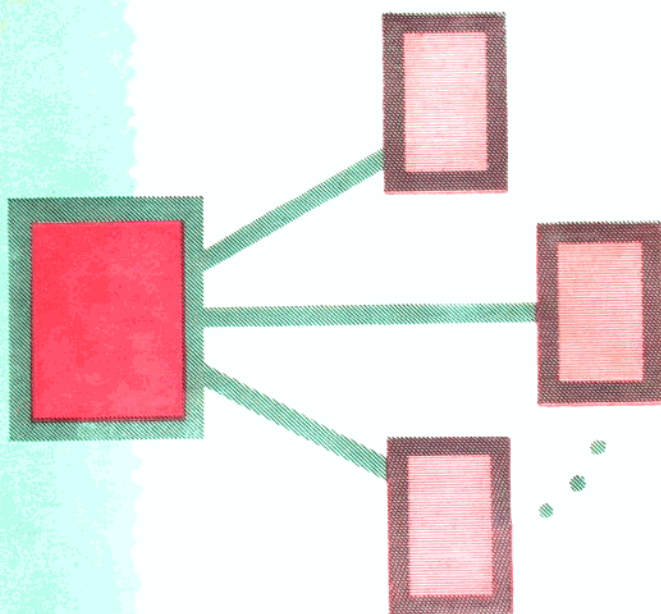


梁 振 军 编



计算机网络

通信与协议

石油工业出版社

PDF

前 言

近年来,计算机网络技术的发展和运用越来越受到社会各阶层人士的广泛关注。关心这项技术的人想初步了解它,使用这项技术的人想按照不同需要了解它的一个或几个侧面,开始研究这项技术的人想知道它的主要组成部分及发展状况。要满足上述这些方面要求是不容易办到的,企图做这样的尝试便是本书的宗旨。书中绪论部分希望能满足第一部分人的需要。紧接着的三章是讨论数据通信及有关问题,构成计算机网络通信的基础。最后四章分层讨论了网络结构和协议。这样安排希望有助于第二、三部分人利用此书。

讨论中尽量能结合实例,以便于读者进一步理解和掌握有关理论。同时也尽量介绍近几年来这项技术的新发展,将有助于读者了解它的近期发展状况。

本书有些内容参照了下列书籍:顾冠群、贾耀国:《计算机网络概论》(南京工学院,1981年);潘启敬、施雨农、葛乃康、朱亦梅:《计算机网络》(中国铁道出版社,1984年);王新梅:《纠错码浅说》(人民邮电出版社,1976年)等,在此深表谢意。

本书在编写过程中得到北方交通大学葛乃康副教授的指导,并认真审阅了全书稿,对内容和章节安排提出了宝贵的意见。此外,在成书过程中还得到王晨纲、顾雷杰等同志的大力帮助,在此谨致深切谢意。

鉴于计算机网络技术发展异常迅速,收集资料的时间短,数量有限,加之本人技术水平的限制,书中的错误和不妥之处敬请读者指正。

编者

1987年1月

目 录

第一章 绪论	(1)
§1.1 概述	(1)
§1.2 计算机网络发展概况	(3)
§1.3 计算机网络的基本组成与分类	(9)
1.3.1 计算机网络的基本组成	(9)
1.3.2 计算机网络分类	(10)
§1.4 计算机网络资源共享的概念	(15)
1.4.1 软件资源共享	(16)
1.4.2 数据资源共享	(17)
1.4.3 硬件资源共享	(18)
第二章 数据通信原理	(19)
§2.1 数据通信系统的基本结构	(19)
2.1.1 数据通信系统模型	(19)
2.1.2 电信	(20)
2.1.3 数据通信系统的基本组成	(22)
§2.2 信号波形分析	(23)
2.2.1 确定性信号分析	(23)
2.2.2 随机性信号分析	(30)
§2.3 信道	(35)
2.3.1 信道类型	(35)
2.3.2 信道的特性	(45)
2.3.3 信道容量	(50)
§2.4 通信编码与通信方式	(54)
2.4.1 传输方式	(54)
2.4.2 编码方式	(57)
2.4.3 通信方式	(61)
第三章 数据传输	(67)
§3.1 基带传输与调制传输	(67)
3.1.1 基带传输	(67)
3.1.2 调制传输	(71)
§3.2 调制解调器	(87)
3.2.1 调制解调器的作用	(87)
3.2.2 DTE 和 DCE 之间的接口线(V.24 建议介绍)	(88)
3.2.3 调制解调器举例	(102)
§3.3 模拟信号的数字传输	(111)
3.3.1 抽样定理	(113)
3.3.2 数字传输系统	(115)
3.3.3 脉冲编码调制原理	(116)
3.3.4 PCM 传输速率	(117)

§3.4 多路复用	(117)
3.4.1 时分复用帧结构	(119)
3.4.2 帧同步	(121)
3.4.3 非同步输入与码速调整	(133)
3.4.4 复用系列	(134)
3.4.5 实际复用结构	(136)
3.4.6 频分多路复用	(138)
§3.5 线路共享技术	(140)
3.5.1 多用复用器与计算机的连接	(140)
3.5.2 群集器	(143)
3.5.3 信息传输转接	(145)
第四章 通信的可靠性与安全措施	(153)
§4.1 差错类型与差错控制	(153)
§4.2 差错控制方式	(153)
§4.3 抗干扰码	(155)
§4.4 线性分组码	(163)
4.4.1 线性分组码的基本概念	(163)
4.4.2 伴随式	(168)
4.4.3 海明码校验	(172)
§4.5 循环码	(174)
4.5.1 循环码与生成多项式	(175)
4.5.2 缩短循环码	(177)
4.5.3 伴随式的计算	(178)
§4.6 纠正突发错误码	(179)
§4.7 差错控制和纠错码的选择	(181)
§4.8 通信保护的需要	(183)
§4.9 单键密码术和数据加密标准	(185)
§4.10 密码系统在不同通信层上的应用及键的分布	(190)
§4.11 公共键密码系统	(193)
4.11.1 离散指数函数	(194)
4.11.2 幂函数及其在加密中的应用	(195)
4.11.3 RSA 公共键密码	(196)
4.11.4 数字签署的需要	(198)
4.11.5 公共键登记	(199)
4.11.6 其他公共键密码和签署	(200)
§4.12 访问控制	(201)
第五章 计算机网络结构及低两层协议	(209)
§5.1 计算机网络概况	(210)
5.1.1 最终用户之间的访问通路	(210)
5.1.2 提供访问通路的商业性网络	(214)
5.1.3 通信业提供访问通路的网络	(218)
5.1.4 网络体系结构与协议	(219)
§5.2 标准分层模型	(223)
5.2.1 概况	(223)

5.2.2	分层的一般原则	(224)
5.2.3	识别符	(227)
5.2.4	连接操作	(228)
5.2.5	管理	(230)
5.2.6	OSI 体系结构的七个层级	(232)
5.2.7	OSI 协议的开发情况	(235)
§ 5.3	物理层接口与协议	(236)
5.3.1	概述	(236)
5.3.2	物理层特征	(236)
5.3.3	物理层举例	(240)
5.3.4	现在与未来的状况	(247)
§ 5.4	面向字符的链路控制	(250)
5.4.1	概述	(250)
5.4.2	面向字符链路控制概况	(251)
5.4.3	几种面向字符的协议	(252)
5.4.4	协议特征	(253)
5.4.5	协议操作	(258)
§ 5.5	面向位的数据链路控制	(268)
5.5.1	概述	(268)
5.5.2	配置模式和站的类型	(269)
5.5.3	面向位规程的组成	(271)
5.5.4	典型操作举例	(276)
5.5.5	有关标准的活动	(283)
5.5.6	与专有协议的高级兼容性	(285)
§ 5.6	高级数据链路控制规程	(285)
5.6.1	窗口方法	(286)
5.6.2	站、命令与响应	(289)
5.6.3	操作模式	(292)
5.6.4	帧拒绝	(293)
5.6.5	其他非编号帧	(294)
5.6.6	规程分类	(295)
5.6.7	信息传送与差错补救	(295)
5.6.8	双向数据流	(300)
第六章	网络层	(302)
§ 6.1	线路交换网络层	(302)
6.1.1	概述	(302)
6.1.2	CCITT 的 X · 21 建议	(303)
6.1.3	未来的演变	(313)
§ 6.2	X · 25 接口	(314)
6.2.1	概述	(314)
6.2.2	X · 25 结构	(316)
6.2.3	报文分组级协议	(318)
6.2.4	呼叫的建立与清除	(322)
6.2.5	数据传输与流量控制	(326)

6.2.6	复原规程与重启规程	(328)
6.2.7	用户可选功能	(328)
6.2.8	链路级	(329)
6.2.9	物理级接口	(330)
§6.3	协议综合设计观点	(332)
6.3.1	数据报功能	(332)
6.3.2	协议检验	(333)
6.3.3	证实技术数据报	(334)
6.3.4	有限状态描述	(336)
§6.4	路径控制	(339)
6.4.1	概述	(339)
6.4.2	SNA 结构	(339)
6.4.3	网络环境	(340)
6.4.4	路径控制功能	(341)
6.4.5	传送路组	(345)
6.4.6	分级服务	(348)
6.4.7	虚路由	(349)
6.4.8	显路由	(350)
6.4.9	路由选择	(350)
6.4.10	显路由活化	(351)
6.4.11	会晤路径活化	(352)
6.4.12	流量控制	(353)
§6.5	路由选择协议	(356)
6.5.1	概述	(356)
6.5.2	报文分组交换网络中的路由选择规程结构	(359)
6.5.3	实际使用的路由选择规程举例	(365)
6.5.4	结论	(377)
§6.6	流量控制协议	(377)
6.6.1	概述	(377)
6.6.2	流量控制、功能及度量法	(379)
6.6.3	中继级流量控制	(386)
6.6.4	入口到出口流量控制	(393)
6.6.5	网络访问的流量控制	(399)
6.6.6	会晤级流量控制	(403)
6.6.7	结论与研究方向	(405)
第七章	高层协议	(408)
§7.1	DCNA 高层协议	(408)
7.1.1	概述	(408)
7.1.2	DCNA 模型	(409)
7.1.3	基本模型	(409)
7.1.4	逻辑网络及其协议	(414)
7.1.5	虚拟网络及其协议	(417)
7.1.6	报文传送协议	(419)
7.1.7	虚拟终端协议	(420)

7.1.8 虚拟文件系统协议	(422)
7.1.9 结论	(422)
§7.2 终端支持协议	(424)
7.2.1 概述	(424)
7.2.2 终端对网络的访问	(424)
7.2.3 终端协议目的	(425)
7.2.4 参量终端协议	(425)
7.2.5 虚拟终端协议	(428)
7.2.6 结论	(435)
§7.3 SNA 高层协议	(436)
7.3.1 概述	(436)
7.3.2 通用功能和协议	(438)
7.3.3 LU 类型	(442)
7.3.4 功能管理(FM)数据	(443)
§7.4 终端处理及有关协议	(450)
7.4.1 终端处理	(450)
7.4.2 公共网络终端及有关建议	(455)
7.4.3 电子技术发展的影响	(464)
第八章 网络互连	(465)
§8.1 网间协议实现方法	(466)
8.1.1 几个基本概念	(466)
8.1.2 X·25 网络的互连	(469)
8.1.3 ARPA 提出的网络互连	(472)
§8.2 网络互连专用结构(Pup)	(476)
§8.3 Pup 的实现	(481)
8.3.1 第0级 分组传输级	(481)
8.3.2 第1级 互连网络数据报级	(484)
8.3.3 第2级 进程间通信级	(487)
8.3.4 第3级 应用级	(488)
§8.4 对Pup 体系结构的评价	(488)
8.4.1 Pup 的演变	(488)
8.4.2 评价	(489)
§8.5 网络连接举例	(491)
8.5.1 用X·25 实现 SNA 的互连	(491)
8.5.2 联邦德国的LDS 网络	(497)
§8.6 计算机网络技术发展的回顾与展望	(502)
8.6.1 回顾	(502)
8.6.2 参考模型与专有网络	(503)
8.6.3 基本传输技术的发展	(504)
8.6.4 结论	(509)
附录	
附录 A 常用代码表	(510)
附录 B 几种网络体系结构与参考模型的分层比较	(514)
附录 C 参考模型(草案)规定的服务与功能	(514)

附录 D	CCITT X 系列建议	(518)
附录 E	CCITT V 系列建议	(519)
参考文献		(520)

第一章 绪 论

§1.1 概 述

如果说铁路与电信促进了工业社会的到来与发展,那么计算机网络便促进后工业社会的发展,并迎接信息社会的到来与发展。没有计算机网络的高度发展,便没有信息社会。信息社会是生产力进一步发展的必然结果,我们迎接信息社会的到来,就必须高度重视并大力发展计算机网络。

目前,工业发达国家正进入后工业社会阶段。一场以微电子技术为核心,以计算机的广泛应用及其与通信技术相结合——从而产生计算机网络——为基础的新技术革命正在世界范围内兴起。这样一场新技术革命,必将使工业社会,经过后工业社会,进入信息社会。做为由工业社会到信息社会的中间过渡阶段的后工业社会,它必然要带上信息社会的某些特征。特征之一,便是信息“大爆炸”。目前人类正进入这个信息大爆炸时期。

信息的价值在其流通与被共享中增加,没有信息的流通与共享,信息便失去了其本身的价值。以往用来处理信息的计算机,大多是集中式的,也即一个个孤立的信息处理点。只有把这些孤立的信息处理点连接起来,形成计算机网络,才能使整个社会的信息发挥更大的作用,收到更大的社会经济效益。

在当今信息大爆炸时代,若不能快速而有效地产生信息,高速而可靠地传输信息,大量而及时地处理信息、存储信息和充分使用信息,即没有计算机网络的高度发展与普遍使用,这样的社会只能是信息社会时代的“原始”社会。

计算机网络是由计算机与电信这两门技术的发展并结合起来的产物。电信技术出现较早。为了满足电话自动转换的需要,在十九世纪就出现了电话交换设备。在二十世纪,计算机出现并很快得到迅速发展的同时,电信技术也得到迅速发展。信息处理与传输的巧妙结合便产生了一门新技术——计算机网络。随之出现了一种新的概念,即规程,它掌管着计算机网络中各部分间互相协调工作。

现在,人们常常提到计算机网络和计算机通信网两个名称。这两者没有本质的区别。当其重点是讨论计算机在网络中的作用与功能时,我们就称其为计算机网络;当其重点是讨论信息从计算机发出后如何到达目的地这一过程中的有关问题时,我们则称其为计算机通信网。但是,不做这样的区别,仅称计算机网络或计算机通信网也不会造成混乱。本书中,如不是特殊需要,我们一律用计算机网络这个名称。

那么,什么是计算机网络?从不同的角度,可以有不同的定义。

首先,从资源共享的角度来定义:“计算机网络是以能够互享资源(硬件、软件和数据)的方式相互连接起来,各自又具有独立功能的计算机系统的集合体。”这个定义是在1970年由美国信息处理学会联合会在春季计算机联合会议中提出的,以后被广泛采用。

第二种定义是从用户透明的角度提出的。从这个角度出发,把计算机网络定义为“存在一个能为用户自动管理资源的网络操作系统,由它调用用户在完成其任务时所需要的资源。整个网络如同一个计算机系统,对用户来说,各种资源都是透明的。”如果网络不具备这种透明性,当用户需要资源时,就要由用户自己,而不是由网络确定并调用所需要的资源。这就要

求用户掌握网络中的资源,知道资源如何分布及如何调用。具有透明性的网络,寻找并调用用户所需资源都由网络自动完成。人们把不具备透明性的网络叫做计算机通信网,而不叫计算机网络。这也是前面提到的计算机网络与计算机通信网络的区别之一。

第三种定义,是广义的定义。它把计算机网络定义为“计算技术与通信技术相结合,实现远程处理或进一步达到资源共享的系统。”按照这种定义,50年代出现的把若干终端通过通信线或专用线路与一台计算机连接起来所形成的系统,叫做“终端-计算机”网;60年代后期出现的通过通信线路或专用线路把若干分散开的计算机连接起来所形成的系统,叫做“计算机-计算机”网。按照广义计算机网络定义,这两种计算机网及目前正在兴起的分布式计算机网,都看作是计算机网络。于是,在这种广义定义下,计算机网络与计算机通信网便没有区别了。应当提出的是,目前对“终端-计算机”这种形态的连接,人们事实上不再叫它为计算机网络,而叫做多终端系统。

计算机网络是由计算技术与通信技术结合发展而来,那么,它在功能上既与其两个来源的功能有相同之处,又具有自己的独特方面。下面着重论述计算机网络功能的几个独特方面。

1. 资源共享

包括硬件资源共享,软件资源共享及数据资源共享。

硬件资源共享,例如把一批只有大型计算机才能在限定的时间内处理完毕的数据,通过网络送到网络中的大型计算机中进行处理,结果再通过网络送回来。

软件资源共享,例如通过网络可以使用其他地方的某些专用软件进行特殊处理。

数据资源共享,例如在一个大容量存储器中存储着大量数据,其它地方可以通过网络随时调用。

关于资源共享,将在§1.4节中专门详细地讨论。

2. 提高处理能力的可靠性与可用性

计算机网络,特别是新兴起的分布式计算机网,利用错综复杂的通信线路,把分布在不同地方的多台计算机连接起来。其中一台计算机或一条通信线路出了故障,可以通过其他无故障的通信线路传送信息,在无故障的计算机上进行所需要的处理。分布广阔的计算机网络还可以利用时差来充分发挥资源的潜力。例如在我国建成全国性网络。北京与新疆的时差达四小时。北京早晨8点,大批用户开始使用计算机,北京地区的网络中的计算机会变得非常忙碌,使用户的作业完成时间大大拉长。而新疆刚刚是早晨4点,那里的用户绝大部分还没开始用机,因而计算机比较空闲。这样,北京的用户就可以把作业调到新疆去完成。

另外,分布广阔的计算机网络的处理能力,对不可抗拒的灾害的应付力强。例如,战争、地震、水灾等都可以使一个单位或一个地区的信息处理能力变为瘫痪状态,但不大可能使整个分布广阔的计算机网络全部垮台,只是在一定程度上降低了计算机网络的能力。正因为出于这种考虑,世界上大规模的计算机网络中几个主要支持中心都设置在彼此相距很远的地方。

3. 进行分布处理

计算机网络内往往连接着不同种类不同等级的计算机及各种设备,且软件、硬件资源丰富。用户根据自己作业性质的不同,调用不同的计算机、设备及软件进行处理。对于很大的题目,在具有分布处理能力的计算机网络中,可以把任务分散到多台计算机上进行处理,由网络对多台计算机进行协调工作。尤其在近几年,微型计算机性能急剧上升,而价格却比大型计算机低得多。于是有人提出,用大量微型机和小型机组成分布式计算机网络,很多大型题目都可以完成,而费用却比安装并使用大型计算机低得多,以此来对抗大型计算机。

4. 对地区不同的单位进行实时集中控制或集中汇总

例如在整个飞机航线系统上建立统一的计算机网络,对全航线上的飞机进行统一管理和自动控制。在石油部门建立全国性的计算机网络,可以每天及时汇总全国的石油产量和生产情况。对石油输送管道建立全程计算机网络,可以及时监视与控制输送管道各个环节的运行情况,以便在必要时采取特殊处理措施。

§1.2 计算机网络发展概况

计算机网络是后工业社会重要基础的一部分,它的巨大经济作用是通过爆炸式的大量信息进行及时处理来体现的。而信息技术却不是一门新技术。它是伴随着自然语言的诞生而开始的。至少,以机械方式处理自然语言的方式,是人们很熟悉的。例如用活字来印刷,或用打字机打字来记录信息、存储信息并传播信息。但随着电报、电话、传真及静电印刷等技术的发展,人们处理信息的能力大大加强了。现代信息技术正以计算机网络的发展与普遍使用为标志而大大向前跨进了一步。

信息技术的发展,经过了漫长的历史,但一进入计算机网络阶段,便得以迅速发展。

计算机网络出现在 50 年代,至今只有三十年的历史,比计算机技术的发展历史大约短十年。但它的发展之迅速,它给社会带来的效益之巨大,却是惊人的。以致于人们普遍认为,没有计算机网络,现代化社会就如同没有电一样不可思议。

计算机网络的历史短暂,却经过了三个发展历史阶段。

计算机网络第一阶段。这个阶段的计算机网络,是以一台计算机连上若干台近程或远程终端的形式出现的。其特点是单处理中心,并且以单台计算机与多台终端进行传输信息为主要目的,或以批量处理方式为主要操作方式。这样的网络叫做面向终端的网络,或叫单处理中心网络。这个阶段的计算机网络如图 1 所示。最初是一台计算机分别用通信电缆(或也经过 MODEM)连到各个终端上,如图 1-2-1 中(a)所示的那样。这样的连接,随着终端增多,线路费用急剧增加。为了解决这个问题,便出现了多个终端共享通信线的形式,如图 1-2-1 中(b)所示。

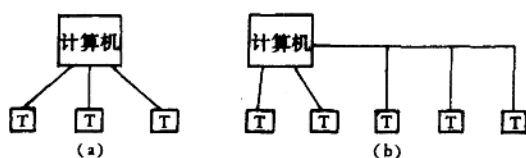


图1-2-1 面向终端的计算机网络

计算机网络的第二个阶段。这个阶段的计算机网络,在结构形式上与第一阶段没有什么差别。但在处理方式上,却是不同的。这个阶段的处理方式是采用交互式的分时处理。这实际上是为了解决多个终端争用主机,争用通信线路的问题。

为了更加充分利用通信线路,又进一步出现了前端机与集中器。前端机主要是做一些预处理,从而减轻主机的一些压力,有时也叫通信处理机。集中器把由很多路来的信号加以排列集中,用公共通信线路发往主机。集中器本身不仅可以直接连接许多终端,还可以与其它集中器或多路器连接,构成多级面向终端的树形网络,如图 1-2-2 所示。

面向终端的计算机网络,应用极其广泛。从领域上看,科研、生产、管理都有这种计算机网络。从部门看,石油、地质、气象、军事、银行、铁路、民航及饭店等都有大量的面向终端的计算机网络。例如美国在 50 年代建立的半自动地面防空系统(SAGE),将雷达和其它设备所产生的信息经通信线路送到距离很远的计算机中进行处理。这是计算机网络发展中第一次实现

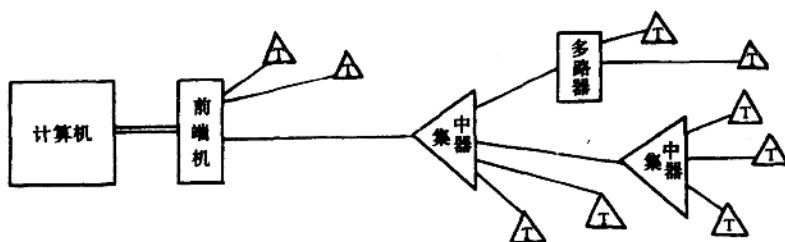


图 1-2-2 多级面向终端树形网络

了信息的远程集中处理与控制。60 年代初美国建成的全国性航空公司订票系统(SABRE), 将遍布全美国的 2000 多个终端, 通过通信线路, 用一台计算机进行处理。美国通用电气公司的 GE 网络是世界上最大的商业数据处理计算机网络之一。此网络采用多级树形系统。网中, 一台主机与七个中心集中器相连, 这七个中心集中器又与分布在二十三个地方的七十五个远程集中器连接。此外, 还设有两套线路交换器, 使各中心集中器可以进行切换, 以便提高整个网络的可靠性和灵活性。我国石油和地质部门使用多台美国 CDC 公司制造的 Cyber 计算机, 也可以组成面向终端的计算机网络。这些终端可以直接通过专用通信线路接到数据通信处理设备上, 在本地区使用。也可以通过电话线路, 两端各安置一个调制解调器(MODEM), 安装在几十公里, 几百公里或更远距离的地方。当然, 这些终端也可以用微型机或小型机取代。小题目便可以在微型机或小型机上直接完成。而大一些的题目, 便可以送到做为网络主机的 Cyber 计算机中去完成。其结果再通过通信电缆送回来, 并从打印机上打印出来。1985 年秋在北京西苑饭店投入运行的 NESTAR 网络也是这种树形网络。

要说明一点的是, 网络中“主机”的概念与计算机系统中“主机”的概念不同。网络中“主机”的概念, 最初是来自于美国的 ARPA 网络。英文原词是“host”, 原意是“主人”的意思, 它参与管理整个计算机网络, 并为整个网络提供服务。而“HOST”本身是一个完整的计算机系统, 如包括 CPU、中央内存、控制台、磁盘机等。计算机系统中的“主机”来自于英文原词“mainframe”, 原意是主机架的意思。它通常包括 CPU 和中央内存。

计算机网络发展的第三阶段, 是 60 年代中期出现的计算机到计算机形式的多中心计算机网络。这种网络的特点是更突出共享资源。各种各样结构的计算机网络相继出现。其中最具代表性的是美国国防部高级研究计划局建立的 ARPA 网络(ARPA 是 Advanced Research Projects Agency 是美国高级研究计划局的缩写)。ARPA 是分布式网络。它的最初结构如图 1-2-3 所示。1969 年时 ARPA 网中只有 4 个结点。每一个结点由一个小型机做为接口信息处理机(IMP), 把各个做为主机计算机连接起来。各地的用户终端连到本地的主机上。用户可以通过终端使用本地的主机, 也可以经过网络使用其他地方的主机。在使用其他地方(即远程)主机时, 用户使用终端, 通过本地主机把信息送到本地的 IMP 中。信息在本地 IMP 中, 被拆成很多部分, 每一个部分叫做一个信息分组。以信息分组为单位, 经过通信线路送到目的地 IMP 中。在目的地 IMP 中, 将收到的各信息分组再合起来, 恢复成用户原来发送的完整的信息样子, 再送到目的地主机进行处理。若需要送回结果, 也象送去时一样, 在远程 IMP 内将结果拆成信息分组, 送到本地 IMP, 再恢复成原来的结果, 再经本地主机, 经用户终端送回到用户手里。

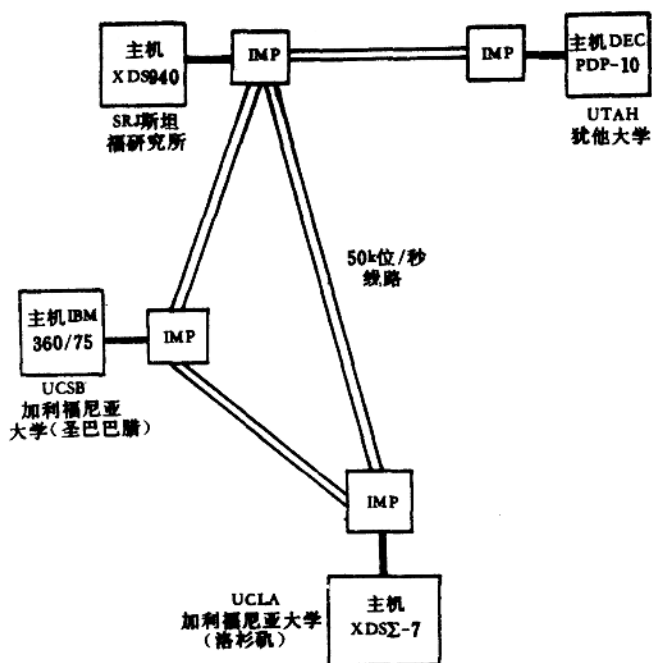


图 1-2-3 ARPA 网络最初结构形式

如果说,50 年代与 60 年代是计算机网络产生、成长的时代,那么 70 年代则是计算机网大发展的时代。计算机网经过 50 年代和 60 年代的发生、成长,它的优越性充分显示出来,因而在 70 年代被人们普遍重视而得到了迅速发展和广泛应用。在这期间,大大小小的计算机网络纷纷涌现。以前已有的网络继续发展,新建的全国性网络,乃至国际性网络相继建立并投入运行。在美国,70 年代中期就把 30% 的计算机纳入网络,安装的终端设备超过 50 万部。

美国的 ARPA 网络以 4 个结点投入运行后,很快发现要想充分利用网络中的丰富资源,至少要有 15 个结点。于是到 1971 年,ARPA 网很快到将 15 个计算机研究中心连接起来的网络。紧接着,到 1973 年,ARPA 网络就发展到具有 23 台 IMP,21 台 TIP 和 43 台主机的大型网络。其中 TIP 是终端接口处理机。终端接到 TIP 上,便可以使用网络中的远程主机,而不必经过本地的主机。这样,分布宽广的 ARPA 网络,在未设置主机的地方,只要将一台 TIP 连入网中,本地用户便可以把自己的终端直接连到 TIP 上而使用网中的所有资源了。连上 TIP 后,ARPA 网络便成了图 1-2-4 所示的形式(图

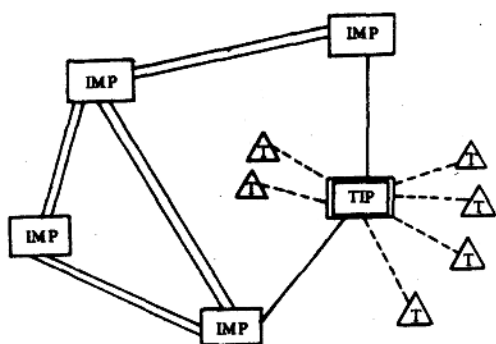


图 1-2-4 ARPA 网络早期结构

中略去了连到 IMP 上的主机)。这样就出现了两个新概念:通信子网与资源子网。所谓通信子网,就是通信线路及其连接的各 TIP 和 IMP,如图 4 中单双实线及其连接部分。而资源子网包括主机系统(硬件、软件及数据库)、终端、集中器等。通信子网的任务主要是保证可靠而高效地传输信息。从通信子网看去,主机、终端等只是它的用户设备。资源子网的任务主要是信息处理。繁琐的通信处理由通信子网去完成,于是资源子网中的主机从兼管繁琐的通信处理中解脱出来,专管信息处理,为用户提供更高质量的服务。ARPA 网络还有一个特点:实现了层次结构的网络规程。如图 1-2-5 所示。

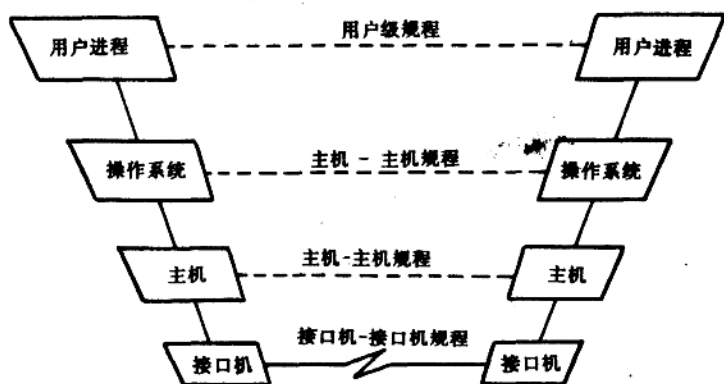


图 1-2-5 ARPA 网络规程的层次结构

实线—实际线路;虚线—虚拟线路

规程是通信双方如何对话的约定,如通信方式、应答关系、代码格式等,规程是网络中各点进行数据交换时必须遵守的。规程是计算机网络重要组成部分,也是本书讨论重点之一。规程的层次结构使规程的设计和修改都变得很方便。对某层规程的修改不会影响到其它层。低层规程对高层规程是透明的,因而有利于用户使用。

ARPA 网络提出了四层规程结构,其他网络有各自不同的层次,互不统一。虽然后来国际标准化组织(ISO)提出了七层的开放式层次网络结构。其后各个建立起来的计算机网络也参考了这个结构,但至今没有见到一个网络完全符合 ISO 提出的七层结构,总是或多或少有所差别。计算机网络各不相同,而其规程结构也是各异。网络结构与规程两方面正是我们要花大力气讨论和研究的问题。

从上述内容可以看出,ARPA 网络与它原先的网络相比有三个突出的特点:在信息交换方面采用信息分组交换;在网络结构方面采用通信子网与资源子网两者分工协作的结构;在信息通信规则方面采用了分层的通信规程。正因为 ARPA 网络有这三个特点,它便成为第一个实现分布式的资源共享网络。ARPA 网络对计算机网,尤其对分布式计算机网络的发展产生了深远的影响。在 ARPA 网络之后发展起来的主要计算机网络无一不受 ARPA 网络上述三个特点的影响。

在 ARPA 网络成功的效果影响下,各国先后建起来不少较大规模的计算机网络。例如美国 CYBERNET 网络,是全国性的商用资源共享计算机网络。网络中有大型通用计算机 CYBER-76 和向量巨型机 STAR-100 等对网络进行支持。这个网络在欧洲和澳大利亚

也建立一些网络结点,是具有国际性的计算机网络。欧洲情报网络 EIN,也是国际性的计算机网络。这个网络通过五台小型计算机和六条国际租用通信线路,把分布在伦敦、巴黎、米兰、苏黎世和伊斯普勒诸城市的五个计算中心连接起来,构成网络的分布式核心。从这五个计算中心再向其他各地扩展,延伸到十多个国家。其他有名的计算机网络,如美国的 NPL 计算机网络,法国的 CYCLADES 计算机网络及日本的 JIPNET 等都是采用信息分组交换方式,技术上与 ARPA 网络相似,都明显地接受了 ARPA 的影响。

除了上述各部门根据自己的需要建立起用于某一领域部门的计算机网络之外,各计算机研制和生产公司,为了推销自己的产品,也纷纷研制适于自己公司生产的计算机的网络。有些较小公司研制的网络,为了能有更多的用户,除了提出一些独特的优点之外,还要考虑与大公司生产的网络的可连接性。基于这些原因,各生产计算机的公司都在计算机网络的软硬件研究方面下了不少功夫,对计算机网的发展也起到很大作用。

例如,1974 年 IBM 公司提出了系统网络体系结构 SNA(System Network Architecture),这是用它本公司生产的计算机和网络设备建成计算机网络的一种标准化体系结构。为此,它们提出了一套连网的原理、方法和具体规则,而且统一考虑了各种功能如何分别由硬件和软件实现的划分。IBM 公司是世界上最大的计算机研究和制造公司,因而 SNA 网络体系一经提出,对各计算机研究和计算机网络的生产影响甚大。于是其他公司生产出来的网络都尽量具有与 SNA 网络可连接的能力。SNA 网络在结构功能上也采用分层的办法。具体说,它分为三个功能层:应用层、功能管理层及传输管理层。应用层,在计算机一侧看来是应用程序,在终端一侧就是操作员与终端对“话”或操作。功能管理层,是管理网络中两个结点实现连接及执行应用层所要求的各种服务。传输层的任务是链路管理、路径选择及报文传输。

1975 年,美国 DEC 公司推出了面向分布式网络的数字网络体系结构 DNA (Digital Network Architecture)。这实际上是一套网络软件的总称。它可以以 DEC 公司生产的硬设备为主,也可以用某些其他公司的设备。它对 SNA 网络具有可连性。

1976 年,美国 UNIVAC 公司推出了分布式通信网络体系结构 DCA(Distributed Communication Architecture)。这也是可以建成分布式计算机网络的产品。

DNA 和 DCA 及其它一些网络产品也都效仿 SNA 采用分层结构,其层次划分与 SNA 有许多相似之处。

计算机网络在软件方面的进一步发展便提出了功能更完善的网络操作系统。典型的代表是美国马里兰州大学建立的分布式计算机网络 DCN(Distributed Computer Network)的操作系统。它的通信方式摒弃了以往的计算机—计算机间的通信,采用了进程—进程间的通信。因此 DCN 的结构可以叫做面向进程的结构。使用这种结构的计算机网络,用户只需把任务通过公共接口提交给网络就可以了。任务进网络后,网络中各结点处理机中的进程管理程序互相协作,为此项任务找到最适合的资源来为其服务,文件管理系统自动找到所需要的文件供其使用。这个作业是由哪个计算机完成的,文件存在什么地方,用户都不必过问,全由网络内部自行完成。

到了 80 年代,计算机网络仍在继续迅速发展。除了大型计算机网络不断涌现和扩大以外,另外两个显著的特点是在世界范围内较大计算机网络互相连接的数量迅速增加和以微型机为主的局部计算机网络的广泛采用。

例如 shell 公司在各国的计算机网络在世界范围内相互连接是通过国际信息分组交换服务网 IPSS(International Packet Switching Services)来实现的。Shell 公司在各国的计算机

网络都可以分享到网络中其他各国计算机网络中的资源。到1984年末为止,连入总网的Shell公司在各国的计算机网络有五十多个。其中在美国有9个网络,在日本有2个网络,在加拿大有3个网络,在法国有1个网络,在意大利有2个网络,在澳大利亚有2个网络,等等。其他在欧洲的丹麦、爱尔兰、葡萄牙、芬兰、希腊;在美洲的智利、巴哈马群岛及墨西哥;在非洲的加蓬;在大洋洲的新西兰;在亚洲的以色列及南朝鲜;在我国的香港等地都有Shell公司的网络加入总网。这些计算机网络中有的本身就是跨国的。有的网络本身并不很大,但是因为它与上述五十多个计算机网络连接起来,可以利用这五十多个计算机网络中极其丰富的硬件资源、软件资源和数据资源,其功能立即便大到惊人的程度。

局部地区计算机网络,简称局部网,是1970年出现的,但局部网的广泛应用还是近几年的事,尤其是进入80年代以来,发展更快。局部网发展迅速主要有两个原因:微处理机技术的发展及办公室自动化的需要。后工业社会的到来,信息出现速度之迅猛,使办公室自动化及管理工作两方面对于计算机的需要量越来越大,局部计算网络可以大大发挥作用,各国都非常重视局部网络的发展与推广应用。现在有许多局部网络产品已商品化。截止到1984年秋季,国外各公司做为商品出售的局部计算机网络至少有六十多种。例如美国DEC公司的DECNET网络,Xerox公司的以太网,王安公司的Wangnet网络,Altos公司的Altonet网络,Apple公司的Applenet网络等。其中大部分都是可以由微型机连成,有一些可以用小型机或中型机支持。结构形式以总线型为最多,其次是星形、环形,少数是采用树形结构。传输方式,最多的是用基带方式,其次是宽带方式。所使用的传输介质以双扭线和同轴电缆为最多。数据传输率从几千波特到几十兆波特不等。

国际标准化组织ISO制定的七层开放式网络连接模型标准不仅适应应用远程计算机网络,

应用层
表达层
会话层
传输层
网络层
链路层
物理层

图1-2-6 ISO提出的网络层次

也适用于局部网络。不过到目前为止,图1-2-6所示的七层结构,只是对下边的三层提出了一些具体标准,而对上边的四层,由于制定具体标准的难度较大而很难制定。

局部网络要想充分发挥作用,势必需要将某些局部网络彼此连接起来,例如将局部网络与远程计算机网络公共数据通信网络,甚至与卫星通信网络相连接。于是网间传输处理机(Gateway)的设计与实现便成了今后局部网络发展的另一个侧重面。反过来,网间传输处理机技术的发展也为各远程网络的彼此连接提供了方便。不过各网络由于各自的拓扑结构、通信规程、数据传输率等参数相差很大时,Gateway的实现将是很复杂的。这已引起了科学家们的重视。

局部计算机网络为办公室自动化、工业生产控制自动化及现代化管理提供了强大的处理能力。局部网络的触角将伸向现代化社会的各个角落。未来的信息化世界是计算机网络普遍使用的世界,人们到处可以看到计算机在不停地工作,而这些计算机中的大多数将是彼此连接着的局部计算机网络中的计算机。

