

高等学校教材

计 算 机 网 络

顾冠群 龚 俭 编著

江苏科学技术出版社
电子工业出版社

内 容 提 要

本书由浅入深地阐述计算机网络领域内基本概念和原理,以“开放系统互连”参考模式(OSI)为基础介绍当前计算机网络的先进技术及其应用。

全书共六章,分别介绍计算机网络功能和类型、ARPA网与SNA网、计算机通信基础、计算机网络体系结构、公共数据网与局域网、计算机网络技术的发展及应用系统。本书重点突出,前后贯通,内容新颖。

读者对象:高等院校计算机专业师生以及从事计算机、通信、自动化领域等工作的科技人员。

计 算 机 网 络

顾冠群 裴 俭 编著

出版:江苏科学技术出版社
电子工业出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:江苏新华印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 18 字数 432,200
1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷
印数 1—3,000 册

ISBN 7-5345-0560-7

TP·18 (课)定价:3.65 元

责任编辑 许顺生

出 版 说 明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986～1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲议中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材由全国高等院校工科电子类《计算机》教材编审委员会选定并推荐出版。

本书由东南大学顾冠群担任主编，经黄令恭、刘明烈等审阅。

编写本教材时，在前两轮统编教材“计算机网概论”和“计算机网”的教学实践基础上，结合当前计算机网络领域发展状况更新内容，以适应当前教学的需要。本书内容按照50~55学时进行编写，如果教学时数不够，有些章节可从简讲授。学习本课程之前，学生需要预修过计算机原理、数据结构和操作系统等课程。

计算机网络所涉及的技术范畴比较宽广，作为一个适用于计算机专业的原理性教材，重点在于阐明计算机与通信结合、计算机网络组成、网络体系结构、“开放系统互连”(OSI)参考模式和协议等方面的基本概念。第一章叙述信息技术的发展和计算机网络的功能及系统组成，帮助学生理解计算机与通信相结合的重要意义；第二章介绍ARPA网和SNA，通过两个典型例子，理解计算机网络的组成，以便学生学习以后各章内容；第三章讲述计算机通信基础，对于计算机专业的学生来说，需要从系统的角度来掌握数据传输、转接、差错校验、传输控制规程以及通信子网等方面的原理；第四章内容为计算机网络体系结构，这是本书的最重要部分，主要阐述协议、“开放系统互连”(OSI)参考模式及七层协议标准；第五章介绍公共数据网、局域网和网络互连，使学生加深了解计算机网络的组成，并对协议确立更加实际的认识；第六章讲述计算机网络应用及其环境，使学生掌握如何利用计算机网络去发展新型的信息系统、分布式处理系统。通过讨论综合业务数字网、计算机综合制造系统和数据安全技术，帮助学生了解计算机网络发展方向。

本书编写分工如下：第一章为顾冠群、龚俭；第二章为吴军；第三章为顾冠群、吴军；第四章为顾冠群、龚俭；第五章为吴军、沈苏彬；第六章为顾冠群、龚俭、徐永南。在编写过程中，承蒙王能斌、周师熊、蔡道法、姚世全等教授和专家的关心；周万珍同志为本书绘图和校对做了大量工作，在此谨表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和缺点，欢迎同行专家和读者批评指出。

编 者

1988年10月

目 录

第一章 计算机网络概论 1

- § 1.1 计算机与通信的结合 1
- § 1.2 计算机网络 3
 - 1.2.1 计算机网络的定义 3
 - 1.2.2 计算机网络的功能 4
 - 1.2.3 计算机网络的类型 5
 - 1.2.4 计算机网络的组成 9
 - 1.2.5 协议的基本概念 14
- § 1.3 计算机网络应用举例 17
 - 1.3.1 分布式信息系统 17
 - 1.3.2 分布式数据处理系统 19
 - 1.3.3 事务处理系统 21
 - 1.3.4 网络的其它应用 23
- § 1.4 标准制定机构 23

第二章 ARPA网与SNA 26

- § 2.1 ARPA 网 26
 - 2.1.1 ARPA 网的演变 26
 - 2.1.2 ARPA 网的组成 26
 - 2.1.3 ARPA 网的体系结构 32
 - 2.1.4 ARPA 网中的信息流动 33
 - 2.1.5 TELNET协议 34
 - 2.1.6 ARPA 网的运行管理 36
- § 2.2 IBM公司的系统网络体系结构 36
 - 2.2.1 SNA 36
 - 2.2.2 SNA 的逻辑结构 39

第三章 计算机通信基础 45

- § 3.1 数据通信概述 45
 - 3.1.1 电信 45

- 3.1.2 消息和信号的类型 46

- 3.1.3 数据通信系统的基本组成 47

- 3.1.4 数据通信系统的层次结构 48

§ 3.2 物理层I——数据传输 48

- 3.2.1 传输信道 48
- 3.2.2 传输线路类型 51
- 3.2.3 通信编码 52
- 3.2.4 传输方式 54

§ 3.3 物理层II——数据通信设备和接口 59

- 3.3.1 通信设备 59
- 3.3.2 数据终端设备与数据通信设备之间的接口标准 65

- 3.3.3 其它物理层接口标准 68

§ 3.4 数据通信 71

- 3.4.1 差错检测 71
- 3.4.2 传输控制规程 77

§ 3.5 通信子网 93

- 3.5.1 “存贮—转发” 93
- 3.5.2 网络层的功能 94
- 3.5.3 路由选择 95
- 3.5.4 流量控制 100

第四章 计算机网络体系结构 105

§ 4.1 开放系统互连(OSI)基本参考模式 105

- 4.1.1 OSI 的由来 105
- 4.1.2 开放系统互连环境 106
- 4.1.3 OSI 参考模式的体系结构 107

4.1.4	分层原则	108
4.1.5	同等层之间实体的通信	110
4.1.6	服务访问点和服务原语	111
4.1.7	标识与定址	113
4.1.8	数据单元	115
4.1.9	层操作要素	116
4.1.10	OSI的管理	121
§ 4.2	低层协议	122
4.2.1	物理层	122
4.2.2	数据链路层	123
4.2.3	网络层	123
§ 4.3	运输层	124
4.3.1	运输层概述	124
4.3.2	运输层的各种功能	124
4.3.3	运输层协议	128
§ 4.4	会话层	131
4.4.1	会话层的目的和功能	131
4.4.2	同步和活动控制	133
4.4.3	会话服务定义	136
4.4.4	会话协议规范	140
§ 4.5	表示层	140
4.5.1	概述	140
4.5.2	表示上下文	142
4.5.3	表示服务定义	145
4.5.4	表示协议规范	146
4.5.5	抽象语法表示	
	1 (ASN.1)	147
§ 4.6	应用层	152
4.6.1	应用层概述	152
4.6.2	公共应用服务元素 (CASE)	155
4.6.3	文卷传递、访问和管理 (FTAM)	158
4.6.4	虚拟终端 (VT)	167
4.6.5	电文处理系统 (MHS) 和面向电文的正文交换系统 (MOTIS)	172

4.6.6	作业传送与操纵 (JTM)	176
-------	---------------	-----

第五章 公共数据网和局域网180

§ 5.1	公共数据网	180
5.1.1	概述	180
5.1.2	X.25 建议	184
5.1.3	公共数据网的组成	192
5.1.4	分组组装/拆卸设备 (PAD)	199
§ 5.2	局域网	200
5.2.1	局域网的基本概念及分类	200
5.2.2	局域网的通信结构	204
5.2.3	局域网的高层协议	224
§ 5.3	网络互连	226
5.3.1	网络互连的需要	226
5.3.2	转发器和信桥	228
5.3.3	信路和信关	231
5.3.4	X.75 协议	239

第六章 计算机网络技术的发展242

§ 6.1	新型通信业务	242
6.1.1	智能用户电报 (Teletex)	242
6.1.2	图文传视 (Videotex)	245
§ 6.2	MAP和TOP	247
6.2.1	计算机综合自动化制造系统 (CIMS)	247
6.2.2	MAP	249
6.2.3	TOP	252
6.2.4	CNMA	254
§ 6.3	网络数据安全	254
6.3.1	数据安全概述	254
6.3.2	数据加密算法	256
6.3.3	网络安全体系	258
§ 6.4	综合业务数字网 (ISDN)	260
6.4.1	ISDN的演变	260

6.4.2	ISDN 的传输结构·····	261	6.5.1	协议的描述·····	263
6.4.3	ISDN 的接口协议·····	262	6.5.2	协议的实现·····	267
§ 6.5	协议的描述、实现、 验证和测试 ·····	263	6.5.3	协议的验证·····	270
			6.5.4	协议的测试·····	275

第一章 计算机网络概论

§ 1.1 计算机与通信的结合

从1946年第一台电子计算机ENIVAC问世以来,计算机技术本身已经有了飞跃的发展。以计算机为主体演变而来的各种各样的信息处理技术与各种各样的先进技术相结合,又逐步形成了新的发展领域,象人工智能、知识工程、分布式数据库、图象处理和计算机网络等等无一不是现代计算机高速发展的标志。而计算机网络技术又逐渐成为各种先进技术发展的基础,它不仅是社会向信息化迈进的必要条件,而且已成为衡量一个国家技术发展水平和社会信息化程度的标志之一。

计算机网络是从计算机本身系统结构的演变逐渐发展而来的。众所周知,早期的计算机是由单用户独占一个系统发展到分时多用户系统的。这时,便形成了以主机为中心,多个终端与该主机相连共享主机资源的星形拓扑结构。这样做的好处是使一台计算机的效率得到了比较充分的发挥,系统的资源也得到了充分的利用。图

1-1 给出了上述系统结构图。

随着计算机应用领域的不断扩大和用户对计算机系统功能要求的不断提高,促使计算机与通信技术相结合。首先是通过通信线路将终端与主机互连起来,以构成所谓远程访问系统,它使用户终端可以不受地域限制,在一定的范围内用通信线路将终端连到所要访问的主机系统上,使远地用户可以象本地用户一样共享主机资源。

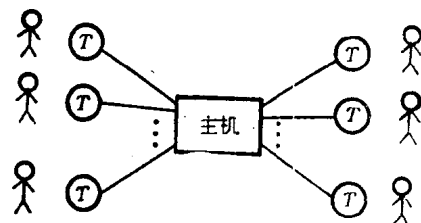


图1-1 分时系统举例

为了提高通信线路的利用率和通信质量,出现了集中器和通信控制器等专用通信设备。通信控制器是用来将主机的有关终端处理功能独立出来的设备。它一端与主机相连,另一端通过通信线路与集中器互连或与终端直接互连。它的功能主要是保证通信质量和在主机与多个终端间起桥梁作用。集中器的作用类似于电话系统中的一个部门用小型程控交换机系统,它

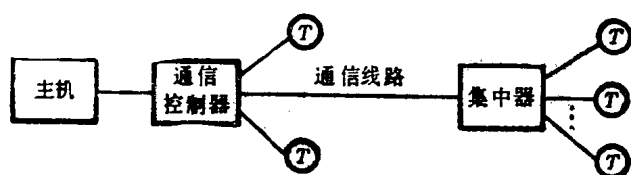


图1-2 远程终端与主机的互连

把多个终端通过一条或几条通信线路与主机互连起来,通过数据通信中的时分多路复用等技术提高线路的利用率。上述结构如图1-2所示。

计算机应用的不断增加必然导致计算机互连要求的出现。首先在工商业界,

现代化工厂和商业公司的生产业务活动往往需要使用多台计算机,如多条生产流水线的过程控制、国际航空售票业务等。这些计算机分别完成一定的任务,但作为整体工作的一部分,它们又需要有机协调,互相联系。特别象一些跨地区的大型企业,它在各地的工厂分别有各自的

控制计算机系统,辅助各自工厂的生产活动,而企业的最高层又需要与所有这些计算机联系以取得各个工厂的生产情况,而且各个工厂之间也需要相互联系,以取得生产上的总的均衡。在这里,计算机互连成网就是十分必需的。另外,无论一台计算机系统通用性有多高,其适用领域总是有限的;还由于性能价格比等因素,用户往往不能满足只使用一台固定的计算机来做所有的工作,但每个用户又不可能拥有所有他所希望使用的计算机系统。一种较好的解决方法就是将各个用户拥有的不同类型的计算机互连成网,从而实现资源共享。总之,计算机网络的出现是社会向信息化方向发展的必然产物。

计算机之间的互连是通过通信线路实现的,所以通信技术与计算机技术相互结合共同发展就成为计算机网络的一个显著特征。

通信技术从1832年电报发明以来已有一百多年的历史。1876年发明电话以后,通信技术更是有了突飞猛进的发展,现在电话已成为人们日常生活中必不可少的通信工具。但是,自从电话普及以后,无论是后来的电视、卫星通信、微波和无线电广播等都没有离开模拟通信的范畴。由于计算机本身是二进制离散信号组成的系统,因此,计算机通信所要求的是数字通信,所以,计算机与通信结合形成的计算机网络就必须将数字通信与模拟通信结合起来,构成计算机通信网所要求的数据通信系统。

计算机网络对数据通信的高质量要求促进了通信技术的发展,首先是出现了将计算机的串行二进制信号变换成可以在公共电话网上传输的模拟信号并可进行反变换的调制解调器;之后出现了大量基于计算机系统通信设备,如程控交换机、通信处理机、通信前端机、多路复用器以及前面介绍的通信控制器和集中器等等。

计算机与通信结合的另一个显著特征是使各种通信方式在数据通信领域都得到较为广泛的应用。美国夏威夷大学60年代末期研制的 ALOHA 网是采用无线广播通信作为通信信道的;众所周知的局域网 Ethernet 是采用同轴电缆作为通信媒体,而联接美洲大陆和欧洲的计算机网络有些是采用海底电缆,有些则采用同步卫星通信方式。光纤电缆作为最为先进的通信媒体在数字通信中得到极为广泛的应用。由于数字通信可靠性高,抗干扰能力强并且可以开通在模拟通信中无法实现的新型通信业务,所以数字通信又在逐渐取代传统的模拟通信方式。进入80年代以来,已出现了数字电话交换机,与将数字信号转换成模拟信号传输的调制解调器相反,它是把人类打电话时的语言信号转换成数字信号传输,在收话方再进行数字信号到模拟信号的转换。这样做的好处是可以利用数字通信中良好的差错检测和纠正机制来提供高质量的电话通信。另外,采用数字通信后可以将光导纤维等先进的通信媒体引入到传统的通信领域,使通信技术有了更为广阔的应用。

计算机与通信的结合最终将形成把所有的通信业务综合在一起,构成以计算机为主体的综合业务数字网 (ISDN)。ISDN 把传统的电报、电话、电传、传真等都综合到一起,它以高速数字通信为基础,通过计算机之间连网,向用户提供各种通信业务。未来的ISDN 不仅能开通现阶段广域计算机网络所拥有的各种数据通信业务,还能提供诸如电视电话、电视会议,交互型可视终端等新型通信业务。

§ 1.2 计 算 机 网 络

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络的演变,可以概括地分为三个阶段:具有通信功能的联机系统、具有通信功能的分时系统和计算机网络。早在50年代初,美国半自动地面防空系统(SAGE)就着手研究将远距离的雷达和其它测量控制设备的信息,通过通信线路接收到一台计算机进行集中处理和控制的,开创了把计算机技术和通信技术结合起来的尝试。这类简单的“终端—通信线路—计算机”系统,一般称之为联机系统。随着连接的终端数目越来越多,上述简单的联机系统发展为具有通信功能的分时系统。为了使数据处理的主计算机减轻负荷,在通信线路和主计算机之间设置一个通信控制器或前端机,专门负责与终端之间的通信控制,从而更好地发挥主计算机的数据处理能力。另外,在终端较密集的地区,设置集中器和多路复用器,可以提高通信线路的利用率。

在上述的各种联机系统中,只具有“终端—计算机”通信,故也可称之为面向终端的计算机网。从60年代中期开始,发展了若干个计算机互连的系统,开辟了“计算机—计算机”通信,并呈现出多处理中心的特点。70年代,以ARPA网为代表,标志着计算机网处于兴起时期。由于计算机网采用计算机技术和通信技术相结合的手段,网络内每个结点具有智能转接数据的功能,实现了在广域范围内共享资源,所以许多不同范围、不同服务内容的计算机网相继建立。尤其是一些全国性和国际性的计算机网投入运行,更显示出它的威力和影响。

对于计算机网络或计算机网(Computer Network),自1970年以来已有几种定义。在1970年ARPA网问世以后,把计算机网络定义为“以相互共享资源(硬件、软件和数据等)方式而连接起来,且各自具备独立功能的计算机系统之集合”。这个定义着重于应用目的,而没有指出物理结构。另外,随着从“终端—计算机”通信发展到“计算机—计算机”通信,又出现一种“计算机通信网”的定义,即:计算机通信网是指以计算机间传输信息为目的而连接起来的计算机系统之集合。显然,计算机通信网所指出的类型范围要比前一种以共享资源为目的的类型范围要大,因为传输信息是避免不了的。

一般从物理结构看,可对计算机网给予广义的定义。“广义的”计算机网络是在协议控制下由一台或多台计算机,若干台终端设备,数据传输设备,以及便于终端和计算机之间或者若干台计算机之间数据流动的通信控制处理机等所组成的系统之集合。这个定义,表明计算机网是在协议控制下通过通信系统来实现计算机之间的连接。计算机网和一般计算机互连系统的分界区别,就是有无协议的作用。

从完成整个系统任务看,两个计算机系统之间必须有一种高度的协调。计算机间为协调动作之目的而进行的信息的交换,一般称之为“计算机通信”。类似地,当两个或更多的计算机通过一个通信网相互连结时,它们的集合称之为“计算机网络”。在实际的科学研究和工程设计时,一般根据环境对象和着重点有选择地引用“计算机网络”和“计算机通信网”这两个术语。例如,当着重涉及关于用户如何共享和使用计算机资源的问题时,或者为完成某个任务

而互连若干台自治计算机构成网络时，就引用术语“计算机网络”。如果着重关于计算机间信息通信的问题时，就引用术语“计算机通信网”。

当前，就定义来说，在计算机网络和分布式系统之间存在着某些混淆。分布式系统，是将计算功能分散到若干个物理计算部件的计算机系统。而从本质上说，计算机网络可以是或者可以不是一个分布式系统，需要根据如何使用来确定之。例如，网络内仅设置一个有数据处理能力的大型计算机或大型数据库，就构成集中式数据处理网；如果在网络内设置许多具有数据处理能力的计算机，就形成分布式数据处理网络。另一方面，需要指出计算机网络的物理结构特征，即是它利用通信装置或设施来互连计算机系统，而分布式系统却不强调这个特性。

1.2.2 计算机网络的功能

如前所述，促使集中式计算机系统演变到计算机网络的原因，在于应用环境需要和现实条件，可归纳如下几点：

(1) 突破“地理限制”，实现资源共享

在网络范围内，可对所有程序、数据和其它资源予以共享，并且无须考虑资源和用户的物理位置。归结地说，计算机网络的组建，将结束“地理限制”的局面，而促进政治、经济和科学技术的发展。

(2) 提供高度可靠性

在一个系统内，单个部件或计算机的暂时失效，是可能发生的，因此希望通过改换资源的办法来维持系统的继续运行。建立计算机网络后，每种资源存在于多个地点，并可使用户可通过几条路由来访问网内某个资源，从而避免单个部件和计算机的故障对用户访问的影响。

(3) 适应计算机与通信两者相对价格的变化

在1970年以前，计算机价格相对于通信装置价格是较高的，不可能在每个地方设置计算机进行数据分析和处理，于是这些工作只能全部集中到中央计算机。现在，价格情况发生变化，各种计算机价格已经下降，有可能在取得数据的地方进行局部处理，计算机网络的建立，强有力地推动分布式数据处理和分布式数据库技术的发展。

一般说来，计算机网络可提供这样一些功能：

(1) 全网内的进程间通信，这是其它网络服务的基础，也可直接为用户应用软件所用。

(2) 远程进程管理，它允许一个进程起动一个远地进程，决定它的状态，并根据需要挂起或终止那个进程。这个功能也是其它网络服务所需要的。

(3) 网络文件传送，这是一种最常用的服务，用于将一个文件从一个计算机传送到另一个计算机中去，这其中需要解决两个系统在文件系统、字符集、记录格式、存贮介质等方面的差异。网络文件传送服务与远地进程管理服务相结合，就形成了远程作业输入（RJE）服务。

(4) 网络虚拟终端，用户可通过它从本地计算机去访问网络内其它的计算机系统。网络虚拟终端是使远程主机连接到本地主机和终端，而终端仿真是使本地主机和终端连接到远程主机，前者可以本地为主，而后者只能以远程为主。

(5) 远程文件访问，这是针对分布式处理的情形，特别是对多用户和大文件的情况，文

件维护在文件服务器(File Server)中,由网内各主机作远程访问。这种服务常见于局域网中。

(6) 远程数据库访问,它是远程文件访问的扩充,查询可用较高级的形式(如过程化的查询语句),最终结果被送回;这样比远程文件访问的效率,传送量小。

(7) 设备共享,可在全网范围内提供对处理资源,存贮资源,输入输出资源等的共享,特别是对一些较高级和昂贵的设备,如图形设备、激光打印机等,利用这种服务可提高这些设备的利用率,降低用户的投资。

1.2.3 计算机网络的类型

计算机网络的形成,是由数据通信和远程数据处理相结合而促成,由于应用的广泛性,各种各样的计算机网络相继建立和发展。为了有助于认识计算机网络,从以下几个角度来叙述它的类型。

(一)按跨度分类

从网络范围和计算机之间互连距离看,有广域网和局域网两种类型。在广域网内用于通信的传输装置和介质,是由电信部门提供,距离可以遍于城市、国家,甚至更远。局域网,一般由一个部门或公司组建,地理范围仅在建筑楼或单位内部。具体地说,一个大学内可以组建局域网。局域网的特点,显得比较灵活,组建比较方便;但是,随着社会信息化不断发展,局域网只有连接到广域网,才能更好地发挥作用。

(二)按用途分类

一个计算机网络,总是包括数据传输和转接系统,根据内含数据传输和转接系统的拥有性,可以分成两种类型:专用网和公共网。公共网是电信部门组建,一般地都由国家政府电信部门管理和控制,网络内的传输和转接装置可提供给任何部门和单位使用,即用于连接众多的计算机和终端。专用网是由一个政府部门或一个公司组建经营,不允许其它部门和单位使用。当然,目前大多数专用网仍是租用电信部门的传输线路(或信道),并且网络拓扑都呈现为垂直的星式或塔式结构。

(三)按拓扑结构分类

计算机网络根据其传输距离和系统构成可有各种各样的拓扑结构,如星型、总线型、环型以及分布式等。

1. 星型网

星型网即以一台计算机为主组成的网络,各种类型的入网机器均与该中心处理机有物理链路直接相连,因此,所有的网上传输信息均需通过该机转发,其结构如图1-3所示。

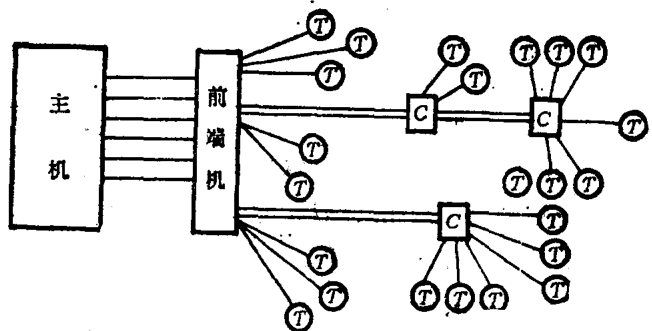


图1-3 星形网络

这种结构主要是从60年代大、中型机需接多台终端分时处理演变而来的。通过前端通信

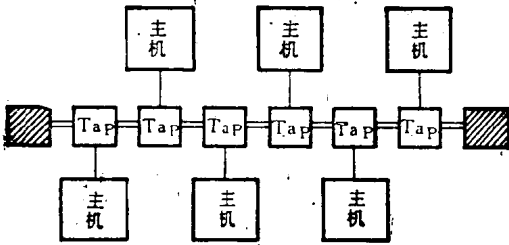
处理机将终端或多路复用器，甚至计算机接入主机，以使该机实现多用户分时处理功能，从而使一台计算机可为多个用户同时使用。

星型网由于其物理结构，使其具有这样的特点：

- (1) 构造容易，适于同种机型互连；
- (2) 通信功能简单，它可以根据需要由中心处理机分时或按优先权排队处理；
- (3) 中心处理机负载过重，扩充困难；
- (4) 每台入网计算机均需与中心处理机有线路直接互连，因此线路利用率不高，信道容量浪费较大。

2. 总线型网

总线型网是从计算机的总线访问控制发展出来的，它将所有的入网计算机通过分接头均接入一条载波传输线上，网络拓扑结构就是一条传输线，如图1-4所示。



Tap: 分接头

图1-4 总线式网

由于所有的入网计算机共用一条传输信道，因此总线型网的一个特殊问题就是信道的访问控制权分配方法的确定，由此而产生一系列处理机制。

总线型网的特点如下：

- (1) 由于多台计算机共用一条传输线，所以信道利用率较高；
- (2) 同一时刻只能有两个网络结点在相互通信；
- (3) 网络延伸距离有限；
- (4) 网络容纳结点数受信访问机制影响，因而是有限的。

由于总线型网的上述特点，因此它适于传输距离较短，地域有限的组网环境，目前，多采用此种方式组成局域网。

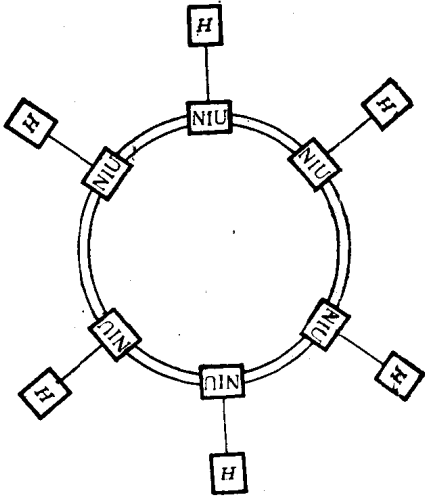
3. 环型网

环型网是由于它的实时特性优于其它种网络拓扑而发展起来的，它通过一个转发器将每台入网计算机接入网络，每个转发器与相邻两台转发器用物理链路相连，所有转发器组成一个拓扑为环的网络系统，如图1-5所示。

环型网由于其点——点通信路由的唯一性，因此，不宜在广域范围内组建计算机网络。它也是一种较为实用的局域网拓扑结构，尤其是在实时性要求较高的环境，如工厂自动化管理等方面。

综合起来讲，环型网的优缺点主要有：

- (1) 由于一次通信信息在网中传输最大时间是固定的，因此，实时性较高；
- (2) 每个网上结点只与其他两个结点有物理链路直接互连，因此，传输控制机制较为简单；



NIU: 网络接口部件 (Network Interface Unit)
H: 主机 (Host)

图1-5 环形网络

- (3) 一个结点故障可能会终止全网运行, 因此, 可靠性较差;
- (4) 网络扩充需对全网进行拓扑和访问控制机制的调整, 因此较为复杂。

4. 分布式网络

分布式网的拓扑构成可如图 1-6 所示。一般的广域网均采用分布式拓扑结构。网络中的结点机(PSE)是专门负责管理和执行数据通信的设备, 它们之间的互连组成了所谓通信子网。入网的计算机(主机)均需通过结点机进行数据交换才能与其它主机进行通信。

广域网由于其地理范围广大, 传输距离较远, 所以可采用分布式的拓扑, 并具有下列特征:

(1) 网络扩充和主机入网比较简单, 在不超过网络最大容量的情况下, 可对原网不加任何修改地进行网络扩充和增加主机入网。

(2) 传输介质、组网方式及用户入网都有很大的灵活性, 对于功能较强的网络, 还提供很强的用户可选功能。

(3) 网络完整性、可靠性都较前几种拓扑优越。

对于组织一个计算机网络究竟采用何种拓扑结构, 要根据需要和应用环境而定。如星型、环型、总线型网等, 构造简单、组网容易、适用于局域网, 对开发办公室自动化系统较为实用; 分布式网构造复杂, 组网较难, 但可靠性和完整性等非常适用于组织大型信息处理系统, 因此几乎是组织广域网的唯一拓扑选择方案。

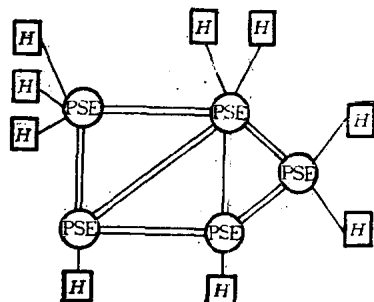


图1-6 分布式网络

(四)按转接方式分类

除拓扑结构外, 计算机网络的另一特殊性就是信息传输方式。由于通信线路发展的历史原因和数据通信的特殊要求, 计算机网络发展到今天, 其传输方式可分为电路交换、报文交换和分组交换三种。

1. 电路交换

电路交换就是两台计算机在相互通信时使用一条实际的物理链路, 在通信中自始至终使用该条线路进行信息传输, 且不许他机共享该线路的信道容量。

电路交换事实上来源于公共电话交换网, 由于该种网的实用性和地域的宽广性, 早期的计算机通信几乎都使用电路交换方式。

电路交换就通信方式来讲, 类似于打电话: 当一方想与另一方通信时, 首先请求建立链路, 这相当于打电话一方拨电话号码, 接着, 各转接交换机经过转接分配一条从呼叫方到被叫方的物理链路(电话打通了); 然后, 通信双方可以进行信息传输, 类似于打电话的双方通话; 最后, 通信中一方请求释放链路(挂上电话)。之后转接交换机便可将上述通信所占物理链路分配给其它用户。

可以看出, 电路交换可分为建立链路、数据传输、释放(断开)链路三个阶段。这种交换方式的典型特征是建链双方通信时必须均为完全空闲, 不可做其它任何工作。显然, 这对计算机进行多任务数据处理是不太合适的。

电路交换有下述特点:

- (1) 实时性好。由于通信双方在进行信息传输时全部资源都用于此次通信, 所以有很高的

实时响应特性。

(2) 无缓冲且传输延迟小。通信时给通信两端分配一条物理链路, 因此, 传输信息不需缓冲且传输延迟可忽略不计。

(3) 独占性。所分配的物理信道在通信过程中是唯一分配的。其他用户不能共享。因此, 经常产生“拥塞”。

(4) 信道容量浪费。由于物理链路的独占性, 因此在释放链路前即使是无信息传输也需占用一条物理链路, 造成了大量的信道容量浪费。

(5) 每个用户到转接交换机必须有一条通信线路, 相当于局部星形网络拓扑, 因此采用此种方式通信布线十分复杂, 这一点从当前的公共电话网可以看出。

2. 报文交换

随着计算机功能的增强, 转接交换机由过去公共电话网的机械设备变为小型、微型计算机。由于计算机具有存贮功能, 于是出现了数据通信中的“存贮-转发”概念。

顾名思义, “存贮-转发”由两个阶段组成的, 转接交换机首先将接收的信息予以存贮, 当所需要的输出线路空闲时, 再将该信息“转发”出去。

“存贮-转发”概念类似于大、中型计算机中的远程批处理作业。当远程终端需要进行批处理时, 它先将作业提交给主机的前端机, 在前端机中存贮排队。一旦主机可以对该作业进行处理, 便由前端机将其“转发”到主机中去。

早期的“存贮-转发”通信网络是采用报文交换方式, 当发送端有一批数据需要发送时, 它就将该批数据以报文为单位发送到与其相连接的转接交换机中去; 然后, 从发送端到接收端之间的各转接交换机首先存贮报文, 当所需输出线路空闲时便将该报文数据“转发”出去, 直至接收端。

显然, 报文交换在进行信息传输时既不需要连接建立阶段, 也不需要连接释放阶段。因此, 也就不需要通信双方在通信时同时处于空闲, 这一点较电路交换更符合计算机进行数据处理的要求。

随着“存贮”功能的引入, 报文交换有其不同于电路交换的特征:

(1) 由于报文交换时通信双方不需独占一条物理链路, 故提高了线路利用率。

(2) 报文交换的一个显著特征, 就是它可以多点发送; 发送方只要在所发信息中附上多个地址字段, 便可由转接交换机转发到不同接收方。

(3) 不同速率之间用户可以进行通信, 这一点是在电路交换中难以做到的。

(4) 由于通信双方无物理链路沟通, 因此, 需在所传的信息中增加发送端和接收端地址, 这增加了数据传输开销。

(5) 报文交换的延迟, 显然较电路交换大得多, 因此, 报文交换实时性较差。

(6) 象大、中型机远程批处理作业的缓冲池一样, 报文包含的信息量较大, 报文交换的转接交换机需要较大容量的存贮设备。

3. 分组交换

由于计算机作为转接交换结点的概念的引入, 产生了报文交换; 但报文交换的实时性太差, 线路利用率也未达到最佳状态。60年代末期, 国际上发展出以一定数量 8 位位组为传输单位的所谓分组交换。

分组交换就是每次传输的信息最大长度是有限的, 发送端将所要发送信息拆成一个个分

组发送出去。转接交换机每次转发的是一个分组；而不象报文交换那样是一整段有意义的信息，接收端把接收到的分组再逐段组装成报文。采用这种信息传输机制，既增加了通信线路利用率（因为各转接交换机可同时转发多个分组），又提高了数据通信的实时性（分组的传输时间可以很短，毫秒级）；但报文的组装和拆卸以及各分组在网络上的传输都要进行附加的管理，这又增大了网络开销。

分组交换综合了电路交换和报文交换的优点。因此，在其内部实现机制上，就分为类似于电路交换的虚电路，和报文交换的数据报这两种形式。

虚电路正像电路交换，发送端和接收端在进行数据传输前首先建立一条逻辑的链路。一般来讲，该链路在进行数据传输时是沿着网络中固定路由前进的；与电路交换不同的是该路由中各物理链路同时可与其他网络用户共享，通信结束后仍然要执行拆链过程。

数据报类似于报文交换，只是每个数据报中一次传输的信息字段的长度是有限的，发送、接收方要比报文交换增加一个报文的拆、装过程。数据报的传输不需要链路的建立、断接过程，因此，同一段信息的各分组可能是沿着网络内不同路由从源点传输到终点的。

可以看出，分组交换也是一种“存贮-转发”机制。

分组交换除了具有电路交换和报文交换的特点之外，还有其它一些明显的特点：

(1) 分组交换线路利用率大大高于电路交换和报文交换，这主要是由于通信资源可同时被多个用户共享，这一点是电路交换和报文交换难于达到的。

(2) 分组交换可以实现多点同时通信。虽然报文交换可以实现一点发送，多点接收，但难于实现一点与多点的信息同时收、发过程（由于相对来说报文太长）。

(3) 分组交换可以使数据通信达到高可靠性和完整性的要求，一个结点和一条线路的故障或失效一般不会引起全网的中断，好的网络甚至不会造成任何数据丢失。

(4) 显然，分组交换的网络管理和信息传输附加开销是十分大的，甚至通信网络所传输数据的百分之五十以上是管理信息。

(5) 分组交换需要一整套称作“规程”或“协议”的软、硬件规范来管理和控制网络运行。

分组交换是目前大型计算机网络所主要采用的传输方式，其详细内容请参阅 § 5.1 公共数据网。

1.2.4 计算机网络的组成

(一) 计算机网络的物理组成

计算机网络从直观上来讲就是数个计算机经由通信线路互连而组成的网络系统。由于计算机本身的特点，计算机组成的网络与其它种类的网络系统相比有其特殊性：

(1) 计算机网络进行的是数据通信，所传输的是二进制比特流；

(2) 由于大规模集成电路的发展，使计算机处理速度提高，计算机网络需要高速通信速率；

(3) 由于计算机的精确性和严密性，计算机通信必须是无差错的；

(4) 计算机的“智能”特性需要制定一套称作“协议”的通信规范来保证计算机之间对话的逻辑意义完整性；

(5) 计算机网络的最终目的是资源共享，在全网上实现开放的信息服务，因此，计算机网络就分为面向数据通信和面向计算机系统互连两大部分。

由于上述特性，计算机网络的组成方式及计算机在网络中的处理功能与单机系统有很大的不同，一个典型的计算机网络如图1-7所示。

图1-7中各部分说明如下：

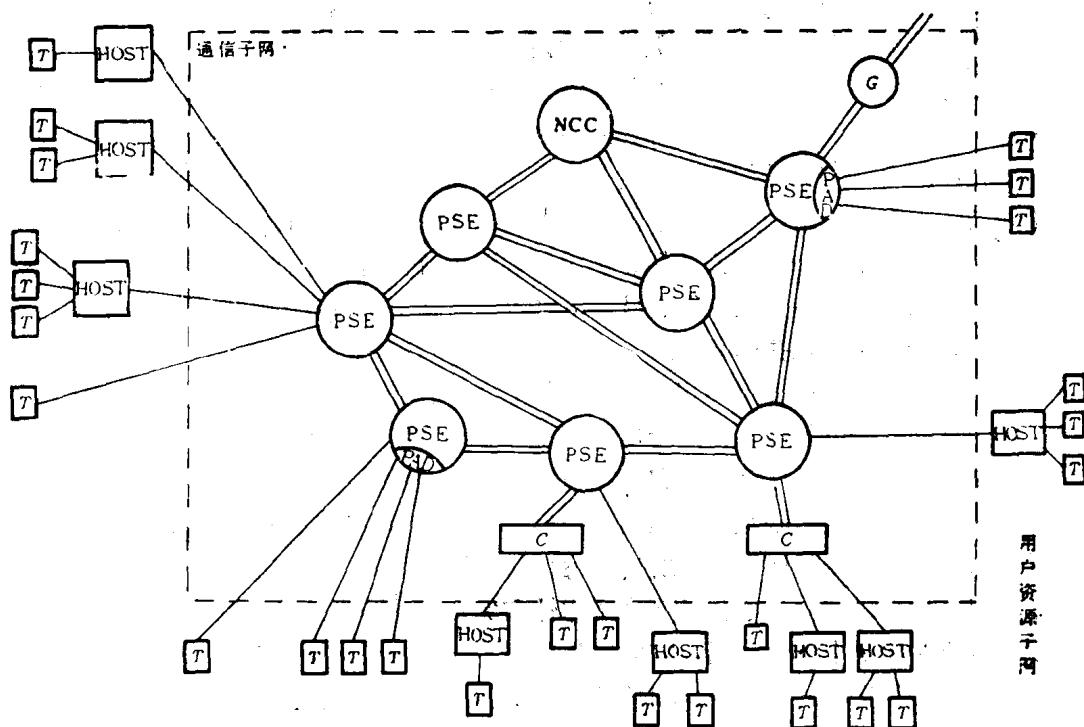


图1-7 一个典型的计算机网络例子

虚线框内的部分，称为通信子网。它是网络中面向数据通信的部分；虚线框外称用户资源子网，它是网络中面向网络用户的部分。

PSE：分组交换设备。它把从某一物理链路传来的数据根据一定的路由选择算法转发到另一物理链路上，以完成网络内数据从源点到终点的传输。

PAD：分组组装/拆卸设备。它是为终端入网提供了一种功能，对终端输入输出字符进行组装和拆卸，以使其能按通信子网格式要求在网络内传输。

C：集中器(Concentrator)。它是为多个网络用户共用一条传输干线访问网络而设置的一种设备，可利用一条干线使数个网络用户入网。

NCC：网络控制中心。它管理整个网络的运行、差错恢复、故障检测、计费及用户入网登记等。网控中心的功能对网络运行质量好坏有直接影响。

HOST：主机，用户一端所要入网的计算机。它是用户资源子网的关键设备，是一种主要的网络资源。一方面，它为本地用户访问网络和共享网络资源提供必要的通信软件和分布式处理功能；另一方面，它为网上其它主机和用户共享本机资源提供一个开放的网络服务环境。

T：终端(Terminal)。终端是用户访问网络的直接界面。有两种方式使终端入网，一种