

PRINCIPLE
OF
COMPUTER
NETWORK

计算机网络原理

胡晓峰 戴长华 编

国防科技大学出版社

93.01

KF/1

出版社

计算机网络原理

胡晓峰 戴长华 编



国防科技大学出版社

0029792

[湘] 新登字 009 号

计 算 机 网 络 原 理

胡晓峰 戴长华 编

责任编辑 邹向曙

责任校对 何 晋

国防科技大学出版社出版发行

(湖南长沙观瓦池正街 47 号)

邮编: 410073 电话 0731-4436564

新华书店总店科技发行所 经销

国防科技大学印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.5 字数: 289 千

1995 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数: 1—3000 册

ISBN 7-81024-329-2

TP. 63 定价: 12.00 元

前 言

在过去的二十年里,计算机网络技术得到了巨大的发展。早先还只是大学里研究的主要对象,而今计算机网络已成为信息系统必不可少的组成部分。今天,无论是个人计算机还是超级巨型机,绝大多数已联入网络或者准备联入网络,网络中丰富的信息资源使得千百万用户受益匪浅。计算机网络已成为广大用户手中的基本工具。更新、更先进的计算机网络技术,如综合业务数字网 ISDN、多媒体通信网(如 ATM 网)等,又成为新的研究目标和热点。

我国的计算机网络建设经历了一个逐步认识、不断发展的过程。早期由于基础设施不完善,人员素质跟不上,应用范围过窄,需求不够旺盛,使得计算机网络的建设大多停留在规划上,少数建起来的局域网也都成为一个个信息“孤岛”,作用极为有限。随着我国经济建设的高速发展,计算机网络的建设又迎来了“第二个春天”。目前,大规模的网络基础建设已经开始进行,著名的 Internet 也已连入我国的计算机主干网,用户对网络的需求日益高涨,基于网络的应用如雨后春笋,并取得了明显的效益。为了适应这种形势的要求,各高等院校、科研单位纷纷开设这方面的课程或举办各类培训班,为我国计算机网络的建设与发展培养急需的人才。国防科技大学信息工程专业从信息系统的角度出发,进行计算机网络的教学已有十余年的历史。本书由作者对多年计算机网络教学的教案整理而成,强调的是概念性和原理性方面的内容,而未更多地涉及那些较难及较新的网络理论及技术方面的内容,以适应更大范围,尤其是信息系统类专业教学的需要。教师在依照本书授课的同时,可补充有关最新的技术进展方面的内容,以拓宽学生的视野。经实践证明,这种方法既可保证教学质量,又可使学生得到较新的信息,起到一种生动活泼的作用。

本书可按 50~70 学时安排教学,依内容详略及补充内容而定。要求学生具有计算机原理、操作系统、计算机通信及程序设计方面的知识。本书可单独使用,但如能与吴玲达等编的《计算机通信》配合使用(国防科技大学出版社 1994 年出版),效果会更好。

本书的出版得到了许多领导和学者的帮助,许多研究生、本科生在试用过程中也提出了宝贵建议,尤其是于云程教授、李晓林副教授、黄若浩副教授等,本书许多素材来源于他们的讲稿或建议。国防科技大学出版社,尤其是邹向曙同志为本书的出版付出了辛勤的劳动。在此,我们谨向给予我们帮助的所有人表示衷心的感谢!

编 者

1995 年 3 月

目 录

第一章 绪论

- 1.1 计算机网络的产生和发展 (1)
 - 1.1.1 引言 (1)
 - 1.1.2 计算机网络的演变过程 (1)
- 1.2 计算机网络的定义 (4)
- 1.3 计算机网络的功能和应用 (6)
- 1.4 计算机网络的类型 (7)
- 1.5 本书提要 (7)

习题

第二章 计算机网络的结构

- 2.1 网络结构的基本概念 (10)
 - 2.1.1 网络拓扑 (10)
 - 2.1.2 网络构型 (11)
 - 2.1.3 网络性能标准与网络设计 (13)
- 2.2 通信子网和资源子网 (13)
 - 2.2.1 通信子网和资源子网 (13)
 - 2.2.2 通信子网的组织形式 (14)
 - 2.2.3 通信交换技术 (15)
- 2.3 计算机网络的体系结构 (17)
 - 2.3.1 接口和协议 (18)
 - 2.3.2 协议分层 (19)
 - 2.3.3 ISO 的 OSI 七层参考模型 (21)
 - 2.3.4 体系结构示例 (25)

习题

第三章 物理层

- 3.1 信道的基本概念 (29)
 - 3.1.1 物理信道 (29)
 - 3.1.2 信道的传输速度 (31)
 - 3.1.3 信道的可靠性 (33)
- 3.2 物理层协议 (34)
 - 3.2.1 物理层协议的基本概念 (34)
 - 3.2.2 物理层的四个特性 (35)
- 3.3 物理层举例 (37)

习题

第四章 数据链路层

- 4.1 数据链路层的基本概念 (40)
 - 4.1.1 基本概念 (40)
 - 4.1.2 链路构造 (40)
 - 4.1.3 一般特性 (42)
 - 4.1.4 协议效率的分析方法 (43)
 - 4.1.5 数据链路的一般模型 (44)
- 4.2 基本数据链路协议 (47)
 - 4.2.1 无限制单工协议 (47)
 - 4.2.2 单工停等协议 (48)
 - 4.2.3 双工停等协议 (51)
 - 4.2.4 停等协议的效率 (53)
- 4.3 滑窗协议 (55)
 - 4.3.1 传输延迟的影响和滑窗 (55)
 - 4.3.2 滑窗协议的差错控制 (57)
 - 4.3.3 采用回退 n 连续 ARQ 的滑窗协议 (60)
 - 4.3.4 采用选择重发连续 ARQ 的滑窗协议 (64)
- 4.4 数据链路控制协议举例 (68)
 - 4.4.1 HDLC 协议 (68)
 - 4.4.2 X.25 帧级协议 (71)

习题

第五章 网络层

- 5.1 虚电路和数据报 (73)
 - 5.1.1 网络层的基本概念 (73)
 - 5.1.2 虚电路和数据报 (74)
 - 5.1.3 虚电路服务和数据报服务 (76)
 - 5.1.4 通信子网的服务类型和结构的独立性 (77)
 - 5.1.5 子网的内部结构 (78)
- 5.2 路由选择 (82)
 - 5.2.1 一般特性和分类 (82)
 - 5.2.2 非适应型路由选择 (84)
 - 5.2.3 适应型路由选择 (87)
 - 5.2.4 一些特殊类型的路由选择 (90)

5.3 拥塞控制	(93)
5.3.1 一般概念	(93)
5.3.2 跳跃级拥塞控制	(94)
5.3.3 入口出口级拥塞控制	(98)
5.3.4 网络存取级拥塞控制	(101)
5.4 网络层举例	(103)
5.4.1 ARPANET 的网络层	(103)
5.4.2 X.25 标准的网络层	(104)

习题

第六章 传送层与会话层

6.1 传送服务	(110)
6.1.1 传送层和传送服务	(110)
6.1.2 传送服务的类型	(111)
6.1.3 传送服务一例——简单 传送站	(112)
6.2 传送协议设计的一般问题	(121)
6.2.1 传送协议所基于的网络 服务类型	(121)
6.2.2 寻址和连接的建立	(122)
6.2.3 信息流控制	(124)
6.2.4 多路复用	(126)
6.3 传送协议设计的几个特殊问题	(127)
6.3.1 有迟到报文分组情况 下的同步	(127)
6.3.2 初始连接的建立	(130)
6.3.3 崩溃恢复	(132)
6.4 会话层	(133)
6.5 NetBIOS 简介	(134)
6.5.1 概述	(134)
6.5.2 NetBIOS 命令	(135)
6.5.3 NetBIOS 命令的使用	(137)

习题

第七章 表示层和应用层

7.1 表示层	(140)
7.1.1 网络的安全和保密	(140)
7.1.2 文本压缩	(144)
7.1.3 虚终端协议 (VTP)	(145)
7.2 应用层	(146)
7.2.1 分布式数据库	(146)
7.2.2 分布处理	(148)

习题

第八章 局部区域网络

8.1 局部区域网络概述	(150)
8.1.1 局部区域网络的特性	(150)
8.1.2 局部区域网络的构形	(151)
8.2 总线形局域网的存取技术	(152)
8.2.1 竞争技术	(153)
8.2.2 令牌总线技术	(159)
8.3 Ethernet 的原理与实现	(161)
8.3.1 Ethernet 的组成结构	(161)
8.3.2 Ethernet 规范的基本内容 及其设计考虑	(165)
8.3.3 网络接口设计	(172)
8.4 环形局域网	(181)
8.4.1 环形局域网的特点	(181)
8.4.2 令牌环	(182)
8.4.3 分节环	(185)
8.4.4 寄存器插入环	(187)
8.5 局部区域网络标准化	(189)
8.5.1 概述	(189)
8.5.2 IEEE802 标准	(189)

习题

参考文献

第一章 绪 论

1.1 计算机网络的产生和发展

1.1.1 引言

计算机是20世纪人类最伟大的发明之一,它的产生标志着人类开始迈向一个崭新的信息社会。随着计算机网络的出现和广泛的应用,信息处理与信息传输紧密地结合了起来,信息的收集、存储、处理和分发逐步地融为一体;信息系统也从松散的组合方式过渡到紧密的耦合方式,从而更加适应各项应用的需要,更能发挥计算机在信息系统中的作用。同时,系统的可靠性、资源的利用率也得到了很大的提高。

早期的计算机都是单机系统,但进入70年代后,世界上各个较为发达的国家都相继开发和建设了一批全国性和国际性的计算机网络,并把建设更大范围和更为先进的计算机网络的计划提到了议事日程。从某种程度上讲,计算机网络的发展水平不但反映了一个国家的计算机技术和通信技术的水平,而且是衡量一个国家的实力及信息化社会程度的标志之一。计算机网络的崛起,不仅使计算机世界日新月异地发生着变化,而且改变了人们某些生产、生活和社会活动的方式,改变了信息系统的结构形式,使其向着更高层次的信息系统迈进。通过计算机网络,人们可以访问千里之外的数据库,共享远离本地的资源,传递各种各样的信息,管理企业,指挥部队……一切都如同近在咫尺。

现代计算机技术与通信技术的结合带来的这场革命已经产生了几十个值得注意的事实:

①数据处理(计算机)与数据通信(传输和交换设备)之间已无根本的区别;

②数字化的处理已使数据、语音、图像信息之间无根本的差别;

③单处理器计算机、多处理器计算机、局域网络及远程网络之间的界限已经模糊。

其结果就是在未来研制出能传输和处理所有类型的数据和信息的综合信息系统,并最终在全国乃至全世界将所有的这些信息系统联接起来,构成一个完整、统一的大系统。比如现在很多国家提出的“信息高速公路”计划,就是要构造一个功能强大且高效的信息系统。而要做到这一点,计算机网络更是不可缺少。人们还需为此作出巨大的努力。

1.1.2 计算机网络的演变过程

纵观计算机网络的演变可以发现,它和其它事物的发展一样,也经历了从简单到复杂,从低级到高级的过程。在该过程中,计算机技术与通信技术紧密结合,相互促进,共同发展,最终产生了计算机网络。

在 50 年代, 计算机和通信是两种独立发展着的技术。但从 60 年代起, 计算机技术与通信技术开始相互渗透, 相互融合。计算机系统逐步采用了批处理、分时系统, 以及各种先进的概念和软硬件技术, 将计算机从单一功能、单用户的系统, 逐步地发展为多功能、多用户的系统。由于利用了通信设施, 又将系统从集中处理型发展为分散处理型, 使计算机系统的作用范围大大增大。另一方面, 通信技术也在迅速地发展着, 特别是 70 年代, 通信设施和通信网络在各方面都得到了显著加强, 通信技术取得了明显进展。通信网络的发展降低了通信费用, 提高了传输速率和传输质量。信息传输可以使用地面的光缆、电缆, 空中的卫星中继以及无线电信道, 最高传输速率可达每秒百兆位。同时, 因各种用于通信的设备广泛采用计算机技术、数字化技术, 以及各种先进的通信处理概念和方法, 使得通信系统更易于为计算机所用, 从而使用多台计算机构成网络系统成为可能。

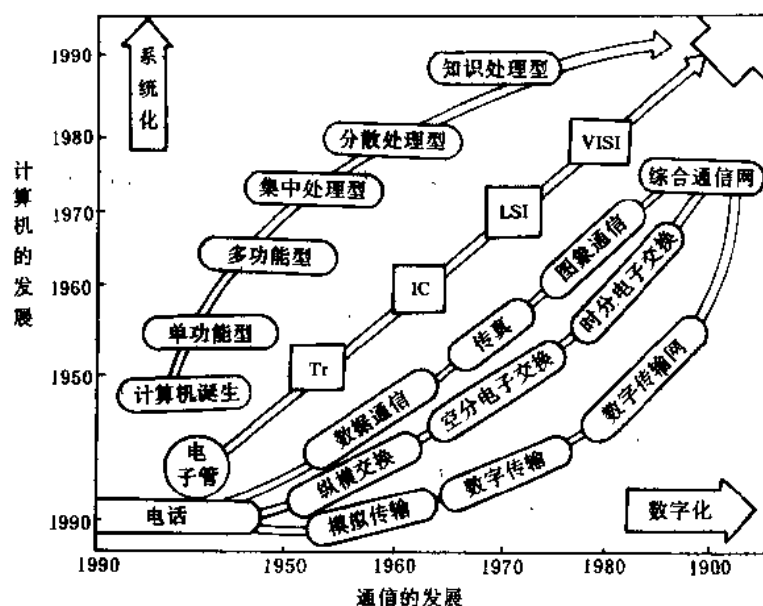


图 1.1.1 计算机和通信的发展

Tr: 晶体管, IC: 集成电路, LSI: 大规模集成电路, VLSI: 超大规模集成电路

计算机网络的演变, 可以概括地分为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系统三个阶段。

最初的计算机网络是面向终端的系统。在 50 年代末 60 年代初, 计算机大都采用批处理的运行形式。用户使用计算机首先要将程序和数据制成纸带或卡片, 再送到计算中心处理。为了方便用户, 免去用户去计算中心上机之苦, 先后产生了具有通信功能的联机批处理系统和具有通信功能的分时系统 (又称分时网络)。这种面向终端的系统, 利用通信网络、集中器、多路器等多种设备, 将终端连到各个用户; 将单一计算机系统的各种资源 (处理能力、存储能力等) 分散到了各个用户手中。分时系统的成功, 极大地刺激了用户使用计算机的热情, 使用户的数量迅速增加。但这种系统也存在着一些问题:

①主计算机的负荷较重，从而导致响应时间过长；

②因终端的速度低，操作时间长，故终端设备占用通信线路的时间较长，从而通信的代价极为昂贵；

③单计算机集中系统的可靠性较低，一旦主计算机故障，将导致整个系统的瘫痪（这被称为集中系统的脆弱性），等等。

为克服上述缺点，人们开始研究多个计算机的共同连接方法，以将处理能力尽可能分散到靠近用户的地方。这促进了具有通信功能的多机系统和计算机网络的产生。

多机系统，尤其是相距较远的多机系统，与单机系统有着明显的差别。在多机系统中，各台计算机可以通过连接它们的通信线路，用通信的方法交换文件、协同处理。例如一台计算机可以利用另一台计算机中的数据进行处理，或将一台计算机上的部分负荷均衡到另一台计算机上去等。要达此目的，须完成通信处理工作及应用信息处理工作。当计算能力充裕时，这些工作可由互相连接的主机各自独立完成，但当应用的需求逐渐变得繁重和应用的形式变得复杂时，这种全能计算机的形式会导致系统的效率下降。为此，将专门用于信息处理的计算机（主机）与用于通信的计算机（副机）分开，由各通信计算机及连接它们的通信设备构成了计算机通信网，而计算机通信网又与它们所联的主机构成可用于各种用途的计算机网络。这样，多台计算机通过网络构成了一个有机的整体，既分散又统一，从而使整体性能大大提高：单机的负荷可以分散到全网，使响应速度加快；终端不再占用专用通信线路；单个主机的故障也不会导致系统的瘫痪等等。

在计算机网络发展史上最值得一提的是美国的 ARPANET（美国国防部高级研究计划局网络系统）。在 60 年代末期，有几个研究组开始研究将终端连接到多台计算机上的有关问题，其中一个研究组的目标是将几台计算机互连以实现资源的共享。在初步研究的基础上，1969 年初，BB&N 公司获得了 ARPANET 的合同，且于当年建成了四个结点的 ARPANET，1971 年发展为 26 个结点，1976 年又发展为 60 个结点，使结点遍及北美、欧洲和夏威夷等地。1975 年夏，ARPANET 正式移交给美国国防部通信局。由于 ARPANET 的开创性工作，它在计算机网络的概念、结构和设计原则诸方面都为后继网络所仿效，为计算机网络的发展提供了样板，奠定了基础。

70 年代后期，各种各样的商业网络纷纷建立，80 年代日臻完善。在这期间，许多国家都开始建立商业网络和公共数据网，并将计算机之间的通信完全纳入通信网系统中，使其更加系统化、完善化，使计算机网上升到一个新的水平。在这时期较为著名的网络有美国的 ARPANET，IBM 公司的 SNA，DEC 公司的 DECNET，法国的 TRANSPAC，加拿大的 DATAPAC 及北欧的公用数据网 NPDN 等。70 年代中后期，伴随着微型计算机的发展，产生了一类崭新的计算机网络，这就是局部区域网络（LAN，简称局域网）。该网在 80 年代获得了广泛应用。局域网的典型代表是 ETHERNET（以太网）和 CAMBRIDGE—RING（剑桥环网）。由于局域网适应了办公自动化和企业管理自动化发展的要求，并且可使用价廉物美的微型计算机，从而获得了巨大的成功。在计算机网络的理论中，局域网独树一帜，产生了很多新概念和新方法。

计算机网络的建立为信息系统的计算机化、系统化奠定了坚实的基础，创造了供各类软件技术大展身手的舞台，促进了各类信息技术的发展，如分布式数据库、分布式计

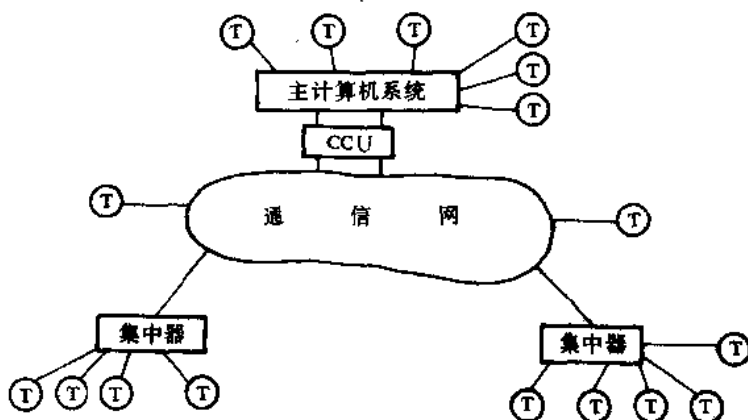


图 1.1.2 面向终端的集中系统
CCU: 通信控制器; T: 终端

算、分布式决策支持等等。同时,其本身也在向着它的高级阶段——分布系统的方向发展,它所能支持的数据已包括文字数据和一些其它类型的数据,如声音、图像和图形。这为建立高效、综合、统一的计算机网络化的信息系统展现了极为灿烂的前景。

1.2 计算机网络的定义

所谓计算机网络是指以共享资源为目的,利用通信手段将地域上相对分散的若干台独立计算机系统、终端设备和数据设备连接起来,并在协议的控制下进行数据交换的系统。

从以上定义看,计算机网络的目十分明确,那就是资源共享(Resource Sharing)。可供共享的资源不但包括计算能力及各种内存、外存、打印、绘图等硬设备,还包括数据库管理系统、信号分析系统等高档的专门软件及各类工具软件(如高级语言的编辑、编译程序)等软件资源。如果网络系统可以将这些显而易见的资源提供给网络上的其它用户使用,那么这些设备或设施的利用率就会大大提高,从而不但可以降低整个信息系统的造价,而且还能满足应用的要求。另外一种容易被人们忽略而又是最重要的资源是数据。数据经过传播和提取,最终就变成了对用户有用的信息。计算机网络的建立,总是为某一信息系统服务的。由于网络的存在,数据可由更多的用户存取,其利用价值也更大,从而信息系统的整体效益也明显提高。资源共享是计算机网络的最根本的目的,计算机网络的一切应用都是建立在该基础上的。

计算机网络的另一个重要特征是:它的处理单元在地理位置上相对分散和独立,即各主计算机在地理位置上相距一定的距离,保持着各自的独立性,而在网络系统中地位是平等的,但又由通信处理机和通信设备组成的网络通信系统紧密地连接起来,构成统一的系统。由于计算机网络的这一特性更加符合信息系统的原始组织结构和地域上的要

求,可使得信息的收集、传播和处理更为有效,从而改进了整个系统的性能。如果将多台计算机都集中于某一计算中心内,并将它们连接起来,那么这些计算机充其量不过是计算能力强大的计算机组罢了,而丧失了计算机网络的许多优越性质和本质的特性。因此,地理位置分散对计算机网络来说是至关重要的。

依照定义,计算机网络广义地包括以下系统。

1、具有通信功能和面向终端的集中系统

在这种系统中,一般由一台中央处理机与一台负责通信的前端处理机(或者是通信控制器)构成中央处理单元,众多的遍及很大地域范围的远程终端通过通信线路和设备连向中央处理单元。此系统虽然只有一台主机,但实质上已具备了计算机网的基本功能。它可以使用户共享中央处理单元的资源,或通过该系统进行通信。由于近年来微型机得到广泛的应用,上述系统中的很多用户(特别是远距离用户)往往采用微型机作为主计算机的远程终端,在必要时将其与主计算机连接,以利用主计算机的资源或通过该集中系统进行通信;但对在微型机能力范围内可完成的工作,则脱离主机独立处理。对于这种情况,很难定义微型机在网络中究竟是终端还是独立的计算机。在这种集中系统中使用的通信线路有多种连接方式,如点一点的专线方式、多点式专线方式、利用电话系统的拨号方式等。由于一般情况下终端的操作速度较低而通信线路的费用又十分昂贵,所以常采用集中器、多路复用器等设备将多个终端的信息流汇集到一起,再由集中器经一条线路把数据送往主计算机,经主计算机处理的结果再按原路返回集中器,由集中器分发到相应的终端上去。

2、多计算机的网络系统

在此系统中,计算机不止一台,而是多台。它们分散在不同的地理位置上,相互之间的关系是平等、独立的,但又通过通信系统和通信协议有效地连接在一起,使之构成了完整的系统——网络系统。

从信息系统的角度来看,无论是集中式多远程终端的系统,还是由多台计算机组成的网络系统,都具备资源共享和地理位置分散这两个重要的特征,都可以支持信息

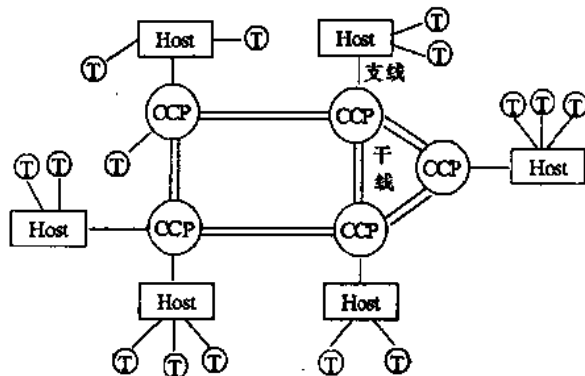


图 1.2.1 计算机网络一例

Host: 主机; CCP: 通信计算机; T: 终端

系统的结构,从而都可以满足信息处理和信息传播的需要。但是,前者实际上仅是后者的一个特例。通常所说的计算机网络大都是指后者,这正是本书所要研究的主要内容。其它如多机系统、主从机系统、双机双工系统等,虽然也是多计算机的集合,但由于各计算机缺乏独立性,因而都不属于计算机网络的范畴。

另外,请读者注意一些用语的区别:在强调计算机网络内的通信系统时,采用“计算机通信网”这个术语,而在强调网络的整体特征时,则用“计算机网络”这个术语。显然,后者的外延要比前者更为广泛。另外,就定义而言,计算机网络和分布式系统之间

也有些混淆。分布式系统是将计算功能分散到若干物理计算部件的计算机系统，它具有一个全系统范围的操作系统，可以用名字而不用位置来请求服务。换言之，分布式系统的用户不必知道有多少处理机在系统中工作，在他看来，就象一台计算机系统一样。从本质上来说，分布式系统是网络的进一步发展，它具有高度的内聚性和透明性。一个网络可以是也可以不是一个分布式系统，要看如何使用它而定。

1.3 计算机网络的功能和应用

计算机网络主要具有以下功能：

(1) 实现资源调剂

可使只具有微、小型机或不具备计算机的用户也能分享只有大型机用户才有的好处，避免重复投资和劳动，从而提高了利用率，使系统的整体性能价格比得到改善。

(2) 突破地域限制

可更加符合信息系统的原始组织结构，也更易于为用户所接受。

(3) 增加可靠性

在一个系统内，单个部件或计算机的暂时失效须通过改换资源的办法来维持系统的继续运行。但在计算机网络中，每种资源（尤其是数据）可以存放在多个地点，而用户可以通过多种途径来访问网内的某个资源，从而避免了单个故障对用户使用的影

(4) 提高处理能力

单机的功能是有限的；且由于种种原因（例如时差），计算机之间的忙闲程度是不均匀的。从理论上讲，在同一网内的多台计算机可通过协同操作，并行处理，来提高整个系统的处理能力，并使网内各计算机负载均衡，但具体实施很困难。

(5) 开展数据通信

计算机网络内的各计算机、终端和用户之间可以毫不困难地实现电子邮政，可以在相距遥远的地方进行文字或声音、图像的通信。如果计算机网络覆盖的地域范围足够大，其可使各种信息在全国乃至全球范围内快速传递和处理。只有具备了这种功能，才表明信息处理系统和通信系统已统一到了一个系统之中。

由于计算机网具备上述功能，故可以得到广泛的应用。在银行利用计算机网络进行业务处理，可使用户在任一处存款或取款；还可以利用地理位置的差异增加资金的流通速度。例如，地处美国的银行晚上停止营业后将资金通过网络转借给地处新加坡的银行，而此刻新加坡正是白天，新加坡的银行就可在白天利用这笔资金，到晚上又归还给美国的银行，从而提高了资金的利用率。在各机票售票处之间建立计算机网络，可使任一售票处都能实时了解各航班的机票发售情况，从而最大限度地利用各航班的座位又互不冲突。在军事指挥系统中的计算机网络，可以使遍布在十分辽阔地域范围内的各计算机协同工作，对任何可疑的目标信息进行处理，及时发出警报，从而使最高决策机构采取有效措施。在现今的信息世界里，没有充足、准确、及时的信息，任何信息系统都无法发挥作用。世界上建立的各种各样的数据库，便是提供准确、及时的信息的集散地，而计算机网络正是存取这些数据库的重要手段。计算机网络作为传递信息、存储信息、处理

信息的整体系统,在未来的信息社会中将得到更加广泛的应用,如电子邮政、电子会议、计算机辅助教育、自动化图书馆、自动化商店等,甚至可以在家里上班。

1.4 计算机网络的类型

计算机网络的形成,是由数据通信与数据处理相互结合而促成的。由于应用的广泛性,产生了各种各样的计算机网络。

根据网络的范围和网内计算机间的距离,可将其分为广域网和局域网。广域网采用的通信设备和媒质比较复杂,大都由电信部门提供,可以遍及一个城市、一个国家或更大的地域范围。局域网一般由一个部门组建,地域范围相对较小,通常分布在一幢或邻近的几幢建筑物内。随着技术的发展,局域网必然要与广域网联合起来使用,才能相互取长补短,更好地发挥作用。

一个计算机网络,总是包括数据传输和转接系统。根据计算机网络内数据传输和转接系统的拥有者,可将其分为专用网和公共网。公共网一般由国家电信部门组建、管理和控制,网络内的传输和转接装置可以提供给任何部门和单位使用,在其上可以构造多个计算机网,连接众多的计算机和终端。专用网一般由一个政府部门或一个公司组建、经营,一般不供其它部门使用。专用网的信道可以用自己建立的通信系统,也可以租用电信部门的公共信道。

根据网络的用途,还可以将其分为不同的应用类型。如机票预订网、军事指挥战略基础网、银行业务网、计算机辅助教育网、国际联机检索网等等。根据网络内部采用的技术还可以进行更具体的分类,如电路转接网和报文分组交换网等等。

1.5 本书提要

本书主要介绍计算机网络的基本原理。

首先介绍计算机网络的基本结构和体系结构,然后按 OSI 七层参考模型,分别介绍物理层、数据链路层、网络层、传送层和会话层以及高层的协议设计原理和内容。考虑到局域网的特殊性,最后单列一章介绍局域网络。各章均以介绍基本概念为主,具体实现方法为辅,读者应具有一定的概率论、数据通信、程序设计和计算机操作系统等方面的知识。

第二章先介绍计算机网络的整体概貌。计算机网可分为通信子网和资源子网两部分。通信子网中可能采用的三种交换形式为电路交换、报文交换和报文分组交换,本书则以讨论报文分组交换网为主。然后讨论计算机网络的体系结构。网络是由一系列层次和协议组成的,各层次分别承担网络的部分功能。国际标准化组织 ISO 的 OSI 七层模型定义了计算机网络的体系结构由物理层、数据链路层、网络层、传送层、会话层、表示层和应用层组成。最后,作为示例,简介了 ARPANET, SNA, DECNET 的体系结构。

第三章先介绍在点对点通信中经常使用的一些基本概念和常用术语,如结点、链路、物理信道、媒质、信道传输方式、网络中常用的信道系统、信道的传输速度(波特, bps,

带宽,最大数据速率、信道容量——这些都是容易混淆的概念)以及信道可靠性等。然后介绍物理层协议。物理层协议是为激活、保持和抑制物理连接提供机械的、电气的、功能的和规程的手段,为数据链路层提供保序传输、数据电路标识等服务,所使用的物理服务数据单位是比特。物理层协议的四个重要特性是:机械特性、电气特性、功能特性和规程特性,实质上是说明 DCE 与 DTE 之间的物理接口的各种特性。CCITT 的 X.21 建议便是这四种特性的较好的范例。

第四章先介绍数据链路层有关基本概念及协议的设计原理与分析方法。数据链路层的任务是将有差错、有噪声的原始传送机构转变成对网络层来说是无传输错误的信道。原始的传输媒质在使用了数据链路协议控制之后就称为数据链路,或简称链路。链路的三个重要特性是链路拓扑、链路二要素及链路的规定。数据在链路上传输一般分为三个阶段:链路建立、数据传输和链路终止。为了提高在链路上的传输效率、减少出错,通常把数据分为一个个的帧来传送,每一个帧可以传送多次,直到对方无错误地收到为止。为防止发生快速的发送端与慢速的接收端不匹配的现象,采取信息流量控制的方法,滑动窗口便是一种被广泛采用、集差错控制和流量控制为一体的技术。滑窗协议可按发送窗口和接收窗口的尺寸来分类,当二者均为 1 时,即为停等协议;当接收窗口为 1 时,仅能顺序接收;当接收窗口大于 1 时,可以乱序接收。后两种情况分别对应两种差错控制方法:回退 n ARQ (协议5)和选择重发 ARQ (协议6)。数据链路控制纠错的方法一般采用超时重发或 Nak 否定应答的方法。然后讨论协议效率问题。协议(通道)的效率为传送有效数据所花时间与全部传送时间之比,其既与传播延迟和帧传输时间的比值有关,也与信道的误码率(帧的出错率)、滑窗尺寸、重发时间等有关。最后介绍一实际应用的协议 HDLC。它采用标志符划分帧,用位填充法防止数据中出现标志的比特组合,可以使用滑窗控制流量,可采用回退 n ARQ 或选择重发 ARQ 的差错控制方法。

第五章先说明设计分组交换网络的关键问题是子网向主机提供服务的性质,即在主机和子网之间的任务划分。如果提供数据报服务,则主机必须完成差错控制和流量控制。子网的服务和子网的内部结构可以独立,子网内部的机构是采用数据报机制还是采用虚电路机制,与网络的应用要求、设计原则、可靠性、性能和造价等有关。然后着重讨论路由算法和拥塞控制。分组在网络内的流动由路由选择算法决定流向,路由算法一般分为非适应型和适应型两大类。非适应型算法使用固定路由表或不变的路由选择技术,而适应型算法则根据网络的拓扑和流量的变化及时地更新路由表,以动态地适应网络的实际情况。当网内分组过多时会发生拥塞,拥塞的极端情况是死锁。为防止拥塞带来吞吐量下降,死锁等问题,必须用拥塞控制方法来加以控制。常见的拥塞控制有跳跃级、入口出口级和网络存取级三级,分别代表着局部的控制,端一端的控制和整体地控制三类方法。最后以 X.25 为例介绍了主机与子网的接口,以 ARPANET 网为例介绍了在实际网络中所用到的技术。

第六章介绍传送层和会话层。传送层的功能是给用户提供一个与子网独立的传送服务,使得上层的用户与通信子网的细节相隔离。传送服务可以根据应用的需要提供面向连接的和无连接的等多种服务形式,但最常见的是面向连接的传送服务。这种传送服务一般包括连接的建立、发送和接收报文及终止连接等基本操作。书中以一个用 PASCAL 语言编

写的简单传送站程序给出了一个范例。传送层必须使用网络服务才能实现传送服务,所以传送层的设计与网络服务的类型有直接的关系。网络服务可靠并依顺序传送报文,传送层设计就简单,反之传送层的设计就相应复杂。传送协议设计中的一般问题有寻址和连接的建立、流量控制、多路复用等,设计中的特殊问题包括有迟到分组情况下的重新同步、初始连接的建立和终止、崩溃恢复等。本章分别介绍了处理这类特殊问题的相应方法:Tomlinson 时钟初始序号法, Tomlinson 三次握手初始连接方法等。最后简单介绍了会话层的一些主要功能和 NetBIOS。

第七章简单介绍表示层和应用层的部分内容,这两方面的内容大多都有专门的书籍给予介绍,有兴趣的读者可参阅更为详细的论著。表示层的作用是对数据进行变换以向用户提供数据表示服务,例如,对数据变换以进行加密,对数据变换以进行压缩,对数据进行格式变化以满足不同终端的要求等等。本章简单介绍了两种加密算法。应用层则完全跳出了网络设计的范围,可以在网络提供的服务基础上为应用提供应用服务,如分布式数据库、分布式处理、分布式计算、分布式操作系统等等。

第八章介绍局部区域网络的基本概念,总线式局域网和环形局域网的媒质存取技术,IEEE802标准,详细介绍了 Ethernet 的内部实现细节。总线式局域网的存取技术以基本竞争的 CSMA/CD 协议为主,它采取了载波侦听、碰撞检测、碰撞冲突退避等技术,使局域网的实现比较简单。但这种协议具有统计的延迟特性,无法确定最大的延迟上限,所以难以应用于实时控制场合。环形网的存取协议主要有令牌环、分节环和寄存器插入环等。由于它的最大延迟特性可以估计,所以可用在有实时控制要求的场合。IEEE802标准参照 OSI 七层模型,定义了局域网的物理层、MAC、LLC 子层,使得局域网既可以最大限度地符合 OSI 标准,又可以阐明局域网固有的特性。

习 题

- 1.1 计算机网络的根本目的是什么?为什么要这样说?
- 1.2 计算机网络的定义中为什么把具有通信功能的面向终端的集中系统也包括在内?你同意这种观点吗?
- 1.3 计算机网络的应用和发展是必然的,请你就我国的具体情况,以具体的应用为例,做出三项较有把握的预言,并说出理由以支持你的主张。
- 1.4 “均衡负载”是计算机网的初始原动力之一,但你能说出要实现这个目标会遇到一些什么困难吗?
- 1.5 计算机网是实现信息系统的重要结构方法,但它是唯一的结构方法吗?有其它什么方法可以支持信息系统的结构?

第二章 计算机网络的结构

2.1 网络结构的基本概念

2.1.1 网络拓扑

作为数据通信网理论研究的工具——网络拓扑 (Topology)，是从图论 (Graph Theory) 演变而来的。拓扑学是几何学的一个分支，是一种研究与大小、形状无关的点、线、面特性的方法。在网络中，这些特性是指多个装置经由通信线路相互连接的方法和模式。本章讨论的计算机网络的拓扑结构，就是要从整体上对计算机网络的结构加以研究。因为它影响着整个网络的设计、功能、可靠性和通信的费用等重要方面。

从网络拓扑的观点来看，计算机网络由一组结点和连接这些结点的链路所组成。

1、结点 (Node)

结点又称为节点，是指网络中的装置。结点可分为访问结点和转接结点两类。转接结点的作用是支持网络的连接性能，它通过所连接的链路转接信息，通常有集中器、信息处理机等。访问结点也简称为端点 (Endpoint)，它除具有连接作用外，还可起到信源 (Source) 和信宿 (Sink) (又称为发信点和收信点) 的作用，一般包括计算机或终端设备。一个结点内不一定仅有一个装置，在两个或更多装置合作完成同一任务时，它可以用一个或多个结点表示。结点也可以称为“站”。

2、链路 (Link)

在两个结点间承载信息流的信道或线路称为链路。信道可以是采用电话线、电缆、光纤等的有线信道，也可以是无线电信道。每个链路在单位时间内可以接纳的最大信息量，称为链路容量 (Link Capacity)，有时也称为信道带宽，单位是位/秒 (b/s 或 bps)。在使用术语“物理链路”时，指的是实际的物理连接，即通信媒质本身，如线路、无线信道等。在使用术语“逻辑链路”时，则是指链路上的经过数据传输控制的逻辑连接，有时也简称为链路。

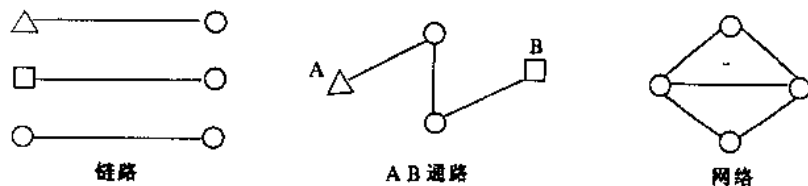


图 2.1.1 结点、链路和通路

△ 信源； □—信宿； ○—其它结点 (转接结点)

3、通路 (Path)

通路是指从发信点到收信点 (即从信源到信宿) 的一串结点和链路, 即一系列穿过网络而建立的“端点—端点”链路。通路也可称为“路径”。

图 2.1.1 给出了结点、链路和通路的示意。

2.1.2 网络构型

一般说来, 在多个结点需要互相连接以构成网络时, 希望每一个结点与其它的结点都有直接的点—点链路, 这种情况称为全连通的网络拓扑。如果有 N 个结点, 就要求网络有 $N(N-1)/2$ 条全双工的链路, 且每一结点上的装置设备要有 $(N-1)$ 个输入/输出端口。因为系统的成本、安装费用等随着结点数量的平方增长, 当 N 很大时, 这显然是不现实的。所以, 所有网络都采用全连通的方法是不可行的。

解决上述问题的方法是采用统一的公共计算机通信网。对于那些希望与其它结点通信的结点, 都通过该通信网完成通信, 而无需在结点之间都建立专门的链路。通信网并不关心站间所交换数据的内容, 它的任务仅仅是将来自源点的数据送到终点去。一般情况下, 将访问结点与通信网中的转接结点分开, 使访问结点不具备通信转接功能。

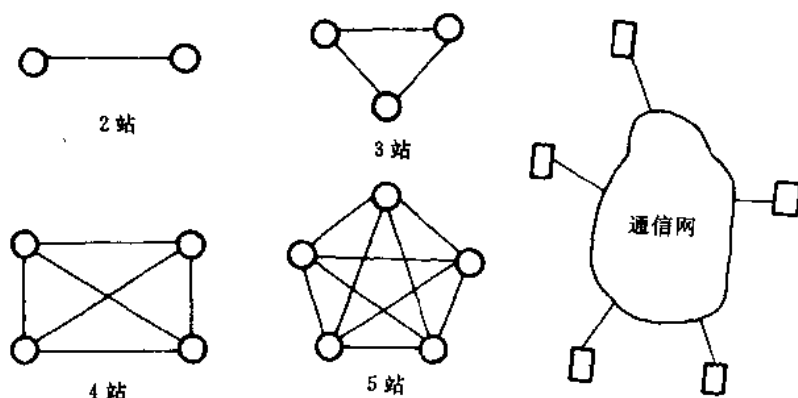


图 2.1.2 全连通网和通信网

按其拓扑结构和所采用的传送数据的技术, 通常可将计算机通信网分成以下类型。

1、交换通信网 (又称点—点信道子网)

交换通信网又分为电路交换网、报文交换网、分组 (或包) 交换网等。交换通信网利用通信网中各结点之间的点—点通信来完成网内通信。在这种网中, 有些结点要充当转接结点的角色, 对收到的信息进行存储转发 (Store and Forward), 所以这种网络又称为存储转发网络。这种网络的拓扑可以是全连通的, 也可以是部分连通的, 对于大型网络多半是部分连通的, 但一般都使每一对访问结点之间有多于一条穿过网络的路径。在这种网中, 各结点之间的链路通常被称为跳跃 (Hop) 或段。在网络中常见的几种拓扑构型如图 2.1.3 所示。

2、广播通信网 (又称广播信道子网)

广播通信网又分为分组广播网、卫星网、本地网等。广播通信网中没有中间的交换