

21 世纪计算机专业大专系列教材

李大友 主编

计算机网络

(第二版)

李大友 邱建霞 等编著

COMPUTER

101011001001010100011



清华大学出版社

21 世纪计算机专业大专系列教材

李大友 主编

计 算 机 网 络

(第二版)

李大友 邱建霞 等 编著

清 华 大 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是《计算机网络》的第二版。全书共分8章,内容包括计算机网络基础、数据通信基础、通信网协议、局域网、网络互联与 Internet、网络系统集成、网络管理、网络安全。

本书层次清楚、概念准确,它既包括了基本知识、基本原理,又密切联系实际。每章后面均附习题。

计算机网络已成为计算机专业、通信专业乃至自动化专业计算机应用技术人员必须掌握的重要技术。

本书适合作为计算机专业大专教材使用,也可作为通信专业和自动化专业的本科生教材使用,还可作为相关专业的科技人员使用,建议授课 50~70 学时。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/李大友,邱建霞等编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,2003

(21 世纪计算机专业大专系列教材/李大友主编)

ISBN 7-302-07065-2

I. 计… II. ①李… ②邱… 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(2003)第 071057 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 范素珍

印 刷 者: 北京国马印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 15.25 字数: 349 千字

版 次: 2003 年 9 月第 2 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-07065-2/TP·5188

印 数: 1~6000

定 价: 19.00 元

《21 世纪计算机专业大专系列教材》

编辑委员会名单

主 编 李大友

编 委 (排名不分先后)

刘乐善 (华中理工大学)

刘惠珍 (北京工业大学)

陈 明 (石油大学)

邵学才 (北京工业大学)

蒋本珊 (北京理工大学)

匙彦斌 (天津大学)

葛本修 (北京航空航天大学)

彭 波 (中国农业大学)

徐孝凯 (中央广播电视大学)

策划编辑 范素珍

序

这套教材为 21 世纪高等学校计算机专业大专系列教材。

我们从 1995 年开始组织《计算机专业大专系列教材》。当时根据中国计算机学会教育委员会与全国高等学校计算机教育研究会联合推荐的《计算机学科教学计划 1993》的要求,组织了《计算机组成原理》等 13 本教材,并由清华大学出版社出版。这套教材出版后,受到了高等学校师生的广泛欢迎和好评。

在组织上述教材的时候,主要是按《计算机学科教学计划 1993》的要求进行的。而 1993 教学计划主要是参照美国 IEEE 和 ACM《计算机学科教学计划 1991》并结合我国高等教育当时的实际情况制定的,反映的是 20 世纪 80 年代末计算机学科的发展状况。

计算机学科是一个飞速发展的新兴学科,发展速度之快可谓一日千里。近 10 年来,计算机学科已发展成为一个独立学科,计算机本身向高度集成化、网络化和多媒体化迅速发展。但从另一个方面来看,高等学校的计算机教育一直滞后于计算机学科的发展,特别是教材建设,由于受时间和软硬条件的限制,更是落后于现实需要,而大专层次的教材建设问题尤其严重。为了改变这种状况,高等学校的教育工作者和专家教授们应当仁不让地投入必要的时间和精力来完成这一历史使命。

为组织好这套教材,我们认真地研究了全国高等学校计算机专业教学指导委员会和中国计算机学会教育委员会联合推荐的《计算机学科教学计划 2000》和美国 IEEE 和 ACM 两个学会最新公布的《计算机学科教学计划 2001》。这两个教学计划都是在总结了从《计算机学科教学计划 1991》到现在计算机学科十年来发展的主要成果的基础上诞生的。它们所提供的指导思想和学科所涵盖的内容,不仅适合于大学本科,也适合大学专科的需求,关键在于要对其内容的取舍进行认真的研究。

我国的《计算机学科教学计划 1993》和美国 IEEE 和 ACM 两个学会提出的《计算机学科教学计划 1991》中,根据当时的情况,只提出了 9 个主科目。而在《计算机学科教学计划 2001》中,根据学科的最新发展状况,提出了 14 个主科目,其中 13 个主科目又为核心主科目。这 14 个主科目是:算法与分析(AL)、体系结构(AR)、离散结构(DS)、计算科学(CN)、图形学与可视化计算(GV)、网络计算(NC)、人机交互(HC)、信息管理(IM)、智能系统(IS)、操作系统(OS)、程序设计基础(PF)、程序设计语言(PL)、软件工程(SE)、社会、道德、法律和专业问题(SP),其中除 CN 为非核心主科目外,其他 13 个主科目均为核心主科目。

将美国 IEEE 和 ACM 的教学计划 2001 与 1991 计划进行比较可看出:在 1991 计划中,离散结构只是作为数学基础提出,未被列为主科目;而在 2001 计划中,不但列为主科

目,而且为核心主科目。可见,已将离散结构提升为本学科的基础。

在 1991 计划中,未提及网络计算,而在 2001 计划中,不但提出,而且被列为核心主科目,以适应网络技术飞速发展的需求。

图形学与可视化计算也是为适应发展需求新增的内容,并且列为主科目。

除此之外,2001 计划在下述 5 个方面做了增加或调整:

- 将程序设计语言引论调整为程序设计基础和程序设计语言两个核心主科目,显然,加强了对程序设计的要求。

- 将人-机通信调整为人机交互,反映了人-机通信的实质是人机交互。在图形界面迅速发展的今天,人机交互理论和方法的研究和应用变得十分重要。

- 将人工智能与机器人学调整为智能系统,拓宽了对智能系统的要求。

- 将数据库与信息检索调整为信息管理,因为后者不仅概括了前者,而且反映了数据库与信息检索的实质是信息管理。

- 将数值与符号计算调整为计算科学,更具有概括性。

总之,上述变化不仅更好地反映了计算机学科的发展现状,而且使 2001 教学计划具有更强的科学性和实用性。

由于这套系列教材主要面向的对象是计算机专业三年制大专(高职)学生,其培养目标也应属于高级技术人才的层次。他们既要有一定的理论基础(较本科弱),又要更强调实用性,要有明确的应用方向。我们将应用方向定位在信息管理和计算机网络两个方向。这两个应用方向占计算机应用总计的 90%以上。

在系列教材的内容取舍上,2001 教学计划的 14 门主科目中,我们概括了除智能系统、计算科学和社会、道德、法律和专业问题之外的其他 11 个主科目。在每个主科目中,我们都以其中的基本概念、基本理论和基本方法作为主线组织教材,使学生既能掌握基本的基础理论和方法,又能为他们进一步深造打下必要的基础;在信息管理和计算机网络技术两个应用方向上,他们的应用能力将得到加强。

根据上述指导思想,初步确定组织 20 本左右的教材供各高校选用。这些教材包括:《离散数学》、《计算机应用基础》、《计算机组织与结构》、《微机系统与接口技术》、《计算机网络与通信》、《网络管理技术基础》、《计算机网络系统集成技术》、《数据结构》、《操作系统原理》、《实用软件工程基础》、《数据库原理与应用》、《管理信息系统原理与应用》、《办公自动化实用技术》、《多媒体技术及其应用》、《Internet 技术及其应用》、《计算机维护技术》、《C 语言程序设计》、《Java 语言程序设计》、《C++ 语言程序设计》、《VB 语言程序设计》、《计算机英语》等。

系列教材并不是教学计划,由于各高校情况不同,培养方向的侧重面也不一样,因此教学计划也不会雷同。教材按系列组织,力图能够反映计算机学科大专层次的总体要求,同时采用大拼盘结构,各校可根据自身情况选择使用。例如,语言类教材,我们就准备了多本,各校可选择其中的一本或两本,其他依此类推。

这套教材均由高等学校具有丰富教学实践经验的老师编写。所编教材体系结构严谨、层次清晰、概念准确、理论联系实际、深入浅出、通俗易懂。相信一定能够得到专科院校计算机专业师生的欢迎。

全国高等学校计算机教育研究会副理事长
课程与教材建设委员会主任
李大友

2001.6

前 言

当前,在世界范围内,一个以微电子技术、计算机技术和通信技术为先导的,以信息技术和信息产业为中心的信息革命方兴未艾。信息技术和信息产业的发展,对国民经济的发展、国家经济信息化起着举足轻重的作用,并已成为衡量一个国家发展水平的重要标志。因此,实现国家经济信息化,已成为世界各国所追求的共同目标。

为使我国尽快实现经济信息化,赶上发达国家水平,必须加速发展我国的信息技术和信息产业。而计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物,是当今计算机应用中空前活跃的领域,是 20 世纪乃至 21 世纪信息技术和信息产业发展水平的主要标志之一。

目前计算机网络技术在金融与商业电子化、生产过程控制、企业管理、办公自动化、军事、科研、教育、医疗卫生和信息服务等领域已得到广泛应用。计算机网络技术的发展,尤其是国际互联网络 Internet 的飞速发展,使感觉空间大大缩小,大大改变了人类的生活方式和工作方式。

正因为如此,计算机网络已成为计算机专业、通信专业乃至自动化专业的重要课程,也是计算机应用科技人员必须掌握的主要技术。

本教材是《计算机网络》的第二版,在第一版总章数 6 章上增加了第 7 章、第 8 章,共 8 章。对原来的 6 章也进行了修订。其中第 1 章:计算机网络基础,介绍了计算机网络的产生与发展、计算机网络的组成与结构、计算机网络的体系结构以及 TCP/IP 网络协议。第 2 章:数据通信基础,讨论了数据通信的基本概念及主要技术指标、数据传输介质、数据传输的实现方法、数据同步方式及差错控制和校验码,为学习以后各章打下牢固基础。第 3 章:通信网协议,论述了 OSI 开放系统互连模型的物理层、数据链路层、网络层、运输层及高层的特性、结构和协议。第 4 章:局域网,描述了局域网的技术特点、局域网体系结构、以太网、快速以太网、交换式以太网、令牌环(原令牌)环网结构、组成及工作原理,最后讨论了局域网网络操作系统。第 5 章:网络互联与 Internet,介绍了网络互联与 Internet 的基本概念、发展历史和现状、Internet 的组成、连接方式、网址及网络服务的基本原理。第 6 章:网络系统集成,讨论了网络系统集成的基本概念、网络系统设计的步骤和原则、用户端系统设计、中继系统设计的基本原理和基本方法。最后给出了网络系统设计实例。第 7 章:网络管理,讨论了网络管理的基本概念、网络管理者的职责、网络管理的功能、几种标准的网络管理协议。第 8 章:网络安全,讨论了密码安全层采用的主要安全技术与安全措施。

全书紧密结合当前网络技术的发展,介绍了网络基本概念、基本原理以及当前计算机网络发展的最新技术。

全书层次清楚,概念准确,深入浅出,通俗易懂,既有基本知识、基本原理,又密切联系实际。每章后面均附有习题。

本书第1至第6章由李大友、邱建霞共同编写,第4.5.3节由刘健编写,第7章由范廉明编写,第8章由戴敏编写。全书由李大友统稿和审定。

本书适合作为计算机专业的大专教材,也可作为通信专业和自动控制专业的本科生教材,还可作为相关专业的科技人员自学教材。

李大友
于北京工业大学

目 录

第 1 章 计算机网络基础	1
1.1 计算机网络的产生与发展	1
1.1.1 计算机网络的产生.....	1
1.1.2 计算机网络的发展.....	3
1.2 计算机网络的组成与结构	6
1.2.1 计算机网络的两级子网结构.....	6
1.2.2 计算机网络的拓扑结构.....	7
1.3 计算机网络的体系结构	9
1.3.1 概述.....	9
1.3.2 开放系统互连参考模型	11
1.4 TCP/IP 简介	15
1.5 本章小结.....	17
习题	18
第 2 章 数据通信基础	19
2.1 概述.....	19
2.1.1 基本概念	19
2.1.2 数据通信系统的主要技术指标	20
2.2 数据传输介质.....	21
2.3 数据传输.....	24
2.3.1 数字数据的数据传输	24
2.3.2 调制解调器	27
2.3.3 模拟数据的数据传输	31
2.4 数据同步方式.....	34
2.5 差错控制与校验码.....	35
2.5.1 差错控制	35
2.5.2 校验码	36
2.6 本章小结.....	39
习题	39
第 3 章 通信网协议	40
3.1 物理层.....	40
3.1.1 物理层的作用和特性	40

3.1.2 物理层协议	41
3.2 数据链路层	47
3.2.1 数据链路层的作用	47
3.2.2 链路结构及特性	48
3.2.3 数据链路协议	49
3.3 网络层	56
3.3.1 数据交换	56
3.3.2 网络层的作用	60
3.3.3 网络服务	61
3.3.4 公共数据网中的网络层协议——X.25	63
3.3.5 Internet 中的网络层协议 IP	69
3.4 运输层	73
3.4.1 运输层概述	73
3.4.2 运输层协议 TCP 和 UDP	77
3.5 高层协议	83
3.6 本章小结	85
习题	86

第4章 局域网	87
4.1 局域网的技术特点	87
4.1.1 局域网的拓扑结构	87
4.1.2 网络传输介质	88
4.1.3 介质访问方式	90
4.2 局域网标准	91
4.2.1 局域网的体系结构	91
4.2.2 数据链路控制子层	93
4.3 IEEE 802.3 与以太网	95
4.3.1 IEEE 802.3 的 MAC 子层	95
4.3.2 IEEE 802.3 支持的传输介质及其规范	96
4.3.3 快速以太网	98
4.3.4 交换式以太网和交换式快速以太网	101
4.4 IEEE 802.5 与令牌环网	103
4.4.1 令牌环网的组成	103
4.4.2 令牌环网的构造规则	105
4.4.3 令牌环网的工作原理	105
4.4.4 令牌环网的 MAC 子层	106
4.4.5 令牌环网与以太网的比较	108
4.5 局域网网络操作系统	108

4.5.1	概述	108
4.5.2	NetWare 网络操作系统	112
4.5.3	Windows NT 4.0 Server 网络操作系统	124
4.6	本章小结	138
	习题	138
第 5 章	网络互联与 Internet	140
5.1	概述	140
5.2	网络互联设备	142
5.2.1	中继器	142
5.2.2	网桥	142
5.2.3	路由器	146
5.3	国际互联网 Internet	147
5.3.1	Internet 的发展历史	148
5.3.2	Internet 在我国现状	148
5.3.3	Internet 的组成	152
5.3.4	Internet 的连接方式	153
5.3.5	Internet 地址	156
5.3.6	Internet 网络服务	158
5.4	本章小结	163
	习题	164
第 6 章	网络系统集成	165
6.1	网络系统设计的一般步骤和应遵循的原则	165
6.1.1	网络系统设计的一般步骤	165
6.1.2	网络系统设计应遵循的原则	166
6.2	用户端系统的设计	167
6.2.1	用户端组网技术	167
6.2.2	用户端系统网络操作系统的配置	169
6.2.3	用户端系统涉及的主要网络设备	170
6.3	中继系统设计	171
6.4	网络系统设计实例	173
6.4.1	开发背景	173
6.4.2	系统结构分析	173
6.4.3	网络方案设计	174
6.4.4	计算机系统设计	175
6.4.5	系统软件选择	176
6.4.6	机房环境要求	178

6.4.7 系统评价.....	178
6.5 本章小结	180
第7章 网络管理	181
7.1 网络管理者的职责	181
7.2 网络管理与网络管理系统	183
7.3 网络管理的功能	185
7.3.1 配置管理.....	185
7.3.2 故障管理.....	187
7.3.3 性能管理.....	188
7.3.4 安全管理.....	190
7.3.5 计费管理.....	192
7.4 网络管理协议	192
7.4.1 网络管理协议的发展.....	193
7.4.2 几种标准网络管理协议.....	194
7.4.3 管理信息库.....	196
7.5 简单网络管理协议 SNMP	198
7.5.1 SNMP 的产生	198
7.5.2 基本概念.....	199
7.5.3 协议规范.....	202
7.5.4 SNMP 版本 2(SNMP v2)	204
7.6 本章小结	207
习题.....	208
第8章 网络安全	209
8.1 网络安全受到的威胁	209
8.1.1 被动攻击.....	210
8.1.2 主动攻击.....	211
8.2 网络安全性指标与安全策略	212
8.3 数据加密技术	213
8.3.1 传统的加密方法.....	214
8.3.2 公共密钥算法.....	215
8.3.3 其他加密算法.....	217
8.4 实现通信安全的加密策略	217
8.5 密钥管理	218
8.5.1 密钥管理的重要性与复杂性.....	218
8.5.2 密钥分发.....	219
8.6 数字签名	221

8.6.1	数字签名的用途.....	221
8.6.2	利用公共密钥算法实现数字签名.....	222
8.7	Web 安全性	223
8.7.1	Web 的脆弱性	223
8.7.2	Web 站点安全策略	224
8.8	分组过滤和防火墙	224
8.8.1	分组过滤.....	225
8.8.2	互联网防火墙概念.....	226
8.9	本章小结	227
	习题.....	228

第 1 章 计算机网络基础

计算机网络(computer network)是当今计算机界的热门话题。那么,什么是计算机网络呢?它的最基本特征又是什么呢?通过对计算机网络的产生与发展、计算机网络的硬件组成和计算机网络的体系结构的论述,将初步回答上述问题。

1.1 计算机网络的产生与发展

1.1.1 计算机网络的产生

计算机网络技术是计算机及其应用技术与通信技术密切结合的产物。计算机网络的产生和演变过程经历了从简单到复杂、从单机系统到多机系统的发展过程,其演变过程可概括为 3 个阶段:具有通信功能的单机系统为第一阶段,这一阶段已具备了计算机网络的雏形;具有通信功能的多机系统为第二阶段,这一阶段的计算机网络属于面向终端的计算机通信网;以资源共享为目的的计算机—计算机网络为第三阶段,这一阶段的计算机网络才是今天意义上的计算机网络。

1. 具有通信功能的单机系统

20 世纪 50 年代初期计算机与通信没有任何联系。当时的计算机体积庞大,价格昂贵,由专门的技术人员在专门的环境下进行操作与管理,一般人接触不到。当时,人们需要用计算机时,只能亲自携带程序和数据,到机房交给计算机操作员,等待几小时甚至几十个小时之后,再去机房取回运行结果。如果程序有错,修改后再次重复这一过程。这种方式即所谓的批处理方式。批处理方式需要用户(特别是远程用户)在时间、精力上付出很大的代价。

20 世纪 50 年代后期,随着分时系统的出现,产生了具有通信功能的单机系统(如图 1-1 所示)。其基本思想是在计算机上增加一个通信装置,使主机具备通信功能。将远程用户的输入输出装置通过通信线路与计算机的通信装置相连。这样,用户就可以在远程终端上键入自己的程序和数据,再由主机进行处理,处理结果通过主机的通信装置,经由通信线路返回给用户终端。

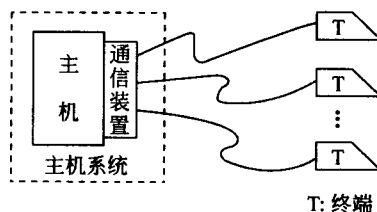


图 1-1 具有通信功能的单机系统

这种系统称为具有通信功能的单机系统,又称为终端-计算机网络,是早期计算机网络的主要形式。在这种系统中,终端设备与计算机之间的连接可以采用多种方式。最初采用专线点一点方式,每个终端都独占一条线路,这种方式的缺点是线路的利用率很低。随着计算机应用的不断发展,要求与主机系统相连的终端越来越多,这个缺点就越发明显,从而发展到利用电话网实现终端与主机系统的连接。

2. 具有通信功能的多机系统

单机系统减轻了远程用户来往路途上的时间,在当时来讲,这是一大创举。但随着应用的进一步发展,新的问题又出现了,主要表现在两个方面:第一,主机的负担加重。主机既要进行数据处理,又要完成通信控制,通信控制任务的加重,势必降低了处理数据的速度,对昂贵的主机资源来讲,显然是一种浪费。第二,线路的利用率比较低,特别是在终端速率比较低时更是如此。

为了克服第一个缺点,出现了前端处理机 FEP(front end processor)。前端处理机分工完成全部的通信控制任务,而让主机专门进行数据处理,这样就使主机从通信控制的额外开销中解脱出来,显著地提高了主机进行数据处理的效率。

为了克服第二个缺点,通常在低速终端较集中的地区设置集中器(concentrator)。低速终端通过低速线路先汇集到集中器,再由较高速通信线路将集中器连接到前端处理机上,如图 1-2 所示。

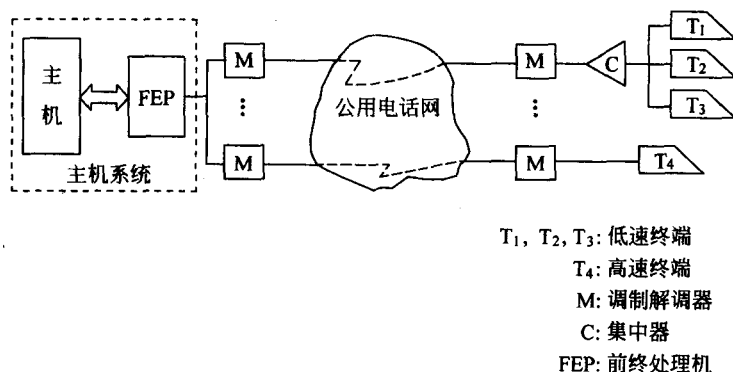


图 1-2 多机互联系统

为了完成前置处理机和集中器应完成的复杂的控制功能,通常,前置处理机和集中器的任务由小型机或微型机来承担。至此,这种联机系统不再是单纯的单机系统,而演变为多机互联系统,或者叫面向终端的计算机通信网。

20 世纪 60 年代初期,这种面向终端的计算机通信网(多机互联系统)得到很大发展,有一些至今仍在发挥作用。比较著名的有美国通用电气公司的信息服务网络(GE information services),它是世界上最大的商用数据处理分时网络,于 1968 年投入运行,拥有 16 个中央集中器、75 个远程集中器,地理范围从美国外延到加拿大、欧洲、澳大利亚和日本。由于地理范围很大,可以利用时差达到资源的充分利用。另一个例子是美国 Tymshare 公司的 TYMNET 商用分时计算机网络,于 1970 年开始提供服务,在美国有 80 个前端处理机分布在各地,共可访问 26 个大型计算机。TYMNET 现已扩展到加拿大和欧洲。

3. 计算机—计算机网络

多机互联系统为计算机应用开拓了新的领域,新的领域又向计算机技术提出了新的要求——计算机系统之间的通信要求。这样的要求在当时主要来自军事、科学研究机构

及一些大型企业,这些部门通常都拥有不止一台主机,散布在区域较广的不同地区,主机系统之间经常需要交换数据,进行各种业务联系。更进一步,一个主机系统的用户希望使用其他主机的硬件、软件及数据资源,或者与别的主机系统的用户共同完成某项任务,即所谓与别人共享资源。在这种形式下,美国国防部高级研究计划局研制的 ARPANET (advanced research projects agency net)的出现成为必然。

ARPANET 是美国国防部高级研究计划局于 1968 年提出的,起初的目的是将若干大学、科研机构、公司的多台计算机互联,以达到资源共享。1969 年建成的 ARPANET 只有 4 个结点,1971 年发展到 15 个结点,到 20 世纪 80 年代已扩展到 100 多个,范围从美国本土扩展到欧洲、日本,目前已成为 Internet 的核心。

ARPANET 是计算机网络发展史上的一个里程碑,标志着以资源共享为目的的现代计算机网络的诞生。它对计算机网络技术的贡献主要表现在以下几个方面:

- 提出并实现了分组交换的数据交换方式;
- 采用了层次化的网络体系结构模型;
- 提出了通信子网和资源子网两级子网的概念,等等。

正是 ARPANET 这些建议及它的实现带动了计算机网络的蓬勃发展,随后出现的计算机网络无一不是遵照它的构想而实现的,比如,加拿大的 DATAPAC、法国的 CYCLADES、英国的 NPL 及我国的 CHINAPAC 等。

计算机—计算机网络可以用图 1-3 进行描述。

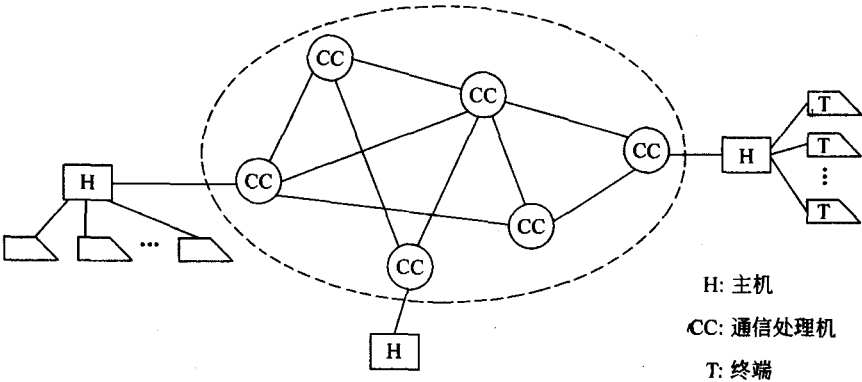


图 1-3 计算机—计算机网络

1.1.2 计算机网络的发展

这里所要讲的计算机网络的发展,系指现代计算机网络的发展。它包括远程计算机网络、局域网络和国际互联网络的发展。

1. 远程计算机网络的发展

所谓远程计算机网络系指利用远程通信线路组建的计算机网络。

远程网络覆盖面大,通常跨越许多地区、整个国家乃至跨洋过海越洲连接。这种网络称为广域计算机网络,简称广域网(wide area network,简称为 WAN)。