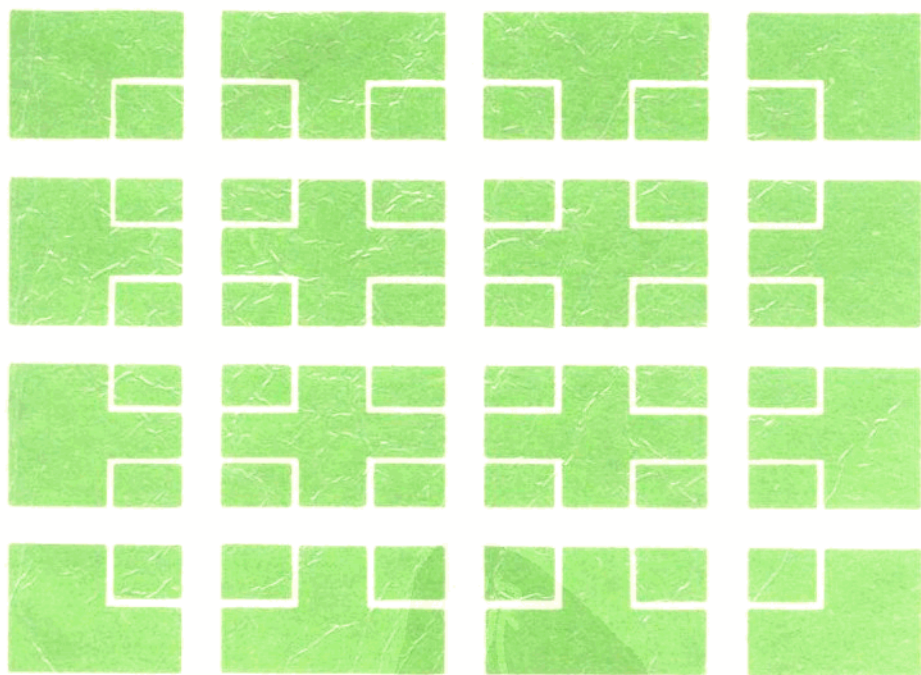


计算机网络原理

(修订本)

李增智 编



西安交通大学出版社

前 言

计算机网络是正在迅速发展的并获得了十分广泛应用的一门综合性学科。网络化已成为计算机发展的方向之一。全国性网络的建立是衡量一个国家的国力、科技水平和社会信息化的重要标志。对计算机网络的开发研究和把计算机网络作为一门课程进行教学,培养这方面的专业人才,已受到广泛重视。作者依据多年对本科生和研究生进行计算机网络教学以及科学研究的实践,深深体会到必须按合理的网络体系结构,尽可能及时引进这一领域新的科技成就,不断充实和更新教学内容,才能满足教学要求。但是,计算机网络涉及的技术内容十分广泛,本教材在精选内容的基础上,力求体系结构合理,内容全面系统的前提下,突出原理性的知识,以ISO/OSI为主线,对众多协议的要点和基本概念做了阐述。在章节安排上,按网络层次的功能大小,以及在实际应用中的情况,分别作了详略不同的介绍,根据教学需要可以灵活掌握。

本书承西安交通大学胡正家教授审稿,对本书的内容结构、编写大纲等方面都提出了十分宝贵的意见。全国计算机与信息处理标准化委员会开放系统互连分技术委员会主任委员、华北计算所马如山高级工程师、复旦大学高传善教授、西安工业学院高明凤副教授、西北大学罗景仁教授、西安空军工程学院柳启春教授、西北纺织学院刘进等对本书的编写给予了关心、支持和帮助,对此表示衷心感谢。

本书在第三次印刷时,对部分内容进行了补充和修订,同时对过去版本中排印的一些疏漏进行了校正。西安交通大学鲍家元教授、洪建荣、李平均及刘利老师也提了一些宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,加之计算机网络发展迅速,书中难免有缺点、错误,欢迎同行专家和读者批评指正。

编者 1993年8月

目 录

第一章 计算机网络概论	1
§ 1.1 计算机网络的一般概念	1
§ 1.2 计算机网络的结构	7
§ 1.3 局域网和分布式系统、多终端分时系统的关系	11
§ 1.4 通信及计算机网络标准制定机构	13
习题和思考题	15
第二章 开放系统互连参考模型——网络体系结构	16
§ 2.1 网络体系结构及开放系统互连参考模型的研究方法	16
§ 2.2 开放系统互连参考模型	19
§ 2.3 OIS 管理、各特定层概述及对 OSI 标准的评价	29
§ 2.4 其他网络系统结构	31
习题和思考题	36
第三章 数据通信和物理层协议	37
§ 3.1 数据通信的理论基础	37
§ 3.2 数据通信系统组成和主要技术指标	39
§ 3.3 信道及其主要特性	41
§ 3.4 传输方式和传输设备	44
§ 3.5 多路复用技术和集中器	52
§ 3.6 物理层	57
§ 3.7 交换原理	64
习题和思考题	67
第四章 介质访问子层和局域计算机网络	68
§ 4.1 局域计算机网络体系结构及其协议	68
§ 4.2 广播式信道局域网络协议	81
§ 4.3 IEEE 802.3 类型网络——Ethernet	87
§ 4.4 IEEE 802.4 类型的令牌总线网	94
§ 4.5 IEEE 802.5 类型的令牌环网	98
§ 4.6 其他介质访问控制方法的环网	104
§ 4.7 高速局域网(HSLN)	108
习题和思考题	115
第五章 数据链路层及其协议	116
§ 5.1 数据链路层设计问题	116
§ 5.2 面向字符基本型通信控制规程	120

§ 5.3 面向字符型扩充通信规程	126
§ 5.4 面向比特型通信控制规程——HDLC	128
§ 5.5 数据链路协议描述和流量控制	135
习题和思考题	149
第六章 网络层	150
§ 6.1 网络层提供的服务和功能	150
§ 6.2 路由选择算法	157
§ 6.3 流量控制和拥塞控制	166
§ 6.4 X.25 建议	171
§ 6.5 网络互连	185
习题和思考题	197
第七章 运输层、会话层和表示层	198
§ 7.1 运输层	198
§ 7.2 会话层	211
§ 7.3 表示层	216
习题与思考题	229
第八章 应用层	230
§ 8.1 概述	230
§ 8.2 公共应用服务元素	233
§ 8.3 文件传送、访问和管理(FTAM)	237
§ 8.4 虚拟终端	244
§ 8.5 其他应用	250
习题和思考题	257
第九章 计算机网络技术的发展	258
§ 9.1 光纤分布数据接口 FDDI 和光纤网	258
§ 9.2 ISDN 与 CBX 网	272
§ 9.3 工业自动化网络协议——MAP/TOP	283
习题和思考题	293
主要参考文献	294

第一章 计算机网络概论

从1946年第一台电子计算机ENIVAC问世以来,随着计算机技术的发展,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发展。计算机网络就是计算机科学和通信科学密切结合的结晶。早在1952年,美国半自动化地面防空系统(SAGE)就开始研究将远距离的雷达和其他测量控制设备的信息通过通信线路汇集到一台IBM AN/FSQ-T的中央计算机进行集中处理,这可以看成是计算机技术和通信的首次结合。60年代初,建立的美国航空公司飞机订票系统SABRE-1,是由一台大型计算机和遍布美国的约2000多台终端组成的联机终端网络,是计算机和通信技术较紧密的结合,并在实践中产生了巨大的经济效益。到1969年美国国防部高级计划研究局研制的ARPA网正式开通,是计算机和通信深度结合的产物,也是计算机网络发展的里程碑。

就通信学科的通信技术演变而言,计算机技术的应用是通信技术现代化的基础。计算机在通信中的应用迅速发展,使数据通信和数字通信等新的通信技术和领域相继出现,并随计算机技术的发展而迅速发展。数据通信是继电报、电话之后的更新的通信。初期的数据通信网进一步的完善,实现全网的资源共享和广大地域范围内的数据处理,进而发展为全国性的计算机网络。因此,计算机网络是涉及计算机硬件、软件、通信、信息处理和信息工程学科的综合性学科。发展我国的计算机网络事业,是我国四化建设的重要内容之一,它已成为各种先进技术发展的基础,是向社会信息化迈进的必要条件。目前,全国性的计算机网络是否建立,已成为衡量一个国家技术发展水平、综合国力以及社会信息化程度的重要标志。

70年代末80年代初,微型计算机有了突破性的进展,大量的微型机拥向社会,渗透到社会应用的各个方面。但是,微型机有限的资源和较低的处理能力的局限,加速了微机局域网的发展,局域计算机网又推动了办公自动化系统、工厂自动化系统以及实验室自动化系统的发展。局域计算机网络是继广域计算机网络发展之后又一个新的计算机领域。如果说,广域网扩大和延伸了信息社会中信息资源共享的范围,那么局域网则是增强了社会信息资源共享的密度。广域计算机网络和局域计算机网络的互连,就会形成局部处理和远程处理,有限地域范围的资源共享和广大地域范围的资源共享相结合的网际网网络。

发展计算机网络在计算机学科上也有重要的意义,特别是对计算机的系统结构有较大的影响。计算机网络是四个计算机发展方向之一,即计算机巨型化(巨型计算机)、微型化(功能更强的微型机)、人工智能和网络化。因此,计算机网络是一门综合性学科,内容十分广泛。

§ 1.1 计算机网络的一般概念

1.1.1 计算机与通信的结合及发展阶段

1. 以单计算机为中心的联机网络

以单计算机为中心的联机网络系统如图1-1所示,这类网络有时称为第一代网络。60年代中期以前,计算机主机昂贵,而通信线路和通信设备使用的价格相对便宜,为了共享主机资源(强的处理能力)和进行信息的采集及综合处理,联机终端网络是一种主要的系统结构

形式。前面提及的美国航空公司飞机订票系统 SABRE-1 是联机终端网络的典型实例。图 1-2 是图 1-1 的简化，其中 HOST 代表主机、T 代表终端、RLC 代表远程线路集中器。单处理机联机网络中，已涉及多种通信技术、多种数据传输设备、数据交换设备等。从计算机技术上来看，它是由单用户独占一个系统发展到分时多用户系统。联机终端网络和多处理机网络相比较有如下缺点：一是主机负荷较重，既要承担通信工作，又要承担数据处理，主机的效率低；二是通信线路的利用率低，尤其在远距离时，分散的终端都要单独占用一条通信线路，费用贵，在终端聚集的地方，可采用远程线路集中器，尽量减少通信费用；三是这种结构属集中控制方式，可靠性低。

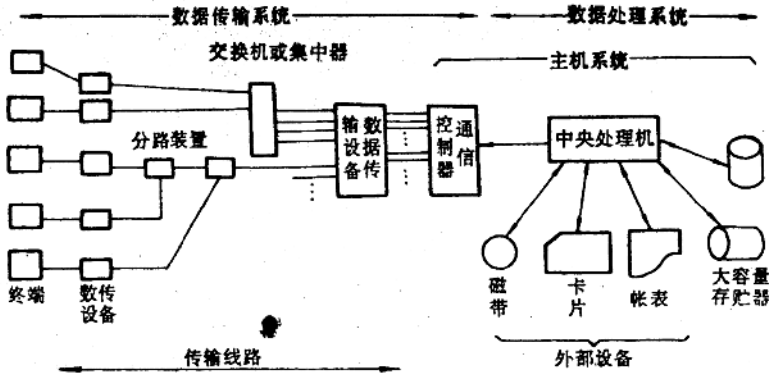


图 1-1 具有通信功能的单处理机系统

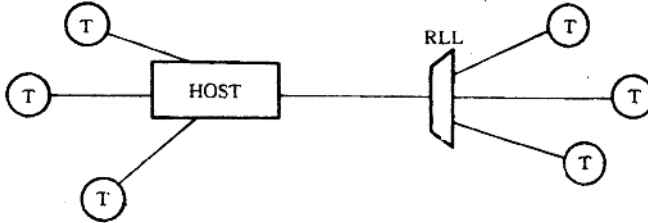


图 1-2 单处理机联机系统的结构图

联机终端网络结构的另一种变种是在单处理机（主机）和通信线路之间设置前置机，专门处理与终端的通信，将通信功能从主机中分离出来，减轻主机负荷，提高主机效率。

2. 计算机—计算机网络

从 60 年代中到 70 年代中，随着计算机技术和通信技术的进步，将多个单处理机联机终端网络互连起来，形成了多处理机为中心的网络。

利用通信线路将多个计算机连接起来，为用户提供服务。第一种形式是通过通信线路将主计算机互连起来，主机既承担数据处理又承担通信工作，如图 1-3 所示。第二种形式是把通信从主机分离出来，设置通信控制处理机 CCP（Communication Control Processor），主机间的通信通过 CCP 的中继功能间接进行。由 CCP 组成的传输网络称通信子网，如图 1-4 所示。

通信控制处理机负责网上各主机间的通信控制和通信处理，它们组成的通信子网是网络的内层，或骨架层，是网络的重要组成部分。网上主机负责数据处理，是计算机网络资源的拥有者，它们组成了网络的资源子网，是网络的外层，通信子网为资源子网提供信息传输服务，资源子网上用户间的通信是建立在通信子网的基础上。没有通信子网，网络不能工作，而

没有资源子网，通信子网的传输也失去了意义，两者合起来组成了统一的资源共享的两层网络。

将通信子网的规模进一步扩大，使之变成社会公有的数据通信网，图 1-5 所示。广域网，特别是国家级的计算机网络大多采用这种形式。这种网络允许异种机入网，兼容性好、通信线路利用率高，是计算机网络概念最全、设备最多的一种形式。

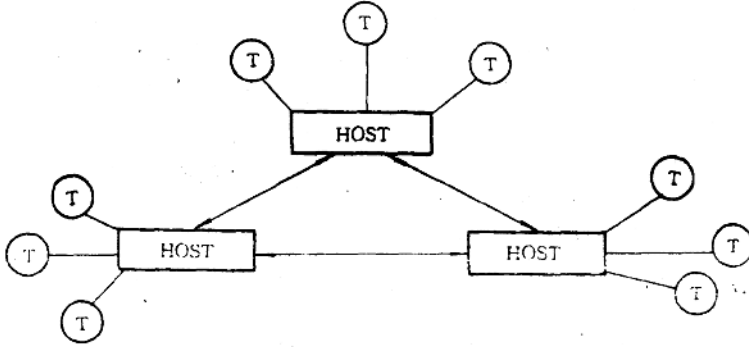


图 1-3 主机直接互连的网络

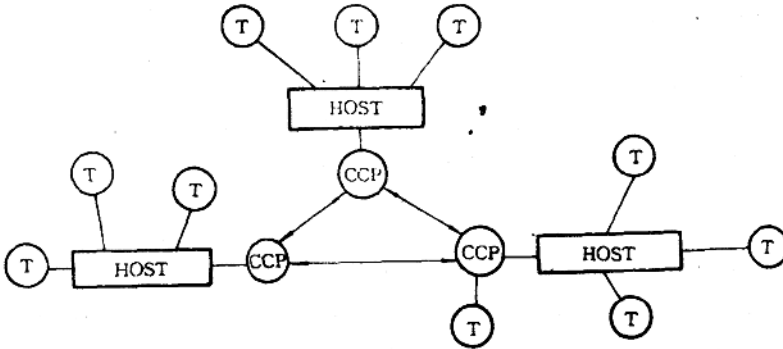


图 1-4 具有通信子网的计算机网络

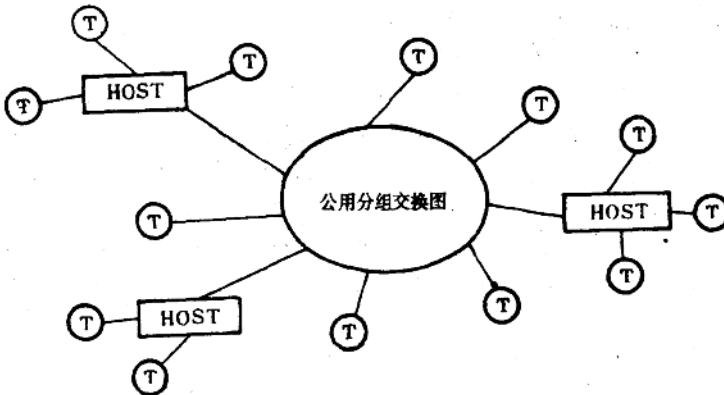
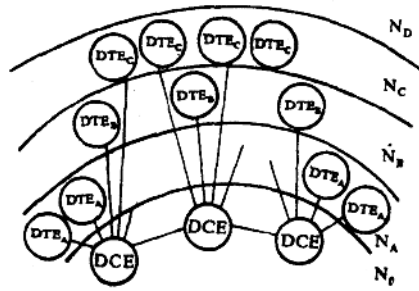


图 1-5 具有公用数据通信网的计算机网络

图 1-6 是公用数据网使用的一般形式。由 CCP 组成的是公用数据网,它提供的传送服务面向全社会。 N_A 层的各主机 H_A 组成该层的资源子网,同理 N_B 层各主机 H_B 组成 N_B 层的资源子网等等。这样各层主机都连接到通信子网上。一般来说,各层主机具有相同的业务联系,相互传输的信息量大,例如,计委系统的资源子网,情报系统的资源子网,银行系统的资源子网等等。而公用数据通信子网是各资源子网所共享或公用的。原理上,不同层的主机间也可通信,共享资源,但对通信子网来说,对不管来自哪层的报文分组(packet,也称信包,或包),都同样提供从源主机到目标主机间的信息传输。



注 N_0 : 公用数据通信子网
 $N_A, N_B, N_C, N_D, \dots$ 各计算机用户资源子网
 DCE: 数据通信设备
 DTE: 数据终端设备(主计算机或终端)
 图 1-6 公用交换网中各用户层资源子网

ARPA 网是两层网络的代表,1975 年,ARPA 网连接的主机已超过 100 台,连到各主机的终端数超过 2 000 个。英国国家物理实验室 NPL 网络,70 年初连接主机 12 台,终端 80 多个,这些网络可称为第二代网络,根据应用目的又可分为以下三种类型。

(1) 用户根据在一定范围内共享专用资源而建立的网络,如 OCTOPUS 网络,由美国加州大学劳伦斯原子能研究所建立的网络。它由 2 台 CDC-7600、2 台 CDC-6600 和其他一些机器近 500 多个终端组成,可共享容量为 12^{12} 位的数据库。另一个例子是 DCS 网,也由加州大学的欧文分校研制,是一个面向进程通信的分布式异种机环形网络。

(2) 用户在一定的地域范围内进行通信处理和进行通信服务为目的通信网络,如欧洲情报网络 EIN。

(3) 用于商用目的公用分组交换数据通信网络,美国的 TELENET 网络是由美国远航网络公司组建的,目前已发展成为一个可向国内 250 个城市、国外 37 个国家的用户提供服务的全球性分组交换网。另外,加拿大的 DATAPAC 网、法国 TRANSPAC 网等都属这一类。

3. 体系结构标准化网络

网络体系结构标准化建成的网络称为第三代网络,依据标准化水平又可分为两个阶段。

(1) 各计算机制造厂商网络体系结构标准化

IBM 公司在 SNA (System Network Architecture) 之前已建立了许多网络,为了使自己公司制造的计算机易于连网,并有标准可循,使网络的系统软件、网络硬件具有通用性,1974 年在世界上首先提出了完整的计算机网络体系标准化的概念,宣布了 SNA 标准。IBM 公司用 SNA 作标准建立起来的网络称为 SNA 网,这大大方便了用户用 IBM 各型机建造网络。为了增强计算机产品在世界市场上的竞争能力,DEC 公司公布了 DNA (数字网络系统结构)、Univac 公司公布了 DCA (数据通信体系结构)、Burroughs (宝来) 公司公布了 BNA (宝来网络体系结构) 等。

(2) 国际网络体系结构标准化

1977 年国际标准化组织 (ISO) 适应网络向标准化发展的形势,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、吸收各计算机制造厂家的网络体系结构标准化经验的基础上,开始着手制定开放系统互连的一系列标准,旨

在将异种计算机方便互连，构成网络，该委员会制定了“开放系统互连参考模型”(OSI)，缩写为ISO/OSI，具体内容将在第二章介绍。

1980年2月，正当局域网开始迅速发展时，美国电子电气工程师协会成立了IEEE802局域网标准委员会，后经几年努力，制定了IEEE802标准(详见第四章)，使局域网从发展的一开始就走上标准化的网络体系结构。

1.1.2 计算机网络的定义和功能

1. 定义

对于计算机网络或计算机网(Computer Networks)在不同阶段或从不同的观点有着不甚相同的定义。ARPA网建成后，把计算机网络定义为“以相互共享(硬件、软件和数据)资源方式而连接起来，且各自具有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。

当联机终端网络发展到计算机-计算机网，为了使后者和前者相区分，从物理结构看，计算机网络被定义为“在网络协议控制下，由多台主计算机、若干台终端、数据传输设备以及计算机与计算机间、终端与计算机间进行通信的设备所组成的计算机复合系统”。

我国有些计算机专家把计算机网络定义为“利用各种通信手段，例如电报、电话、微波通信等，把地理上分散的计算机有机地连在一起，达到相互通信而且共享软件、硬件和数据等资源的系统”。

计算机网络和多CPU紧耦合的多机系统、以网络结构为基础的分布式系统都有许多相同或相似之处，狭义的计算机网络定义是，把包括联机网络系统、分布式系统以及多机系统排除在外的计算机和通信紧密结合的系统。

2. 计算机网络的功能

计算机网络的主要目的是共享资源。它的功能随应用环境和现实条件不同，其功能大体如下：

(1) 扩大共享资源的地域范围

计算机网络的主要目的是共享资源，计算机在广大的地域范围联网后，资源子网中各主机的资源原则上都可共享，可突破地域范围的限制，可促进国家的政治、经济和科技的发展。

共享的资源有：硬件、软件、数据。硬件资源有：超大型存储器、特殊的外部设备以及大型、巨型机的CPU处理能力等，共享硬件资源是共享其他资源的物质基础。软件资源有：各种语言处理程序、服务程序和各种应用程序等。数据资源有：各种数据文件、各种数据库等，共享数据资源是计算机网络最重要的目的，这是由于数据产生的“源”在地理上是分散的，用户无法(用投资)改变这种状况。

(2) 提高可靠性

计算机网络一般都属分布式控制方式，如果有单个部件或少量计算机失效发生，由于相同的资源可分布在不同地方的计算机上，这样，网络可通过不同路由来访问这些资源，不影响用户对同类资源的访问。

(3) 促进分布式数据处理和分布式数据库的发展

由于计算机价格下降的速度快，在计算机网络内计算机和通信装置的价格比发生了显著的变化，这便可在获得数据和需进行数据处理的地方设置计算机，把数据处理的功能分散到各个计算机上，可利用网络环境来实现分布处理和建立性能优良、可靠性高的分布式数据库系统。

(4) 计算机网络的其他功能

计算机网络应用的领域十分广泛，在这些应用中有一些属共同的应用，如文件访问、传送，远程数据库访问，虚拟终端，作业传送和操纵，远程进程间的通信及管理等等，这些将在应用层介绍。

1.1.3 广域网、局域网和多机系统

1. 耦合度

计算机（或处理机）间互连的紧密程度称为耦合度，耦合度可用处理机间的距离以及相互连接的信号线数目来说明。表 1-1 表示了按互连距离的分类。

从表 1-1 看出，数据流机是利用多个功能单元执行同一程序的高度并行计算机。接着是多处理机系统，其典型的例子是共享存储器系统。接下来按互连处理机的跨距范围从小到大分别为局域网、广域网和广域网互连的网际网。

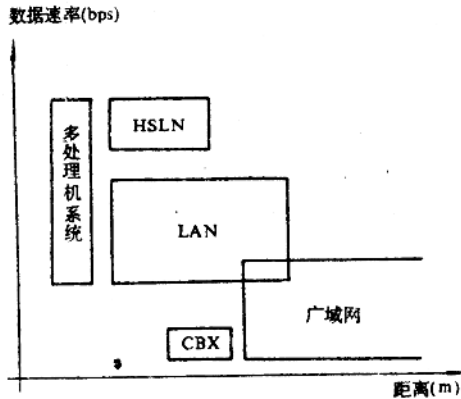
表 1-1 互连处理机按分布距离的分类

处理机间距离	处理机安装的范围	系统类型
0.1m	同一路板上	数据流机
1m	同一系统	多处理机
10m	同一房间	局域网
100m	同一建筑物	
1km	同一校园	
10km	城市	广域网
100km	国家	
1 000km	洲	
10 000km	行星	广域网互连

一般认为计算机网络中各计算机间的互连，属松耦合系统，在其通信对偶之间有明显的通信接口和数量较少（如二线制或四线制）的通信介质。而多机系统一般认为属紧耦合系统，处理机间可共享公共存储器而无需常规的通信接口和通信介质。为了共享存储器，各处理机都连到共享存储器的信号线、数据线、地址线和控制线多达 20 条到 30 多条。为了区分广域网和局域网，某些专家把局域网称为中等耦合度的系统，而把广域网称为松耦合度的系统，多机系统称为紧耦合度的系统。

如果用纵坐标表示速率、横坐标表示距离，那么图 1-7 示出了各系统在这个坐标平面上的辖区。

HSLN：高速局域网



HSLN：高速局域网

LAN：局域网

CBX：计算机控制的交换机

图 1-7 网络覆盖的地理范围和速率对应关系

LAN: 局域网

CBX: 计算机控制的交换机网

表 1-2 从地理范围、速率、响应时间等详细比较了广域网、局域网、多机系统的性能。

表 1-2 广域网、局域网和多机系统性能比较

系统类型	距离 (km)	传输速率 Mbps	响应时间	出错率	通信方式	拓扑结构	传输介质
广域网	大于 10	小于 0.1	百毫秒级	$10^{-8} \sim 10^{-7}$	存贮转发	任意构形	公共介质 (公用数据网, 电话网)
局域网	0.1~10	0.1~20	百微秒级	$10^{-8} \sim 10^{-11}$	广播式	总线、环形	专用介质 (双绞线同轴电缆, 光纤)
多机系统	小于 0.1	8~40	微秒级	小于 10^{-11}	信箱等	陈列开关多级共享总线	一般信号连线

§ 1.2 计算机网络的结构

1.2.1 网络拓扑结构

1. 信道连接的构形

计算机间或通信子网中 CCP 之间的通信信道连接形式有如下两种:

(1) 点一点信道, 通信对偶处于信道的两端, 以点一点连接形式互连计算机构成的网络称为链路型网络。

(2) 多点信道, 也称广播信道, 即多个计算机连接到一条通信线路上的不同分支点上。实际上, 广播信道的网络仅有一个通信信道, 为网上所有的机器所共享。当广播信道用有线介质实现时, 则变为总线结构或多点线路。

2. 拓扑结构

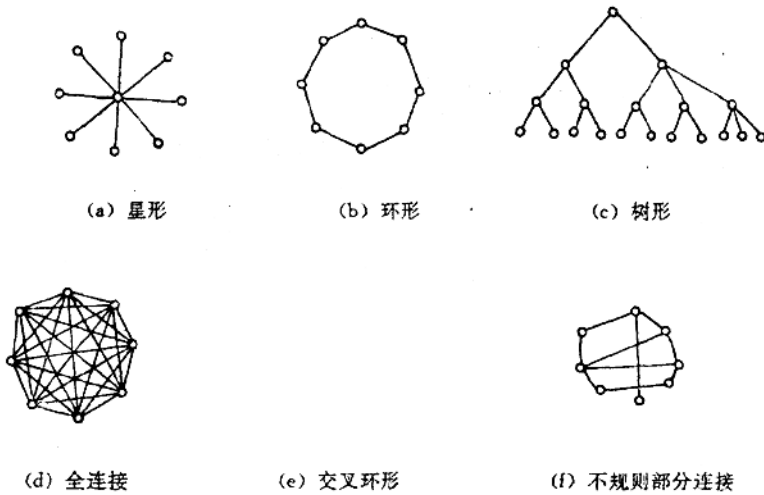
拓扑结构是计算机网络的重要特性。所谓拓扑, 是一种研究与大小、形状无关的线和面(构成图形)特性的方法, 由数学上图论演变而来, 图是由线所连接的点的集合。在网络中, 计算机作为节点, 用通信线路可连接的图形有环形、总线结构、层次和无规则形状等拓扑结构。例如, 对于环形网, 拓扑学不考虑任意两点间的距离长短以及节点间的间隔是否相等, 而距离却影响通信线路的价格和信息的传输延迟。网络拓扑研究各类网络图形的共同的基本性质。

从网络拓扑学的观点看, 网络是由一组节点 (node) 和连接节点的链路组成。节点可分为两类, 一类是转接节点, 支持网络线路连续性作用, 通过所连接的链路来转发信息, 如电话交换机、集中器和 CCP 等。访问节点除可具有连接链路外, 可以存贮、处理并作为发信点和接收点, 一般处在通信子网的末端, 故访问节点也称为端点。

点到点信道构成的网络拓扑结构如图 1-8 所示, 广播式信道组成的网络拓扑如图 1-9 所示。

(1) 星形结构

星形结构由一个功能较强的转接中心 S 以及一些各自连到中心的节点组成。这种网络各从节点间不能直接通信, 从节点间的通信必须经过转接节点。例如 A 节点要向 B 节点发送, A



1-8 链路型网络拓扑结构

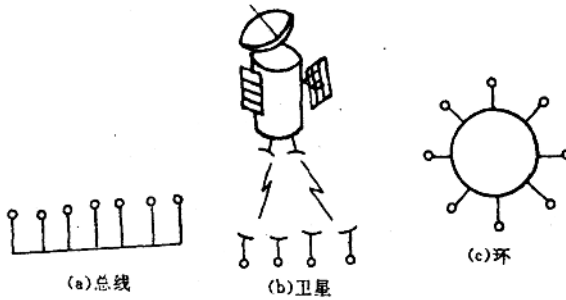


图 1-9 广播信道网络

节点先向转接中心 S 发送 RTS (Request to Send) 报文请求发送, S 转发 RTS 报文到 B 节点, 然后从 B 收到 RTR (Ready to Receive) 准备接收报文, 这样就在 A 和 B 间建立通路并可开始通信。

星形结构有两类: 一类是转接中心仅起从节点连通的作用。另一类转接中心是一个很强的计算机, 从节点是一般计算机或终端, 这时转接中心有转接和数据处理的双重功能。强的转接中心也成为各从节点共享的资源, 转接中心也可按存贮转发方式工作。

星形结构的优点是建网容易, 控制相对简单, 其缺点是属集中控制, 可靠性低。

(2) 层次结构或树形结构

层次结构是连网的各计算机按树形或塔形组成, 树的每个节点都为计算机。一般说来, 愈靠近树根 (或塔的顶部), 节点的处理能力就愈强, 最低层的节点命名为 0 级, 次低层的为 1 级, 塔顶的级最高。低层计算机的功能和应用有关, 一般都具有明确定义的和专门化很强的任务, 塔的顶部则有更通用的功能, 以便控制协调系统的工作。低层的节点通常仅带有限数量的外围设备, 相反, 顶部的节点常为可带有前端机的中型甚至大型计算机。

繁琐的重复性的功能和算法, 像数据收集和变换都在最低层处理。相反, 数据处理, 命

令执行(控制)、综合处理等都由顶部节点完成。如共享的数据库放在顶部而不分散在各个低层节点。

信息在不同级上垂直进行传输, 这些信息可以是程序、数据、命令或以上三者的组合。

层次结构如果仅有两级, 就变为星形, 一般来说, 层次结构的层也不宜过多, 以免转接开销过大。芝加哥大学 Miss 系统就是一个典型的分层结构的网络。

层次结构适用于相邻层通信较多的情况、典型的应用是低层节点解决不了的问题, 请求中层解决, 中层计算机解决不了的问题请求顶部的计算机来解决。

(3) 环形结构

环形网是局域网常用的拓扑结构, 它由通信线路将各节点连接成一个闭合的环。数据在环上单向流动, 每个节点按位转发所经过的信息, 可用令牌控制来协调控制各节点的发送, 任意两节点都可通信(详见第四章)。

(4) 总线结构

总线网是把连网的计算机分别连接到通信线路的不同分支处, 通信线路称为共享总线。总线网也是局域网最常用的拓扑结构。在 IEEE802 局域网中, 总线网有 IEEE802.3 即争用总线网和 IEEE802.4 令牌总线网两种(详见第四章)。

(5) 点一点全连接结构

点一点全连接结构的网, 每一节点和网上其他所有节点都有通信线路连接, 这种网的复杂性随处理机数目增加而迅速地增长。例如, 将 6 个处理机用点一点方式全连接起来, 每个处理机要连 5 条线路, 必须有 5 个通信端口, 全网共需 15 条 $(N \times (N-1) / 2)$ 线路。该类网络的优点是无需路由选择, 通信方便。但这种网络连接复杂, 适合于节点数少, 距离很近(如一个房间)的环境中。

(6) 点一点部分连接的任意形

在广域网中, 互连的计算机一般都安装在各个城市, 各节点间距离很长, 某些节点间是否用点一点线路专线连接, 要依据其间的信息流量以及网所处的地理位置而定。如果某节点间的通信可由其他中继节点转发且不甚影响网络性能时, 可不必直接互连。因此在地域范围很大的范围内且节点数较多时, 都为部分节点连接的任意拓扑结构。部分节点连接的网络必然带来经由中继节点转发而相互通信的现象, 称为交换(见第三章)。图 1-10

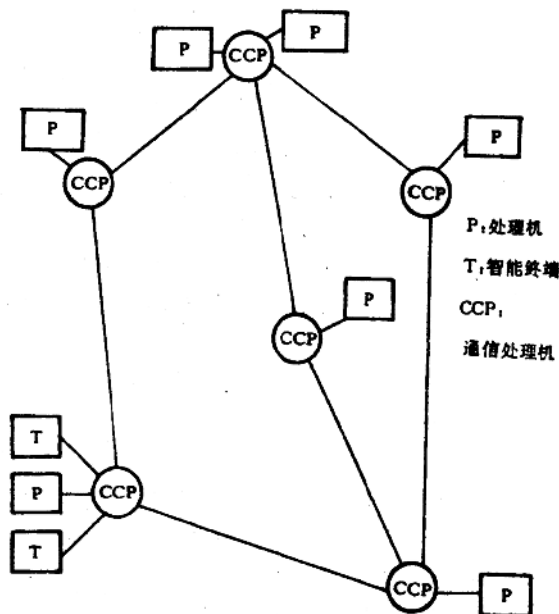


图 1-10 点到点部分连接的任意拓扑网络

示出了一个部分节点连接的网络。图中 CCP 为通信处理机, P 为端节点, T 为终端。

1.2.2 计算机网络的组成

如前所述, 计算机网络一般由面向通信控制和通信处理的通信子网和面向端计算机进行

数据处理的资源子网组成。

一个典型的计算机网络组成如图 1-11 所示。

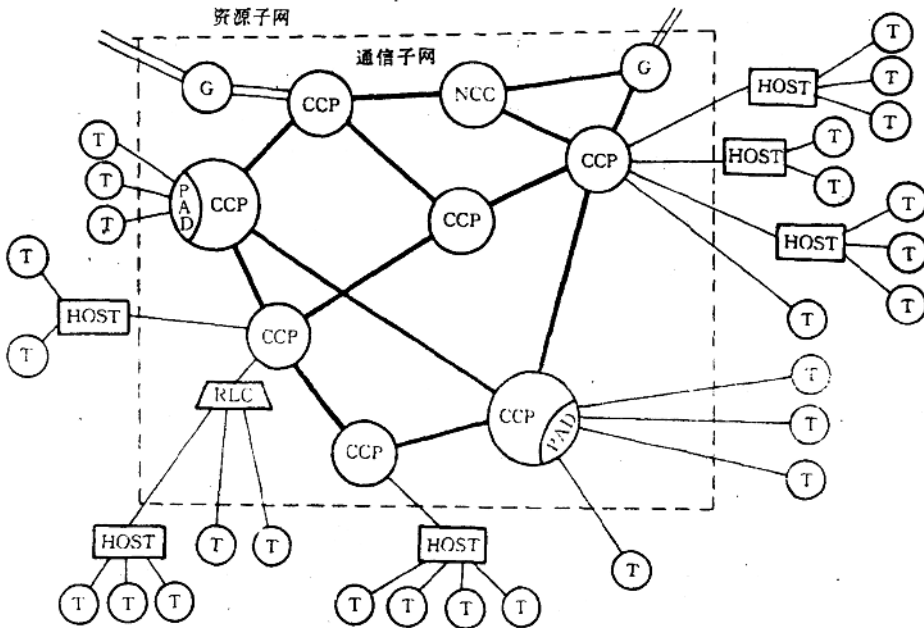


图 1-11 一个典型网络组成示例

(1) HOST: 主机, 是用户资源子网的关键设备, 一般用户终端经由主机入网。除本地用户使用本机资源的本地功能外, 主机还有两方面的功能。一方面, 主机要为本地用户访问网络其他节点设备以及共享其他主机的资源提供必要的通信软件和分布处理能力, 另一方面也为网上其他用户 (或主机) 共享本机的资源提供服务。总之, HOST 要实现端开放系统应具有的功能。主机一般都通过 CCP 连接到通信子网上, HOST 和 CCP 距离较近, 它们之间可采用并行接口、并行 I/O 和总线的紧耦合方式连接, 相互之间都可视为外部设备, 通信速率较高。

(2) T: 终端设备, 是用户访问网络的直接界面。终端可作为主机的配置连到主机, 通过主机的网络访问软件来访问网络和其他用户通信。另外, 可利用公用数据网中提供的 PAD 装置直接和通信子网连接。PAD 是分组组装拆卸设备。有些 CCP 也可直接连终端, 如 ARPA 网的 TIP (终端接口信件处理机), 其功能相当于 CCP。

终端的类型繁多, 交互式键盘显示终端是最常用的设备之一。由于终端类型繁多, 计算机网络在应用层用虚拟终端协议来适配各类终端, 即每个实际的终端要和虚终端之间进行协议的转换。另外终端的数量在计算机网络中是相当可观的, 一般是计算机台数的几十倍, 乃至几百倍。终端的选型是个重要问题。

(3) PAD: 分组组装/拆卸设备, 它是为将终端直接入网而提供的设备。它的功能是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的分组格式要求组成信息单位在网络内传送。

(4) CCP: 通信控制处理机, 是通信子网中最主要的组成部件, 为端主机或用户终端提供

中继转发的功能,因此也可称为分组交换设备。每个 CCP 把从入线进入的分组根据一定的路由选择算法转发到另一个物理链路上,在通信子网内完成从源 CCP 到目标 CCP 之间的传送。

(5) NCC: 网络控制中心,它管理整个网络的运行,系统故障检测和恢复,计费,用户登录及网络运行情况分析等。

(6) RLC: 远程线路集中器,是多终端共享线路的一种形式,它可把一群终端集接,然后再用高速线路连到通信子网或主机上,终端也可通过集中器入网。

(7) G: 信关,是网络互连的设备,通过信关可将多个网络互连形成网际网,网络互连有多种形式,因此,信关相应也有多种类型(见第六章)。

(8) 通信线路和通信设备,如调制解调器、多路复用、交换设备以及主机配置的前端机等。这部分在图上没有充分表示出来。

§ 1.3 局域网和分布式系统、多终端分时系统的关系

1.3.1 局域网和分布式系统

局域网的主要目的是共享资源,地域范围有限,属于分布式控制方式。分布式计算机系统也采用和局域网基本相同的机间耦合方式,地理范围也有限,两类系统很类似,容易混淆。例如,美国加州大学研制的 DCS (Distributed Computer System) 系统,采用环接技术,令牌控制是环形局域网工作的典型例子。但 DCS 系统是为了增加整体的计算和处理能力,按照分布式计算机系统的要求配置了上层软件,属于分布式系统。由此可以看出,低层采用局域网工作原理构成的系统有两个发展方向:一是朝着简单、廉价的方向发展,为实现办公自动化设备的互连构成资源共享的系统;二是朝着高性能、高可靠性的方向发展,为实现拓扑结构更为复杂的互连系统提供手段。前者为局域网,后者属分布计算机系统。

1. 分布式计算机系统的定义

分布式计算机系统应满足下列条件:

(1) 系统中资源的多样性。为了提供这些资源,系统由多台计算机所属的硬件和软件组成,且这些资源可动态地进行分配。

(2) 在系统中,各个计算机或其他部件在物理上和逻辑上是分散的,它们之间由通信链路直接连接或间接连接起来,任意两个部件都可通信,彼此进行交互作用,部件之间的连接可采用多种拓扑结构,但地域范围是有限的。

(3) 各个计算机或部件协调工作,地位平等,工作是自治的,每个部件都是完整的独立的系统。

(4) 在逻辑上,分布式计算机系统是一个完整的整体系统,它表现在每个计算机都有一个高级的操作系统,统一控制各个部件。

(5) 系统透明性允许按名字请求服务

根据上述条件,局部计算机网络系统部分地满足分布式计算机系统的定义,两种系统具有某些相同的特性。

2. 局域网和分布式系统的区别

分布式计算机系统强调多个计算机组成系统的整体性,强调各计算机在协调下自治工作。例如,分布式计算机系统的应用程序可分为几个独立的部分,且这些部分分别运行于不同的机器上,它们之间通过通信而相互协作,共同完成一个作业。用户对各计算机的分工和合作

是感觉不到的，并行计算是分布式计算机系统应用的典型例子，它的目标是将多台小型或微型机组成分布式计算机系统，完成通常要由中型或大型计算机才能完成的甚至无法完成的任务。这就使用户感到，由多台微型机、小型机通过适当的拓扑结构互连组成的系统就像一台大型机，相对于微型、小型机来说，分布式计算机系统显示了很强的计算能力和数据处理能力，显示了高性能。局域网则以共享资源为主要目的，方便用户访问其他计算机所具有的资源。两种系统的差别仅在组成系统的高层软件上，而构成系统的拓扑结构、系统成员之间通信协议及通信控制方法等系统的低层协议，硬件连接上都是基本相同的。因而，追求分布式计算机系统的功能，就成为局域网发展的一个推动力。事实上，有些有名的局域网是从分布式系统使用的网络控制方法演变而来的。

1.3.2 局域网和多终端分时系统

1. 多终端分时系统

联机终端网络实质上就是多终端分时系统，这种网络系统在网络发展初期发挥了巨大的作用。虽然网络技术已发展到计算机—计算机网和标准协议的网，但由于多终端分时系统也有其优点，目前它仍是重要的系统结构形式之一。由于功能强、速度快的主机和慢速的终端不匹配，为了充分利用主机，多终端分时系统出现了。在多终端分时系统中，可以连接本地终端，也可经通信线路和传输设备加接远程终端，当终端较多时，可经通信控制器与主机连接，系统结构如图 1-12 所示。

这种系统以主机为中心，有主机、终端和通信设备、系统覆盖的范围和局域网可以近似，能完成的工作如办公自动化等也相似，因此在方案选择时常常会引起争论。

2. 局域网和多终端分时系统的区别：

(1) 多终端分时系统的结构是由一台主机和多个终端组成，而局域网由多台主机互连，共享一个或多个大容量存贮器，可共享这些大容量存贮器上的软件和数据资源。也可共享其他主机的外围设备等。

(2) 由于终端数目增加，多终端分时系统的计算速度将会显著降低。局域网增加工作站节点，除增加通信线路外，其速度保持不变。所以多终端分时系统仅仅对功能强速度高的主机（如大、中型计算机或巨型机）才有显著的意义。对于微型机的多终端分时系统，增加终端的数目很易使主机性能迅速下降。

(3) 多终端分时系统，每个用户只能分享部分资源，而局域网每个用户除占用本身的资源外，并能分享全部公共资源。

(4) 多终端分时系统一般只在主机和终端之间进行通信，终端之间通信要经过主机转接，实际上是不提供或很难提供这种通信服务。而局域网则易于实现用户间的通信。

(5) 多终端分时系统要求主机系统内存配置大、强的处理能力，而局域网要求每个主机（或工作站）具有相当一个终端工作环境的配置。

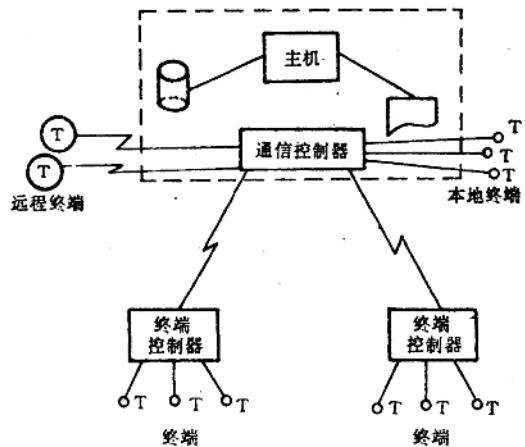


图 1-12 典型的多终端分时系统的结构

3. 用法比较

早期, 由于计算机主机昂贵, 而连接终端的费用相对较低, 多终端分时系统迅速发展起来, 一般都组织地区性计算中心, 计算趋于集中化。而微型、小型计算机和局域网的发展, 提供了分散化计算的新方法, 局部地区连网所需的费用较低, 用局域网部分代替集中式的计算中心是个发展趋势。多终端分时系统属于集中控制, 可靠性低; 局域网采用分布式控制方式, 有较高的可靠性。

多终端分时系统中, 主机的功能强、性能高, 对于某类特殊和很复杂的问题, 可充分发挥其作用 (如不在分时方式下工作), 并获得良好的效果。在一般情况下, 局域网可发挥高度并行操作和协同的优点, 又可相互通信, 适合于用户间相互访问的办公事务处理系统。

§ 1.4 通信及计算机网络标准制定机构

1. 国际标准化组织 ISO

国际标准化组织 ISO (International Standard Organization) 成立于 1947 年, 是世界上最大的国际性标准化专门机构, 是联合国的甲级咨询机构, 目前有 89 个成员, 中国在 1947 年就参加了该组织。

ISO 的宗旨是在世界范围内促进标准化工作的发展, 其主要活动是制定国际标准, 协调世界范围内标准化工作, 由各技术委员会 (TC) 组成, 其中 TC97 技术委员会是“信息处理系统技术委员会”, 负责信息处理有关的标准制定。在 TC97 委员会下设立了 16 个分技术委员会和一个直属工作组, 其中 SC6 为数据通信分委员会, 并在 IBM 公司 SDLC 通信规程基础上制定了高级数据链路控制规程 (HDLC), SC16 分技术委员会以“开放系统互连”作为目标, 进行有关标准的制定, 1984 年 9 月, TC97 进行了重新改组, 改组后成立了 SC21 “开放系统互连的信息检索、传送和管理分技术委员会”, 除负责原 SC16 (已取消) 承担的有关参考模型和形式描述与高三层标准化外, 还研究 SC5 转过来的图形、数据库、操作系统命令和响应语言与 OSI 有关标准。

ISO 标准的制定大致分成四个阶段: 即工作草案 (WD)、建议草案 (DP)、国际标准草案 (DIS) 和国际标准 (IS)。一个标准的形成要经过 4 至 5 年的时间。形成的标准供各国共享, 现已有 40 多个国家采用 ISO 标准, 我国已经确定采用国际标准的国策。

2. 国际电报电话咨询委员会 (CCITT)

国际电报电话咨询委员会 CCITT (Consultative Committee International Telegraph and Telephone) 成立于 1956 年, 是国际电信联盟 (ITU) 四个常设机构之一, 它为国际条约组织, 主要由各成员国的邮政、电话、电报部门组成。对国际通信用的各种通信设备及规程的标准化分别制定了一系列的建议。在数据通信方面, CCITT 有两种系列建议, 即 V 系列与 X 系列建议书。为了适应综合业务数字网络 ISDN (Integrated Service Digital Network) 的发展, CCITT 开始制定 I 系列建议。

在数据通信发展初期, 在电话网和用户电报网上进行数据传输, 从 60 年起逐步形成了 V