

132

7P3/3
J32C

计 算 机 网 络

(第二版)

贾 超 申玄京 编
李 玲 刘学军 康 辉



A0963817

吉林科学技术出版社

计算机网络 贾超 申玄京 李玲 刘学军 康辉 编
责任编辑: 珂丽 封面设计: 杨玉中
出版 787×1092 毫米 16 开本 17.5 印张
发行 吉林科学技术出版社 428 000 字
1996 年 10 月第 1 版 1999 年 8 月第 3 次印刷
定价: 22.00 元
印刷 长春市人民印刷材料厂 ISBN 7-5384-1678-1/TP·51
社址 长春市人民大街 124 号 邮编 130021 电话 5635185 5635177
电子信箱 JLKJCBS@public.cc.jl.cn 传真 5635185

前 言

计算机网络技术发展十分迅速,应用非常广泛,可以说已经进入网络化时代。计算机网络教材一方面应包括计算机网络技术的基本原理,同时也要尽量反映计算机网络新的技术成果。本教材是在《计算机网络》(吉林科技出版社,1996年)第一版的基础上,根据本学科的发展趋势及最新技术成果对原版内容进行了大量补充、修改后完成的。新增的内容有 Windows NT、Internet 及其它网络新技术。

本教材仍按网络层次安排,在体系结构上加强了对 TCP/IP 协议组的介绍,对 OSI 高层协议只作简单介绍,充实了 Internet 应用协议的内容。全书共 12 章。第一章是概论,介绍了计算机网络的发展、功能、分类等基本概念。第二章是计算机网络体系结构,OSI 参考模型的若干概念。第三章是数据通信基础,主要介绍信号、传输方式及交换方面的内容,通信规程在其它章中介绍。第四章是物理层,重点介绍了 RS-232 标准及其应用。第五章是数据链路层,主要介绍数据链路层协议及面向字符和面向位的通信规程。第六章是网络层,介绍了路由选择、拥塞控制及流量控制及其方法并介绍了 X.25 建议书。第七章是传输层,介绍了传输层的服务及协议,作为实例详细介绍了 TCP 协议。第八章是高层协议,有选择地介绍了高层协议的有关内容。第九章是局域网,作为独立的一章较全面地介绍了局域网定义、分类、各种介质访问控制方法、IEEE802 标准。作为实例介绍了以太网、Novell 网及 WINDOWS NT 网。第十章是网络互连,介绍了网络互连的方法、设备,详细介绍了 IP 协议。第十一章介绍了 Internet。第十二章介绍了计算机网络的一些新技术。本书力求对基本概念和基本原理阐述清楚。在内容和取材上既注意原理方面的说明也注意应用方面的介绍。

本书是成人教育计算机系列教材,可作为计算机专业本科、大专及相关专业人员教材使用,也可供计算机网络爱好者自学之用。

本书由贾超主编,申玄京任副主编,参加编写工作的有李玲、刘学军、康辉等。

吴治衡教授、刘衍珩教授和刘锡海教授对本书的出版给予很大的帮助,在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,计算机网络发展又十分迅速,书中难免有缺点、错误之处,敬请读者指正。

编 者

1999. 6. 30 于长春

目 录

第一章 概论	(1)
§ 1.1 计算机网络的产生与演变	(1)
1.1.1 历史回顾	(1)
1.1.2 未来趋势	(3)
§ 1.2 计算机网络的定义与应用	(4)
1.2.1 计算机网络的定义	(4)
1.2.2 计算机网络的应用	(5)
§ 1.3 计算机网络的组成与分类	(6)
1.3.1 计算机网络的组成	(6)
1.3.2 计算机网络的分类	(9)
§ 1.4 网络实例	(10)
1.4.1 公用分组交换网 CHINAPAC	(10)
1.4.2 CHINADDN	(15)
1.4.3 CERNET	(16)
1.4.4 CHINANET	(17)
1.4.5 Internet	(19)
第二章 计算机网络的体系结构	(20)
§ 2.1 网络体系结构的概念	(20)
2.1.1 网络的总功能及功能分层	(20)
2.1.2 体系结构与协议	(21)
2.1.3 虚拟通信与实际信息流向	(22)
2.1.4 各层设计中要解决的问题	(23)
§ 2.2 开放系统互连参考模型	(24)
2.2.1 OSI 的由来	(24)
2.2.2 OSI/RM 的体系结构	(25)
§ 2.3 OSI/RM 中的几个重要概念	(27)
2.3.1 (N)层与(N)实体	(27)
2.3.2 (N)服务与(N)协议	(27)
2.3.3 (N)服务访问点与(N)服务连接端点	(27)
2.3.4 服务原语	(28)
2.3.5 数据单元	(29)
2.3.6 两种服务	(32)
§ 2.4 其它网络体系结构简介	(32)
2.4.1 ARM	(33)
2.4.2 SNA	(33)
2.4.3 DNA	(35)
第三章 数据通信基础	(37)
§ 3.1 数据通信及数据通信系统	(37)
3.1.1 数据通信的概念及特点	(37)

3.1.2	数据通信系统的构成	(38)
3.1.3	数据通信传输速率	(39)
§ 3.2	数据通信的理论基础	(40)
3.2.1	基本概念和术语	(40)
3.2.2	傅里叶分析	(41)
3.2.3	数字信号的频谱及带宽	(42)
3.2.4	字符信号的频谱	(44)
3.2.5	信道的极限数据传输速率	(45)
§ 3.3	数据编码技术	(46)
3.3.1	数字信号以模拟信号形式传输	(46)
3.3.2	数字信号在数字信道上传输	(48)
3.3.3	模拟信号以数字信号形式传输	(49)
§ 3.4	通信方式和同步技术	(50)
3.4.1	通信方式	(50)
3.4.2	异步传输和同步传输	(52)
§ 3.5	多路复用技术	(53)
3.5.1	频分多路复用	(53)
3.5.2	同步时分多路复用	(55)
3.5.3	统计时分多路复用	(56)
§ 3.6	差错控制	(57)
3.6.1	差错的特性及差错控制方式	(57)
3.6.2	常用的简单差错控制编码	(58)
3.6.3	循环冗余码	(59)
§ 3.7	交换技术	(60)
3.7.1	电路交换	(61)
3.7.2	报文交换	(61)
3.7.3	分组交换	(62)
3.7.4	交换方式的选择与比较	(63)
第四章	物理层	(65)
§ 4.1	物理层的基本概念	(65)
§ 4.2	传输介质	(66)
4.2.1	有线传输介质	(66)
4.2.2	无线传输介质	(68)
4.2.3	其它	(70)
§ 4.3	几种常用的物理层标准	(70)
4.3.1	EIA—232—D 和 RS—449	(70)
4.3.2	X.21 建议书	(74)
第五章	数据链路层	(76)
§ 5.1	数据链路层设计问题	(76)
5.1.1	数据链路层模型	(76)
5.1.2	数据链路层的功能和服务	(76)
§ 5.2	停等协议	(77)
§ 5.3	滑动窗口协议	(79)

5.3.1	滑动窗口的概念	(79)
5.3.2	一位滑动窗口协议	(81)
5.3.3	全部重发流水线协议	(81)
5.3.4	选择重发流水线协议	(82)
5.3.5	发送窗口最大尺寸的确定	(82)
5.3.6	全部重发流水线协议的最佳帧长	(83)
§ 5.4	数据链路层实际协议	(83)
5.4.1	BSC 协议	(83)
5.4.2	面向位的数据链路控制协议 HDLC	(86)
第六章	网络层	(93)
§ 6.1	网络层所提供的服务	(93)
6.1.1	虚电路服务	(93)
6.1.2	数据报服务	(96)
6.1.3	虚电路服务和数据报服务的比较	(97)
§ 6.2	路由选择	(98)
6.2.1	理想的路由算法	(99)
6.2.2	最短通路路由选择算法	(100)
6.2.3	路由选择的不同策略	(101)
§ 6.3	拥塞控制	(107)
6.3.1	拥塞产生的原因	(108)
6.3.2	拥塞控制方法	(108)
6.3.3	流量控制	(109)
§ 6.4	X.25 建议书	(113)
6.4.1	X.25 简介	(113)
6.4.2	X.25 分组格式	(116)
6.4.2	X.25 网络与字符方式终端的连接	(119)
第七章	传输层	(122)
§ 7.1	传输层的服务和服务质量	(122)
7.1.1	传输层服务类型	(122)
7.1.2	传输层服务质量	(122)
7.1.3	传输服务原语	(123)
§ 7.2	OSI 传输协议	(124)
7.2.1	传输协议的类型	(124)
7.2.2	传输协议的功能	(125)
§ 7.3	传输控制协议 TCP	(130)
7.3.1	TCP 协议功能特点	(130)
7.3.2	TCP 协议	(130)
7.3.3	TCP 连接管理	(131)
7.3.4	TCP 数据传输	(132)
§ 7.4	用户数据报协议 UDP	(134)
第八章	高层协议	(135)
§ 8.1	会话层	(135)
8.1.1	会话层的功能	(135)

8.1.2	会话服务	(135)
8.1.3	会话服务原语	(137)
8.1.4	会话协议机制	(138)
§ 8.2	表示层	(138)
8.2.1	概述	(138)
8.2.2	ASN.1 介绍	(139)
8.2.3	数据加密	(142)
§ 8.3	应用层	(145)
8.3.1	应用层模型	(145)
8.3.2	公共应用服务元素	(146)
8.2.3	应用层协议	(147)
第九章	局域网	(149)
§ 9.1	局域网概述	(149)
9.1.1	局域网的定义及特征	(149)
9.1.2	局域网拓扑结构	(149)
9.1.3	介质访问控制方法	(151)
§ 9.2	局域网参考模型及 IEEE802 标准	(151)
9.2.1	局域网的参考模型	(151)
9.2.2	IEEE802 标准	(152)
9.2.3	逻辑链路控制子层 LLC	(153)
9.2.4	介质访问控制 MAC 子层	(156)
§ 9.3	总线 LAN 随机访问协议	(157)
9.3.1	ALOHA 介质访问方法	(157)
9.3.2	CSMA 和 CSMA/CD 介质访问方法	(157)
§ 9.4	以太网	(160)
9.4.1	以太网与 IEEE802.3 标准	(160)
9.4.2	以太网的硬件组成	(160)
§ 9.5	环型网介质访问方法	(167)
9.5.1	令牌环	(167)
9.5.2	IBM 令牌环网(Token Ring)	(169)
9.5.3	分槽环介质访问方法	(173)
9.5.4	寄存器插入环介质访问方法	(176)
§ 9.6	令牌总线介质访问方法	(177)
9.6.1	结构和特点	(177)
9.6.2	协议功能	(178)
§ 9.7	LAN 的性能评价	(180)
9.7.1	传输延迟和数据传输率对性能的影响	(180)
9.7.2	吞吐量特性	(184)
9.7.3	令牌环、令牌总线和 CSMA/CD 总线三种协议性能分析比较	(186)
§ 9.8	局域网操作系统——NetWare	(188)
9.8.1	网络操作系统的基本概念	(189)
9.8.2	Novell 网操作系统 NetWare	(189)
9.8.3	Novell 网基本硬件组成	(191)

9.8.4	Novell 网络的软件组成	(192)
9.8.5	Novell 网络的安装和使用	(193)
§ 9.9	局域网操作系统——Windows NT	(196)
9.9.1	概述	(196)
9.9.2	Windows NT 的主要功能和特性	(197)
9.9.3	Windows NT 网络的构成	(198)
9.9.4	Windows NT 的安装	(202)
9.9.5	Windows NT 网络环境	(204)
9.9.6	Windows NT 网络的安全性	(207)
9.9.7	Windows NT 网络的可靠性	(209)
9.9.8	Windows NT Server 的委托和用户组	(209)
9.9.9	Windows NT Server 的目录复制	(211)
9.9.10	Windows NT Server 的远程访问服务	(212)
9.9.11	Windows NT 的 Internet 支持功能	(214)
9.9.12	展望	(214)
§ 9.10	桥	(214)
9.10.1	桥工作原理	(215)
9.10.2	802 桥	(216)
第十章	网络互连	(218)
§ 10.1	概述	(218)
§ 10.2	网络互连要求	(219)
§ 10.3	Internet 的 IP 协议	(219)
10.3.1	IP 协议数据报	(220)
10.3.2	IP 地址	(221)
10.3.3	路由选择	(222)
10.3.4	Internet 控制协议 ICMP	(223)
10.3.5	地址分辨协议 ARP 和反向地址分辨协议 RARP	(224)
10.3.6	分段与组装	(225)
第十一章	Internet	(226)
§ 11.1	Internet 的产生和发展	(226)
§ 11.2	TCP/IP 体系结构模型	(226)
§ 11.3	域名系统	(227)
§ 11.4	Internet 入网连接	(229)
11.4.1	单机接入	(229)
11.4.2	网络接入	(229)
§ 11.5	Internet 服务	(230)
11.5.1	WWW 服务	(230)
11.5.2	远程登录	(233)
11.5.3	文件传输协议 FTP	(234)
11.5.4	Internet 电子邮件	(235)
11.5.5	网络新闻组 Usenet	(238)
11.5.6	其它服务	(239)
§ 11.6	Intranet	(241)

第十二章 计算机网络技术的发展	(245)
§ 12.1 FDDI	(245)
12.1.1 性能和主要技术指标	(245)
12.1.2 层次结构和功能	(245)
12.1.3 FDDI 组建网络	(249)
§ 12.2 ISDN	(250)
12.2.1 定义	(250)
12.2.2 系统结构	(251)
12.2.3 协议参考模型	(253)
12.2.4 交换系统	(255)
12.2.5 ATM 技术	(256)
12.2.6 联网技术	(256)
12.2.7 展望	(258)
习题和思考题	(260)
附录一 英汉计算机网络缩写名词对照表	(263)
参考文献	(268)

第一章 概 论

计算机网络 (Computer - Networks) 涉及到计算机和通信两个领域, 是这两种技术密切结合的产物, 它已成为计算机应用中一个必不可少的方面。对整个社会的进步做出了重大贡献。尤其在当今这个信息化的时代里, 由于今天的世界已成了一个高度流动性的世界, 无疑, 生活在这个世界上的人们对信息的收集、存储、处理和交换以及共享的需求急剧上涨, 同时要求足够的快速和及时, 计算机网络从中扮演了很重要的角色, 为满足这种需求提供了保证。近一、二十年, 以电子技术为基础的通信技术有了迅猛发展, 特别是超大规模集成电路 VLSI (Very Large scale Integration) 技术上的辉煌成就, 使得计算机和通信设备不断更新, 计算机网络的功能不断增强, 并且正在朝着数字化、综合化、智能化的方向发展。20 世纪 90 年代是计算机网络化的时代已是事实, 网络化的计算环境也愈来愈被人们所接受将是 21 世纪发展的必然趋势。所以, 了解和深入研究计算机网络技术已不再只是计算机界学者、专家的事, 而是整个社会关注的热点之一。目前, 一个国家的全国性计算机网络是否建立, 已成为衡量这个国家科学技术发展水平、综合国力以及社会信息化程度的重要标志。

为了深入认识什么是计算机网络, 下面将从计算机网络的“产生与演变”、“定义与应用”、“组成与分类”三方面进行介绍, 然后给出几个具体应用实例。

§ 1.1 计算机网络的产生和演变

1.1.1 历史回顾

计算机网络出现的历史不长, 但发展很快, 经历了一个从简单到复杂、由低级到高级的演变过程。这个过程可分为三个阶段: 面向终端的计算机网络、计算机通信网络和计算机网络。

1. 面向终端的计算机网络

在 1946 年世界上第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) 从美国诞生后的一段时间, 计算机和通信之间并没有什么关系。早期的计算机数量很少、价格昂贵, 是一种稀有的珍贵资源, 因而计算机系统是高度集中的, 所有的设备安装在独立的计算中心里, 使用计算机的用户要不远千里到这个计算中心去上机, 这显然是不方便的。除了浪费时间、精力和大量资金外, 还无法实现信息的及时加工处理和应用。为了解决这个问题, 一种带收发器 (Transceiver) 的终端于 1954 年被研制出来了, 人们使用这种终端首次实现了将穿孔卡片上的数据通过通信线路发送到远方的计算机, 而计算机算出的结果又可以反向送回远程终端 T (Terminal), 这就是计算机与通信结合的开始。

由于当初的计算机是为成批处理信息而设计的, 所以当计算机和远程终端相连时, 必须使计算机具备通信功能。这种“一边通过终端完成信息的输入, 一边由主机完成信息的处理, 最后将处理结果通过通信线路再送回到远地站点的系统”被称为面向终端的计算机网络, 或第一代计算机网络。系统的初级形式即具有通信的单机系统如图 1-1 所示。

这种系统中除了一台中心计算机，其余终端都不具备自主处理的功能，并且有两个明显的缺点。首先是主机负担过重，它既要承担本身的数据处理任务又要承担通信任务，在通信量很大时，主机几乎没有时间处理数据；其次是线路利用率低，特别是在终端远离中心计算机时尤为明显。

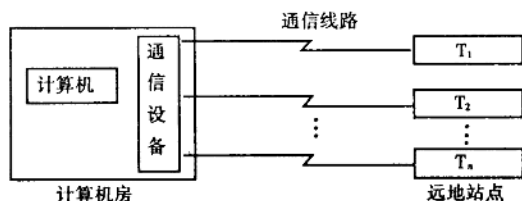


图 1-1 具有通信功能的单机系统

解决的方法是：一方面将数据处理与通信分开，在中心计算机前设置一个前端处理机 FEP (Front End Processor) 来完成通信工作，而让中心计算机集中更多时间专门进行数据处理，这样可显著地提高效率。另一方面，在终端比较集中的区域设置线路集中器 (Concentrator) 或称集中分配器，来完成用户作业信息的存储、装配和终端地址的分配等。它首先通过低速线路将附近的各终端连接起来，再通过高速通信线路与远程中心计算机相连，从而提高了远程线路的利用率，降低了通信费用。典型的结构如图 1-2 所示。

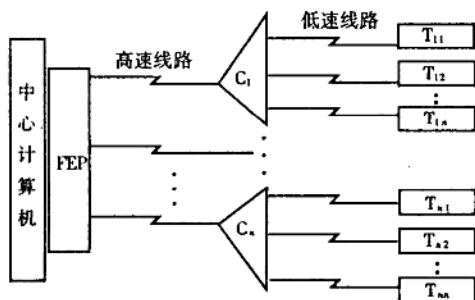


图 1-2 由前端处理机、集中器构成的远程通信联机系统

第一代计算机网络的一个代表是 SABREI，这是 60 年代初期美国航空公司投入使用的由一台中心计算机和全美范围内 2000 多个终端组成的预订飞机票系统。

2. 计算机通信网

上述的联机系统之所以被称为“面向终端的计算机网络”，是因为它实现的是终端——计算机间的通信，而且已具备了计算机网络的雏形。到了 60 年代中期，随着计算机应用的发展和硬件价格的降低，单独部门单位内有分散在不同地区的多个主机系统已属常事，并且由于业务上的联系主机之间需要交换信息。如在工商界、国际航空售票业务、现代化工厂中多条生产流水线的过程控制等，这些分散开的计算机各自完成特定的任务是整体工作中的一部分。它们之间必然要有机地协调、互相通信，并且这种系统中的通信是在“计算机——计算机”之间进行的，这里的每个计算机都是具有自主处理能力的，它们之间不存在“主——从” (Master——Slave) 关系。将这种由多个主机系统连接起来且以传输信息为主要目的的计算机群，称为计算机通信网。它是计算机网络的低级形式，也称为第二代计算机网络。其典型代表为 ARPAnet (详见本章第 4 节)。

3. 计算机网络

计算机通信网发展到 70 年代后期，人们在广泛使用它的过程中逐渐由原来以传输信息为主变为共享网上各计算机系统资源为主，网上用户把整个网络视为一个大的计算机系统，而不必熟悉每个子系统，即不必熟悉所要资源具体地理位置，并且，为便于对所传输信息内容的理解，要对信息的表达形式，传输方法和应答信号等必须在全网制定一套共同遵守的规则即协议 (Protocol)。将这种在协议的控制下，以实现资源 (硬件、软件和数据等) 共享

为主要目的,借助于通信系统连接的多个计算机的集合,称为计算机网络,或称为第三代计算机网络。

除了如上所述的区别外,第二、第三代计算机网络还在如下两个方面有明显不同。

(1) 资源管理:第二代计算机网络中对资源的管理由网络操作系统(Network Operating System)完成。

(2) 体系结构:目前世界已有许多个第二代计算机网络在运行着,但体系结构(网络功能分层及各层中应用协议的集合,详见第二章)却是相异的。如依据 IBM 公司的 SNA(System Network Architecture)和 DEC 公司的 DNA(Digital Network Architecture)所组建的网络,体系结构就相差很大。这给实现异构网互连带来了困难,从而阻碍计算机网络的普及与发展。在第三代计算机网络中这一问题得到了较好的解决,即统一应用 ISO(International Standards Organization)的 OSI(Open System Interconnection Reference Model),详见第二章。

1.1.2 未来趋势

随着第三代计算机网络的诞生和对网络的访问、服务、管理和安全等技术以及标准化工作的逐步完善,计算机网络的应用几乎遍及人类活动的一切领域。各种信息管理系统、办公自动化系统,智能决策系统,情报资料检索系统,生活信息服务系统,电子邮政系统,事务处理系统,交通管理系统,军事指挥系统,专家指挥系统,大型科学计算中心等都是在客观分布情况下,以计算机网络为基础构成的信息网络上完成的。它们涉及政治、经济、军事、文化、科学及日常生活的各个方面,并继续向着“无处不在、无所不能”的方向迅速发展。在美国,目前已铺设了数百万英哩的光缆,网络上的数据传输速率已达到 Gbps(千兆/秒)级,计算机局域网 LAN(Local Area Network)已布满美国大地,成了人们须臾不离的通信工具。

近十年来,人们对计算机网络尤其是 Internet/Intranet 向人类社会提供的机会与挑战作了全面深入的分析和研究,获益匪浅。在一个有亿万台计算机运行的世界里,一个邮件(信息)一般只需 5 秒钟而不是过去的 5 天就能到达目的地。公司产品的设计者与推销员即使远隔重洋也可紧密配合工作。计算机网络已将“语言、图片、视频、音乐、书信、统计数据”等各种形式的信息带进了人类活动的所有领域。可以概括地说,目前计算机网络的发展出现了三种任意性,即:在任意数目的计算机上运行任意数目的程序可能要在任意时刻相互通信。并且正受着三股潮流的协力冲击:

·纷纷地从集中式大型机结构撤离,走向分布式客户机/服务器(Client/Server)的新天地;

·微处理器计算能力和存储容量强劲地增长;

·对多媒体持续增长的兴趣,特别是各种形式的视频应用。

同时,由于未来的通信业务会朝着“高速、宽带、智能、可靠”的方向发展,计算机技术会进一步朝着“功能强、体积小、价格低、易操作”的方向前进,这必然导致计算机网络将进一步朝着“开放、综合、智能”的方向迅速发展。所谓“开放”,一是相对其直接应用环境的开放和对不同应用的适应,二是相对其互连环境的开放,便于与其它网络和计算机的互连。包括:①网络体系结构的标准化;②发展各种网络互连技术如中继技术、自动转换协议的网桥和网关技术、自动协议选择技术等;③创造开放的统一网络应用环境。所谓“综合”,体现了系统中各要素间的更紧密结合,包括:①各种先进信息技术如机器人控制技术、雷达红外检测技术、光盘存储技术、人工智能技术、光纤通信技术等的进一步综合;②各种

计算机如巨、大、中、小、工作站、PC 和便携机、专用和通用机、同种和异种机等的综合；③服务功能如资源共享、通信服务、分布与并行处理等的综合；④通讯系统的综合，如各种介质、通讯方法、子网与主网的有机结合；⑤各种信息媒体的综合，如各种数据、语音、图像等不同信息媒体在计算机网络系统中的综合采集、存储、处理、传输和综合输出应用以及综合业务数字网 ISDN (Integrated Services Digital Network) 与 OSI 的进一步结合等；⑥网络系统结构的一体化，包括各种资源的合理配置与分工、Clnet/Server 模式的发展、各种分布式应用服务与分布式网络操作系统的进一步完善等。所谓“智能”，是 AI (Artificial Intelligence) 技术与网络技术的结合，包括：①网络服务中心引入智能技术直接提高各种网络应用功能，如“智能通信网络”等；②网络通信操作中应用智能技术以提高网络系统的自适应性和可靠性，如智能路由选择、智能网络管理、故障的自动诊断与恢复等；③网络系统结构中如何把传统的与智能的计算机神经网络以及各种智能人机接口、知识库等在网络系统中机器的结合、合理的配置，以及网络上的计算机从系统整体上逐步增加更多的智能而变得更“聪明”些。

网络资源的膨胀，使得传统的共享 LAN 难以招架沉重的 Client/Server 交通。通常采用的“网段微化”措施也不能解决根本问题，以往网络设计中的 20/80 (远程交通/本地交通) 法则已被否定。因此，必须探索和发展新型的网络技术。在过去的几年里，光纤分布数据接口 FDDI (Fiber Distributed Data Interface)、信元交换 (Cell Switching) 技术、异步传输模式 ATM (Asynchronous Transfer Mode) 倍受重视，进而研究以光纤作为传输介质、采用交换的新技术范例来组建 Gigabit 网。同时，各种功能强、高速和智能的交换集线器 ISH (Intelligent Switching Hub) 相继问世，并且它们在基础结构上足以融进更高性能的技术，这些智能 Hub 在 90 年代和未来网络建设中正起到和将会起到非常重要的作用。

可以预言：在未来时代里“网络中心”将会崛起，局域网会让位于分布式工作组，服务器操作和网络操作将变得更加可靠，交换式互联网 (switched Internet) 必将占据未来的网络市场。在这种网络化环境里，社会将变得更加生机勃勃，人民生活将变得更加轻松自如、丰富多彩，计算机网络的未来无限美好！

§ 1.2 计算机网络的定义与应用

1.2.1 计算机网络的定义

自 1970 年以来，对于计算机网络已有了几种不同的定义，这是由于受不同发展时期的限制和侧重点不同所致，但定义中的核心内容是一致的。现将这一定义给出如下：

用通信线路将分散在不同地点的具有独立自主性的计算机系统相互连接，并按网络协议进行数据通信和实现资源共享的计算机集合，称为计算机网络。

“通信线路”可为双绞线、同轴电缆 (粗、细)、光纤、微波、通信卫星、红外线、激光等。“不同地点”给出了各计算机所在地理位置的差异，将它们连接起来就形成了“网”，并且依据所覆盖的范围不同出现了局限性的 (如一楼内、校园内等)、广域性的 (如国家性、国际性) 计算机网络。“独立自主”是说网上的计算机之间无明显的主从关系，即网上任何一台计算机不能强制性启动、停止和控制网中另一台计算机，因此，面向终端的网络不是一个计算机网络。“相互连接”为的是能够实现网上计算机之间交换信息，并且依连接方式的

不同而产生了结构上不同类型的计算机网络。“网络协议”可以简单地说是“通信过程中全网共同遵守的规范准则。”“数据”可以包括文本、图形、声音、图像等。“资源”指的是在有限时间内能为用户提供服务的设备，包括软设备（如各种语言处理程序、服务程序和应用程序等）和硬设备（如大型计算机 CPU 的处理能力、超大容量存储器、高速打印机等）以及数据（数据文件、公共数据库等。）“共享”指的是这些“资源”能被网上所有用户使用，而且用户不必考虑自己在网中位置和资源在网中的位置，这就意味着本地用户要与近程或远程计算机进行文件传送等，即使用本地和远程资源。

1.2.2 计算机网络的应用

1. 网络建设的目的

- 提供资源共享 网上任一用户使用远程的设备、程序和数据就象使用本地的一样。
- 提供信息的快捷交流 这在当今的信息化时代尤为重要，通过计算机网络可使生活在不同地方的人们共同一起完成报告或文件的起草、编辑和修改，进行“面对面”地开会、办公，商谈各种事情，做出各种重大决定等。
- 提供分布处理功能 在网络操作系统的合理调度和管理下，可将一个复杂、庞大的任务分散在不同计算机上来协同工作、并行处理。
- 实现集中控制和管理 将在地理位置分散的多台计算机“团结”起来，以便集中地进行各类信息的处理。
- 提高系统可靠性 对比较重要的软件、数据可同时存储在网上的不同计算机中，万一某台计算机出了故障，或是局部地区的天灾和战争等意外的破坏，造成该资源的不可恢复，则仍可在网上的其它计算机中划到副本，或由其它计算机代替工作。显然此种情况往往性能会降低一些，但整个系统没有瘫痪，这对在某些场合下诸如军事、银行和实时控制等是非常必要的。
- 提高系统的性能价格比 通常大型计算机的性能可能是微型计算机的十倍，但价格也可能要在千倍以上。这样，比如有一百个用户每人拥有一台微型计算机并连接成网，要比分时共享一台大型计算机的资源，即方便又节省费用。

2. 网络应用

计算机网络已经在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、商业、国防和科学研究以及日常生活等各个领域得到了日益广泛的应用，现简单列举其中的几个方面。

·电子邮件 (electronic Mail，简写 E-mail) 的传递 这在网络技术先进的国家内，地区间已是相当普遍、方便和快速，是计算机网络上的一项基本应用。

·远程数据库访问 (Remote Database Access) 比如通过家里或办公室中入网的计算机就可向飞机场和火车站订票，向饭店、影剧院订座等，并立即会得到答复。

·家庭办公 (Home Officing) 或许有一天，办公室、学校都不存在了，商店也被电子邮件订货目录所代替，并且由于高质量的通信设施已使物理位置上的集中变得不重要了，因而城市会变小和分散。

·电子取款 (Electronic Banking) 这在美国、德国、英国等发达国家已相当普遍。储蓄用户可在所开户银行设置的取款机上（在各城镇的商业网点、主要街道等处分布合理）一天 24 小时、一年 365 天进行取款和在自己的不同帐号下转存，输入的密码、帐号、姓名等操作会通过计算机网络被迅速送往总行的中心计算机上，并经过严格、准确核对几秒钟后再回送给相应的取款机。这就给人们带来了诸多好处，如人们在国内甚至是跨国的旅行中很少携

带大量现金，而只要带上相应的取款卡即可，即方便又安全。

§ 1.3 计算机网络的组成与分类

1.3.1 计算机网络的组成

根据定义可以简单地把计算机网络说成是多个计算机经由通信线路互连而组成的网络系统。在这个系统中计算机或称主机 (Host) 是网络资源中的主要部分，是用户间实现相互通信、访问网络和共享网络资源的关键设备。为了将这些主机 (包括终端) 接入网，还常常需要一些辅助设备，如集中器、调制解调器 Modem、多路复用器、通信控制器、分组组装/拆卸设备 PAD 和前端通信处理机等。由于通信距离一般较远，因此在通信线路上可能要经过多个中间节点 (专用计算机) IMP (Interface Message Processor)。图 1-3 是由主机、终端和

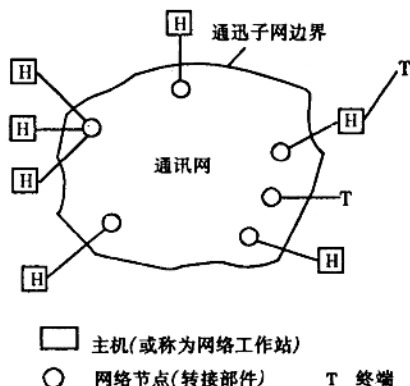


图 1-3 计算机网络组成示意图

IMP 组成的计算机网络示意图。

为了降低组网的复杂程度，减少工作量和方便异种机的互连，并且考虑到要能充分利用通信线路资源，提高网络的完整性和可靠性，简化设计，将“数据处理”与“通信处理”任务分开，由此划分出“资源子网”和“通信子网”两部分。如上图框外部分为“资源子网”，框内部分为“通信子网”，即计算机网络是由这两个子网组成的。这种功能上的明确分工，使二者既有联系，需要配合，又具有各自的独立性，有利于全网效率的发挥。

1. 资源子网的构成、作用

一个计算机网络的资源子网是由入网的所有的主机 (可为巨型计算机、小型和微型计算机以及智能终端等)、外部设备 (如普通终端)、软件 (如本地系统软件、用户应用程序、通信软件和网络软件等) 和数据 (如公共数据库等) 组成，负责全网的面向用户的数据处理与数据管理 (如数据的输入、输出和存储等)，以实现最大限度的全网资源共享。为了达到这一目标，除了对主机在 CPU、存储能力、接入网设备等有一定要求外，对所配软件的种类和功能也是如此。如要有专门的软件来解决异种主机系统之间的机器代码转换、数据结构表示、操作命令与规程等方面的不同以及资源的分配、并发使用和同步等问题。而通信软件则是一个支持主机与各类终端或其它子系统进行通信的程序集，它一方面解决用户的应用程序与远程设备的有效连接，使相应程序能够执行与数据传输有关的全部控制功能，进而使远程

终端能读出和写入数据；另一方面自动地把由应用者写出的高级语句或命令变换成复杂的低级语言机器指令序列，这给应用者描述通信功能时省去了麻烦。再有网络软件是在网络操作中附加的网络控制程序，由它执行网络所需要的动作，又分“专用”和“通用”两种，但越来越具有“开放”式功能。

资源子网中的终端设备，作为人——机对话的工具，其作用也是很重要的。一般由 I/O 部分和控制部分组成。其中 I/O 部分包括外部存储设备、键盘、CRT 显示器和线路控制接口等；而控制部分要解决“通信线路上收发代码的串/并转换、起止和应答确认以及差错的检测/校正、数据缓冲与变换、局部处理”等一些处理。

2. 通信子网的构成、作用和设计

计算机网络中的通信子网（简称子网）是由传输线和转接部件组成。其中，传输线（也叫电路或信道等）承担着传送二进制位流（即比特流）的任务，而转接部件即接口信息处理机 IMP 或称转接节点（Switching Node）是用来连接两条或多条传输线的，对传输线上的比特流进行转接。通信子网在计算机网络中主要有两个作用：提供“用户入网的接口”和实现“数据传送”（包括转接）。

“用户入网接口”自然涉及到硬件接口和软件接口。在硬件上采取什么样的接口电路和如何进行机械连接等。这里对是“模拟信道还是数字信道”、是“采取异步传输还是同步传输”等的不同会有不同措施，如可选用国际标准的 RS-232C、RS-422A 或 X.21，采用直接连接和通过 Modem 等。在软件上要规定出主机软件与节点机软件在传送信息时的交互方式和数据传输格式等，从而进行相应选择如普遍采用国际标准 CCITT 的 X.25 等。

“数据转接”是通信子网的重要功能，是由具有路由功能的转接节点 IMP（简称节点）完成的。当数据从一条输入线到达某个 IMP 后，该 IMP 必须将数据暂存起来然后选取一条合适的处于空闲状态的输出线及时向前发送。这里要涉及到 IMP 上缓冲区的设置、整个子网路径选择算法的选取和差错、流量的控制以及死锁的解决等问题，详见“网络层”一章。

在通信子网中，IMP 之间的连接方式很多，但不外乎两类：

- (1) 点-点信道 (Point to point channels)
- (2) 共享广播信道 (Shared Broadcast channels)

在点-点信道中，每一条传输线连接着一对 IMP，几种可能的拓扑结构（节点间的连接方法和型式）如图 1-4 所示。

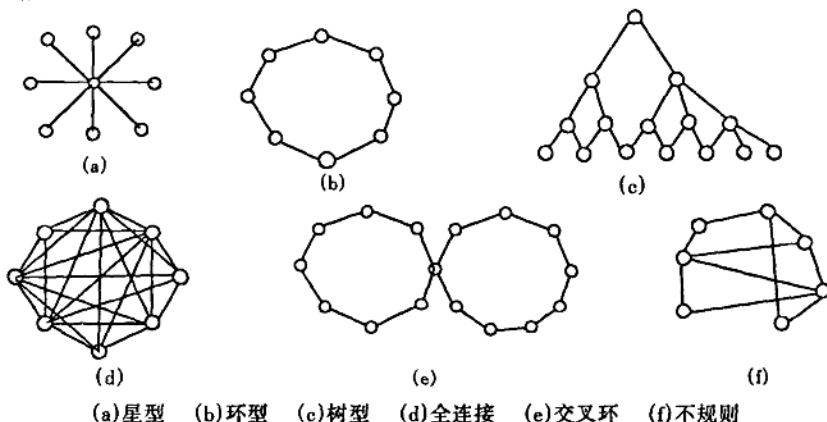


图 1-4 点到点子网的某些拓扑结构

由此可见,如果两台 IMP 不在同一段传输线上而要通信,只能通过其他 IMP 间接地实现,即报文包(子网中又称分组)是从一台 IMP 经过一台或多台中间 IMP 的“存储—转发”向前发送直至到达最终目的地,这类子网属第一类通信子网。例如在图 1-5 中,主机 H_1 要与主机 H_2 通信(假设 H_1 发送信息给 H_2),则 H_1 上的通信用户首先将信息送至 IMP_1 ,然后沿图中粗黑线指出的路径,中间经 IMP_3 和 IMP_4 的转接,最后传送到目标 IMP_2 ,再送入主机 H_2 。具体过程为: IMP_1 将主机 H_1 送来的信息接收并存储起来,在 IMP_1 和 IMP_3 之间的通信线路空闲时,将它转发到 IMP_3 , IMP_3 也是先将信息接收并存储起来,直至 IMP_3 与 IMP_4 的通信线路空闲时,再将它转发到 IMP_4 ……这种存储——转发方式非常类似于邮政信件过程,好处是由于通信线路不为某对通信所独占,因而使通信线路的利用率大大提高。比如说在这个例子中,当主机 H_1 送往 H_2 的信息仍在 IMP_1 和 IMP_3 间的通信线路上传输时, IMP_3 和 IMP_4 间的通信线路就可由 H_3 经 IMP_3 、 IMP_4 和 IMP_5 送往 H_5 的另外信息传输所使用。而一旦从主机 H_1 送往 H_2 的信息已为 IMP_3 接收并存储后, IMP_1 与 IMP_3 之间的通信线路又可为其它(比如 H_1 与 H_3 之间)的信息传输服务。

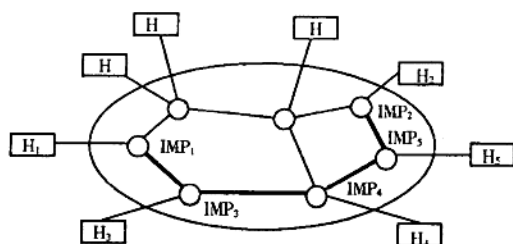


图 1-5 存储转发的计算机网络

在共享广播信道中,所有节点共享传输介质,任何一个节点发送到网上的信息,可为网中所有其它节点发收。因此,每一个节点可以接收来自网中任何一个节点发送的信息。信息从源端节点向终端节点传输过程中,不需要中间节点进行转接,即这种结构中的节点的基本作用作为工作站与子网的接口。图 1-6 给出了这种结构的常见形式,由此构成的子网属于第二类通信子网,即广播式通讯网。

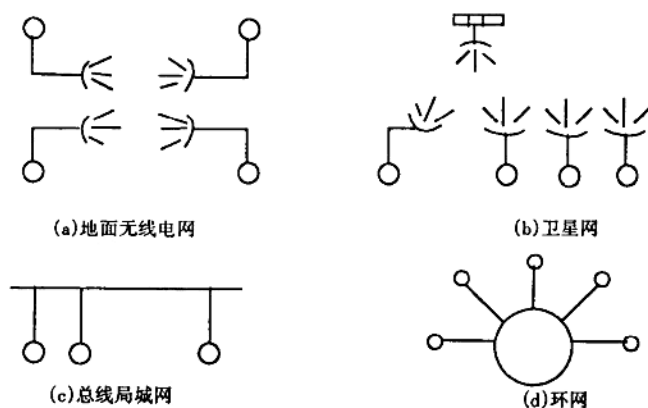


图 1-6 广播式通讯网的拓扑结构