数据	(59)
1. 调制解调器	(59)
2. 调制解调器与通信控制装置的接口	(61)
2.3.2 数字传输信道	(61)
§ 2.4 X.25 协议——通信子网协议	(63)
2.4.1 DTE/DCE 物理级接口特性	(64)
2.4.2 链路级协议	(64)
2.4.3 分组级协议	(71)
§ 2.5 通信子网的硬件结构	(80)
2.5.1 通信控制处理机(CCP)	(80)
2.5.2 主机与通信处理机的接口	(83)
第三章 计算机通信网物理层和数据链路层协议及其实现	(85)
§ 3.1 ISO 关于 OSI 标准的制订	(85)
3.1.1 OSI 网络标准的功能分层	(85)
3.1.2 OSI 参考模型的层间连接	(86)
3.1.3 OSI 同等层通信协议的实现举例	(87)
3.1.4 ISO/OSI 参考模型的发展与现状	(89)
§ 3.2 物理层协议及其实现	(90)
3.2.1 物理层概述	(90)
3.2.2 物理层对数据链路层提供的服务及层内功能	(91)
3.2.3 物理层的基本特性	(92)
3.2.4 物理层协议举例	(94)
1. EIA RS-232-C 接口特性	(94)
2. CCITT X.21 协议	(97)
3. X.21bis 协议	(99)
4. CCITT V.24 协议中的 100 系列和 200 系列接口	(99)
5. EIA RS-449 协议	(101)
§ 3.3 数据链路层协议及其实现	(103)
3.3.1 基本概念	(103)
3.3.2 通信代码	(105)
3.3.3 基本型通信规程	(111)

3.3.4	高级数据链路控制规程(HDLC)	(116)
3.3.5	DDCMP 数字数据报文通信规程	(120)
3.3.6	流量控制和差错控制方法	(122)

第四章 通信子网通信

——	网络层功能及其实现	(127)
§ 4.1	计算机通信网的交换技术	(127)
§ 4.2	路由选择	(131)
§ 4.3	流量控制	(135)
§ 4.4	拥挤控制	(139)
§ 4.5	差错控制——报文分组的超时重发机构	(142)
§ 4.6	广播式信道通信子网	(144)
4.6.1	纯 ALOHA 系统	(145)
4.6.2	分片 ALOHA 系统	(147)
4.6.3	预约 ALOHA 系统	(148)
4.6.4	多路访问预约系统	(150)
4.6.5	载波检测多重访问(CSMA/CD)协议	(152)
4.6.6	通信证环形网络——Token Ring	(157)
1.	Token Ring(通信证方式环形网)	(158)
2.	Token Bus(通信证方式总线网)	(160)
3.	随机通信证方式	(161)

第五章 网络高层协议及其实现 (163)

§ 5.1	传输层	(163)
§ 5.2	传输层协议的实现	(165)
5.2.1	传输服务	(165)
5.2.2	寻址与连接建立	(166)
5.2.3	流量控制与缓冲器	(168)
5.2.4	多路复用	(169)
§ 5.3	报文分组交换网络的互连——信关(Gateway)	(170)
5.3.1	基本概念与术语	(170)
5.3.2	信关的设计和连接方式	(172)
5.3.3	CCITT X.75 模型	(174)
5.3.4	互连网络分组的分段	(177)
5.3.5	ARPA 网络的互连方法	(177)
§ 5.4	会话层	(178)
5.4.1	会话层给表示层提供的服务	(180)
5.4.2	会话层内的功能	(182)

5.4.3	会话层应用实例	(183)
§ 5.5	表示层	(184)
5.5.1	表示层对应用层提供的服务及其表示层功能	(184)
5.5.2	网络的安全与保密	(185)
5.5.3	文本压缩	(188)
5.5.4	虚拟终端协议	(190)
5.5.5	文件传送协议(FTP)	(192)
5.5.6	表示层举例——SNA 表示层	(193)
§ 5.6	应用层	(194)
5.6.1	网络协议分类和应用层协议构成	(194)
5.6.2	分布式数据库系统	(194)
5.6.3	分布式操作系统	(195)
第六章	计算机通信网络范例	(199)
§ 6.1	ARPA 网络	(199)
6.1.1	ARPA 网络信息传输过程	(199)
6.1.2	ARPA 网络的数据链路层	(201)
6.1.3	ARPA 网络的网络层	(202)
6.1.4	ARPA 网络的传输层	(205)
6.1.5	ARPA 网络的表示层	(209)
§ 6.2	DECnet 网络	(211)
6.2.1	DECnet 的一般特性及其体系结构	(212)
6.2.2	DDCMP 报文格式及其特点	(221)
6.2.3	网络服务规程(NSP)	(221)
6.2.4	DAP 报文格式及其控制顺序	(225)
6.2.5	DECnet 对用户提供的通信命令和实用程序	(227)
§ 6.3	SNA 网络	(234)
6.3.1	SNA 网的物理结构	(234)
6.3.2	SNA 网络的功能分层结构	(235)
6.3.3	SNA 的逻辑构成	(236)
6.3.4	通信控制结点的主要功能	(244)
§ 6.4	Ethernet 局部地区网络	(245)
6.4.1	Ethernet 的层间结构	(246)
6.4.2	数据链路层的功能和操作	(246)
6.4.3	Ethernet 物理层特性	(248)
6.4.4	Etherlink 传输板	(252)
6.4.5	Ethernet 软件系统	(255)

第七章 计算机通信网络设计基础	(256)
§ 7.1 网络拓扑分析及其图论基础	(257)
7.1.1 网络拓扑	(257)
7.1.2 网络可靠性分析的基础——图论	(257)
7.1.3 网络的连通性与可靠性	(258)
§ 7.2 网络时延的分析及其排队论基础	(261)
7.2.1 排队论的基本概念	(261)
7.2.2 平稳的 M/M/1 系统	(263)
7.2.3 M/M/1 队列网络的例子	(266)
§ 7.3 链路容量和流量分配	(269)
7.3.1 容量分配	(269)
7.3.2 流量分配	(272)
§ 7.4 分布式网络设计方法	(273)
7.4.1 支路交换法	(273)
7.4.2 割集饱和算法	(274)
第八章 综合业务数字通信网络展望	(278)
§ 8.1 CCITT 有关 ISDN 标准的制订	(281)
§ 8.2 宽带光通信线路走向实用化	(282)
§ 8.3 公用数字网络在世界各国的进展	(283)
§ 8.4 我国综合业务数字网络的展望	(285)
附录一 数据链路控制协议摘要	(288)
A.1 引言	(288)
A.2 二进制同步通信协议(BSC 或 BISYNC)	(288)
A.3 数字数据通信报文协议(DDCMP)	(290)
A.4 美国国家标准局 ANSI 的高级数据通信控制协议(ADCCP)	(293)
A.5 IBM 的同步数据链路控制协议(SDLC)	(296)
A.6 高级数据链路控制规程(HDLC)	(298)
A.7 CCITT 的 X.25	(298)
附录二 数据通信技术标准	(299)
附录三 在 OSI 模型中定义的服务和功能	(303)
参考文献	(307)

第一章 计算机通信网络总论

本章将论述计算机通信网络的发展过程,数据通信在计算机网络中的作用,从分析计算机通信网络所应完成的功能及其作用,提出分层结构的计算机网络体系结构概念,并就计算机通信网设计和应用的几个关键问题:通信子网、X.25 协议、分布式系统概念和某些应用范例作了概要的介绍。

§ 1.1 计算机通信网络的发展过程

从计算机系统初期发展的 50 年代起,人们已注意到计算机与通信系统的结合,通过通信线路连接起来的远程终端,以及由此而发展起来的分时系统,如图 1-1 所示,这是面向终端

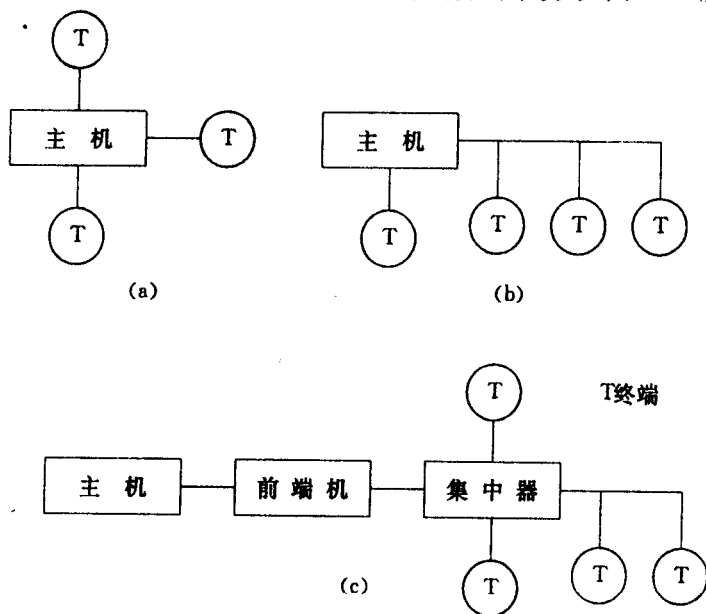


图1-1 面向终端的计算机网络

端的系统,被称为第一代计算机通信网络—终端—计算机网络。当通信线路加长时,线路费用比例增大,于是出现了许多终端共享通信线路的结构,如图 1-1(b)所示的多点式线路结构。为了能够在一条通信线路上有选择地连通某一终端,以及当多个终端同时要求使用主机时,解决它们争用和排队的问题,便需增加相应的硬件、软件和建立某些相应的协议。例如我们可以采用探测选择的方法去依次地询问各个终端是否要发送数据,如果被询问的终端站有数据要发送,则该站站在回答之后便可发送数据,在主机收受数据之后,便可依次轮询下

一个次站。这样的通信处理方式大大增加了主机的开销,使主机在数据处理的能力方面大幅度地下降。为了减轻主机的负担,在 60 年代出现了前端处理机或叫作通信处理机,并对一些分片聚集的远程终端设置了多路器和集中器,以更好的实现线路共享,并提高整个计算机通信网络的效率。如图 1-1(c)所示。多路器是一个按时间分割或频率分割原理构成的多路开关,而集中器则是起着与上述通信处理机相类似的小型计算机或微型计算机。集中器还可以连至其他集中器或多路器,然后再与终端相连,从而构成多级的树形结构网络。

面向终端的计算机通信网络广泛应用于军事、银行、铁路、民航、教育等部门。其中有代表性的如美国 50 年代建立的半自动地面防空系统(SAGE),它将雷达信息经过远程通信线路送到中心计算机进行处理,第一次实现了利用计算机通信网络实现远程的信息集中处理和控制在 1970 年投入使用的美国商用分时系统(TYMNET)在六十多个城市设有终端,除了供商业使用外,还可供各终端检索国立医药图书馆的资料。美国通用电气公司的 GE 网是世界上最大的商业数据网,它是树形多级结构,其主机与 7 个中心集中器相联系,中心集中器又与分布在 23 个地点的 75 个远程集中器相连,并设有两套线路交换器使各中心集中器之间可以互相转接,以便提高工作的灵活性和可靠性。

计算机通信网络的第二阶段发展,则是资源共享网络的产生,其主要的首创者就是美国国防部高级研究计划局的 ARPA 网络(ARPAnet)。这个计算机网络于 1969 年建成有 4 个结点相连的网络,到 1975 年已有 100 多台不同型号的大型计算机连在网中,其最初的网络

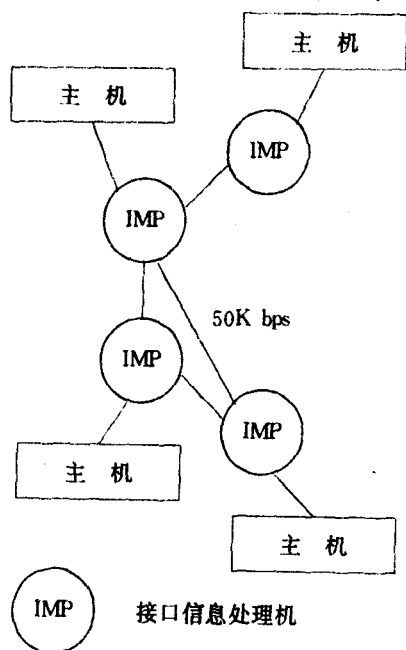


图1-2 ARPA网的初期结构

结构如图 1-2 所示。计算机与计算机之间经过小型计算机组成的接口信息处理机(IMP)再连接在一起,各地用户终端均与本地主机相连,用户需要访问远地主机时,先经本地主机将报文送至本地 IMP,在这里将报文分解成规定长度的报文分组,并将各 IMP 报文分组沿着选定的路径送到目的 IMP 中,在这里重新组合各分组,将恢复之后的报文送到终点主机。它所用的交换报文的方式叫作报文分组交换,ARPA 网正是分组交换的首创者。1972 年 ARPA 网中又增设了终端接口处理机(TIP),它既有 IMP 的功能,又能直接与终端 T 相连。这样,有的终端就可以不必经过主机,只要与本地 TIP 相连即可。各 IMP 和 TIP 经高速通信线路连成的子网叫作通信子网。主机系统(软件、硬件和数据库)、终端、集中器等,则统称为资源子网。通信子网的主要任务是保证可靠的和高效能的数据通信,主机及其终端对它来说只不过是数据通信的用户。资源子网的任务主要是数据处理,它不需要再作通信处理,而集

中资源服务于提高主机系统的效能。这是 ARPA 网的又一个新的特点。ARPA 网的第三个特点则是首次实现了层次结构的协议。ARPA 网将协议分为四个层次,如图 1-3 所示。协议是通信双方如何进行对话的约定,如通信方式、代码格式、帧结构及应答关系等,它是网络组成中极其重要的一部分。协议的分层化使之结构清楚,各层都相对集中了它本层的功能,而对某层协议的改动较少的影响其他层,使得网络的设计和修改都变得比较容易,而且对于

高层的网络用户来讲,低层协议都是透明的,非常便于用户使用

ARPA 网是第一个实现了资源共享的网络,为计算机通信网络的发展奠定了基础,它的许多技术对计算机网络的发展产生了深远的影响。随着 ARPA 网的建成与扩充,计算机通信网络的优越性进一步被证实,引起了许多国家建设计算机通信网络的热情。美国全国性的商用资源共享 CYBER 网络,包括欧洲的情报网 EIN 网络,以及英国国家物理研究所的 NPL 网络、法国的 CYCLADES 网络 and 日本的 JIPNET 网络,它们都是世界上知名的计算机通信网络,都采用了报文分组交换方式,技术上与 ARPA 网非常相近,为了适应计算机通信网络的迅速发展,各个计算机研究部门和生产厂家也都投入了网络体系结构的研究,并生产出一系列计算机网络系统的产品,这里最著名的有 1974 年 IBM 公司推出的系统网络体系结构(SNA 网);1975 年美国 DEC 公司提出的面向分布式网络的数字网络体系结构(DNA),它是 DEC 公司提供的网络系统的总称。它们都采用功能分层的结构体系,这许多种分层结构的计算通信网络的实际运行,为国际标准化组织(ISO)制订 OSI 协议提供了可依据的经验,也提供了世界各国能接受 OSI 参考模型的客观依据。

因而计算机通信网络的进一步发展就是要研究功能更加完善的网络操作系统,实现用户透明的资源共享,即由网络操作系统自动地为用户分配任务和调用资源。在美国马里兰州立大学进行的分布式计算机网络(DCN)就是这种网络的代表。它采用面向进程的结构,即采用进程—进程间的通信,为用户设置统一的进程间通信的机制,用户通过公共接口将任务提交给网络之后,由网络各点进程管理程序共同协作,选择最合适的资源为它服务,并通过文件管理系统自动地找到所需的文件。至于处理机用的是哪一个,以及文件在何处,对用户来讲就都不必过问了,这种透明的分布式网络特性使计算机通信网充分地发挥了效能,同时为用户提供了使用网络极其方便的条件。采用了多种类型的主计算机,应用高速通信线路连接起来的具有通信子网和资源子网这样两级结构的功能分层网络,这正是现代计算机通信网的主要特征,OSI 参考模型的依据主要也是这类现代的计算机网,我们在本书讨论的主要对象也是它们。总之,采用两级子网结构,运用功能分层的结构形成所构成的分布式计算机网络,如图 1-4 所示,这正是我们要开发、要研究的新课题。

在广域计算机通信网络(WAN)发展的同时,世界上也迅速发展了多种局部地区计算机网络(LAN)。局部地区网络一般局限在十公里到数十公里的范围内,以总线拓扑结构组成的 Ether 网络(见图 1-5),以及加利福尼亚大学欧文分校研究的分布式计算系统(DCS)(如图 1-6)这都是分布式局部地区网络的典范,夏威夷大学利用无线信道的随机访问方式构成的 ALOHA 网络又是一种别具风格的局部地区网(如图 1-7),它的无线信道,随机访问以及分组交换的技术特点构成了 ALOHA 系统独有的特征。这些局部网由于地区范围小,使之有可能运用更高的数据传输信道。

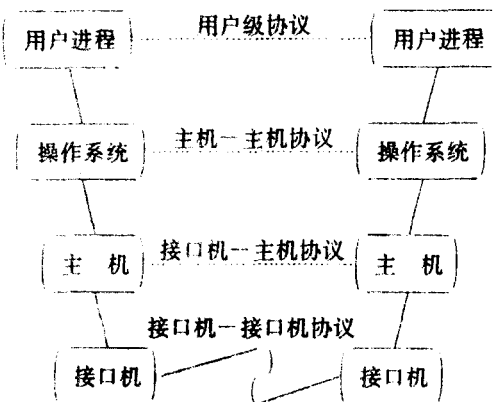


图1-3 ARPA网协议的层次结构

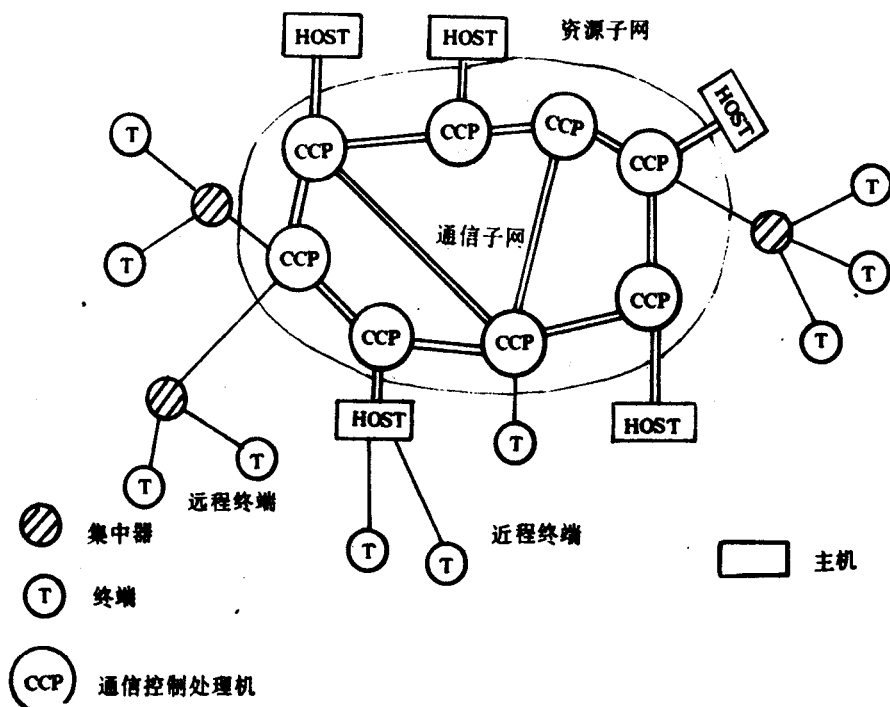


图 1-4 典型的分层结构网络模型

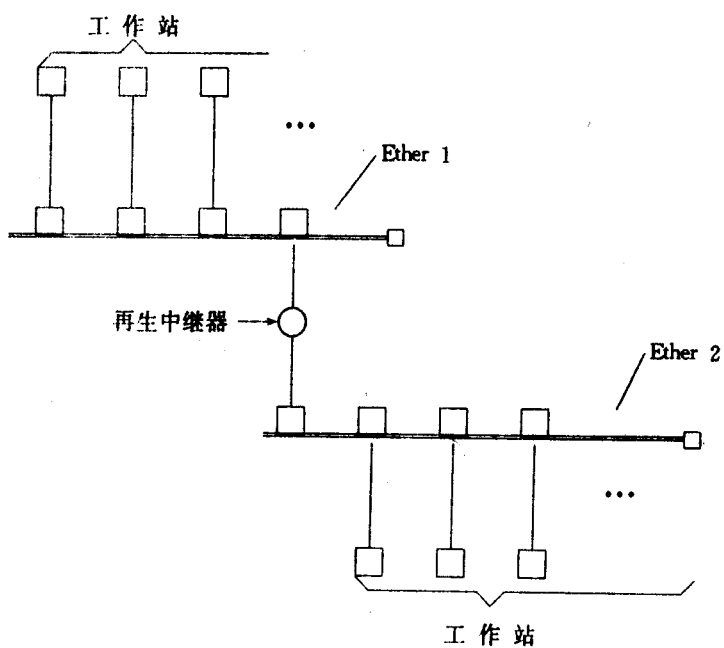


图 1-5 Ether 局部网结构

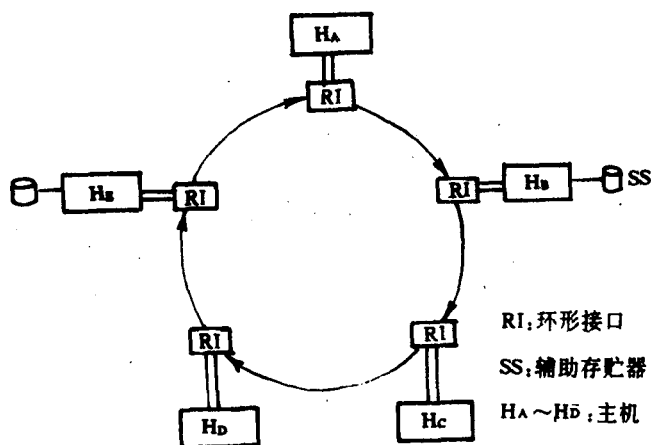


图 1-6 “DCS”环形网络

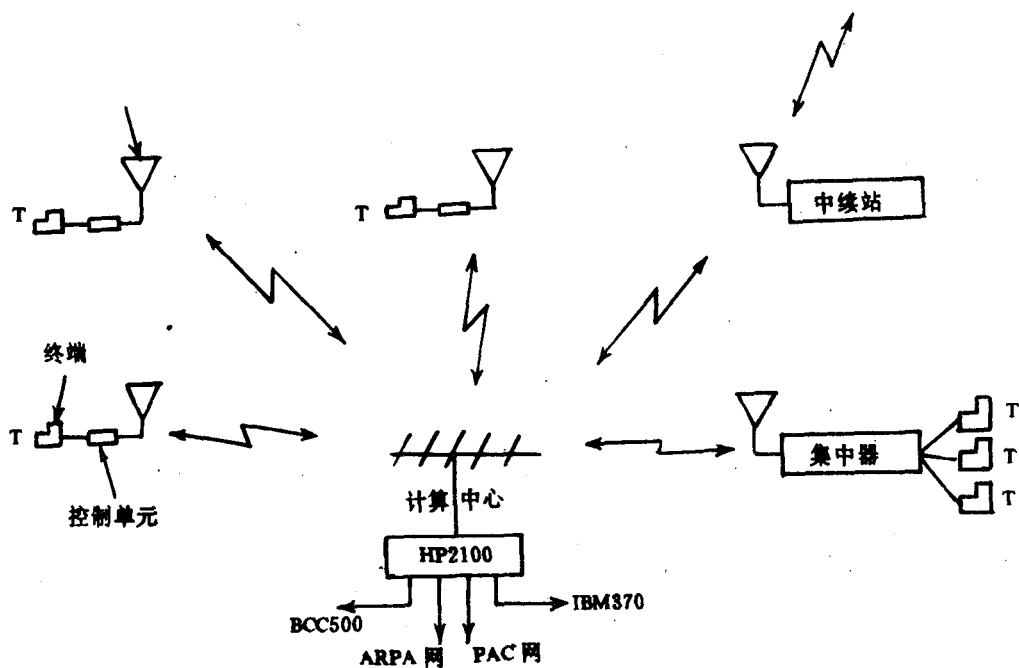


图 1-7 ALOHA 系统图

§ 1.2 数据通信与计算机网络

通信是计算机网络必不可少的重要组成部分,计算技术和通信技术,这是计算机通信网络赖以存在的两大支柱,缺一不可,计算机网络发展进程说明,通信技术的水平在很大程度上决定了计算机网络的状况,特别是公用通信网的发展会对计算机广域网络起到决定性的影响,目前我们需要注意的几个问题是:

1. 交换技术的发展,特别是目前公用电话网络的程控交换技术,以及随之而发展起来的

公用数据网将对计算机通信网络产生怎样的影响。

2. 无线信道如何应用到计算机通信网络中去。

3. 如何利用宽带传输技术(如光通信)去改造现有的计算机网络。

解决这些课题将是计算机通信网络发展进程的重要标志,也是我们在本课程内要予以回答的问题。总之,计算机网络从发展的一开始就是计算机技术同通信技术结合的产物,新一代信息网络也只有在通信技术与计算机技术协调发展中得以实现,因此,了解通信技术的现状及其发展,剖析通信技术中的要害及其对计算机网络的影响,这对我们的课程是至关重要的。

如前所述,一个计算机通信网络可由计算机终端、主计算机以及数据传输线路和数据交换装置这四部分组成,它们通过通信线路连接成一个广域的网络,计算机及其各类终端是作为用户端点出现在网络之中的,它可以访问网上的任一其它结点,以达到共享网上软硬资源的目的。这既是资源子网的结点,也是整个计算机网络的端点,而信息的交换装置和通信线路则构成通信子网,其交换结点称为通信子网的结点,在这些结点之间完成通信线路的连接,以及在通信结点中完成信息的交换,所以通信技术在计算机网络中的重点则是数据交换和通信线路这两者。

通信结点的主体实质上是一个通信处理机,它是完成网上信息交换及传输控制的中心,由它完成通信线路上传输差错的控制和信息通信的路由选择,信息交换特别是对于报文的分组交换,其信息的分组和重装都由通信处理机完成,因此通信处理机起到一个连接通信线路和主计算机的接口作用,它的工作方式应符合统一的网络协议,这其中普遍公认的协议便是 ISO(国际标准化组织)提出的 OSI 参考模型,因此 OSI 标准及其实现将是本课程讲解的重点之一。

通信线路是连接计算机通信网络各个结点的数据传输媒介,目前世界上已有的各类通信线路几乎都可被用作作为计算机网络的通信手段,不管是有线通信线路,还是无线的短波和微波系统都可成为计算机网络的设备而加以利用,特别是那些各国普遍使用的电话网、电报网以及卫星通信系统都可无一例外地为计算机网络所利用。由于通信手段的多样性,也给计算机通信网络增添了多种多样的系统结构,例如话路用的架空明线和通信电缆,时分制或频分制的微波中继和载波系统,以及最新发展起来的通过人造通信卫星进行洲际通信和宽带高传输速率的光纤通信都已为计算机通信网络所利用。

早期的电话是传送模拟的话音信号的,计算机的数据不能直接在话路上传送,因此必须如图 1-8 所示,把计算机输出的数据经由调制解调器(Modem)的信号变换,使数据信息变换为适合模拟话路传输的信号,然后经话路传送,当信号到达目的地后,再由解调器将信号解调,变为可以输入计算机的数据,并经接口送入计算机作进一步的处理。

为了能把信息正确的传送到目的用户端,信号还必须在通信子网中进行数据交换,所谓数据交换即指信号的转接方式,如图 1-9 所示。信号转换方式可分为两大类,第一类叫电路交换——它将主呼叫线同被呼叫线连接起来,形成一条物理通道,使呼叫用户与被呼叫用户通过此信道进行通信。如图 1-9 所示,在电话通信网中,电路交换功能由电话中心交换局完成。电话交换又可分为时分交换方式和空分交换方式两种,通过在时间上的分割或在线路空间上的分割完成信号的电路交换功能。第二种叫存贮交换,它把要传送的信号首先存贮起来,等信道空闲时才发出去。常见的存贮交换也分为两种,一种叫报文交换,即以“报文”为单

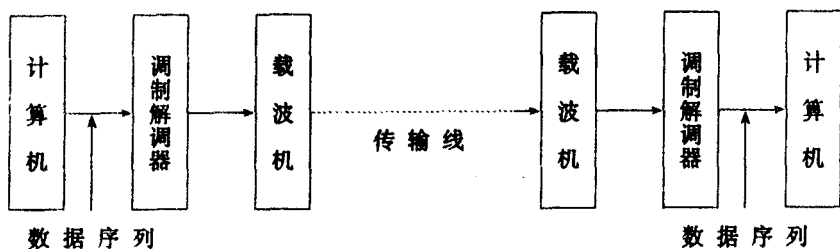


图1-8 在话路上传送数据的系统方块图

位完成存贮与交换。另一种叫报文分组交换或叫包交换，即将报文分解成较短的格式化的信息分组，并对每个分组编上顺序号码，之后以分组为单位加以交换转接，而接收端在收到各分组后再按其原有的顺序拼接成完整的报文。

由于通信技术是电子技术发展起来的第一天就已确立的技术，几十年来积累发展的通信手段是多种多样的，以不同的通信方式所构成的计算机网络各有自己独有的特点，因而计算机通信网络便出现了多种的类型。例如有图1-10所示的微波接力系统构成的数据传输系统，它可以作为计算机网络的数据信道；也有如图1-11所示的，利用开路的无线信道构成的 ALOHA 计算机通信网络，以及通过通信卫星的信道连通全球范围的广域网络，如图1-12所示。

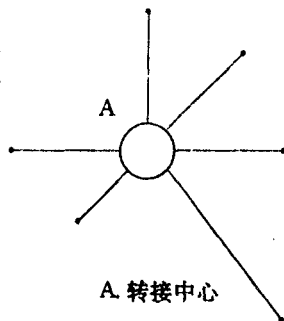


图1-9 信号转接示意图

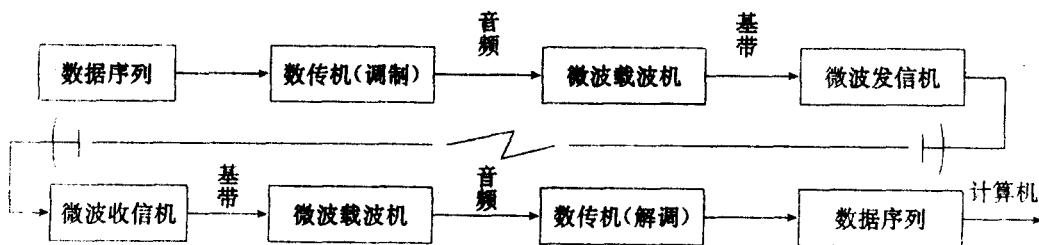


图1-10 微波接力系统框图

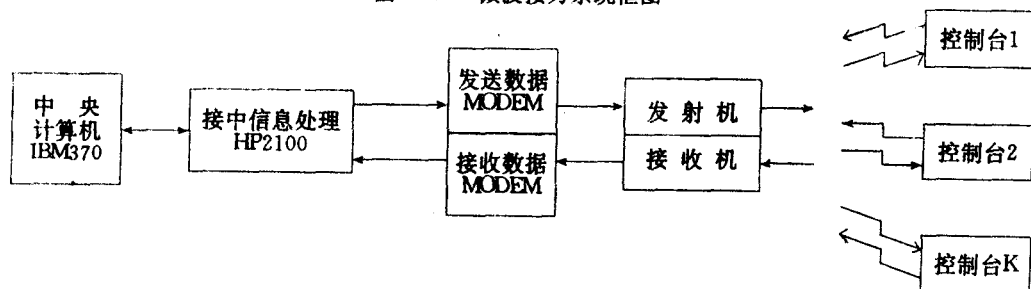


图1-11 无线信道的ALOHA计算机网

在计算机通信网络上数据传送的速率和通信线路的频带宽度有直接的关系，模拟电话系统的每路话音通道占3000赫的频宽，在此线路上可传送4800bps(每秒比特)速率的数据。比音频带宽还窄的设备，我们称之为“窄带设备”，例如报路信道则只能传送低于300bps的数据信号；而比话音频带更宽的设备叫作“宽带设备”，随着通信技术的发展，在非话音方