



电子信息与电气学科规划教材

计算机网络与通信

(第2版)

陈伟 刘会衡 主编

杜谦 王晟 梁小宇 付琴 编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

电子信息与电气学科规划教材

计算机网络与通信

(第2版)

陈 伟 刘会衡 主编

杜 谦 王 晟 梁小宇 付 琴 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书较系统、全面、深入地介绍了计算机网络与通信的基本理论、概念、技术和应用。全书共分12章,内容包括:概述、数据通信技术基础、数据链路控制、多路复用与信道共享技术、局域网、城域网、广域网、网络互连、互联网的应用、无线网络技术、Ad hoc网络技术及下一代网络(NGN)等。本书配有免费电子教学课件。

本书结构清晰、体系合理、内容新颖、文字流畅,叙述深入浅出、通俗易懂。本书将计算机网络的基本知识和核心内容与现代通信的基本理论结合在一起,体现了计算机网络和通信的紧密性和交互性,同时结合当前计算机网络与通信的热点问题进行阐述,充分反映了近年来计算机网络与通信的新理论、新方法、新技术和新应用,可以帮助读者尽快了解和跟踪网络通信领域的最新发展。

本书可作为高等院校理工科电子信息工程、通信工程、电子科学与技术及信息工程等专业本科生和研究生“计算机网络与通信”课程的教材及参考书,也可作为从事计算机通信、信息处理和网络设计等工程技术人员学习和掌握网络与通信技术的培训教材和参考书。

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

计算机网络与通信/陈伟,刘会衡主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2010.1

电子信息与电气学科规划教材

ISBN 978-7-121-10161-8

I. 计… II. ①陈…②刘… III. ①计算机网络—高等学校—教材②计算机网络—计算机通信—高等学校—教材
IV. TP393 TN915

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第243403号

策划编辑:段丹辉

责任编辑:段丹辉

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

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

开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:607千字

印 次:2010年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

计算机网络与通信技术是信息时代重要的科学技术之一,而作为该技术核心内容的“计算机网络与通信”课程一直是高等院校电气与电子信息类专业的主要专业基础课程。该课程内容的特点是内容更新快、跨越专业性强、覆盖面广,既要讲清理论基础和基本原理,又必须结合具体的应用,才能使学习者建立起基本的系统概念和了解该技术的发展与应用的最新动态。

目前,关于计算机网络的教材版本繁多,其中,有些教材经过多年的应用和修改,已成为本领域的经典和优秀教材。而在众多版本的教材中,大部分都是按照传统的网络分层体系结构,即从物理层、链路层、网络层、传输层和应用层等介绍各层的基本原理和实现方法。这类教材对于建立网络分层的基本概念和理解计算机网络的体系结构是非常实用的,也是非常有效的。而作为计算机网络的具体应用,必须涉及数据通信基础理论、通信网络基本原理及电信新技术等方面的综合知识的运用。随着电信新业务的迅猛发展,计算机网络与通信技术也得到了快速的发展,如宽带无线接入技术、无线自组织网络(Ad hoc)技术、下一代网络技术等。因此,要真正理解现代信息网络的构成,必须深入地学习和了解计算机网络的组成与功能以及通信技术的传输和交换的基本知识,本书编写的特点正是将计算机网络与通信技术紧密结合,充分反映现代信息网络的技术融合,这对那些想了解当代信息网络技术的最新研究进展和应用现状的读者来说是非常有帮助的。

本书是在《数据通信与计算机网络》(ISBN 7-5629-2170-9)的基础上改编而成的。考虑到当代计算机网络与通信技术应用的新变化,对上一版教材的部分章节进行了合并和整理,并增加了网络与通信的新内容。本书的主要内容包括:概述、数据通信技术基础、数据链路控制、多路复用与信道共享技术、局域网、城域网、广域网、网络互连、互联网的应用、无线网络技术、Ad hoc 网络技术及下一代网络(NGN)。内容编排上既考虑了传统的计算机网络的分类思想,又突出了新的网络与通信技术的应用,其目的是使读者更系统、全面、深入地了解计算机网络与通信技术的全貌,对理论学习、技术应用和系统研究有更宽阔的视野。本书既可作为普通高等院校电气与电子信息类(含电子信息工程、通信工程、电子科学与技术及信息工程等)相关专业的本科生和研究生教材,也可作为从事其他专业的广大青年、工程技术人员学习和掌握计算机网络与通信技术的参考书。

本书在编撰过程中,参考了国内外大量相关领域的成熟和优秀教材,这些文献和资料均列在书后的参考文献中,对于这些被引用书籍的作者对本书完成所起的重要作用与贡献,我们表示诚挚的感谢和敬意。

本书由陈伟、刘会衡担任主编。第1,4章由陈伟编写,第2,3章由刘会衡编写,第5,11章由王晟编写,第6,12章由付琴编写,第7,8章由梁小宇编写,第9,10章由杜谦编写。

本书配有免费电子教学课件,可提供给教师进行多媒体教学和读者自学时使用,可以登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费下载或发送电子邮件至 duandh@phei.com.cn 索取。

本书在编写过程中,得到了电子工业出版社段丹辉编辑的热情帮助和支持,在此表示感谢。

由于作者水平有限及编写时间仓促,书中难免有不足和错误之处,敬请读者批评指正。作者的电子邮箱: liuhuiheng@sina.com。

作 者

目 录

第1章 概述	(1)
1.1 计算机网络的形成与发展	(1)
1.1.1 面向终端的网络	(1)
1.1.2 面向通信的网络	(2)
1.1.3 面向应用的网络	(3)
1.1.4 计算机网络与通信的现状	(3)
1.2 计算机网络的定义与分类	(4)
1.2.1 计算机网络的定义	(4)
1.2.2 计算机网络的分类	(5)
1.2.3 计算机网络的功能	(8)
1.3 有关网络与通信的概念和术语	(9)
1.3.1 通信系统模型	(9)
1.3.2 模拟通信、数字通信和数据通信	(10)
1.3.3 网络协议与协议体系结构	(11)
1.4 标准与标准化组织	(15)
1.4.1 标准的重要性	(15)
1.4.2 重要的标准化组织	(16)
习题	(16)
第2章 数据通信技术基础	(18)
2.1 引言	(18)
2.2 数据传输技术	(18)
2.2.1 数据传输模式	(18)
2.2.2 信息、数据、信号与数据传输	(20)
2.2.3 信道与接口	(22)
2.2.4 数据传输质量指标	(28)
2.3 数据编码技术	(31)
2.3.1 数字数据的数字信号编码	(31)
2.3.2 数字数据的模拟信号调制	(34)
2.3.3 模拟数据的数字信号编码	(35)
2.3.4 模拟数据的模拟信号调制	(37)
2.3.5 扩频	(38)
2.4 数据交换技术	(40)
2.4.1 电路交换	(40)
2.4.2 分组交换	(41)
2.4.3 帧中继	(45)
2.4.4 ATM 信元交换	(46)
2.4.5 光交换	(48)
习题	(56)

第3章 数据链路控制	(57)
3.1 流量控制	(57)
3.1.1 停止等待流量控制	(58)
3.1.2 滑动窗口流量控制	(59)
3.2 差错检测	(61)
3.2.1 奇偶检验	(62)
3.2.2 循环冗余检验(CRC)	(62)
3.3 差错控制	(66)
3.3.1 停止等待 ARQ	(67)
3.3.2 返回 N 帧 ARQ	(67)
3.3.3 选择拒绝 ARQ	(69)
3.4 高级数据链路控制(HDLC)	(70)
3.4.1 基本特点	(70)
3.4.2 帧结构	(70)
3.4.3 HDLC 操作	(72)
3.5 其他数据链路控制协议	(75)
3.5.1 LAPB	(76)
3.5.2 LAPD	(76)
3.5.3 逻辑链路控制(LLC)	(76)
3.5.4 帧中继	(77)
3.5.5 异步传递方式(ATM)	(77)
习题	(77)
第4章 多路复用与信道共享技术	(79)
4.1 多路复用技术	(79)
4.1.1 频分多路复用(FDM)	(79)
4.1.2 时分多路复用(TDM)	(82)
4.1.3 波分复用(WDM)	(84)
4.1.4 码分复用(CDM)	(85)
4.1.5 空分复用(SDM)	(87)
4.2 信道共享技术	(89)
4.2.1 受控多点接入	(89)
4.2.2 随机接入 ALOHA	(90)
4.2.3 随机接入 CSMA/CD	(93)
4.2.4 令牌传递接入	(96)
习题	(99)
第5章 局域网	(100)
5.1 局域网概述	(100)
5.2 IEEE802 系列标准及局域网的协议结构	(100)
5.2.1 逻辑链路控制(LLC)子层	(102)
5.2.2 媒质访问控制(MAC)子层	(104)
5.3 IEEE802.3 标准——CSMA/CD	(106)
5.3.1 IEEE802.3 局域网概述	(106)

5.3.2	IEEE802.3 局域网的 MAC 子层	(110)
5.3.3	交换式以太网	(112)
5.4	IEEE802.5 与令牌环网	(115)
5.4.1	令牌环工作原理	(115)
5.4.2	环的比特长度	(116)
5.4.3	IEEE802.5 令牌环网	(117)
5.4.4	MAC 帧结构	(117)
5.5	IEEE802.4 标准——令牌总线局域网	(118)
5.5.1	令牌总线局域网的组成	(118)
5.5.2	令牌总线局域网的 MAC 子层	(119)
5.6	高速局域网	(119)
5.6.1	光纤分布式数字接口 (FDDI)	(120)
5.6.2	快速以太网	(121)
5.6.3	IEEE802.12 标准——100VG-AnyLAN	(123)
5.6.4	千兆以太网	(124)
5.6.5	万兆以太网	(125)
5.7	局域网网络操作系统	(128)
5.7.1	网络操作系统概述	(128)
5.7.2	网络操作系统的基本功能	(129)
5.7.3	局域网网络操作系统的结构	(129)
5.7.4	常见的局域网网络操作系统	(130)
	习题	(131)
第 6 章	城域网	(133)
6.1	城域网概述	(133)
6.1.1	城域网的基本概念	(133)
6.1.2	功能结构	(135)
6.1.3	协议参考模型	(137)
6.2	城域网的业务	(139)
6.2.1	城域光网络面临的挑战	(139)
6.2.2	城域光网络的业务种类	(141)
6.3	城域光网络	(142)
6.3.1	城域光网络的定义	(142)
6.3.2	城域光网络的技术特点	(144)
6.4	城域光接入网	(149)
6.4.1	接入网的基本概念	(149)
6.4.2	光接入技术基础	(152)
6.4.3	APON	(155)
6.4.4	WDM-PON	(160)
6.4.5	EPON	(165)
6.4.6	GPON	(173)
6.4.7	下一代 PON	(180)
	习题	(181)

第 7 章	广域网	(182)
7.1	广域网的基本概念	(182)
7.1.1	广域网的构成	(182)
7.1.2	广域网所提供的服务	(183)
7.2	广域网中的路由选择机制	(184)
7.2.1	节点交换机中的路由表	(185)
7.2.2	用图表示广域网	(186)
7.3	路由选择的一般原理	(187)
7.3.1	非自适应路由选择	(188)
7.3.2	自适应路由选择	(191)
7.4	拥塞控制	(194)
7.4.1	拥塞控制的意义	(194)
7.4.2	拥塞控制的一般原理	(195)
	习题	(197)
第 8 章	网络互连	(198)
8.1	网络互连的基本原理	(198)
8.2	互联网的网际协议 (IP)	(199)
8.2.1	IP 地址及其转换	(199)
8.2.2	IP 数据报格式	(205)
8.2.3	IP 层处理数据报的流程	(206)
8.2.4	因特网控制报文协议 (ICMP)	(209)
8.2.5	因特网组管理协议 (IGMP)	(211)
8.3	下一代网际协议 IPv6	(212)
8.3.1	IPv6 概述	(212)
8.3.2	IPv6 数据报格式	(212)
8.3.3	IPv6 地址表示方法及划分	(214)
8.3.4	ICMPv6	(215)
8.4	虚拟专用网 (VPN) 和网络地址转换 (NAT)	(215)
8.4.1	虚拟专用网 (VPN)	(215)
8.4.2	网络地址转换 (NAT)	(217)
8.5	互联网的传输协议	(217)
8.5.1	传输协议概述	(217)
8.5.2	TCP/IP 体系中的传输层	(218)
8.5.3	TCP 协议	(220)
8.5.4	UDP 协议	(226)
	习题	(227)
第 9 章	互联网的应用	(229)
9.1	应用层概述	(229)
9.2	Internet 中的应用层	(229)
9.2.1	域名系统 (DNS)	(229)
9.2.2	Internet 域名结构	(230)
9.3	万维网 (WWW)	(230)
9.3.1	统一资源定位符 (URL)	(231)

9.3.2	超文本传送协议(HTTP)	(232)
9.3.3	超文本标记语言(HTML)	(232)
9.4	文件传送协议(FTP)	(233)
9.4.1	FTP 概述	(233)
9.4.2	FTP 的主要工作原理	(234)
9.4.3	简单文件传送协议(TFTP)	(236)
9.4.4	网络文件系统(NFS)	(236)
9.5	远程登录(TELNET)	(238)
9.6	电子邮件(E-mail)	(238)
9.6.1	简单邮件传送协议(SMTP)	(239)
9.6.2	POP 和 IMAP	(241)
9.6.3	其他协议	(241)
9.7	USENET	(241)
9.7.1	USENET 概述	(241)
9.7.2	USENET 的工作原理	(242)
9.8	应用进程跨越网络的通信	(242)
9.8.1	系统调用和应用编程接口	(243)
9.8.2	服务器的两种工作方式	(244)
9.8.3	进程通过系统调用接口进行通信的过程	(245)
9.9	多媒体通信	(247)
9.9.1	多媒体通信概述	(247)
9.9.2	多媒体通信关键技术	(248)
9.9.3	多媒体通信的实时通信协议	(249)
	习题	(253)
第 10 章	无线网络技术	(254)
10.1	无线局域网	(254)
10.1.1	无线局域网的概述	(254)
10.1.2	无线局域网的拓扑结构及分类	(255)
10.1.3	无线局域网的标准	(257)
10.1.4	无线局域网体系结构	(260)
10.1.5	无线局域网的主要技术	(261)
10.1.6	无线局域网的组网设备	(268)
10.2	无线城域网	(271)
10.2.1	无线城域网标准 IEEE802.16	(271)
10.2.2	IEEE802.16 系统结构	(272)
10.2.3	IEEE802.16 参考模型	(273)
10.3	无线广域网	(273)
10.3.1	IEEE802.20 标准	(273)
10.3.2	IEEE802.20 参考模型	(274)
	习题	(275)
第 11 章	Ad hoc 网络技术	(276)
11.1	Ad hoc 网络技术概述	(276)

11.2	Ad hoc 网络	(277)
11.2.1	Ad hoc 网络的体系结构	(277)
11.2.2	Ad Hoc 网络信道接入协议	(279)
11.2.3	Ad hoc 网络的分簇结构和分簇算法	(282)
11.2.4	Ad Hoc 网络的路由协议	(284)
11.2.5	Ad hoc 的服务质量和安全问题	(287)
11.3	无线传感器网络 (WSN)	(288)
11.3.1	WSN 的体系结构	(289)
11.3.2	WSN 的时间同步和定位技术	(290)
11.3.3	WSN 的数据管理及安全技术	(293)
11.3.4	WSN 的数据融合技术	(294)
11.3.5	WSN 的应用	(295)
11.4	无线 Mesh 网络 (WMN)	(296)
11.4.1	WMN 与 Ad hoc 网络的区别	(296)
11.4.2	WMN 与 WLAN 的区别	(296)
11.4.3	WMN 与 WiMAX 的区别	(297)
11.4.4	无线网格网的网络结构	(297)
11.5	其他传感器网络	(298)
11.5.1	光纤传感器	(298)
11.5.2	光纤光栅传感器网络	(299)
11.5.3	光纤光栅传感器网络的应用	(301)
	习题	(303)
第 12 章	下一代网络 (NGN)	(304)
12.1	NGN 的基本概念	(304)
12.1.1	NGN 产生的背景	(304)
12.1.2	NGN 的定义及功能	(305)
12.1.3	NGN 的主要特点	(306)
12.1.4	NGN 研究的基本概况	(306)
12.2	NGN 的网络结构与协议	(312)
12.2.1	NGN 的总体架构	(312)
12.2.2	NGN 的网络协议	(315)
12.3	NGN 实现的主要技术	(318)
12.3.1	NGN 的主要技术	(318)
12.3.2	基于软交换的 NGN 组网技术	(319)
12.4	NGN 的发展与演进	(322)
12.4.1	NGN 的两种演进策略	(322)
12.4.2	NGN 的服务	(323)
12.4.3	NGN 的研究状况与发展趋势	(323)
	习题	(325)
	参考文献	(326)

第1章 概述

信息社会的基础是计算机网络, 计算机网络使得信息的收集、存储、加工和传播不再是互相分离的几个部分, 而是一个有机的整体。原始信息可以从网络的任何一个终端输入, 经过处理软件的加工, 存储在网络数据库中, 并按需要分发到网络的任何一个地方。人们只要简单地敲击几下键盘或单击鼠标, 便能获得各种所需的信息, 而不管这些信息是存放在本地还是远在千里之外。

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密切结合的产物, 是随社会对信息共享和信息传递的要求而发展起来的, 计算机网络与通信的应用是现代生活不可或缺的重要工具。

1.1 计算机网络的形成与发展

任何事物的发展都要经历一个从简单到复杂、从低级到高级的发展过程。计算机网络是电子计算机及其应用技术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远程联机系统开始的。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连接起来, 并从只是实现计算机之间相互传输数据的通信网络, 到实现以资源共享为目的的计算机网络, 才标志着网络技术达到了成熟的高级阶段。概括地说, 其发展过程可划分为: “面向终端”的数据通信阶段, “面向通信”的分组交换网阶段, 实现“面向应用”的计算机网络阶段, 以及网络标准化及广泛应用与进一步发展阶段。

1.1.1 面向终端的网络

面向终端的通信系统由一台计算机与若干远程终端通过通信线路按点到点方式直接相连, 进行远程数据通信, 如图1.1所示。图中 Host 表示主计算机(以下简称主机), T 表示远程终端。20世纪50年代初期, 美国麻省理工学院(MIT)为美国空军设计的半自动化地面防空系统(SAGE), 就是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主机上进行处理, 这种简单的“终端—通信线路—计算机”通信系统, 被认为是计算机技术和通信技术结合的先驱。

早期的这种计算机通信系统的主机既要管理数据通信, 又要对数据进行加工处理, 负担很重, 而每条通信线路的使用率也很低。为了减轻主机的负担, 提高其利用率, 在主机前设置了一个通信控制处理机(Communication Control Processor, CCP)或称为前端处理机(Front End Processor, FEP)的设备,

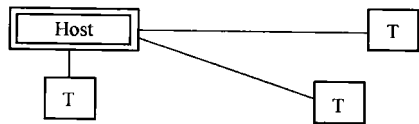


图 1.1 主机直接与远程终端相连的通信系统

专门负责与终端的通信工作, 使主机有更多的时间进行信息的处理。除此以外, 在终端比较集中的地区设置集中器, 通过低速线路连接若干终端, 再用高速线路把集中器和主机的通信控制处理机连接在一起。这里的集中器负责汇总来自多个终端的信息通过高速线路发往主机, 并且接收主机发往终端的信息, 再转送给目的终端, 如图1.2所示。为了完成集中器和通信控制处理机应具有的复杂的通信控制功能, 当时的通信控制处理机和集中器常采用小型计算机或微型计算机来完成通信处理、信息压缩和代码转换等功能。

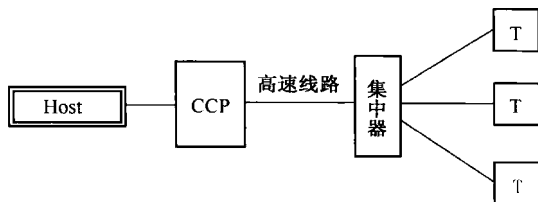


图 1.2 具有 CCP 的面向终端通信系统

因此，这种联机系统已不再是终端与主机之间的直接线路连接关系，而是在它们中间经过了计算机-计算机之间通信的网络连接关系，但它仍然还是“面向终端”的计算机网络。这被人们称为第一代计算机网络。

1.1.2 面向通信的网络

面向终端的计算机网络在其应用与发展的过程中，随着被连入的主机和终端数目的不断增加，网络的覆盖面积不断扩大，结果使通信问题表现得越来越突出和重要。当时的数据通信存在的主要问题是：

(1) 通信资源主要来源于租用现有的电话、电报网的线路，在传输质量和速率等方面不能满足数据通信的要求；

(2) 传统电话网的线路交换和电报网的报文交换方式不能在通信线路的利用率和传输迟延两方面获得很好的折中；

(3) 没有统一的数据通信体制和网络体系结构，各家网络的发展各行其是，而且往往在同一地区搞重复建设，但又互不兼容，网络之间无法互通。

因此，在 20 世纪 60 年代中期面向终端网络蓬勃发展的同时，一场新的通信体制的革命也在悄然进行，最终导致“分组交换网”的出现。

分组交换网是一种完全“面向通信”的网络，如图 1.3 所示。它为计算机网络提供了先进的通信资源，所以它的出现使计算机网络的概念发生了根本的变化：

(1) 用“通信子网”的概念来研究网络结构中的通信支持；

(2) 更加强调通信资源的共享；

(3) 第一次出现了“计算机通信网”术语，从而开辟了专门研究计算机网络通信体系的新技术领域。

进入 20 世纪 70 年代后，世界各国尤其是发达国家对“面向通信”的网络建设，犹如雨后春笋，迅速发展。例如，美国的 TELENET、TYMNET、加拿大的 DATAPAC、法国的 CYCLADES、TRANSPAC 和英国的 NPL、B/SS，等等，相继建成并投入运行。据统计，截止 1987 年底，全世界共有 87 个国家和地区的 214 个公共分组交换网在运行，各国都非常重视这种通信资源的建设与发展。我国于 1988 年建成了第一个公共数据网实验网 CNPAC，1990 年建成了完善的公共数据网 CHINAPAC。而且，目前大多数网络都已实现了国际互连。

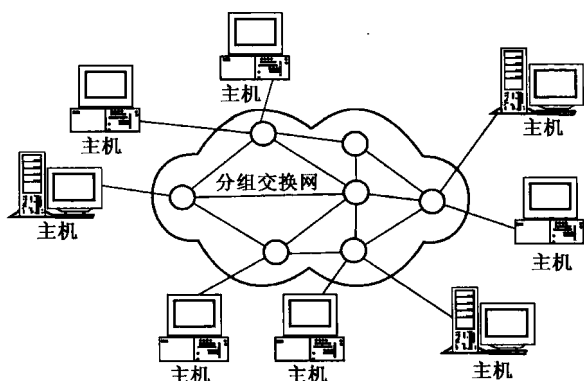


图 1.3 采用分组交换网的计算机网络

这种以通信网络为中心的计算机网络一般被人们称为“第二代计算机网络”，它比第一代面向终端的网络在概念上发生了根本变化，在功能上也扩展了很多。

1.1.3 面向应用的网络

第二代计算机网络的形成，使得用户系统可以彻底从复杂的通信服务中摆脱出来，而集中于对计算机资源的管理和应用系统的开发。也就是说，这种网络的起初目的主要是实现主机系统之间彼此交换数据，以后逐渐地在应用中提出进一步的要求：

(1) 某一系统上的用户希望使用另一系统中的计算机资源；

(2) 某一系统的用户希望利用另一系统来完成或与之共同完成某一项应用，从而形成分布的应用环境和应用系统。

因此，这一阶段的网络发展更加注重于网络“资源共享”方面的自动管理和应用系统的开发，导致了网络操作系统的形成和使用。这时，计算机网络逐渐步入高级形式的成熟阶段。

在这一阶段的另一个重要发展，是对网络结构的规范，即“网络体系结构模型”的提出和采用。在一些主要国家(如美国、法国、加拿大、英国等)的计算机公司，自20世纪70年代中期起纷纷宣布各自的网络的同时，也公布了各自采用的网络体系结构，声称为用户提供设计成套计算机通信产品的统一设计概念，使用户不必为自己研建网络而另搞一套。例如美国IBM公司于1974年率先公布了“系统网络体系结构(SNA)”。接着，1975年美国DEC公司也公布了“分布网络体系结构(DNA)”。1976年美国UNIVAC公司推出了“分布式通信网络体系结构(DCA)”。事实上，最具影响力并持续至今的网络体系要算ARPANET的DoD TCP/IP互联网的体系结构。

世界范围内不断出现一些按照不同概念设计的各种网络，有力地推动了计算机网络技术的深入发展和广泛应用。鉴于这种形势，国际标准化组织ISO和国际电信联盟ITU-T(当时是CCITT)于1977年开始，几乎同时在进行网络体系结构标准化的工作，并于20世纪80年代初开始陆续颁布各个标准或建议文本。所以，从20世纪80年代开始，计算机通信网和计算机网络的发展步入了规范化的进程。

1.1.4 计算机网络与通信的现状

20世纪90年代以来，随着世界全球性的经济增长和科学技术迅速发展，信息已成为一个国家经济和科技发展的重要因素。为此，1993年美国政府宣布了“国家信息基础设施”(National Information Infrastructure, NII)建设计划，NII也被形象地称为“信息高速公路”。1994年美国还提出了建立全球信息基础设施(Global Information Infrastructure, GII)的倡议，旨在实现世界范围内的信息共享，加强国际经济、科技、教育和文化的交流与合作。NII的提出引起了世界各国的普遍关注，并且竞相制订了本国的“信息高速公路”计划，以适应世界经济和信息产业的飞速发展。我国也在现有各类信息系统建设的基础上，于1993年底提出了建设我国国民经济信息的通信网和“三金”工程等计划。所谓“三金”工程是：建设国家公用经济信息通信网，简称金桥工程；实施外贸专用网的联网并建立对外贸易业务有效管理的系统，简称金关工程；建设全民信用卡系统或卡基交换系统，简称金卡工程。

近年来，我国的公用信息通信网的发展为计算机网络提供了可靠的技术支持，例如1993年9月开通的中国公用分组交换数据网(CHINAPAC)、1994年开通的中国公用数字数据网(CHINADDN)、中国公用计算机互联网(CHINANET)及已经建成的中国公用帧中继网(CHINAFRN)等。其中CNINAFRN的建成将成为CHINAPAC、CHINADDN、CHINANET的骨干网，从而起到了高速汇

接的功能,提高了网络通信的能力和水平。中国科学院、教育部和一些政府职能部门也建立了自己的计算机网络,例如中国科技网(CSTNET)、中国教育和科研计算机网(CERNET)、中国金桥信息网(CHINAGBN)等。这些网络的建成为计算机网络的应用和普及起到了巨大的作用。

在众多的大型计算机网络中,因特网(Internet)是现今世界上流行的最大计算机网络。Internet是在前面所提到的 ARPANET 的基础上发展起来的。目前 Internet 连接着 150 多个国家和地区,拥有世界上众多的用户,而且用户正在迅速地增加。特别是多媒体计算机技术的应用,实现了文字、数据、图形、图像、动画、音响的再现和传输,使 Internet 把世界联成一体,形成“信息高速公路”,令人真正感到“天涯咫尺”。基于 Internet 的应用包括电子邮件、远程登录、文件传输、远程医疗、可视会议系统、远程教育等。

今后计算机网络技术将进一步向高速、高可靠和智能化的方向发展。高速计算机网络要求数据的传输速率达到 1000 Mb/s 以上,以满足信息传输日益增长的要求。例如,通过网络传输各种形式的信息(如图像、声音等),以提供网络多媒体服务;在国防、军事、工业控制等要求可靠性高的应用场合,高可靠性的计算机网络为这些应用领域提供了更加先进和可靠的通信和控制手段;智能计算机网络使得现在的网络具有操作和服务上的智能化,使公共通信网和计算机网真正有机地融合在一起,实现网络的智能化。计算机网络的这些发展都是为“信息高速公路”的实现奠定基础的。

1.2 计算机网络的定义与分类

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络可以定义为:一个互连的自主的计算机集合。

互连是指计算机之间有通信信道相连,并且相互之间能够交换信息。通信信道可以是电缆、光纤、微波信道、卫星信道等。

自主是指计算机之间没有主从关系,所有计算机都是平等独立的。因此,以单计算机为中心的联机系统不能算是计算机网络。

1. 自主计算机

自主(Autonomous)计算机由硬件和软件两部分组成,完整地实现计算机的各种功能(如图 1.4 所示)。

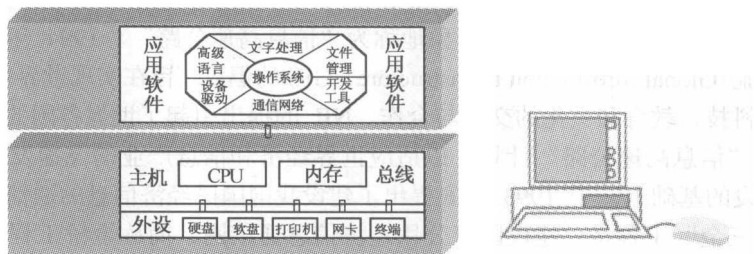


图 1.4 自主计算机

2. 互连

互连(Interconnection)是指计算机之间实现相互通信(如图 1.5 所示)。

3. 集合体

集合体(Collection)是指所有用通信线路及互连设备连接起来的自主计算机的集合(如图 1.6 所示)。

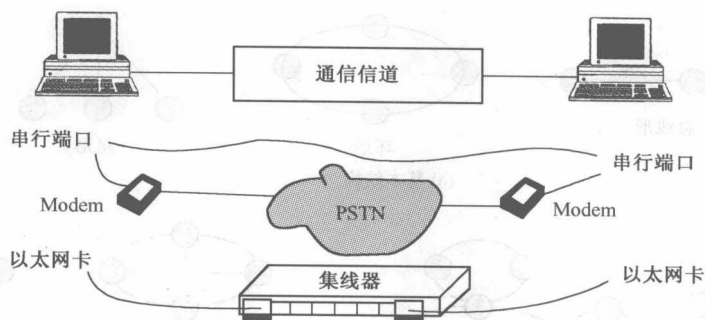


图 1.5 互连

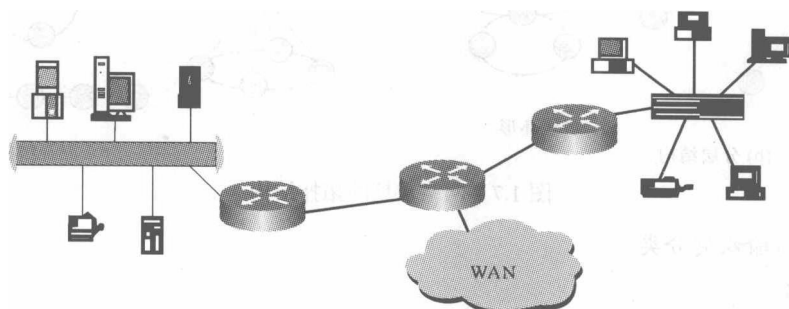


图 1.6 集合体

构成一个网络至少需要两台计算机，因此网络自然是计算机的群体。

1.2.2 计算机网络的分类

事实上，并没有哪一种分类方法可以适用于所有的计算机网络，可以按传输技术将网络分为广播网和点-点网；按规模分为局域网、城域网和广域网；按交换技术分为线路交换网、分组交换网和信元交换网；按带宽分为窄带网和宽带网。此外，还有按网络拓扑结构分，按网络体系结构分，按网络服务性质分，按传输媒质和网络用途来分，等等。

(1) 按网络拓扑结构分类

- 基本结构：基本结构包括总线形、环形和星形三种，如图1.7(a)所示。
- 分层结构：分层结构包括树形和多级环形两种，如图1.7(b)所示。
- 混合结构：如图1.7(c)所示。

(2) 按网络体系结构分类

- TCP/IP。
- ISO/OSI。
- DECnet、IPX、SNA。
- X.25、FR(帧中继)、ATM。

(3) 按网络服务性质分类

- 公用计算机网络：为公众提供商业性和公益性的通信和信息服务的通用计算机网络(如Internet)。
- 专用计算机网络：为政府、企业、行业和社会发展等部门提供具有部门特点的、具有特定应用服务功能的计算机网络(如Intranet)。

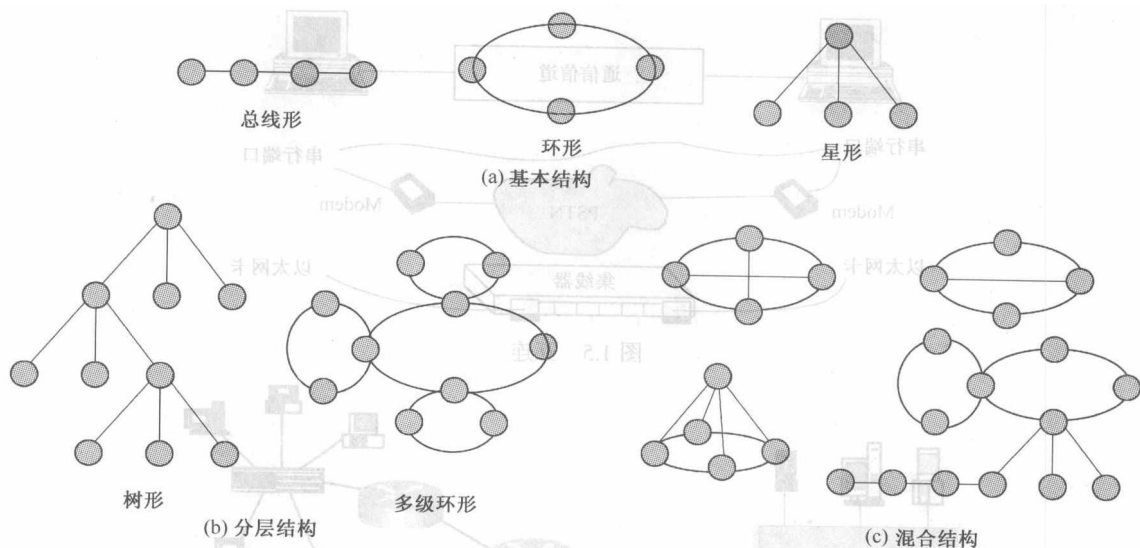


图 1.7 网络常见的拓扑结构

(4) 按网络传输媒质分类

- 有线网络。
- 无线网络。

通常,人们主要从网络传输技术和网络规模两个方面来考虑计算机网络的分类,下面对这两种分类方式进行讨论。

1. 按网络传输技术分类

概括地说,网络传输技术有两类:广播方式和点-点方式;相应地,按传输技术就可将网络分为广播网和点-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 1.8 是一个总线网的示意图,所有计算机连接到同一条电缆(总线)上,发出的消息沿着电缆向两边传输,网络上的所有计算机都能接收到,因而这是一个广播网。

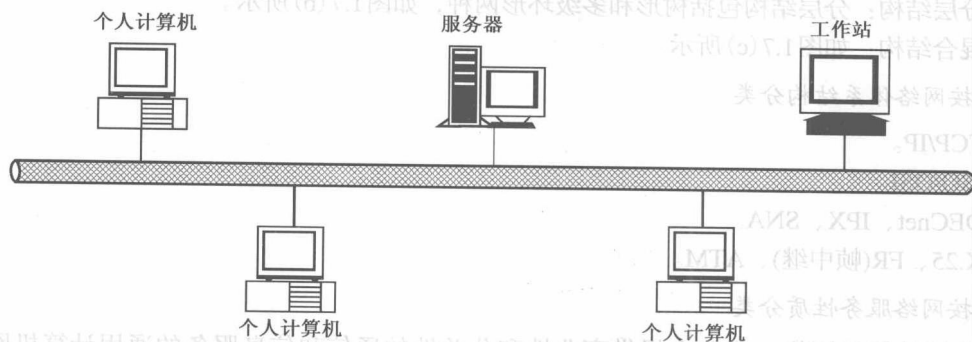


图 1.8 总线网示意图

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

地址有以下三种类型。

- 单点地址：指定某一个特定的计算机接收消息。
- 广播地址：指定网络上所有的计算机接收消息。
- 组播地址：指定网络上某几个计算机接收消息。

(2) 点-点网

在点-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之间。通常，源站点和目的站点之间没有直接的数据通路，源站点发出的消息，必须经过若干中间节点的转发，才能到达目的站点，如图 1.9 所示。由于从源站点到目的站点存在多条路径，因此路径选择是点-点网中必须要解决的重要问题。

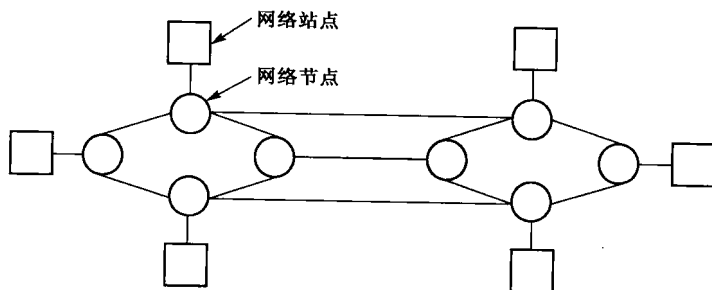


图 1.9 点-点网示意图

2. 按网络规模分类

按网络规模可以将计算机网络分为局域网、城域网和广域网。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：相距十几米至几千米为局域网；相距几十千米为城域网；相距 100 千米以上为广域网。

(1) 局域网

局域网 (Local Area Network, LAN) 是将小区域内的各种通信设备互连在一起的通信网络，这里，通信设备是广义的，包括计算机和各种外围设备。局域网的地理范围一般局限在一个房间、一幢大楼或一个校园，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。

局域网的典型特点是距离短、通信时延小 (几十微秒)、数据速率高 (10~1000 Mb/s) 和误码率低 (10^{-11} ~ 10^{-8})。

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

现在，除了传统局域网以外，又出现了高速局域网和计算机交换分机。

高速局域网 (High Speed Local Network, HSLN) 主要用于主机与主机及主机与高速外围设备之间的连网，工作站与网络之间有高速的物理链路，采用分布式控制方法。美国国家标准协会 (American Network Standards Institute, ANSI) 规定了高速局域网标准，它包含两种数据接口：一种是 50 Mb/s 的总线接口，称为局部分布式数据接口 (Local Distributed Data Interface, LDDI)；另一种是 100 Mb/s 的光纤令牌环接口，称为光纤分布式数据接口 (Fiber Distributed Data Interface, FDDI)。

计算机交换分机 (Computerized Branch Exchange, CBX) 采用线路交换技术，可以同时支持声音和数据通信，不仅能连接计算机，还能连接电话机、传真机等各种办公设备，适用于办公室自动化领域。