

927

71393
L71c

计 算 机 网 络

刘 存 主 编



A1032182



机 械 工 业 出 版 社

本书主要介绍计算机网络的基本原理,全书共分为十二章。第一章为绪论,介绍计算机网络概念、特点与应用,计算机网络的发展过程,计算机网络的分类及拓扑形式以及我国计算机网络的发展;第二章介绍数据通信基础知识,包括数据通信信道,数据传输,通信代码,检错码与数据交换技术;第三章到第七章依次介绍开放系统互连参考模型和各层协议;第八章介绍公用分组交换网 X.25,帧中继网,数字数据网,ATM 宽带网;第九章到第十二章介绍网络互连,Internet,网络安全技术和网络管理。

本书在阐明计算机网络基本原理的基础上,力图更多地反映计算机网络的最新发展和最新技术。本书可作为高等学校计算机和电子类等计算机网络课程的教材,也可作为相关科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/刘存主编. —北京:机械工业出版社, 2002.8
ISBN 7-111-10756-X

I. 计… II. 刘… III. 计算机网络—基本知识 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 055420 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:周娟 王玉鑫 版式设计:冉晓华 责任校对:樊钟英

封面设计:饶薇 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·20.25 印张·499 千字

0 001—4 000 册

定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

在信息时代,信息化的程度是衡量一个国家发达水平和综合国力的重要尺度之一,而计算机和计算机网络的技术进步与广泛应用,成为推动信息化社会发展的巨大动力。

信息可以从网络的任何一个终端输入,经过处理加工,人们只要简单地敲击几下键盘或点击一下鼠标,便能获得或交换各种所需的信息,而不管这些交换点近在咫尺还是在千里之外。网络互联使世界发生了巨大变化,网络技术现在影响着人类生活的各个方面,“上网”已成为普通百姓日常谈论的话题。计算机网络应用的日趋普及,使人们已离不开计算机网络。

自 1969 年第一个远程分组交换网 ARPANET 产生到现在,计算机网络得到了迅猛的发展。微机局域网、公用分组交换网、帧中继网、综合业务数字网 ISDN,尤其 Internet 迅速发展起来。由 ARPANET 发展而来的 Internet 已经成为世界上规模最大和增长速率最快的计算机网络。Internet 的网络规模在迅速扩大,网络的应用领域也已从最初的科技和教育领域,很快进入到文化、产业、政治、经济、新闻、体育、娱乐、商业以及服务行业。1993 年美国提出信息高速公路计划后,在全世界引起了巨大的反响,各国纷纷开始筹划建设自己的信息高速公路。

我国从 20 世纪 80 年代初开始发展计算机网络,到现在已建立了几个大的公用数据通信网:公用分组交换(X.25)网 CHINAPAC;公用数字数据网 CHINADDN;公用帧中继网;综合业务数字网、公众多媒体通信网等。为了促进国家经济信息化,国家提出了“多金工程”,即金桥、金关、金卡等工程,计算机网络是“多金工程”中的一个非常重要的组成部分。另外,我国有大量的微机局域网在运行。

我国从 1994 年 4 月起正式加入 Internet。目前国内的中国科技网 CSTNET、中国教育科研网 CERNET、中国公用计算机互联网 CHINANET 和金桥网 GBNET 实现了同 Internet 的连接。这四大网络已于 1997 年相互联通,全国各地的用户可以通过不同的方式加入上述四大网络从而进入 Internet。用户可以通过 CHINADDN、CHINAPAC、公用电话网、帧中继、ISDN、局域网和移动电话 WAP 等接入 Internet。

由于计算机网络的发展和广泛应用,网络技术已成为计算机专业和相关专业学生必须掌握的知识,也是从事计算机研究与应用的人所要掌握的。本书就是为适应这种需要而编写的。

本书第一章介绍了计算机网络概念、特点与应用,计算机网络的发展过程,计算机网络的结构,计算机网络的分类及拓扑形式以及我国计算机网络的发展;第二章是数据通信基础知识,包括数据通信信道,数据传输,通信代码与检错码数据交换技术;第三章介绍开放系统互连参考模型;从第四章开始按参考模型逐层介绍其协议。第四章是物理层和数据链路层协议;第五章局域网与局域网协议,介绍局域网的介质访问控制方法,局域网的 IEEE 802 协议,高速局域网,无线局域网, FDDI 光纤环网等;第六章是网络层,介绍网络的路由选择,网络流量控制;第七章介绍传输层协议及高层协议;第八章介绍公用分组交换网、帧中

继网、数字数据网、ATM 宽带网；第九章到第十二章介绍网络互连、Internet、网络安全技术和网络管理。

在阐明计算机网络基本原理的基础上，编者力图更多地反映计算机网络的最新发展和最新技术。本书可作为高等学校计算机和电子类等计算机网络课程的教材，也可作为相关科技人员的参考书。

曹德明参加了本书的编写，学院对本书的出版给予了大力支持。编者感谢张维刚女士和编者的学生，他们为本书的出版做了大量的工作。

编者虽然努力使本书包括最新网络技术，但肯定赶不上网络技术的发展。另外，由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目

录

前 言

第一章 绪论 1

第一节 计算机网络的发展 1

第二节 计算机网络的结构 5

第三节 我国计算机网络的发展 11

第二章 数据通信基础 13

第一节 码元与传输速率 13

第二节 数据通信信道 16

第三节 数据传输 20

第四节 常用检错码 25

第五节 数据交换技术 33

第三章 开放系统互连参考模型 43

第一节 开放系统互连参考模型的分层 结构 43

第二节 分层结构网络协议的若干概念 48

第三节 OSI 参考模型中数据的实际传送 过程 53

第四章 物理层协议和数据链路控制 55

第一节 物理层协议 55

第二节 数据链路层的基本概念 62

第三节 数据链路的差错与流量控制方法 64

第四节 面向字符型的数据链路控制规程 70

第五节 高级数据链路控制规程 75

第五章 局域网与局域网协议 81

第一节 局域网的介质访问控制方法 81

第二节 局域网的 IEEE 802 协议 91

第三节 IEEE 802.3 CSMA/CD 总线网 协议 95

第四节 IEEE 802.5 令牌环访问协议与环形 局域网 101

第五节 IEEE 802.4 令牌传递总线访问 控制协议 107

第六节 高速局域网 112

第七节 无线局域网 117

第八节 FDDI 光纤环网 120

第六章 网络层协议 127

第一节 网络层所提供的服务 127

第二节 路由选择 131

第三节 网络流量控制 139

第七章 传输协议及高层协议 147

第一节 ISO 传输协议的类型 148

第二节 传输层服务 149

第三节 差错检测和差错恢复机制 158

第四节 传输的流量控制与多路复用 161

第五节 网络高层协议 163

第八章 广域网 173

第一节 公用分组交换网 X.25 173

第二节 帧中继 182

第三节 ATM 宽带网络技术 189

第九章 网络互连 211

第一节 网络互连概述 211

第二节 网络互连设备 216

第三节 分组交换网互连 227

第十章 互联网 INTERNET 229

第一节 TCP/IP 模型 230

第二节 网络接口层协议 231

第三节 网络互连协议 233

第四节 传输协议 242

第五节 应用层协议 247

第六节 环球信息网 255

第十一章 网络安全 264

第一节 OSI 的安全服务及安全机制 264

第二节 密码学基本原理 265

第三节 网络安全技术	272	第一节 排队的概率分析	299
第十二章 网络管理	279	第二节 几种基本的排队模型	302
第一节 网络管理概述	279	附录 B 计算机网络设计初步	308
第二节 简单网络管理协议 SNMP	285	第一节 概述	308
第三节 公共管理信息协议 CMIP	291	第二节 网络设计	309
附录 网络基础理论	298	第三节 网络的链路容量分配	312
附录 A 排队论基础	299	参考文献	316

第一章 绪 论

20 世纪 80 年代以来,人类社会进入信息时代,各种各样的信息影响着人们的生产、生活、经济、科学研究等各种活动。信息革命的发展趋势是国民经济信息化、信息技术智能化和信息网络全球化。信息与物质、能源构成了当今社会的三大资源。近几十年来高科技,尤其是计算机技术和通信技术的迅猛发展,使信息在社会发展中发挥了越来越重要的作用。信息化的程度已成为衡量一个国家发展水平和综合国力的重要尺度之一,信息产业已成为国民经济的支柱产业,而计算机和计算机网络的技术进步与广泛应用成为推动信息化社会发展的巨大动力。

人们早已认识到计算机网络是信息社会的基础之一。人们从计算机系统发展的初期,就已注意到计算机与通信系统的相互影响,而计算机应用由单机环境过渡到网络环境是计算机技术发展的必然趋势。计算机网络使得信息的收集、存储、加工和传播成为一个整体。信息的存储和加工涉及计算机技术,而信息的传播则涉及通信技术。计算机网络是现代计算机技术和通信技术融合的产物,是随社会对信息共享和信息传递的要求而发展起来的。原始信息可以从网络的任何一个终端输入,处理加工。人们只要简单地敲击几下键盘或点击几下鼠标,便能获得或交换各种所需的信息,而不管这些交换点近在咫尺还是在千里之外。网络互联使世界发生了巨大变化,网络技术现在影响着人类生活的各个方面,“上网”已成为普通百姓的日常活动。

第一节 计算机网络的发展

计算机网络是计算机与通信技术逐步发展、日益密切结合的产物。它的形成过程是从简单地为解决远程计算、信息收集和处理而形成的专用联机系统开始的。随着技术的发展和服务的需要,又在联机系统的基础上发展到把多台中心计算机相互联接起来,实现以资源共享为目的的计算机网络,这标志着计算机网络技术达到了成熟的高级阶段。计算机应用由单机环境过渡到网络环境是发展的必然趋势。

具有通信功能的单机系统就是在计算机上设置一个通信装置使其增加通信功能,将远地用户的输入输出装置通过通信线路(模拟的或数字的),直接与计算机的通信控制装置相连。这样,计算机从远地站点输入信息,处理结果也经过通信线路直接送回到远地的用户终端设备。这种单机联机系统是一种计算机数据通信系统。

20 世纪 50 年代初期,美国建立的半自动地面防空系统(SAGE)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中心计算机进行处理,开创了把计算机技术和通信技术相结合的尝试。这种简单的终端—通信线路—计算机系统,形成了计算机网络的雏形。后来某些系统又在主机之前设置一个前置处理机,专门负责与终端的通信控制,并在终端较集中的地区设置一台集中器,终端通过低速线路先汇集到集中器上,然后再用较高速通信线路将集中器连到主机的前置处理机上。通常都采用计算机来作为集中器和前置机。

因此，这种联机系统是多机互连系统。

1969 年第一个远程分组交换网 ARPANET 产生。它是由美国国防部高级研究计划局 ARPA (Advanced Research Project Agency) 提供经费，联合计算机公司和大学共同研制的一个实验性网络。最初的目的只是为了在战争中保障可靠的通信。ARPA 于 1969 年 12 月建立的是一个具有 4 个结点的试验性网络，到 1980 年，已发展到 200 台主计算机，使用三条卫星通信线路，形成了从夏威夷到挪威的全球性网络。ARPANET 是世界上第一个以资源共享为目的的计算机网络。因此，ARPANET 是现代计算机网络诞生的标志。ARPANET 分为通信子网和宿主机两部分。通信子网由若干个称为 IMP (Interface Message Processor) 的小型计算机及这些机器之间的传输线路组成。为了确保高可靠性，每个 IMP 至少和另外两个 IMP 用线路直接连接，每个节点由一个 IMP 和一台宿主机组成。宿主机发出的消息被 IMP 截成一定长度的分组，送入网中，各中继 IMP 首先将分组完整地接收下来，再为它选定一条合适的路径，传给下一个 IMP，目的 IMP 将收到的分组组装成一个完整的消息，送给宿主机。这是世界上第一个采用存储—转发方式的分组交换网络。图 1-1 是 ARPANET 的最初设计。各型号的主机与小型计算机组成的通信处理机 (IMP) 相连，构成存储转发、分组交换的通信系统，各地用户终端均与本地主机相连。IMP 之间一般采用 50Kb/s 的租用线路相连，而在夏威夷和挪威地区则分别使用 50Kb/s 和 9.6Kb/s 的卫星通路。IMP 内装有四个标准接口，可以连接四台主机，而主机侧亦有专用接口同 IMP 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，本地 IMP 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。目的 IMP 重新组合各分组，将恢复之后的报文送到终点主机。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。

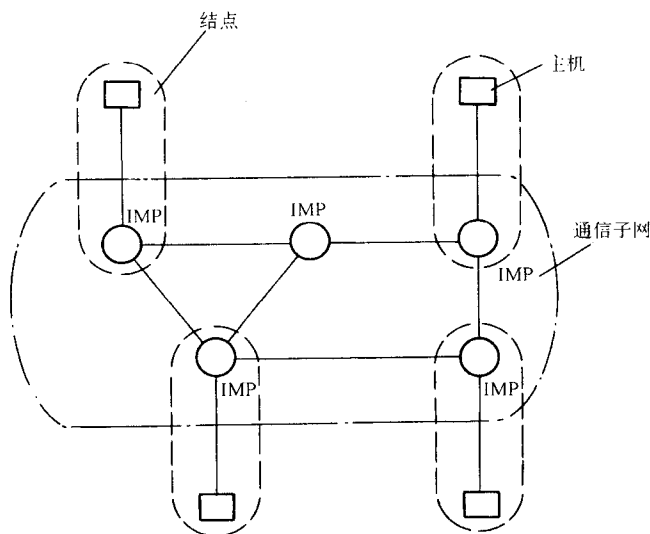


图 1-1 ARPANET 的最初设计

ARPANET 是一个成功的系统，它在概念、结构和网络设计方面都为后继的计算机网络打下了基础，它成为计算机网络兴起的标志。

ARPANET 的进一步发展就出现了今天的 Internet（见图 1-2）。Internet 已经成为世界上规模最大和增长速率最快的计算机网络，没有人能够准确说出 Internet 究竟有多大。1980 年 Internet 只有几百台计算机，而 2000 年初，Internet 已连通了世界上的 246 个国家和地区，用户超过 3 亿，每天世界有几亿人直接使用 Internet 进行各种活动。Internet 的网络规模在迅速扩大，网络的应用领域也已从最初的科技和教育领域，很快进入到文化、产业、政治、经济、新闻、体育、娱乐、商业以及服务行业。

实际上，Internet 并不是一个单一的计算机网络，而是由许多网络相互连接而构成的。Internet 是一组互连的网络的集合，它将许许多多网络互连在一起。现在，任何人只要拥有一台 Internet 上的终端，包括移动电话，就可以在 Internet 上漫游。

20 世纪 70 年代中期，随着微型机和小型机被广泛地应用，出现了局域网（Local Area Network, LAN），它将小范围内的计算机互连，以便共享设备和信息。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。20 世纪 80 年代，由于微机技术的迅速发展，多终端集中式的多任务计算机系统逐渐被具有共享资源功能的分布式微机局域网所取代。微机网络成为计算机网络技术中的重要部分，涌现出大量的局域网产品，如 XEROX 公司的以太网，英国剑桥大学的剑桥环，IBM 公司的令牌环等。大量出现在一座办公楼、一个校园、一个工厂内部的局部区域网，形成了 20 世纪 80 年代网络发展的一个新的特点。经过十几年的应用和实践，目前微机网络已渗透到国民经济和军事国防事业的各个领域。一个国家的微机连网率已标志着该国微机的使用水平。20 世纪 80 年代末期，微机网络成为计算机网络技术中最活跃的一个分支。现在，局域网的发展已经历了三代。第一代以 CSMA/CD 总线网和令牌环网为代表，提供终端到主机的连接，支持客户服务器结构，运行在中等数据传输速率。第二代以 FDDI 为代表，满足对 LAN 骨干网的要求，支持高性能工作站。第三代以千兆位以太网与 ATM 局域网为代表，提供多媒体应用所需的吞吐量和实时传输的质量保证。

在管理信息、生产过程自动化、办公室自动化、情报资料信息录入和检索以及 CAD/CAM/CAI 等重要应用系统中，微机网络会起着决定性的作用。而且，从使用微机局域网发展到使用跨企业、跨地区的大范围微机网络也是必然的趋势。

进入 20 世纪 90 年代后，计算机网络的发展更加迅速，目前正在向宽带综合业务数字网的方向发展。新一代计算机网络最主要的特点就是综合化和高速化。使用宽带网络技术，提高信息传输速率，成为当今研究的热点。网络向综合化发展与多媒体技术的迅速发展密切相关。传送多媒体信息最合适的网络显然就是综合业务数字网。

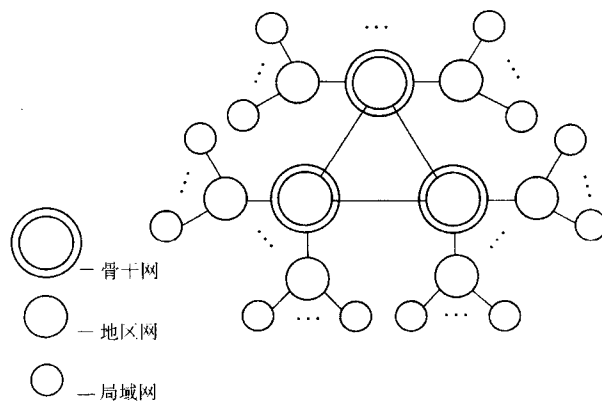


图 1-2 Internet 示意图

综合化是指将多种业务综合到一个网络中。采用分组交换的计算机网络本来是用来传送计算机数据的。人们传送话音等信息则一直使用与计算机网络很不相同的网络。但是，现在人们已经可以将各种业务，如话音、数据、图像等，都以二进制代码的数字形式综合到一个网络中来传送，这样的网络就叫做综合业务数字网 ISDN。采用综合业务数字网最大的优点就是经济，可以不必按照不同的业务来分别建造各自的通信网。但 20 世纪 70 年代中期提出的综合业务数字网线路的传输速率不高，通常称为窄带综合业务数字网 (N-ISDN)。

网络高速化也就是宽带化，目前指传输速率可达到每秒几十至几百兆比特，甚至达到每秒几到几十千兆比特量级的网络。高速的综合业务数字网使用新的宽带技术——快速分组交换的异步转移模式 ATM 和同步光纤网 SDH。采用 ATM 和 SDH 技术的高速综合业务数字网就称为宽带综合业务数字网 B-ISDN。另外，宽带用户接入网的实现也是一项关键技术，如现已广泛使用的 XDSL (X-digital Subscriber Line) 高速数字传输技术。

1993 年 9 月，美国政府提出“NII 行动计划”(National Information Infrastructure)，又称为信息高速公路计划，也就是新一代计算机网络或宽带综合业务数字网。其主要内容是：①铺设覆盖全美的光纤网络；②用光纤网络连接所有的通信系统、计算机资料库、电信消费设施；③在光纤网上能传输视频、音频、数字、图像等多种信息。该计划一经推出，便在全世界引起了巨大的反响，各国纷纷开始筹划建设自己的信息高速公路。

进入 21 世纪，随着网络应用的普及和深入，网络的发展可能包括以下几个方面：互操作性代替开放性；互连的多样性和多媒体网络；实现无线连接；网络计算机和智能网；运行不同的 NOS 的服务器；高性能并行机；网络管理智能化技术；更高速率通信；提高移动式数字通信网性能；网络自动诊断系统和排除故障系统；硬件、软件接口和数据交换格式标准化；信息网络软件集成技术。

网络协议的形成是计算机网络发展的另一方面。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，它是网络中的重要部分。ARPA 网首次实现了层次结构的协议族 TCP/IP (传输控制协议 TCP (Transmission Control Protocol) 和网际互连协议 IP (Internet Protocol))。ARPA 网络协议分为四个层次，如图 1-3 所示。协议的分层化使之结构清楚，各层都相对集中了本层的功能，而对某层协议的改动对其他层影响较少，使网络的设计和修改都变得比较容易。而对于高层的网络用户，低层的协议都是透明的。为了推动计算机网络走向国际化，国际标准化组织 (ISO) (International Standards Organization) 于 1984 年正式颁布了一个称为“开放系统互连参考模型”(Open Systems Interconnection Reference Model, OSI/RM) 的国际标准 ISO 7498，该模型为协调标准的研制提供了一个共同基础，允许现存的和正在演变中的标准化活动有个一致的框架，其最终目标是允许任一支持某种可用标准的计算机的应用进程自由地与任何其他支持同一标准的计算机的应用进程进行通信，而不管计算机是由哪个厂商制造的。现在有各种各样的协议在计算机网络上运行，虽然有的协议并不完全符合 OSI/RM，但 OSI/RM 毕竟为协议的制定提供了指导，大多数协议可和 OSI/RM 的分层功能相对应。

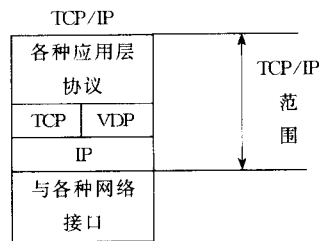


图 1-3 ARPA 网络协议

第二节 计算机网络的结构

一、两级子网结构

一个计算机网络的组织结构，可用类似于图的表示方法描述。如图 1-4 所示为一种用图来表示的网络结构。一个计算机网络由一些结点及连接这些结点的传输线路（链路）所组成。

1. 结点

计算机网络中的结点可分为两类，端结点和转接结点。端结点是指自身拥有或要求计算机资源的用户设备，例如：用户主机或用户终端等，同时，端结点又是网络流的“源”和“宿”。

转接结点是指那些除了支持网络连通性外还对网络信息起转接交换作用的结点，它主要拥有通信资源，通常有集中器、网桥、路由器、网关、结点处理机、终端控制器、通信控制器、调制解调器等。

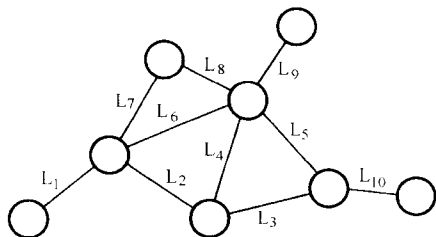


图 1-4 网络图中的结点与链路

2. 链路

链路是支持网络图的连通性而连接两相邻结点的连线，是用于传输信息的物理信道及为有效可靠地传输所必需的信道设备的总称。实际网络中，它主要是指两个结点间的信息流的传输线路。链路所用的传输媒质可以是各种类型的通信信道，如：电话线、电缆、光纤、无线线路、卫星线路等。

3. 计算机网络的两级子网结构

可把计算机网络划分为两个组成部分——资源子网（用户子网）和通信子网。通信子网是由若干网络结点和链路按某种拓扑形式互连起来的网络。一个进网的数据到达的第一个结点称为源结点，离开子网前到达的最后一个结点称为宿结点。子网必须能为所有的进网数据流提供从源结点到宿结点的通路。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，而集中资源用于提高主机系统的效能。如 ARPA 网中的各 IMP 和 TIP 经高速通信线路连成的干网叫作通信子网；主机系统（软件、硬件和数据库）、终端等，则统称为资源子网。因此，这是一种通用的网络结构表示。两级子网的网络构型如图 1-5 所示。

(1) 资源子网 包含有计算机、输入/输出设备、各种软件资源，被用来完成数据处理业务，向网络用户提供网络资源和网络服务。

(2) 通信子网 通信子网是由信息交换的结点计算机和通信线路组成的独立通信系统。它承担全网的数据传输、转接、加工、变换和通信处理等业务。通信子网为用户子网提供传输和交换用户信息的服务功能。它由转接结点设备（结点处理机或交换机）、高速传输链路及其设备（如调制解调器 MODEM、数传机、复用器等）、驻留在这些设备中的通信软件、传输链路等组成。

结点处理机主要完成以下三个功能：

1) 网络接口功能。实现用户子网与通信子网的接口协议，接收/发送用户报文信息，监

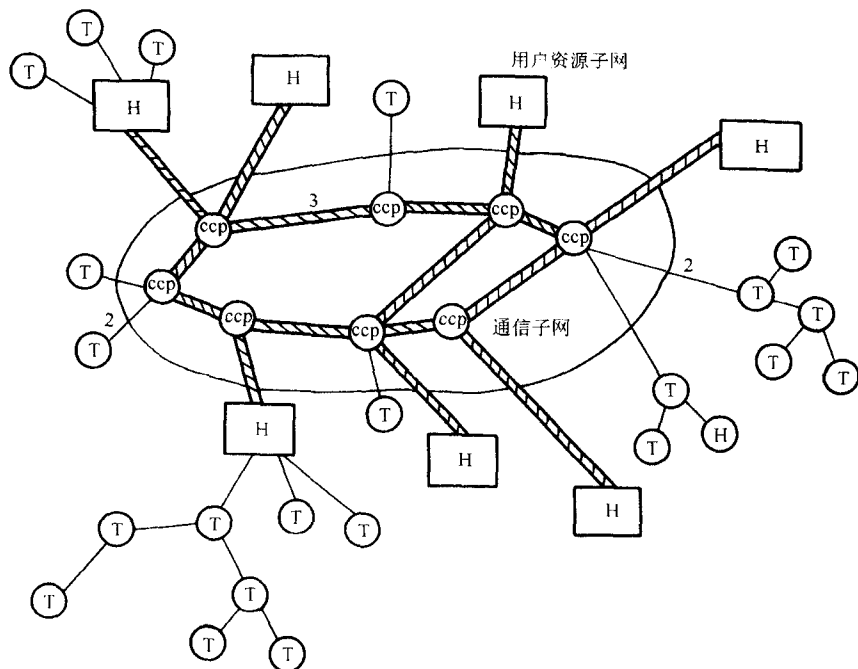


图 1-5 两级子网的网络构形

ccp—通信控制处理机结点 2—低速线路 3—高速线路 H—主计算机 T—终端

控报文传输状态。

2) 存储/转发功能。对进网传输的报文信息提供转接中继功能。

3) 网络控制功能。为进网的报文信息提供路径选择、网络流量控制以及对网络状态的监控等。

驻留在结点处理机中的通信软件主要完成以下功能：

- 1) 报文处理与缓冲，存储/转发控制。
- 2) 链路管理（路由与流控）。
- 3) 差错控制。
- 4) 网络状态监视，故障诊断，自适应拓扑重构等。

通信子网有三种组织形式：

1) 结合型。通信子网和用户子网是结合在一起的，尚未分离独立形态的通信子网，即将各主机的通信控制器（或网络适配器）用传输线直接互连成网。

2) 专用型。为单一目的而建立的网络。

3) 公共型。通信子网可为多个网络提供服务，共享通信网资源，从而可建成共用同一通信网资源的多个计算机通信网。此通信子网即通常的“公共数据网”。

二、计算机网络的分类及拓扑形式

1. 计算机网络的分类

可以按传输技术将网络分为广播网和点对点网；按规模分为局域网、城域网和广域网；按拓扑结构分为星形网、总线网、环形网、树形网和网状网；按交换技术分为电路交换网、分组交换网和信元交换网；按带宽分为窄带网和宽带网；还可以按传输介质和网络用途来分

类等。

通常主要从传输技术、网络规模和拓扑结构三个方面来考虑计算机网络的分类。

2. 广播网与点一点网

网络传输技术可分为两类：广播方式和点一点方式。相应按传输技术就可将网络分为广播网和点一点网。

(1) 广播网 在广播网中，所有计算机共享同一条通信信道，任何一台计算机发出的消息都能被其他所有计算机接收到。图 1-6 是一个总线网的示意图，所有计算机都连接到同一条总线上，发出的消息沿着总线传输，网上所有计算机都能接收到，因而这是一个广播网。

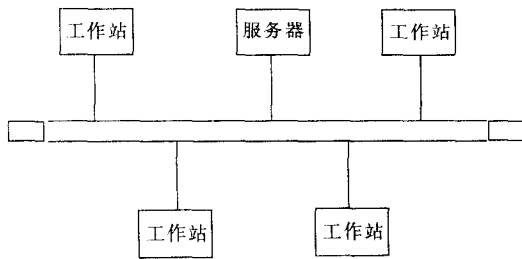


图 1-6 广播网(总线网)示意图

为了指明消息是发给谁的，消息中用一个地址域来指出目的地址，只有目的计算机能处理消息并给出响应，而其他计算机将不予理睬。

地址有三种类型：

- 1) 单点地址。指定某一个特定的计算机接收消息。
- 2) 广播地址。指定网上所有的计算机接收消息。
- 3) 组播地址。指定网上某几个计算机接收消息。

(2) 点一点网 点一点网中，一条通信线路连接两台设备，直接的数据交换只能发生在直连的两台计算机间。通常，源和目的间没有直接的数据通路，源站点发出的消息，必须经过若干个中间节点的转发，才能到达目的站点，如图 1-7 所示。由于从源到目的存在多条路径，因此，路径选择是点一点网中必须要解决的重要问题。

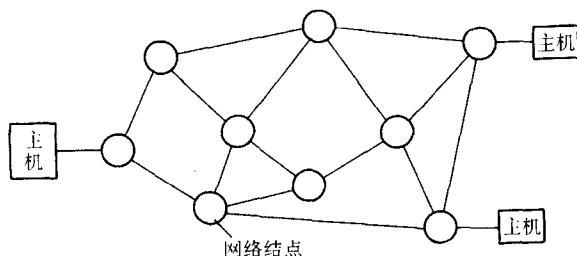


图 1-7 点一点网示意图

3. 局域网、城域网与广域网

网络规模是以网上相距最远的两台计算机之间的距离来衡量的。十几米至几公里为局域网，几十公里为城域网，一百公里以上为广域网。另外，两个或多个网络的互连称为互连网。

(1) 局域网 局域网 (Local Area Network, LAN) 是指小区域范围 (例如：一个校园、一幢办公大楼或一个企业) 内的各种通信设备互连在一起的通信网络，它用于连接个人计算机、工作站等各种类型的计算机和各种外围设备以实现资源共享和信息交换。它采用较高的数据传送速率，较小的信道传送误码率，从而使局部网的可靠性和通信效率大大提高，LAN 在办公自动化的应用领域里占据了主要的位置。

局域网的典型特点是距离短, 通信延时短 (几十微秒), 数据传送速率高 ($10 \sim 1000\text{Mb/s}$), 误码率低 ($10^{-8} \sim 10^{-11}$), 网络互连灵活, 易于扩充, 网络拥有权和经营管理权属于某一个单位, 不受电信部门管辖。所以, 局域网是一种专用网络。

传统局域网常采用同轴电缆作为传输介质, 按照总线形或环形来组织网络, 如以太网 (总线型) 和令牌环网 (环形)。

现在, 除了传统的局域网, 又出现了高速局域网。高速局域网主要用于主机与主机及主机与高速外部设备之间的连网, 工作站与网络之间有高速的物理链路, 并采用分布式的控制方法。美国国家标准协会 ANSI (American National Standards Institute) 规定了高速局域网的标准, 它包含两种数据接口, 一种是 50Mb/s 的总线接口, 称为局部分布式数据接口 LD-DI (Local Distributed Data Interface); 另一种是 100Mb/s 的光纤令牌环接口, 称为光纤分布式数据接口 FDDI (Fiber Distributed Data Interface)。现在已发展到使用异步转移模式和高速交换机等的更高速率的千兆位局域网。

(2) 城域网 城域网 (Metropolitan Area Network, MAN) 的地理范围介于局域网和广域网之间, 可能覆盖邻近的一些单位或一个城市, 其目的是在一个大的地理区域内能提供数据、声音和图像的集成服务。

城域网的使用标准是分布式队列双总线 DQDB (Distributed Queue Dual Bus), 是 IEEE 802.6 定义的一个标准, 它使用一根或两根电缆连接所有的节点, 没有交换单元。

一个典型的城域网是由一些互连的 DQDB 子网组成的, 这些 DQDB 子网用于变换和高速转发数据、音频和视频信息, 同时也可用来互连局域网、主机、工作站和专用交换机, DQDB 子网间通过多端口或双端口的网桥、路由器和网关进行互连。

(3) 广域网 广域网 (Wide Area Network, WAN) 的地理范围较大, 常常是一个国家或一个洲。

广域网由两个部分组成:

- 1) 末端系统。指运行用户程序的计算机集合。
- 2) 通信子网。负责在用户计算机之间传输数据。

大多数通信子网又由两部分组成:

- 1) 传输线路。在相邻设备间传输数据。
- 2) 交换单元。通常是一台专用计算机, 用于连接多条传输线路, 当从一条输入线路上收到数据后, 为其选择一条合适的输出线路, 转发出去。交换单元通常被称为中间节点或路由器。

在通信子网中, 用户数据被截成一定长度的分组来传输。当两个路由器需要相互通信, 但又不处在同一条传输线路的两端时, 则通信过程需经过其他中间路由器中继。每一个中间路由器从其输入线路上将分组完整地接收下来, 存在缓冲区里, 为它选择一条合适的输出线路, 待该线路空闲时, 把分组转发出去。这样的通信子网称为点一点子网或存储—转发子网或分组交换子网。除卫星通信网外, 大多数广域网的通信子网都是存储/转发子网。

4. 网络构形

网络拓扑又称网络构形, 反映网络中的结点与链路相互连结的不同物理形态。如果从网络拓扑形式上区分计算机通信网的构形, 一般可有四大类: ①总线形网络; ②星形和树形网络; ③环形网络; ④分布形网络 (网形网络)。

(1) 总线形网络 如图 1-8a 所示, 网络的各个结点都挂接在一条公共总线上。这条总线是任意结点对之间通信的公共信道, 其传输媒质通常是具有足够带宽的双绞线对、同轴电缆, 或者是无线广播式信道等。这种结构的网络一般是广播式网络。

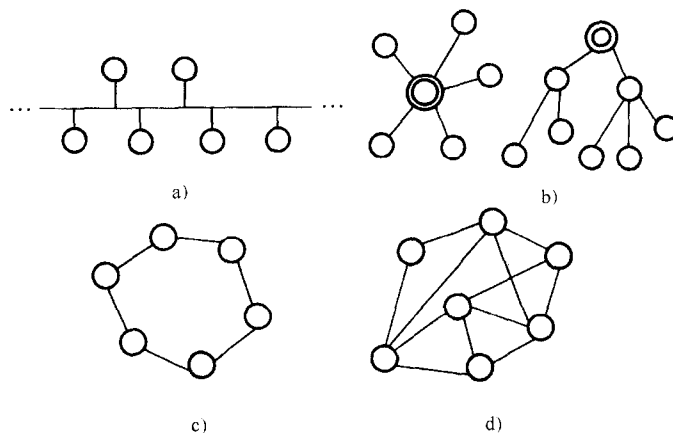


图 1-8 网络拓扑类型

a) 总线形 b) 星形和树形 c) 环形 d) 分布形网

总线网的优点:

1) 易于扩充, 通信成本最省。在覆盖范围和工作站数相同的情况下, 所用传输媒质的长度较其他结构的网络要短, 只需一根缆线, 没有分枝, 并易于扩充用户工作站数目。需扩大服务区域时, 可用多段缆线经中继器进行延伸。整个网络的通信信道只是一根电缆或是同频工作的射频设备, 当需要增加结点时, 只需在总线上增加一个分支接头, 或多设置一个同频电台即可进网。

2) 总线的无源操作和系统的分布控制, 总线形网络使用的设备相对简单, 因而可靠性也比较高, 保证了网络的高度可靠性。公共总线是仅仅用于收/发信号的无源部件, 本身具有高度可靠性; 分布控制方式可以保证当某一工作站发生故障或脱离网络时, 不会影响其他工作站之间的通信。

3) 采用广播式通信方式无转接结点, 传输延时短, 为实时的通信或控制业务提供了物理基础。

4) 有利于组建高速的、宽带工作的综合业务局域网。

总线网的主要缺点:

1) 网络覆盖范围受到限制。采用基带传输、竞争型接入控制协议的总线网, 一般限制在 2km 左右的缆线长度所能及的范围。采用宽带模拟信号传输, 或者采用无线电信道时, 网络范围可以扩大到十几公里以上。

2) 信道是网络的唯一公共部件, 总线故障将导致整个网络失效。

3) 广播式竞争型多址通信协议不利于网络业务量的增加。在重负荷下, 报文延时特性和吞吐特性都急剧变坏。

4) 各工作站之间的发送信号强度的平衡要求比较严格。

(2) 星形和树形网络 如图 1-8b 所示, 星形可被视为一级分支的树形特例。星形网中的每一个站都经一条专用线路连接到中心结点上。它有一个中心 (或根) 结点是通信子网中

唯一的转接结点。用户子网中的各端结点与中心结点形成辐射形网络构形,这样,虽然在访网接入及链路管理方面可以极其简便,但信道资源的利用率却极不充分。再者,拓扑本身的中心化特征就决定了这种构形的网络控制往往是集中式的,又称为集中式网络。任何两个结点间的通信必须经过中心结点。例如,以主机系统为核心的面向终端的数据网络一般是星形结构,主机即为网络的中心结点,网络的全部操作都服从于中心主机的控制。另外,以交换机为核心、以拨号线路为链路构成的计算机网络也是星形或树形结构,交换机即是中心结点,网络的工作往往受它的集中控制。

星网具有如下优缺点:

- 1) 星形或树形网络也具有结构简单,便于管理,建网较容易的优点。
- 2) 集中控制有利于将各工作站送来的数据流进行汇集,然后与别的网络互连,连接方便和经济。
- 3) 报文传输转接延时短。
- 4) 各通信对之间可采用不同的通信协议和接口标准,有利于异种机连网。
- 5) 由于每个站点都通过一条专线接到中心结点,所以整个网络的通信线路长,通信投资较大。为了降低成本,一般都采用低速线路,所以,网络的工作速率低,造成整个网络的业务容量不高,通信线路的利用率不高。
- 6) 由于全网控制集中于一个中心结点上,如果它有故障会直接造成整个网络的瘫痪,故其可靠性较差。中心结点交换机是关键设备,要求有备份机或双机运行。

(3) 环形网络 如图 1-8c 所示,网络各结点由逐段链路连接成环状构形,环形局域网的各工作站通过一个环接器挂接在一个环形的闭合回路的传输通路上,环内的信号单向传播。为保证单向传播,每个环接器必须具有一侧接收另一侧发送的功能,即具有收/发隔离功能。若每个环接器都具有这种同向的隔离转发功能,就可保证信号在环内单向传播。因此,每个环接器实际上是一个转接结点。

环形局域网的传输媒质可采用双绞线对、同轴电缆和光导纤维等。数据信号几乎都采用基带数字传输。采用光纤媒质时,可实现宽带高速环形网。但是,信号技术不采用 FDM,而采用 TDM 体制,因为光纤媒质对传输数字脉冲信号具有优越性。

环形网的主要优点:

- 1) 环路上的信息流单向恒定流动,故不需路径选择,环路上结点的控制软件较简单。
- 2) 网络控制及其接口部件比较简单,由于数据信号在环路媒质中单向传输,环内数据的传输和用户数据的控制都比广播式信道的控制简单。
- 3) 由于网络操作是分布式且非竞争型的,所以对于信道资源的分配比较公平。不管工作站处在环路的什么位置,都可以获得比较均等的使用机会。
- 4) 网络的性能比较稳定,能承受较重的负荷,由于网络操作控制的非竞争性,不会发生报文碰撞和结点拥塞的现象。

环形网的主要缺点:

- 1) 为保证环内信号单向传输,每个结点的环接器必须是有源部件。有源部件存在供电问题,而且可靠性不如无源部件。
- 2) 环内需要设置对信道资源进行管理的控制装置。
- 3) 网络的扩充不如总线网方便。

4) 任一结点发送的信息都将串行地穿过每个环接口部件, 两结点间的链路连结是信息的唯一通路。当环中结点过多时, 使网络响应时间增长。

(4) 分布形网络 如图 1-8d 所示, 分布形网络没有固定的联接形式, 是最一般化的网络构形。分布形网络是大型的数据网络的基本构形。网络中的任一结点一般都至少有两条链路与其他结点相连, 没有中心结点, 它动态地选择路径。网络中信息流向是随机的, 没有固定的方向, 所以, 这种网络的控制往往是分布式的, 所以叫分布式网络。它有许多诸如拓扑优化、路由选择、流量控制等特殊问题, 信息路径和流量控制及拥挤控制都较复杂。

分布网络的最大特点是: ①采用分布式控制, 使系统有较好的可靠性; ②网中路径选择算法使网络延时较短, 传输效率高, 但控制软件较为复杂; ③便于在全网范围内共享资源。

第三节 我国计算机网络的发展

我国从 20 世纪 80 年代初开始发展计算机网络, 从 1980 年开始在铁路部门进行计算机联网实验, 现在已建立了几个大的公用数据通信网。

我国在 1989 年开通了我国公用分组交换 (X.25) 网 (CHINAPAC), 该网现已连接全国 600 多个城市, 约有 46 万个端口, 并与长途公用电话网和用户电报网及低速数据网互连, 可覆盖已加入长途电话网的所有地区, 其规模居世界前列, 并已与 20 多个国家和地区的 40 多个主要公用数据网实现了互连。CHINAPAC 采用分级的网络拓扑结构, 对最重要的结点采用全连通的网结构, 保证高速率、高质量、大吞吐量和低延时的性能指标。每个结点的吞吐量为 3200~6400 分组/s, 每秒可处理 250 次呼叫。另外, 在通信速率方面也有了很大的提高。用户的通信速率为 1.2~64Kb/s, 而中继线的通信速率为 64Kb/s、256Kb/s 或 2.048Mb/s。CHINAPAC 还支持一些新的功能, 如 SNA/SDLC 网络协议、帧中继、广播和组播功能以及虚拟专用网功能等。

我国在 1994 年开通了中国的公用数字数据网 (CHINADDN)。1999 年覆盖到全国地级以上城市及经济发达的县市。我国的 4 大互连网的骨干大部分使用 CHINADDN。

我国已开通的公用帧中继网 (CHINAFRN) 已在 8 个大区的省会城市设立了结点, 提供高速数据和多媒体通信。

另外, 还开通了综合业务数字网 (ISDN)、公众多媒体通信网 (CHINFO) 等, 由于 ISDN 有使用现有的模拟信号线的优点, 目前正在一些大城市推广。为了促进国家经济信息化, 国家提出了“多金工程”, 即“金桥”工程——国家公用经济信息网工程, “金关”工程——外贸专用网工程, “金卡”工程——电子货币工程及“金税” (税务电子化系统)、“金企” (工业生产与流通信息系统)、“金农 (农业信息系统)、“金智” (教育科研网 CER-NET)、“金策” (国民经济宏观决策支持系统) 和“金卫” (医疗卫生信息产业工程) 工程等。

“金桥工程”是我国经济和社会信息化的基础设施之一, 它与原邮电部的通信干线及各部门已有的专用通信网互连互通, 互为备用, 成为国家公用经济信息通信的主干网。这个网络主要是为国家宏观经济调控和决策服务, 同时也面向用户和面向市场, 为促进现代电子信息产业发展服务。“金桥”网是一个开放式的互连网, 是一个覆盖全国、天地一体 (即天上的卫星网和地面的光纤网互连在一起) 的中速信息网。“金桥”网可以传输数据、语音、图