

高等学校21世纪教材

GAODENG XUEXIAO 21 SHIJI JIAOCAI

计算机 网络

● 高传善 毛迪林 等编著

COMPUTER
NETWORKS

人民邮电出版社
POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

高等学校 21 世纪教材

计 算 机 网 络

高传善 毛迪林 等编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/高传善, 毛迪林等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.8
高等学校 21 世纪教材
ISBN 7-115-09876-X

I. 计... II. ①高...②毛... 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(2002)第 030368 号

内 容 提 要

计算机网络是基于计算机技术和通信技术而发展的一门学科。本书共分 9 章介绍了计算机网络的相关知识。内容主要包括: 计算机网络概述, 通信子网的基本技术, 共享信道的传统局域网, 基于交换的高速网络, 广域网, 无线通信, 网络软件, 网页制作基础, 网络管理与网络安全。

本书为高等学校非计算机专业本科生教材, 也可供从事计算机网络工作的人员学习参考。

高等学校 21 世纪教材

计算机网络

-
- ◆ 编 著 高传善 毛迪林 等
责任编辑 须春美

 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销

 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24.5
字数: 591 千字 2002 年 8 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09876-X/TP · 2621

定价: 32.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010)67129223

丛书前言

当今世界，科学技术突飞猛进，知识经济已见端倪，国际竞争日趋激烈。教育在综合国力的形成中处于基础地位，国力的强弱将越来越取决于劳动者的素质，取决于各类人才的质量和数量，这对于培养和造就我国 21 世纪的一代新人提出了更加迫切的要求。21 世纪初，我国高等教育呈快速发展的势头。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，是进行教学的基本工具，也是深化教育教学改革、全面推进素质教育、培养创新人才的重要保证。因此，高等教育教材建设必须有一个与之相适应的快速发展。

随着计算机软硬件的不断升级换代，计算机教学内容也随之更新，尤其随着教育部“高等教育面向 21 世纪教育内容与课程体系改革”计划的实施，对教材也提出了新的要求。为此我们聘请了国内高校计算机教学方面知名的专家教授，精心策划编写了这套“高等学校 21 世纪教材”。

为真正实施精品战略，组织编写好这套教材，我们在国内高校做了系统、详细的调查，对教育部制订的教育计划做了认真的研究，还对国内外已出版的教材做了理性的分析，确立了依托国家教育计划、传播先进教学理念、为培养符合社会需要的高素质创新型人才服务的宗旨。

在本套教材的策划过程中，我们多次组织了由专家及高校一线教师参加的研讨会，对现有比较出色的教材的特点及优点进行了分析，博采众长，力求实现教材权威性与实用性的完美结合。

本套教材有如下特点：

1. 考虑到全国普通高等院校学生的知识、能力、素质的特点和实际教学情况，在编写教材时把重点放在基本理论、基础知识、基本技能与方法上。
2. 紧密结合当前技术的新发展，在阐述理论知识的同时侧重实用性。
3. 力求在概念和原理的讲述上严格、准确、精练，理论适中，实例丰富，写作风格上深入浅出，图文并茂，便于学生学习。
4. 为适应当前高校课程种类多、课时数要压缩的教学特点，教材不仅篇幅有很大的压缩，而且均配有电子教案，以满足现代教学新特点的需要，做到易教易学。
5. 所选作者均是国内有丰富教学实践经验的知名专家、教授，所编教材具有较高的权威性。

教育的改革将不会停止，教材也将会不断推陈出新。目前本套教材即将推出，将接受广大教学第一线教师的检验。

由于我们的水平和经验有限，这批教材在编审、出版工作中还存在不少缺点和不足，希望使用本套教材的学校师生和广大读者提出批评和建议，以便改进我们的工作，使教材质量不断提高。

2001/03

编者的话

计算机网络是基于计算机技术和通信技术而发展的一门学科。当今人类社会正在进入信息时代，信息的存储处理离不开计算机，而信息的流通与共享则离不开计算机网络。正是这种信息流通与共享的需求促使计算机网络飞速发展并得到广泛应用。自从“信息高速公路”计划实施以来，计算机的发展已进入网络计算的新时代，也就是说一切计算（信息处理）都是在网络环境中进行的，计算机网络已成为信息社会的重要基础设施。计算机网络的发展和水平直接反映了一个国家计算机技术和通信技术的水平，也是反映其现代化程度和综合国力的标志之一。在以信息化带动工业化和以信息化推进现代化的过程中，计算机网络扮演了越来越重要的角色。为了适应社会对人才的需求，“计算机网络”已不仅是计算机科学与技术专业，而且是许多相关非计算机专业的一门重要课程。本书正是为了适应这个要求而作为教材编写的。本书编写的指导思想是立足于培养 21 世纪人才的需要，遵循优化结构、精选内容、突出重点和提高质量的原则，并且由于主要面向非计算机专业使用，更注重其应用性，而不片面追求其理论的系统性和完整性。

本书共有 9 章。第 1 章是计算机网络的概述；第 2 章介绍通信子网的基本技术，包括物理传输媒体、传输技术、差错控制技术、数据链路常用技术、交换技术和接入技术等；第 3 章和第 4 章分别介绍共享信道的传统局域网和基于交换的高速网络；第 5 章讲的是广域网，以 Internet 为主，也提到了 Intranet 与 Extranet；第 6 章讲的是无线通信；第 7 章主要介绍一些网络软件，包括网络操作系统和多种网络编程语言，如 Java、HTML 和 XML；第 8 章介绍了常用的网页制作技术；第 9 章简述了对应用来说十分重要的网络管理与网络安全的问题。这样的安排是为了尽可能向教学内容现代化的方向努力，并理论联系实际，使得读者可以获得更好的学以致用效果。

作为教材，在每章后面都附有足够的练习题，可供使用本书作为教材的教师和学生选择使用，以增强实际应用能力。附录中列出的参考书以 1997 年以后出版的为主。本书虽然是作为教材编写的，但内容覆盖面较广，要在一个学期的教学中面面俱到讲深学透是不容易的，使用本书时可以按照需要进行挑选和删节。本书也可供从事计算机网络方面研究或应用的科研与工程技术人员自学或作为参考书阅读使用。由于其应用性的特点，亦可用作为培训班的教材。

本书由高传善主持编写，拟定了编写内容和大纲，编写了第 1 和第 2 章，并统阅了全书。毛迪林编写了第 3、第 4 和第 5 章。黄秋波、李旻、张文杰和郑枫分别编写了第 6 至第 9 章。由于我们时间和水平有限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者
2002 年 4 月

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的发展	1
1.1.1 计算机与通信相结合	1
1.1.2 以 ARPA 网为代表的计算机网络	3
1.1.3 开放式标准化的计算机网络	5
1.1.4 网络计算的新时代	7
1.2 层次型的网络体系结构	8
1.2.1 什么是计算机网络	8
1.2.2 开放系统互连基本参考模型	11
1.2.3 TCP/IP 网络的体系结构	15
1.3 计算机网络的组成	17
1.3.1 通信子网与资源子网	17
1.3.2 因特网 (Internet)	18
1.3.3 常用的网络设备	21
1.4 计算机网络的功能和应用	21
1.4.1 网络应用深入到社会生活的各个方面	21
1.4.2 Internet 的主要功能	23
1.4.3 Internet 的工作原理	26
1.5 计算机网络的分类	28
1.5.1 按拓扑构形分类	28
1.5.2 按地理范围分类	29
1.5.3 其他分类	30
习题	30
第 2 章 通信子网的基本技术	32
2.1 物理传输媒体	32
2.1.1 双绞线	32
2.1.2 同轴电缆	33
2.1.3 光纤	34
2.1.4 其他传输媒体	35
2.2 传输技术	39
2.2.1 数据通信中的若干技术参数	39
2.2.2 数字调制技术	43

2.2.3	脉码调制	45
2.2.4	多路复用	47
2.2.5	数字信号的编码技术	49
2.3	差错控制技术	52
2.3.1	差错的检测与校正	52
2.3.2	奇偶校验码	54
2.3.3	海明码	56
2.3.4	循环冗余码	59
2.4	数据链路常用技术	62
2.4.1	比特填充	63
2.4.2	反馈重发	64
2.4.3	滑动窗口	65
2.5	交换技术	71
2.5.1	电路交换	71
2.5.2	分组交换	73
2.5.3	信元交换	73
2.6	接入技术	73
2.6.1	一线通	73
2.6.2	ADSL	74
2.6.3	HFC	74
2.6.4	无线接入	75
习题	.....	75
第 3 章	共享信道的传统局域网	78
3.1	媒体访问控制 (MAC) 子层	79
3.2	ALOHA	80
3.2.1	ALOHA	80
3.2.2	分槽 ALOHA	81
3.3	以太网	83
3.3.1	CSMA/CD	83
3.3.2	以太网帧格式	85
3.3.3	IEEE 802.3 标准	87
3.4	令牌总线网	88
3.4.1	概述	88
3.4.2	令牌总线访问控制	89
3.4.3	IEEE 802.4 标准	91
3.5	令牌环网	92
3.5.1	概述	92
3.5.2	访问控制协议	94

3.5.3	令牌环维护	96
3.5.4	IEEE 802.5 标准	97
3.6	IEEE 802 与 ISO 8802	98
3.6.1	IEEE 802 委员会	98
3.6.2	逻辑链路控制 LLC	99
	习题	100
第 4 章	基于交换的高速网络	102
4.1	100Base-T	102
4.1.1	体系结构	102
4.1.2	100Mbit/s Ethernet	106
4.2	吉比特以太网	110
4.2.1	体系结构	110
4.2.2	吉比特以太网	112
4.2.3	10 吉比特以太网	112
4.3	ATM	112
4.3.1	ATM 概述	113
4.3.2	信元	114
4.3.3	ATM 适配层	116
4.3.4	ATM 的物理层	119
4.3.5	局域网仿真	119
4.4	帧中继	122
4.4.1	概述	122
4.4.2	虚电路	124
4.4.3	帧格式	124
4.4.4	拥塞控制	125
4.4.5	本地管理接口 (Local Management Interface, LMI)	126
	习题	127
第 5 章	广域网	128
5.1	路由选择	128
5.1.1	路由算法的基本特性	128
5.1.2	动态路由算法	131
5.2	拥塞控制	135
5.2.1	拥塞控制概述	135
5.2.2	许可控制	139
5.2.3	通信量控制策略	139
5.2.4	反馈机制	142
5.2.5	负载脱落	143

5.3	网络互连	144
5.3.1	网络互连概述	144
5.3.2	透明网桥	146
5.3.3	局域网交换机	153
5.3.4	虚拟局域网 (VLAN)	154
5.3.5	网际互连协议 (IP)	155
5.3.6	路由信息协议 (RIP)	162
5.3.7	开放最短路由优先协议 (OSPF)	167
5.3.8	边界网关协议 (BGP)	174
5.3.9	路由信息传递	176
5.4	TCP、UDP 与 RTP	178
5.4.1	TCP	179
5.4.2	UDP	187
5.4.3	RTP	187
5.5	Intranet 与 Extranet	191
5.5.1	Intranet	191
5.5.2	Extranet	192
	习题	194
第 6 章	无线通信	196
6.1	蜂窝无线通信	196
6.1.1	寻呼系统	196
6.1.2	无绳电话	197
6.1.3	模拟蜂窝电话	197
6.1.4	数字蜂窝电话	199
6.2	码分多址 (CDMA)	204
6.2.1	多址通信技术简介	204
6.2.2	码分多址原理	205
6.2.3	扩展频谱通信	207
6.2.4	CDMA 的特点	210
6.3	卫星通信	211
6.3.1	卫星通信系统的组成	211
6.3.2	地球同步卫星	212
6.3.3	低轨道卫星通信系统	213
6.3.4	卫星通信网的优缺点	215
6.4	蓝牙技术	216
6.4.1	概述	216
6.4.2	协议栈体系结构	217
6.4.3	蓝牙网络通信过程	218

6.4.4	蓝牙技术的优缺点及展望	220
6.5	无线应用协议 (WAP)	221
6.5.1	概述	221
6.5.2	协议栈结构	224
6.5.3	WML 语言简介	226
6.5.4	WAP 的应用及其展望	228
习题	.....	229
第 7 章	网络软件	231
7.1	网络操作系统	231
7.1.1	网络操作系统简介	231
7.1.2	Windows NT 网络操作系统	234
7.1.3	UNIX 网络操作系统	239
7.1.4	Novell NetWare 网络操作系统	243
7.2	网络编程语言 Java	249
7.2.1	新一代的网络语言 Java	249
7.2.2	面向对象的程序设计方法	253
7.2.3	Java 程序设计	256
7.3	HTTP 与 HTML	260
7.3.1	万维网 (WWW) 的世界	260
7.3.2	超文本传输协议 (HTTP)	263
7.3.3	超文本标记语言 (HTML)	265
7.4	XML	268
7.4.1	XML 语言介绍	268
7.4.2	XML 语言使用	270
7.4.3	XML 语言网上电子应用	271
习题	.....	272
第 8 章	网页制作基础	273
8.1	FrontPage 与 Dreamweaver 的使用	273
8.1.1	FrontPage 与 Dreamweaver 简介	273
8.1.2	FrontPage 与 Dreamweaver 使用基础	275
8.1.3	FrontPage 的使用要点	277
8.1.4	Dreamweaver 的使用要点	285
8.2	Flash 动画制作	299
8.2.1	Flash 简介	299
8.2.2	Flash 中涉及的基本概念	299
8.2.3	Flash 的制作要点	300
8.3	JavaScript 语言	307

8.3.1	JavaScript 语言简介	307
8.3.2	JavaScript 与 Java	308
8.3.3	数据类型和变量	309
8.3.4	表达式与运算符	310
8.3.5	程序的基本构成	311
习题	.....	315
第 9 章	网络管理与网络安全	317
9.1	网络管理功能与软件	317
9.1.1	网络管理的功能	317
9.1.2	网络管理的标准化组织及工作	321
9.1.3	典型的网络管理软件	327
9.2	网络安全基础	329
9.2.1	网络安全基础	329
9.2.2	Windows 系统安全策略	333
9.2.3	UNIX 系统安全策略	341
9.3	数据加密	344
9.3.1	数据加密的历史	344
9.3.2	数据加密算法	348
9.3.3	数据加密常用软件	356
9.4	身份鉴别、数字签名与数字证书	359
9.4.1	身份鉴别	359
9.4.2	数字签名	362
9.4.3	数字证书	365
9.5	防火墙	368
9.5.1	防火墙基础	368
9.5.2	防火墙的实现	370
9.5.3	常见的防火墙产品	373
习题	.....	377
参考文献	.....	378

第 1 章 计算机网络概述

计算机网络是基于计算机技术和通信技术而发展的一门学科。当今人类社会正在进入信息时代，信息的存储处理离不开计算机，而信息的流通则离不开计算机网络。信息和物质及能源一起构成了当今社会的三大资源。但是，信息与其他两类资源不同，其显著的特点是，信息在使用中非但不会损耗，反而通过交流会增值。因而，信息的流通就尤为重要，正是这种需求促使计算机网络飞速发展并得到广泛应用。自从“信息高速公路”计划实施以来，计算机的发展已进入网络计算的新时代，也就是说一切计算（即信息处理）都是在网络环境中进行的，计算机网络已成为信息社会的重要基础设施。计算机网络是计算机技术和通信技术密切结合的产物，其发展和应用水平直接反映了一个国家计算机技术和通信技术的水平，也是反映其现代化程度和综合国力的标志之一。概略地说，计算机网络是通过各种通信手段相互连接起来的计算机组成的复合系统。数据通信是计算机网络中各计算机间信息传输的基础。计算机网络的建立，除了必须具备数据通信功能外，还涉及到网络中计算机间的资源共享、协同工作等信息处理的功能。

本章共分为 5 节。在第 1 节中主要介绍计算机网络的演变与发展；第 2 节则着重论述了计算机网络的层次体系结构，详细介绍了开放系统互连参考模型和因特网参考模型，并进行了比较；第 3 节说明了计算机网络的组成，包括常用的网络设备；第 4 节介绍计算机网络的功能和应用；最后一节则简述了计算机网络的分类。

1.1 计算机网络的发展

计算机的发展经历了三次浪潮（Wave）。在计算机诞生和使用的初期，主要是单机使用的年代，称之为主机（Mainframe）浪潮。在随后的第二次浪潮中先后出现了小型计算机、局部区域网和微型计算机，形成了客户机/服务器（Client/Server, C/S）的浪潮，在这一浪潮中计算机网络也在不断发展。目前，计算机的发展已进入网络计算的第三次浪潮，计算机网络的发展也同步进入了网络计算的新时代。本节中我们将回顾计算机网络发展所经历的几个阶段。通过对计算机网络演变和发展过程的介绍，一方面可以加深对什么是计算机网络本身的了解；另一方面也可以引入一些在计算机网络中常见的名词和术语，这对我们将来的进一步学习是十分有用的。

1.1.1 计算机与通信相结合

计算机网络（Computer Network）出现的历史不长，但发展很快，经历了一个从简单到复杂的演变过程。1946 年，世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生时，计算机和

通信之间并没有什么关系。早期的计算机系统是高度集中的，所有的设备安装单独的大房间中。开始时，一台计算机只能供一个用户使用。后来发展了批处理和分时系统，一台计算机虽然可同时为多个用户服务，但若不和数据通信相结合，分时系统所连接的多个终端都必须紧挨着主计算机，用户都必须到计算中心的终端室去使用，显然仍是不方便的。20 世纪 50 年代中，美国半自动地面环境（Semi-Automatic Ground Environment, SAGE）防空系统开始进行计算机技术和通信技术相结合的尝试，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 IBM 计算机里进行集中的处理和集中控制。接着，许多系统都将地理上分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上。用户可以在自己办公室内的终端上键入程序，通过通信线路送入中心计算机，分时访问和使用其资源来进行处理，处理结果再通过通信线路送回到用户的终端上显示或打印出来。这样就出现了第一代的计算机网络。

第一代计算机网络实际上是以单个计算机为中心的**远程联机系统**。这样的系统中除了一台中心计算机，其余的终端都不具备自主处理的功能。在系统中主要存在的是终端和中心计算机间的通信。虽然历史上也曾称它为计算机网络，但现在为了更明确地与后来出现的多台计算机互连的计算机网络相区分，也称为**面向终端的计算机网络**。20 世纪 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 多个终端组成的飞机票预订系统（Semi-Automatic Business Research Environment, SABRE）就是这种远程联机系统的一个代表。

在远程联机系统中，随着所连远程终端个数的增多，中心计算机要承担的和各终端间通信的任务也必然加重，使得以数据处理为主要任务的中心计算机增加了许多额外的开销，实际工作效率下降。由此出现了数据处理和通信的分工，即在中心计算机前面增设一个**前端处理机 FEP**（Front End Processor，有时也简称为前端机）来完成通信的工作，而让中心计算机专门进行数据处理，这样可显著地提高效率。另一方面，若每台远程终端都用一条专用通信线路与中心计算机连接，则线路的利用率低，且随着终端个数的不断增多，线路费用将达到难以负担的程度。因而，后来通常在终端比较集中的地点设置**终端控制器**（Terminal Controller, TC）。它首先通过低速线路将附近各终端连接起来，再通过高速通信线路与远程中心计算机的前端机相连。它可以利用一些终端的空闲时间来传送其他处于工作状态的终端的数据，提高了远程线路的利用率，降低了通信费用。远程联机系统的典型结构如图 1.1 所示。图中的 M 代表调制解调器（Modem），是利用模拟通信线路远程传输数字信号所必须附加的设备；T 代表终端（Terminal）。前端机和终端控制器也可以采用比较便宜的小型计算机或微型机来实现。这样的远程联机系统已经具备了计算机和计算机间通信的雏形。

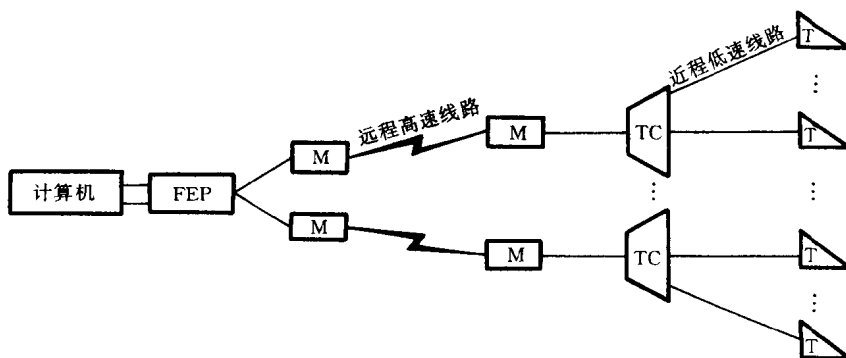


图 1.1 以单个计算机为中心的远程联机系统

1.1.2 以 ARPA 网为代表的计算机网络

第二代计算机网络是多台主计算机通过通信线路互连起来而为用户提供服务，即计算机-计算机网络。这是 20 世纪 60 年代后期开始兴起的。它和以单台计算机为中心的远程联机系统的显著区别在于：这里的多台主计算机都是具有自主处理能力的，它们之间不存在主从关系。这样的多台主计算机互连的网络才是我们目前常称的计算机网络。这种系统中，终端和中心计算机间的通信已发展到计算机和计算机间的通信，用单台中心计算机为所有用户需求服务的模式被大量分散而又互连在一起的多台主计算机共同完成的模式所替代。第二代计算机网络的典型代表是 ARPA 网（ARPANET）。20 世纪 60 年代后期美国国防部高级研究计划局 ARPA（目前称为 DARPA——Defense Advanced Research Projects Agency）提供经费给美国许多大学和公司，以促进多台主计算机互连网络的研究，并最终导致一个实验性的 4 节点网络开始运行并投入使用。ARPA 网后来扩展到连接数百台计算机，从欧洲到夏威夷，地理范围跨越了半个地球。目前我们有关计算机网络的许多知识都与 ARPA 网的研究结果有关。ARPA 网中提出的一些概念和术语至今仍被引用。

ARPA 网中互连的运行用户应用程序的计算机称为主机（Host）。但主机之间并不是通过直接的通信线路，而是通过称为接口报文处理机（Interface Message Processor, IMP）的装置转接后互连的，如图 1.2 所示。当某台主机上的用户要访问网络上远地另一台主机时，主机首先将信息送至本地直接与其相连的 IMP，通过通信线路沿着适当的路径经若干 IMP 中途转接后，最终传送到远地的目标 IMP，并送入与其直接相连的目标主机。例如，图 1.2 中主机 H2 上的某个用户要将信息送往主机 H1，则首先将该信息送至 IMP2，然后沿图中粗黑线指出的路径，中间经 IMP4 和 IMP3 转接，最终传送到目标 IMP1，再送入主机 H1。转接是这样进行的，IMP2 将主机 H2 送来的信息接收并存储起来，在 IMP2 和 IMP4 之间的通信线路有空时，将其传送到 IMP4，IMP4 也是将该信息接收并存储起来，直至 IMP4 和 IMP3 之间的通信线路空闲时，再将它转发到 IMP3……这种方式类似于邮政信件的传送方式，称为存储转发（Store And Forward）。就远程通信而言，目前通信线路仍然是较昂贵的资源。采用存储转发方式的好处在于通信线路不为某对主机通信所独占，因而大大提高了通信线路的有效利用率。比如在图 1.2 的例子中，当从主机 H2 送往 H1 的信息仍在 IMP2 和 IMP4 间的通信线路上传输时，IMP3 和 IMP4 间的通信线路就可被由 H3 经 IMP3、IMP4 和 IMP5 送往 H5 的

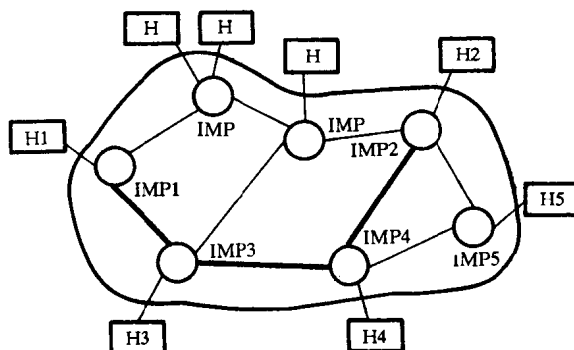


图 1.2 存储转发的计算机网络

另外的信息传输所使用。而一旦从主机 H2 送往 H1 的信息已为 IMP4 接收并存储后, IMP2 和 IMP4 之间的通信线路又可为其他的, 比如说 H4 和 H2 之间的信息传输服务。

图 1.2 中 IMP 和它们之间互连的通信线路一起负责完成主机之间的数据通信任务, 构成了**通信子网 (Communication Subnet)**。通过通信子网互连的主机负责运行用户应用程序, 向网络用户提供可供共享的软硬件资源, 它们组成了**资源子网**。ARPA 网采用的就是这种两级子网的结构。ARPA 网中存储转发的信息基本单位叫作**分组 (Packet)**。以存储转发方式传输分组的通信子网则又被称作为**分组交换网 (Packet Switching Network)**。IMP 是 ARPA 网中使用的术语, 在其他网络或文献中也称为**分组交换节点 (Packet Switch Node)**。IMP 或分组交换节点通常也是由小型计算机或微型机来实现的, 为了和资源子网中的主机相区别, 也被称作为**节点机, 或简称节点**。

两台计算机通信时对传送信息内容的理解、信息表示形式以及各种情况下的应答信号都必须遵循一个共同的约定, 这些约定称为**协议 (Protocol)**。在 ARPA 网中将协议按功能分成了若干层次。如何分层以及各层中具体采用的协议的总和, 称为网络的**体系结构 (Architecture)**。体系结构是个抽象的概念, 其具体实现是通过特定的硬件和软件来完成的。

比较图 1.1 和图 1.2 可见, 作为第一代计算机网络的远程联机系统和第二代计算机网络的**区别之一**是, 前者以被各终端共享的单台计算机为中心, 而后者以通信子网为中心, 用户共享的资源子网则在通信子网的外围。

以 ARPA 网以及英国国家物理实验室 NPL 的分组交换网为先驱, 20 世纪 70 年代和 80 年代中第二代计算机网络得到了迅猛的发展。其中有些是主要研究试验性的网络, 如 IBM 沃森研究中心、卡内基-梅隆大学和普林斯顿大学合作开发的 TSS 网以及加利福尼亚大学欧文分校研制的 DCS 网等; 有些是个别用户为特定目的(如资源共享)而自行研制和使用的网络, 如加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所建立的 DCTOPUS 以及法国信息与自动化研究所负责发展的 CYCLADES 网等; 有些是由用户联营为一定范围内应用而建立的网络, 如国际气象监测网 (World Weather Watch Network, WWWN) 和欧洲情报网 (European Information Network, EIN) 等; 有些是公用分组交换数据网, 如美国的 TELNET、加拿大的 DATAPAC 和欧共体的 EURONET; 有些是商用的提供增值通信服务的网络, 如美国 Tymshare 公司的 TYMNET 和通用电气公司的 GE 信息服务网等。在这段时期内, 各大计算机公司都陆续推出自己的网络体系结构, 以及实现这些网络体系结构的软硬件产品。用户购买某计算机公司提供的网络产品, 自己提供或租用通信线路, 就可自己组建计算机网络。IBM 公司的 SNA (System Network Architecture) 和原有 DEC 公司的 DNA (Digital Network Architecture) 就是两个最著名的网络体系结构的例子。凡是按 SNA 组建的网络都可称为 SNA 网, 而凡是按 DNA 组建的网络都可称为 DNA 网或 DECNET。

当前世界上仍有一些第二代计算机网络在运行和提供服务。但是, 第二代计算机网络仍有不少弊病, 适应不了信息社会日益发展的需要。其中最主要的缺点是, 第二代计算机网络大都由研究单位、大学、应用部门或计算机公司各自研制的, 因而没有统一的网络体系结构。为实现更大范围内的信息交换与共享, 要把不同的第二代计算机网络互连起来相对困难。比如说, 只要增购一些网络产品把一台 IBM 公司的计算机接入一个 SNA 网是不困难的, 但要把一台 HP 公司生产的计算机接入 SNA 网就不是一件容易的事情。同样, 要把一台 IBM 公司生产的计算机接入 DECNET 也不是容易的, 要把多种不同的计算机和网络互连在一起就更

难了。因而，计算机网络必然要向更新的一代发展。

1.1.3 开放式标准化的计算机网络

第三代计算机网络是开放式标准化的网络，它具有统一的网络体系结构、遵循国际化的协议。标准化将使得不同的计算机能方便地互连在一起。标准化还将带来大规模生产、产品 VLSI（超大规模集成电路）化和成本降低等一系列的好处。

20 世纪 70 年代后期人们认识到第二代计算机网络的不足后，已开始提出发展新一代计算机网络的问题。国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）下属的计算机与信息处理标准化技术委员会（Technical Committee）TC97 成立了一个专门研究此问题的分委员会（Sub-Committee）。经过若干年卓有成效的工作，ISO 制定并在 1984 年正式颁布了一个称为开放系统互连基本参考模型（Open System Interconnection Basic Reference Model, OSI/RM）的国际标准 ISO 7498。这里“开放系统”是相对于第二代计算机网络中如 SNA 和 DNA 等只能和同种计算机互连的每个厂商各自封闭的系统而言的，它是可以和任何其他系统（当然要遵循同样的国际标准）通信而相互开放的。该模型分为七个层次，有时也被称为 OSI 七层模型。OSI 模型目前已被国际社会所普遍接受，并公认为计算机网络的体系结构的基础。

20 世纪 80 年代中，以 OSI 模型为参照，ISO 以及当时的国际电话电报咨询委员会 CCITT 等为各个层次开发了一系列的协议标准，组成了一个庞大的 OSI 基本标准集。CCITT 是联合国国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）下属的一个组织，目前已被撤销，改组更名为 ITU-TSS（Telecommunication Standardization Sector, 电信标准化部），或简称为 ITU-T。由 CCITT 制定的标准都称为建议（Recommendation），虽然现在已没有 CCITT 了，但有些资料习惯上许多时候仍将其称为 CCITT 建议。在本书后面，凡是原 CCITT 时期制定并发布的建议，我们有时也仍称为 CCITT 建议。最著名的 CCITT 建议是在公用数据网中广泛采用的 X.25、X.3、X.28、X.29 和 X.75 等五个建议。大多数国家都普遍存在这种公用数据网，其作用类似于公用电话网向用户提供话音通信服务一样，它向用户提供数据通信服务。

公用数据网在有些国家是由政府部门拥有并运行的，也有的国家是由私人公司经营的。不同国家的公用数据网内部也有很大差别，但它们对于外部用户提供的界面大都采用了国际标准。这就是 CCITT 制定的 X.25 建议。这个建议规定了用分组方式工作和公用数据网连接的数据终端设备（Data Terminal Equipment, DTE）和数据电路终接设备（Data Circuit-terminating Equipment, DCE）之间的接口。这里，DTE 和 DCE 是 CCITT 使用的术语，在我们所述计算机接入公用数据网的场合下，计算机就是 DTE，而公用数据网中的分组交换节点就是 DCE。这里所说的接口是广义的，泛指界面的意思。这个接口实际上覆盖了 OSI 七层模型中的下三层，是接入公用数据网的 DTE 和公用数据网间在下三层界面的总和，也就是说下三层协议的总和。

由于还有一些计算机，特别是大量的非智能终端不能直接执行 X.25 中规定的协议和公用数据网相连接，它们就必须通过一个称为分组组装 / 拆卸器（Packet Assembly / Disassembly Facility, PAD）的装置才能接入采用 X.25 接口的公用数据网。CCITT 已经制定了三个与 PAD 有关的标准，即 X.3 建议、X.28 建议和 X.29 建议。其中 X.3 建议规定了 PAD 的功能以及控制它工作的一些参数；X.28 建议规定了终端和 PAD 之间的标准协议；X.29 建议则规定了 PAD

和用分组方式工作的 DTE 之间交换控制信息和用户数据的规程 (Procedure)。这里, 规程是通信界常用的术语, 就是通信双方必须遵循的共同的约定, 这种场合下我们可以看成是协议的同义语。只不过在 OSI 七层模型中, 从低层到高层都统称为协议; 而某些低层的协议在通信界有时又称为规程。有了这三个标准, 普通的非智能终端就能够通过 PAD 接入公用数据网与远程主机通信了, 如图 1.3 中所示。一个 PAD 可以连接多个终端, 具有集中器的功能, 但与普通的集中器不一样, 还能将普通终端发出的字符流转换为 X.25 协议所要求的分组流。PAD 可以执行 X.25 协议和公用数据网直接相连, 与主机一样也是 CCITT 所称的 DTE。X.75 建议则规定了两个公用数据网互连时接口的标准, 公用数据网中用于按 X.75 建议与另一公用数据网互连的设备称为信令终端设备 (Signaling Terminal Equipment, STE), 如图 1.4 中所示。

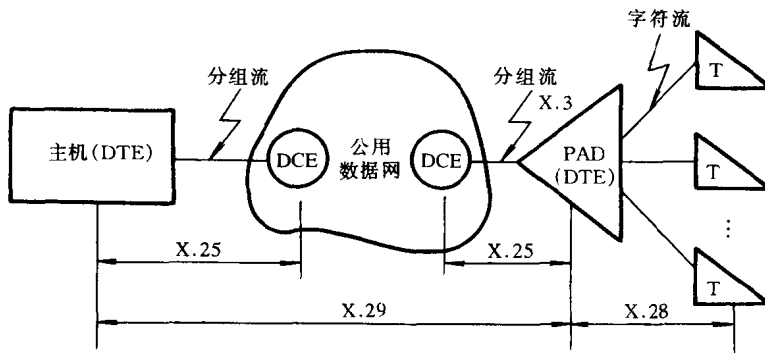


图 1.3 与公用数据网有关的 CCITT 标准

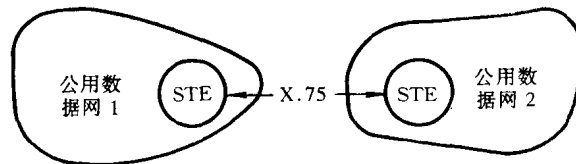


图 1.4 公用数据网的互连

遵循公开标准组建的网络通常都是开放的。遵守上述 CCITT X 系列建议组建的公用分组交换数据网是开放式标准化网络的一个典型例子。许多国家都有自己的公用分组交换数据网, 如美国的 TELENET、加拿大的 DATAPAC、法国的 TRANSPAC、德国的 DATEX-P、日本的 DDX-P 以及我国已于 1989 年开通并正式对外提供服务的 CHINAPAC 等。虽然这些网络内部的结构、采用的信道及设备不尽相同, 但它们向外部用户提供的界面是相同的, 互连的界面也是相同的, 因而也易于互连与互通。另一个开放式标准化网络的著名例子就是因特网 (Internet, 也译为国际互联网), 它是在原 ARPANET 基础上经过改造而逐步发展起来的。它是对任何计算机开放的, 只要遵循 TCP / IP 协议套的标准, 并申请到 IP 地址就都可以通过信道接入 Internet。这里 TCP 和 IP 是 Internet 所采用的一套协议中最核心的两个, 分别称为传输控制协议 (Transmission Control Protocol, TCP) 和网际协议或互联网协议 (Internet Protocol, IP)。它们虽然不是某个国际官方组织制定的标准, 但由于被广泛采用, 已成为事实上的国际标准。

在这一时期局部区域网 (Local Area Network, LAN, 也简称局域网) 也迅速发展, 逐步