

21 世纪高等学校电子信息类教材

计算机网络

● 邓亚平 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

21 世纪高等学校电子信息类教材

计算机网络

邓亚平 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要内容包括计算机网络体系结构、OSI 与 TCP/IP 参考模型、数据通信基础、局域网、广域网、网络互连、传输控制、Internet 及其应用、宽带 IP 网络、光互连网络、城域网、服务质量控制、网络安全、网络管理等。本书注重内容的先进性、系统性与科学性，力求反映当前网络技术发展的最新成果。在内容安排上以网络应用为出发点，不强调过多的理论，以掌握计算机网络的应用方法和技能为原则。通过对本教材的学习，读者可以系统地掌握计算机网络的基础知识和技能。

本书可作为高等学校计算机、通信工程、信息技术、自动化和其他相近专业本科生教材，也可供从事这方面工作的广大科技工作者阅读和参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络/邓亚平编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.9

(21世纪高等学校电子信息类教材)

ISBN 7-121-01717-2

I. 计… II. 邓… III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 099739 号

责任编辑: 韩同平

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27 字数: 691.2 千字

印 次: 2005 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 32.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

计算机网络是计算机技术与现代通信技术相结合的产物。在人类社会向信息化发展的过程中，计算机网络正以空前的速度发展着。计算机网络的广泛应用与发展，将会无所不在地影响社会的政治、经济、文化、军事和社会生活等各方面。社会的发展需要大量掌握计算机网络技术的专业人才。因此，计算机网络不仅是计算机专业的必修课程，而且也是非计算机专业的一门重要课程，广大从事计算机应用的工程技术人员也应该了解计算机网络的基础知识。

作者根据多年从事计算机网络教学和网络工程实践的经验，并在参阅了大量的文献资料，以及国内外教材的基础上编写了本教材。在编写过程中，力求体现以下特点：

(1) 在内容安排上，适合学生学习特点，循序渐进，深入浅出，注重计算机网络的应用方法和技能的传授。

(2) 注重教材的先进性，力求反映当前网络技术发展的最新成果，例如城域网、光互连网络、服务质量控制、高级数据加密标准等。

(3) 兼顾教材的系统性与科学性，既要考虑知识和技能的科学体系，又要遵循教育规律，注意内容的取舍和与相关课程的衔接，尽量避免内容重复。

(4) 文字力求精炼，语言流畅，并注重向学生传授灵活的学习方法。

(5) 习题与思考题具有思考性和启发性，可培养学生的创新能力。

本书主要内容包括计算机网络体系结构、OSI 与 TCP/IP 参考模型、数据通信基础、局域网、广域网、网络互连、传输控制、Internet 及其应用、宽带 IP 网络、光互连网络、城域网、服务质量控制、网络安全、网络管理等。在内容安排上以网络应用为出发点，不强调过多的理论，以掌握计算机网络的应用方法和技能为原则。通过对本教材的学习，读者可以系统地掌握计算机网络的基础知识和技能。

本书参考学时数为 64~72 学时。选用本书作为教材的任课教师，可根据学生培养目标、专业特点和教学要求进行取舍讲授，灵活掌握。

西南交通大学曾华燊研究员对本书的初稿进行了认真的审阅，并提出了修改意见。殷科、汪航、江朝勇、彭华、杨兵和唐继勇参加了部分录入和插图工作。在此一并表示感谢。

由于作者水平所限，编写时间仓促，本书难免有错误或不当之处，殷切希望广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 计算机网络概述	(1)
1.1 计算机网络的形成和发展	(1)
1.1.1 面向终端的计算机网络	(1)
1.1.2 面向通信的计算机网络	(3)
1.1.3 局域网和协议标准化	(4)
1.1.4 高速和宽带计算机网络	(5)
1.2 计算机网络的定义和功能	(6)
1.2.1 计算机网络的定义	(6)
1.2.2 计算机网络的功能	(6)
1.3 计算机网络的结构与组成	(7)
1.3.1 计算机网络结构的分类	(7)
1.3.2 计算机网络的组成	(9)
1.3.3 计算机网络的拓扑结构	(10)
1.4 计算机网络的体系结构	(12)
1.4.1 网络体系结构	(12)
1.4.2 OSI 参考模型	(13)
1.4.3 TCP/IP 参考模型	(19)
1.4.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型比较	(21)
1.5 网络新技术	(22)
1.5.1 网络的高速化	(22)
1.5.2 网络的综合化	(24)
1.5.3 网络的智能化	(24)
1.5.4 网络的易用性	(26)
1.6 小结	(26)
习题与思考题	(27)
第 2 章 数据通信基础	(28)
2.1 传输媒体	(28)
2.1.1 有线传输媒体	(28)
2.1.2 无线传输媒体	(30)
2.2 数据交换技术	(32)
2.2.1 电路交换	(32)
2.2.2 报文交换	(33)
2.2.3 分组交换	(33)

2.3	模拟传输技术	(35)
2.3.1	信号的调制技术	(35)
2.3.2	调制解调器 (MODEM)	(36)
2.3.3	模拟传输系统	(38)
2.4	多路复用技术	(39)
2.4.1	频分多路复用	(39)
2.4.2	时分多路复用	(40)
2.4.3	波分多路复用 (WDM)	(41)
2.4.4	码分多址复用	(42)
2.5	数字传输技术	(42)
2.5.1	数字数据的编码	(43)
2.5.2	基带数字传输技术	(44)
2.5.3	数字传输系统	(45)
2.5.4	SONET/SDH	(46)
2.6	数据链路控制	(48)
2.6.1	数据链路控制的基础	(48)
2.6.2	ARQ	(50)
2.6.3	HDLC	(55)
2.6.4	PPP	(57)
2.7	小结	(59)
	习题与思考题	(59)
第3章	局域网	(60)
3.1	局域网概述	(60)
3.1.1	局域网的定义和特性	(60)
3.1.2	局域网的分类和结构	(61)
3.2	以太网	(64)
3.2.1	以太网的层次结构	(64)
3.2.2	以太网的帧格式	(65)
3.2.3	以太网的工作原理	(66)
3.2.4	以太网的物理层	(68)
3.3	交换式以太网	(69)
3.3.1	交换式以太网产生的背景	(69)
3.3.2	以太网交换机的工作原理	(69)
3.3.3	以太网交换机的交换方式	(71)
3.3.4	局域网的第三层交换技术	(71)
3.4	高速局域网	(72)
3.4.1	快速以太网	(72)
3.4.2	千兆位以太网	(73)
3.4.3	10千兆位以太网	(74)

3.4.4	FDDI	(74)
3.5	虚拟局域网	(75)
3.5.1	VLAN 概述	(75)
3.5.2	VLAN 的交换方式	(76)
3.5.3	VLAN 的划分	(77)
3.5.4	VLAN 帧的传递	(78)
3.5.5	VLAN 的配置	(79)
3.5.6	VLAN 间的路由与通信	(81)
3.5.7	VLAN 的协议和标准	(83)
3.5.8	VLAN 的功能	(83)
3.6	无线局域网	(86)
3.6.1	无线局域网概述	(86)
3.6.2	无线局域网的组成	(87)
3.6.3	无线局域网的物理层	(88)
3.6.4	无线局域网的 MAC 子层	(88)
3.6.5	无线局域网的层管理	(90)
3.6.6	无线局域网的标准	(90)
3.7	小结	(91)
	习题与思考题	(91)
第 4 章	广域网	(93)
4.1	广域网的基本概念	(93)
4.1.1	广域网的构成	(93)
4.1.2	广域网所提供的服务	(94)
4.2	路由选择	(96)
4.2.1	非适应式路由选择	(97)
4.2.2	自适应式路由选择	(100)
4.3	流量控制和拥塞控制	(105)
4.3.1	概述	(105)
4.3.2	流量控制	(106)
4.3.3	拥塞控制	(112)
4.4	X.25 建议	(115)
4.5	公用分组交换网	(119)
4.6	公用数字数据网	(123)
4.7	帧中继网络	(126)
4.7.1	帧中继的基本原理	(126)
4.7.2	帧中继网的组成及用户接入	(129)
4.7.3	帧中继业务应用	(131)
4.8	ATM 网络	(132)
4.8.1	ATM 网络概述	(133)

4.8.2	ATM 的信元结构	(133)
4.8.3	ATM 网络的分层结构	(135)
4.8.4	ATM 接口	(136)
4.9	小结	(137)
	习题与思考题	(138)
第 5 章	网络互连	(139)
5.1	网络互连的类型与层次	(139)
5.2	Internet 协议 (IP)	(141)
5.2.1	IP 地址及其数据报的格式	(141)
5.2.2	地址解析协议 ARP 和逆地址解析协议 RARP	(146)
5.2.3	Internet 的路由选择协议	(148)
5.2.4	ICMP 协议	(155)
5.3	划分子网和构造超网	(159)
5.3.1	子网的划分	(159)
5.3.2	无分类编址 CIDR	(163)
5.4	IP 多播和因特网组管理协议 (IGMP)	(167)
5.4.1	IP 多播的基本概念	(167)
5.4.2	因特网组管理协议 IGMP	(169)
5.5	IPv6	(171)
5.5.1	概述	(171)
5.5.2	IPv6 的格式	(172)
5.5.3	IPv6 的地址	(174)
5.5.4	IPv6 中的路由	(176)
5.6	虚拟专用网和网络地址转换	(179)
5.6.1	虚拟专用网	(179)
5.6.2	网络地址转换	(181)
5.7	小结	(182)
	习题与思考题	(183)
第 6 章	传输控制	(184)
6.1	传输服务	(184)
6.1.1	服务质量	(184)
6.1.2	传输服务原语	(185)
6.1.3	寻址	(187)
6.1.4	传输连接的建立与释放	(188)
6.2	用户数据报协议 (UDP)	(190)
6.2.1	UDP 的基本概念	(191)
6.2.2	UDP 的操作	(193)
6.3	传输控制协议 (TCP)	(194)
6.3.1	TCP 概述	(194)

6.3.2	TCP 的可靠传输	(197)
6.3.3	TCP 的流量控制	(198)
6.3.4	TCP 的拥塞控制	(201)
6.3.5	TCP 的连接管理	(203)
6.4	小结	(204)
	习题与思考题	(205)
第 7 章	Internet 及其应用	(206)
7.1	Internet 简介	(206)
7.1.1	Internet 的发展	(206)
7.1.2	Internet 的管理	(207)
7.2	域名系统 (DNS)	(208)
7.2.1	特殊的 IP 地址	(208)
7.2.2	域名系统 (DNS)	(209)
7.2.3	域名解析	(211)
7.3	Internet 基本服务及协议	(215)
7.3.1	文件传输协议 (FTP)	(215)
7.3.2	远程登录协议 (Telnet)	(217)
7.3.3	简单邮件传输协议 (SMTP)	(219)
7.4	万维网	(222)
7.4.1	WWW 的功能及特点	(222)
7.4.2	URL	(223)
7.4.3	超文本传输协议 (HTTP)	(224)
7.4.4	HTML	(226)
7.4.5	XML	(230)
7.4.6	WWW 的工作过程	(232)
7.4.7	WWW 上的信息检索	(238)
7.5	小结	(240)
	习题与思考题	(240)
第 8 章	宽带 IP 网络	(241)
8.1	概述	(241)
8.2	IP over ATM	(242)
8.2.1	概述	(242)
8.2.2	集成模型	(244)
8.2.3	数据驱动与控制驱动	(245)
8.2.4	IP 交换	(246)
8.2.5	MPLS	(248)
8.3	IP over SDH/SONET	(253)
8.3.1	概述	(253)
8.3.2	链路层协议 LAPS	(255)

8.4	IP Over Optical	(257)
8.4.1	概述	(257)
8.4.2	网络模型	(258)
8.4.3	服务模型与需求	(260)
8.4.4	光网络之上的 IP 传输	(260)
8.4.5	基于 IP 的光子网控制协议	(263)
8.5	GMPLS	(265)
8.5.1	概述	(265)
8.5.2	GMPLS 的特点	(266)
8.5.3	GMPLS 的路由和编址	(267)
8.5.4	GMPLS 的信令	(267)
8.5.5	链路管理	(268)
8.6	用户接入网	(269)
8.6.1	用户接入网在通信网中的位置	(269)
8.6.2	用户接入网的定义	(269)
8.6.3	拨号接入	(270)
8.6.4	DDN 专线接入	(270)
8.6.5	ISDN 接入技术	(272)
8.6.6	xDSL 接入技术	(274)
8.6.7	光纤同轴混合接入 (HFC)	(275)
8.6.8	光纤接入技术 (FTTx)	(276)
8.6.9	无线接入	(276)
8.7	小结	(277)
	习题与思考题	(278)
第 9 章	光互联网	(279)
9.1	全光网络	(279)
9.1.1	概述	(279)
9.1.2	全光网络的特点	(279)
9.1.3	全光网络的体系结构	(280)
9.1.4	全光网络的关键技术	(281)
9.1.5	全光网络的管理和控制	(287)
9.2	光交换路由技术	(289)
9.2.1	光交换/光路由的作用	(289)
9.2.2	光交换/光路由的技术原理	(291)
9.2.3	光交换/光路由的关键器件技术	(291)
9.2.4	光交换/光路由的发展现状与前景	(297)
9.3	IP over WDM	(299)
9.3.1	概述	(299)
9.3.2	IP over WDM 的帧结构	(299)

9.3.3	IP over WDM 系统组成	(300)
9.3.4	IP over WDM 的特点	(300)
9.3.5	IP over WDM 与 IP over SDH 的比较	(301)
9.4	小结	(303)
	习题与思考题	(303)
第 10 章	城域网	(304)
10.1	概述	(304)
10.1.1	城域网的特点	(305)
10.1.2	城域网的中国特色	(306)
10.2	城域网的解决方案	(307)
10.2.1	交换设备的选择	(307)
10.2.2	城域网的传输网	(309)
10.3	城域网中的 SDH 技术	(316)
10.3.1	纯 IP 城域网中的 POS 技术	(316)
10.3.2	多业务结点 SDH 技术	(316)
10.4	城域网中的 WDM 技术	(318)
10.4.1	城域光骨干网需要解决的问题	(319)
10.4.2	传统波分复用技术的改造	(321)
10.4.3	新型放大器	(321)
10.5	动态分组传输技术 (DPT)	(323)
10.5.1	概述	(323)
10.5.2	DPT 体系结构和特性	(325)
10.5.3	DPT 环上空间重用协议	(327)
10.5.4	IP 业务的实现因素	(329)
10.5.5	DPT 技术的应用	(330)
10.6	光城域网	(331)
10.6.1	概述	(331)
10.6.2	光城域网的结构	(332)
10.6.3	光城域网的主要特点	(332)
10.6.4	光城域网的设备	(333)
10.7	小结	(334)
	习题与思考题	(334)
第 11 章	服务质量控制	(335)
11.1	概述	(335)
11.1.1	分层模型	(335)
11.1.2	服务质量参数定义	(336)
11.2	集成服务和区分服务	(337)
11.2.1	从集成服务到区分服务的发展	(337)
11.2.2	区分服务的体系结构	(340)

11.2.3	区分服务的技术特点	(344)
11.2.4	MPLS 支持的区分服务	(345)
11.3	服务质量策略控制	(346)
11.3.1	策略控制的必要性	(346)
11.3.2	QoS 策略控制系统的实现	(347)
11.3.3	策略服务控制的相关协议	(349)
11.4	分组调度算法	(350)
11.4.1	IP 分组调度机制	(350)
11.4.2	常用的调度算法	(351)
11.5	缓存管理算法	(357)
11.5.1	概述	(357)
11.5.2	缓存管理算法	(359)
11.5.3	缓存管理算法的应用	(364)
11.6	小结	(365)
	习题与思考题	(366)
第 12 章	网络安全	(367)
12.1	网络安全概述	(367)
12.1.1	网络安全的概念	(368)
12.1.2	网络安全面临的主要威胁	(370)
12.1.3	网络系统的安全漏洞	(370)
12.1.4	网络安全策略	(371)
12.2	数据加密技术	(372)
12.2.1	数据加密概述	(372)
12.2.2	秘密密钥密码体制	(374)
12.2.3	公开密钥密码体制	(381)
12.2.4	数字签名	(385)
12.2.5	报文鉴别	(387)
12.3	电子商务的安全	(389)
12.4	IP 层的安全	(390)
12.4.1	IP 层的安全概述	(390)
12.4.2	IP 安全体系结构	(390)
12.4.3	封装安全负载 (ESP) 协议	(392)
12.4.4	鉴别头 (AH) 协议	(393)
12.4.5	Internet 密钥交换 (IKE) 协议	(393)
12.4.6	Internet 安全关联和密钥管理协议 (ISAKMP)	(394)
12.5	防火墙	(394)
12.5.1	防火墙概述	(394)
12.5.2	防火墙的主要技术	(396)
12.6	小结	(397)

习题与思考题	(398)
第 13 章 网络管理	(399)
13.1 网络管理概述	(399)
13.1.1 网络管理方法的演变	(399)
13.1.2 网络管理系统的逻辑结构	(400)
13.2 网络管理的主要功能	(402)
13.3 网络管理信息模型和网络管理	(404)
13.3.1 网络管理信息模型	(404)
13.3.2 被管对象	(405)
13.3.3 Internet 的管理信息库	(408)
13.4 简单网络管理协议 SNMP	(411)
13.4.1 概述	(411)
13.4.2 SNMPv1	(412)
13.4.3 SNMPv2	(414)
13.4.4 SNMPv3	(415)
13.5 小结	(416)
习题与思考题	(417)
参考文献	(418)

第 1 章 计算机网络概述

计算机网络涉及计算机与通信两个领域，是计算机技术和通信技术紧密结合的产物。计算机网络对信息产业的发展有着至关重要的影响，在当今的信息社会，网络技术已日益深入到国民经济各部门和社会生活的各个方面，成为人们日常生活中不可缺少的工具。从某种意义上讲，一个国家计算机网络的规模和水平是衡量其综合国力、科技水平和社会信息化的重要标志。本章从计算机网络的形成和发展开始，对计算机网络进行概念性的介绍，包括其定义、功能、分类和组成，以及网络的体系结构。

1.1 计算机网络的形成和发展

计算机网络源于计算机与通信技术的结合，始于 20 世纪 50 年代。虽然计算机网络发展的历史不长，但发展速度非常快。它经历了一个从简单到复杂的发展过程，从为解决远程计算、信息收集和处理而形成的专用联机系统开始，发展到把多台中心计算机连接起来，组成以资源共享为目的的计算机网络。计算机网络的发展过程经历了以下四个阶段。

1.1.1 面向终端的计算机网络

从世界上第一台计算机（ENIAC）诞生开始，使用计算机来管理信息的需求不断增长。限于早期的技术条件，当时的计算机都非常庞大和昂贵，任何机构都不可能为个人提供使用整个计算机。因此，主机是共享的，它被用来存储和组织数据、集中控制和管理整个系统。所有用户都通过连接系统的终端输入信息，主机为其处理信息，最后将处理结果通过通信线路送回到用户。这种以单个计算机

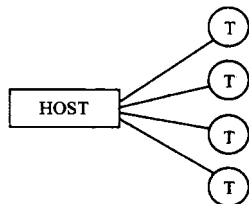


图 1.1 面向终端的计算机网络

为中心的集中式计算机网络称为面向终端的计算机网络，其结构如图 1.1 所示。它的典型特征是：通过主机系统形成大部分的通信流程，构成系统的所有通信协议都是系统专有的，大型主机在系统中起支配作用，所有控制和管理功能都由主机来完成。

1951 年，美国麻省理工学院林肯实验室为美国军方设计了一种称为“SAGE”的半自动化地面防空系统，开始了计算机技术与通信技术相结合的尝试。该系统分为 17 个防区，每个防区的指挥中心装有两台 IBM 公司的 AN/FSQ-7 计算机，通过通信线路连接防区内各雷达观测站、机场、防空导弹和高射炮阵地，形成联机计算机系统。由计算机程序辅助指挥员决策，自动引导飞机和导弹进行拦截。SAGE 系统最先采用了具有人机交互作用的显示器，研制了小型计算机形式的前端处理机，制定了 1600b/s 的数据通信规程，并提供了高可靠性的多种路径选择算法。这个系统最终于 1963 年建成，被认为是计算机技术和通信技术结合的先驱。

计算机通信技术应用于民用系统方面，最早是由美国航空公司与 IBM 公司在 20 世纪 50 年代初开始联合研制的，于 20 世纪 60 年代初投入使用的飞机订票系统（SABRE-1）。这个

系统由一台中央计算机与全美范围内的 2000 个终端组成。这些终端采用多点线路与中央计算机相连。美国通用电气公司的信息服务系统 (GE Information Service) 则是世界上最大的商用处理网络, 其覆盖范围从美国本土延伸到欧洲、澳洲和日本。该系统于 1968 年投入运行, 具有交互式处理和批处理能力。网络配置为分层星形结构: 各终端设备联机到分布于世界 23 个地点的 75 个远程集中器; 远程集中器分别连接到 16 个中央集中器, 各主计算机也连接到中央集中器; 中央集中器通过 50kb/s 线路连接到交换机。由于覆盖范围很大, 可以利用时差达到资源的充分利用。

在面向终端的联机系统中, 已涉及多种通信技术、多种数据传输设备和数据交换设备等, 形成了计算机网络的雏形。但从计算机技术角度来看, 这只是由单用户独占一个系统发展到远距离的分布式多用户系统。当远程终端较多时, 面向终端的网络主要有如下缺点。

(1) 主机系统负担过重, 它既要处理数据, 又要与终端进行通信。当通信量很大时, 主机几乎没有时间处理数据。

(2) 通信线路的利用率低, 尤其是当终端远离主机时, 分散的终端都要单独占用一条通信线路, 费用高。

(3) 这种结构属于集中控制方式, 可靠性低。为了提高通信线路的利用率并减轻主机的负担, 面向终端的计算机网络使用了多点通信线路、前置处理机和集中器技术。

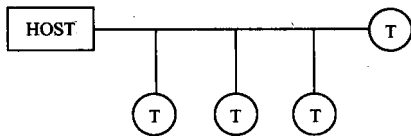


图 1.2 多点通信线路方式

多点通信线路方式就是在一条通信线路上串接多个终端, 如图 1.2 所示。这样, 多个终端可以共享同一条通信线路, 与主机进行通信。由于主机到终端间的通信具有突发性和带宽宽的特点, 所以各个终端与主机间的通信可以分时地使用同一高速通信线路。相对于每个终端与主机之间都设立专用通信线路的

配置方式, 多点通信线路能极大地提高信道的利用率, 节省线路费用。

前端处理机主要负责处理通信任务, 它可以减轻主机处理通信量的负担, 使主机专门用于数据处理, 这样数据处理与通信就由两台机器分工进行。在终端集中的地点设置线路集中器, 先通过低速线路将附近的终端与集中器连接, 再用高速线路通过集中器与主机连接起来。各终端的数据经集中器处理后, 按一定格式通过高速线路送到主机。配置了前端处理器和线路集中器的通信系统如图 1.3 所示。其中, 前端处理器和线路集中器常采用小型机。小型机除了完成通信任务外, 还负责通信处理、信息压缩和代码转换等功能, 因而大大地减轻了主机的负担。同时, 这种系统也提高了线路的利用率, 降低了系统的成本。

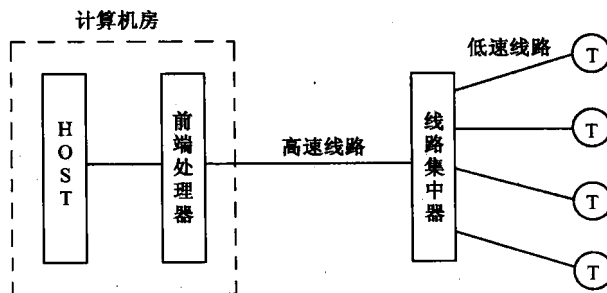


图 1.3 配置前端处理器和线路集中器的通信系统

1.1.2 面向通信的计算机网络

从 20 世纪 60 年代中期到 20 世纪 70 年代中期，随着计算机应用技术的发展，出现了多台计算机互连的需求。这种需求主要来自军事、科学研究、地区与国家经济信息分析决策和大型企业经营管理，即希望将分布在不同地点的计算机通过线路互连成为计算机-计算机网络。网络用户可以通过计算机使用本地计算机的软件、硬件与数据资源，也可以使用联网的其他地方计算机的软件、硬件与数据资源，以达到计算机资源共享的目的。该阶段的计算机网络利用通信线路将多个计算机连接起来，形成了面向通信的计算机网络。

面向通信的计算机网络主要有以下两种形式。

一种形式是通过通信线路将主计算机直接互连起来，主机既承担数据处理任务又承担通信任务。主机直接互连的网络如图 1.4 所示。

另一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）。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，由通信控制处理机组成的传输网络称为通信子网。网上主机负责数据处理，是计算机网络资源的拥有者，通信控制处理机组成了网络的资源子网。具有通信子网的计算机网络如图 1.5 所示。计算机网络的资源子网与通信子网的结构使网络的数据处理与数据通信有了清晰的功能界面。通信子网是网络的内层或骨架层，是网络的重要组成部分；资源子网是网络的外层，资源子网上用户的通信是建立在通信子网的基础上的，两者合起来组成了统一的资源共享的两层网络。通信子网可以是专用的，也可以是公用的。专用通信子网造价很高、线路利用率低，重复组建通信子网投资很大，因此，20 世纪 70 年代中期世界上便出现了由国家邮电部门统一组建和管理的公用通信子网，即公用数据网（PDN）。早期的公用数据网采用模拟的电话通信网，新型的公用数据网采用数字传输技术和报文分组交换方法。典型的公用分组交换数据网有美国的 TELENET，加拿大的 DATAPAC，法国的 TRANSPAC，英国的 PSS，日本的 DDX 等。

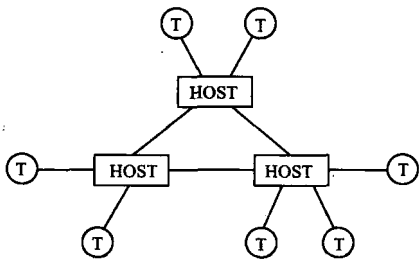


图 1.4 主机直接互连的网络

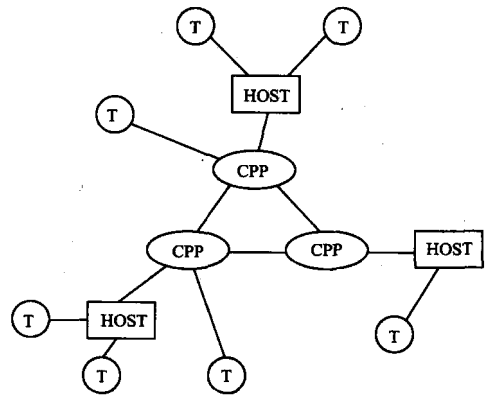


图 1.5 具有通信子网的计算机网络

现代意义上的计算机网络是从 1969 年底美国国防部高级研究计划署（ARPA）建成的 ARPANET 试验网开始的。该网络当时只有 4 个结点，以电话线路作为主干网络；两年后，建成 15 个结点，进入工作阶段。此后，ARPANET 的规模不断扩大，到 20 世纪 70 年代后期，网络结点超过 60 个，主机 100 多台，地域范围跨越了美洲大陆，连通了美国东部和西部的许多大学和研究机构，而且通过通信卫星与夏威夷和欧洲等地区的计算机网络相互连通。

ARPANET 是计算机网络技术发展中的一个重要的里程碑，它对发展计算机网络技术的主要贡献表现在以下几个方面：

- ① 完成了对计算机网络的定义、分类与子课题研究内容的描述；
- ② 提出了资源子网、通信子网的两级网络结构的概念；
- ③ 研究了报文分组交换的数据交换方法；
- ④ 采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。

ARPANET 的研究成果对推动计算机网络发展的意义是深远的。在它的基础上，20 世纪七八十年代计算机网络发展十分迅速，出现了大量的计算机网络，仅美国国防部就资助建立了多个计算机网络。同时还出现了一些研究试验性网络、公共服务网络及校园网，如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所的 OCTOPUS 网、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES 网、国际气象监测网（WWW）、欧洲情报网（EIN）等。

1.1.3 局域网和协议的标准化

20 世纪 70 年代初，计算机组网技术、方法和理论日趋成熟，网络产品与应用发展迅速。各大计算机公司为了促进网络产品的开发，纷纷制定了各自的网络体系结构和网络协议。例如 IBM 公司的系统网络体系结构（SNA, System Network Architecture）、DEC 公司的数字网络体系结构（DNA, Digital Network Architecture）与 UNIVAC 公司的分布式计算机体系结构（DCA, Distributed Computer Architecture）等。这些研究成果为网络理论体系的形成提供了很多重要的经验，很多网络系统经过适当的修改与充实后目前仍在广泛使用。但这些网络标准仅在一个公司范围内有效，能够互连的设备只能是同一公司生产的同构型设备。

20 世纪 70 年代后期，不同公司的网络体系结构与协议标准不统一，大大限制了计算机网络自身的发展和應用。网络体系结构与网络协议走国际标准化道路势在必行。1977 年国际标准化组织（ISO）适应网络标准化发展的形势，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商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地互连，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。作为国际标准，OSI 规定了互连的计算机系统之间的通信协议，遵从 OSI 协议的网络通信产品都是所谓的开放系统。今天，几乎所有网络产品厂商都声称自己的产品是开放系统，不遵从国际标准的产品逐渐失去了市场。这种统一的、标准化的产品的互相竞争给网络技术的发展带来了更大的繁荣。

如果说广域网的作用是扩大了信息社会中资源共享的范围，那么局域网的作用则是进一步增强信息社会中资源共享的深度。局域网是继广域网技术研究之后网络研究与应用的又一热点。20 世纪 80 年代微处理机的出现带来了计算机技术的重大变革，同时也改变了传统的数据通信的面貌。随着个人计算机技术的发展和广泛应用，用户共享数据、软件与硬件系统的愿望日益强烈。这种社会需求导致局域网技术出现了突破性的进展。在局域网技术领域中，采用以太网（Ethernet）、令牌总线（Token Bus）、令牌环（Token Ring）的局域网产品形成三足鼎立之势，并且已经形成了相应的国际标准，采用光纤作为传输介质的光纤分布式数据接口（FDDI, Fiber Distributed Data Interface）产品将在高速与主干网应用方