



计算机网络原理 及应用

王辉 雷聚超 主编
洪波 田鹏辉 赵宇峰 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



计算机网络原理 及应用

王辉 雷聚超 主编
洪波 田鹏辉 赵宇峰 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书面向新经济产业需求,从工程实践的角度出发,按照教育部关于全面推进新工科建设的要求对计算机网络教材进行改革,结合当前网络技术的发展变化而编写,主要讲述计算机网络的基本原理和实践应用,注重创新和前沿技术。全书共分为10章,内容包括计算机网络概述、数据通信基础与物理层、数据链路层、局域网技术、网络层、网络互联与互联设备、传输层、应用层、计算机网络安全以及综合网络实验。内容组织上注重基础知识与新技术的结合,在清楚地阐述计算机网络原理基础知识的基础上,同时介绍计算机网络新技术的发展和应用。

本书适合作为应用型高等院校本科计算机专业、信息技术及电子信息等相关专业的网络课程教材或参考资料,也可作为相关专业工程技术人员继续教育的培训教材,还可以作为广大网络管理人员或工程技术人员学习网络知识的技术参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理及应用/王辉,雷聚超主编. —北京:清华大学出版社,2019

(21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-51999-7

I. ①计… II. ①王… ②雷… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 000177 号

责任编辑:郑寅堃 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:丛怀宇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.25

字 数:566千字

版 次:2019年2月第1版

印 次:2019年2月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:69.00元

产品编号:080395-01

前言

随着计算机技术、信息技术和通信技术的飞速发展,网络应用的普及程度已经成为衡量国家发展程度的一个重要标志。计算机网络技术已经渗透到国家的各个领域,可以说,计算机网络正在迅速改变着人们的工作和生活方式,成为一个国家重要的基础设施。然而,与迅速发展的网络技术相比,计算机网络技术方面的人才仍然比较匮乏。为了满足社会对计算机网络技术人才的需求,适应新经济快速发展的要求,立足于培养 21 世纪具有创新精神的工程应用型高级专门人才,我们组织多名常年讲授计算机网络课程的一线教师,编写了这本适合在校学生和广大计算机网络爱好者使用的教材。

本书的特色是理论与实践相结合,在清楚地阐述计算机网络基本原理的基础上,介绍网络新技术的发展,突出网络的创新应用,根据工程实际需要,将计算机网络中常用的技术进行深入的剖析并且设计了经典的实验,主要配置命令都结合技术要点和理论进行分析,对读者的知识和能力起到了巩固、拓宽和提高的作用。综合网络实验的所有配置过程和命令均结合理论,分步骤、分批次进行讲解,且全部在实际设备中通过调试。不仅能使读者知道相关的配置命令,还能帮助读者从更深层次理解网络工程中使用的理论与技术,达到举一反三、触类旁通的效果。

此外,支持重点内容知识点的可视化是本书的另一主要特色。本书支持通过动画对“计算机网络原理”课程中的重要知识点可视化学习,在计算机网络原理及应用纸质教材的基础上加入视频、音频、动画等多媒体元素,实现“纸质+”教材,即建设计算机网络原理及应用的多媒体数字教材。本书旨在培养学生对网络基本原理的理解,更重要的是帮助学生运用所学基本知识进行中小型局域网的组建、管理和维护,培养学生根据任务需求分析问题和解决问题的能力,重点培养学生的创造能力和开发能力。

全书共分为 10 章,各章讨论内容如下。

第 1 章是计算机网络概述,包括计算机网络的产生与发展、计算机网络的定义和功能、分类和应用以及计算机网络的体系结构。

第 2 章介绍数据通信基础与物理层知识,如数据通信模型、数据传输技术、信道复用技术、物理层基本功能、传输介质等,重点介绍双绞线、光纤和同轴电缆等传输介质的制作和布线规则。

第 3 章以数据链路层的帧为核心,重点介绍了帧定界、差错检测技术、点对点协议。

第 4 章介绍局域网的有关知识,包括 IEEE 802 模型体系结构、介质访问控制方法、各种类型以太网、无线局域网以及虚拟局域网等。

第 5 章介绍网络层相关内容,包括网络层功能、拥塞控制以及新技术 IPv6,重点介绍 IP 协议和路由协议。

第 6 章介绍网络互联和互联设备的主要内容,包括中继器、集线器、交换机以及路由器等。

第7章介绍传输层相关内容,包括传输层的功能、UDP和TCP,重点介绍TCP连接的建立、滑动窗口协议和TCP的流量控制。

第8章介绍应用层的相关内容,重点介绍DNS域名机制、Web服务以及FTP。

第9章介绍计算机网络安全方面的知识。

第10章介绍典型的交换机和路由器配置实验,给出详细的实验目的、实验要求、实验环境、实验内容以及步骤。

本书适合作为应用型高等院校本科计算机专业、信息技术及电子信息等相关专业的网络课程教材或参考资料,也可作为相关专业工程技术人员继续教育的培训教材,还可以作为广大网络管理人员或工程技术人员学习网络知识的技术参考书。

本书第1章、第6章、第7章、第10章由王辉编著,第2章、第3章由洪波编著,第4章、第8章由田鹏辉编著,第5章、第9章由赵宇峰编著,全书由王辉、雷聚超主编并负责统稿和定稿。本书配套的所有动画由雷聚超负责完成。所有电子课件、动画视频均可以通过网站<http://222.25.4.124/>免费浏览学习。

本书在编写过程中,得到许多应用型本科计算机教研室老师的指导和审阅,他们提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢!尽管在编写本书的过程中尽了最大努力,但由于编者水平有限、时间仓促,书中不足和疏漏之处在所难免,恳请广大专家和读者批评指正。

编 者

2018年9月

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的产生与发展	1
1.1.1 网络的网络	1
1.1.2 计算机网络的产生	2
1.1.3 计算机网络的发展	3
1.2 计算机网络的定义和功能	5
1.2.1 计算机网络的定义	5
1.2.2 计算机网络的功能	6
1.2.3 计算机网络的应用	6
1.3 计算机网络的分类	7
1.3.1 按照地理覆盖范围分类	7
1.3.2 按传输介质分类	8
1.3.3 按网络的拓扑结构来分	9
1.3.4 按服务方式来分	11
1.3.5 其他分类方法	11
1.4 Internet 概述	11
1.4.1 Internet 在我国的发展	12
1.4.2 Internet 的组成	14
1.5 网络性能指标	17
1.5.1 计算机网络的性能指标	17
1.5.2 计算机网络的非性能指标	21
1.6 计算机网络的体系结构	22
1.6.1 网络体系结构的含义	22
1.6.2 ISO/OSI 体系结构标准	26
1.6.3 TCP/IP 体系结构标准	27
1.6.4 5 层协议的体系结构	29
习题	32
第 2 章 数据通信基础与物理层	34
2.1 数据通信的基础知识	34

2.1.1	数据通信基本概念	34
2.1.2	数据通信系统模型	36
2.1.3	数据通信的主要技术指标	37
2.2	数字传输与模拟传输	38
2.2.1	模拟数据在模拟信道上传输	39
2.2.2	模拟数据在数字信道上传输	39
2.2.3	数字数据在模拟信道上传输	39
2.2.4	数字数据在数字信道上传输	40
2.3	数据传输方式	42
2.3.1	并行、串行传输	42
2.3.2	单工、半双工与全双工	43
2.3.3	异步传输与同步传输	44
2.4	多路复用技术	45
2.4.1	频分多路复用	46
2.4.2	时分多路复用	46
2.4.3	波分多路复用	48
2.4.4	码分多路复用	48
2.5	传输介质	50
2.5.1	双绞线	50
2.5.2	同轴电缆	52
2.5.3	光纤	52
2.5.4	无线传输媒介	54
2.6	物理层的基本概念	54
	习题	55

第3章	数据链路层	57
3.1	数据链路层概述	57
3.1.1	数据链路层的必要性	57
3.1.2	数据链路层的功能	58
3.1.3	数据链路层所提供的服务	60
3.2	帧与成帧	61
3.2.1	帧的基本格式	61
3.2.2	封装成帧	62
3.3	帧定界	63
3.4	差错检测	66
3.4.1	奇偶校验码	66

3.4.2 循环冗余校验码	68
3.5 点对点协议.....	71
3.5.1 PPP 的特点	71
3.5.2 PPP 的帧格式	72
3.5.3 PPP 的工作状态	73
习题	77
第 4 章 局域网技术	78
4.1 IEEE 802 标准	78
4.1.1 局域网概述	78
4.1.2 IEEE 802 系列标准	79
4.1.3 局域网体系结构	82
4.2 介质访问控制.....	84
4.2.1 CSMA/CD 原理	84
4.2.2 争用期与最短帧长概念	87
4.2.3 二进制指数退避算法	87
4.3 以太网技术标准.....	88
4.3.1 十兆以太网标准	88
4.3.2 快速以太网标准	90
4.3.3 千兆以太网标准	90
4.3.4 万兆以太网标准	92
4.4 虚拟局域网.....	94
4.4.1 虚拟局域网的定义与特性	94
4.4.2 虚拟局域网的划分	94
4.4.3 IEEE 802.1q 协议	95
4.4.4 虚拟局域网的配置	98
4.5 无线局域网及 IEEE 802.11 协议	100
4.5.1 无线网的介质访问控制方法及分类.....	100
4.5.2 无线局域网技术与 IEEE 802.11 标准	102
4.5.3 无线 Ad hoc 网络技术	103
4.5.4 蓝牙技术.....	107
4.5.5 无线应用协议 WAP 技术	112
4.5.6 无线局域网的应用领域.....	115
习题.....	116
第 5 章 网络层.....	117
5.1 网络层的功能及服务	117

5.1.1	网络层的功能	117
5.1.2	提供的服务	118
5.1.3	网络层的协议	119
5.2	IPv4 协议	119
5.2.1	协议概述	119
5.2.2	协议格式	120
5.2.3	IP 地址	121
5.2.4	子网划分和子网掩码	123
5.2.5	VLSM 和 CIDR	129
5.3	IPv6 协议	132
5.3.1	IPv6 地址分类和格式	133
5.3.2	IPv6 报文头部	134
5.3.3	IPv6 扩展头部	135
5.4	ARP 与 RARP	136
5.4.1	ARP	136
5.4.2	RARP	140
5.5	ICMP	140
5.5.1	报文的格式	141
5.5.2	协议的应用	141
5.6	路由与路由协议	142
5.6.1	路由选择	142
5.6.2	静态路由	143
5.6.3	动态路由	143
5.6.4	距离矢量算法和 RIP	144
5.6.5	链路状态算法和 OSPF 协议	148
	习题	149

第 6 章 网络互联与互联设备 153

6.1	网络互联	153
6.1.1	网络互联的概念	153
6.1.2	网络互联原则和必须考虑的问题	153
6.2	物理层互联设备	154
6.2.1	调制解调器	155
6.2.2	中继器	159
6.2.3	集线器	159
6.2.4	中继器和集线器的 5-4-3-2-1 规则	164

6.3	数据链路层互联设备	165
6.3.1	网络适配器	165
6.3.2	第二层设备与冲突域划分	170
6.3.3	网桥	171
6.3.4	交换机	172
6.4	网络层互联设备	185
6.4.1	路由器	185
6.4.2	网关	190
	习题	191
第 7 章	传输层	193
7.1	传输层概述	193
7.1.1	传输层的作用	193
7.1.2	传输层的两个主要协议	195
7.1.3	传输层的端口	195
7.2	无连接的 UDP	197
7.2.1	UDP 概述	197
7.2.2	UDP 报文段结构	198
7.2.3	UDP 的工作过程	198
7.3	面向连接的 TCP 概述	200
7.3.1	TCP 最主要的特点	200
7.3.2	TCP 连接	200
7.3.3	TCP 报文段格式	202
7.4	可靠数据传输原理	206
7.4.1	停止等待协议	206
7.4.2	连续 ARQ 协议	208
7.4.3	TCP 可靠传输的实现	210
7.5	TCP 的流量控制	211
7.5.1	滑动窗口协议	211
7.5.2	利用滑动窗口实现流量控制	216
7.6	TCP 连接管理	217
7.6.1	TCP 的连接建立	217
7.6.2	TCP 的连接释放	218
7.7	TCP 拥塞控制	220
7.7.1	拥塞的原因及代价	221
7.7.2	拥塞控制的一般原理	221

7.7.3 TCP 的拥塞控制方法	222
习题	223
第 8 章 应用层	226
8.1 DNS 服务	227
8.1.1 域名系统概述	227
8.1.2 Internet 域名结构	228
8.1.3 域名服务器	230
8.1.4 DNS 域名解析过程	232
8.2 Web 服务	234
8.2.1 万维网概述	234
8.2.2 万维网的工作方式	235
8.2.3 万维网必须解决的问题	235
8.3 Telnet 服务	236
8.3.1 基本概念	236
8.3.2 Telnet 命令	237
8.3.3 Telnet 选项及协商	238
8.3.4 Telnet 子选项协商	240
8.3.5 Telnet 操作模式	240
8.4 文件传输协议	243
8.4.1 FTP 概述	243
8.4.2 FTP 的基本工作原理	243
8.4.3 简单文件传输协议	245
习题	246
第 9 章 计算机网络安全	247
9.1 网络安全问题概述	247
9.1.1 计算机网络安全	247
9.1.2 网络所面临的安全威胁	248
9.2 计算机病毒	249
9.2.1 计算机病毒概述	249
9.2.2 计算机病毒的特征	252
9.2.3 计算机网络病毒	253
9.2.4 计算机病毒检测方法	255
9.2.5 计算机病毒的防范	256
9.3 防火墙	258

9.3.1	什么是防火墙	258
9.3.2	防火墙的类型	260
9.4	木马防治	263
9.4.1	木马的由来	263
9.4.2	木马的特征与危害	263
9.5	网络入侵检测技术	264
9.5.1	常见的网络入侵类型	264
9.5.2	入侵检测和防范技术	266
	习题	269

第 10 章 综合网络实验 270

10.1	双绞线的制作	270
10.1.1	实验目的	270
10.1.2	实验要求	270
10.1.3	实验环境	270
10.1.4	实验内容和步骤	270
10.2	Wireshark 分析协议	271
10.2.1	实验目的	271
10.2.2	实验要求	272
10.2.3	实验内容和步骤	272
10.3	交换机基本配置	280
10.3.1	实验目的	280
10.3.2	实验要求	280
10.3.3	实验内容和步骤	281
10.4	VLAN 划分及 VLAN 间通信	287
10.4.1	实验目的	287
10.4.2	实验要求	287
10.4.3	实验内容和步骤	287
10.5	交换机生成树协议配置	292
10.5.1	实验目的	292
10.5.2	实验要求	292
10.5.3	实验内容和步骤	293
10.6	路由器基本配置	300
10.6.1	实验目的	300
10.6.2	实验要求	300
10.6.3	路由器的模式	301

10.6.4	实验内容和步骤	301
10.7	静态路由配置	307
10.7.1	实验目的	307
10.7.2	实验要求	307
10.7.3	实验内容和步骤	307
10.8	动态路由 RIP 配置	315
10.8.1	实验目的	315
10.8.2	实验要求	315
10.8.3	实验内容和步骤	315
10.9	动态路由 OSPF 配置	327
10.9.1	实验目的	327
10.9.2	实验要求	327
10.9.3	实验内容和步骤	328
10.10	访问控制列表配置	343
10.10.1	实验目的	343
10.10.2	实验要求	343
10.10.3	实验内容和步骤	343
10.11	地址转换配置	350
10.11.1	实验目的	350
10.11.2	实验要求	350
10.11.3	实验内容和步骤	350
参考文献		358

第1章

计算机网络概述

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物,是目前计算机应用技术中最为活跃的分支。计算机技术与通信技术的快速发展为计算机网络的产生和进一步发展奠定了坚实的技术基础,使计算机网络成为 21 世纪信息时代集信息存储、传播、共享、协同合作和管理的强有力应用平台,其发展水平成为衡量一个国家国力和现代化程度的重要标志,在社会各个领域中日益发挥着越来越重要的作用,甚至影响和改变着人们的工作、生活和学习方式。

本章从计算机网络的基本知识和基本概念入手,介绍计算机网络的产生和发展,阐述了计算机网络的定义、基本功能,从不同的角度对计算机网络进行分类,讨论不同类型网络的特点。在简单介绍 Internet 在我国的发展以及 Internet 的组成后,讨论计算机网络的性能指标。最后,讲解计算机网络的体系结构,描述 ISO/OSI 的参考模型、TCP/IP 网络体系结构等。

1.1 计算机网络的产生与发展

本节将讨论计算机网络产生的背景,回顾计算机网络发展所经历的几个阶段。通过对计算机网络产生和发展过程的介绍,一方面可以对计算机网络本身有概要的了解,另一方面可以引入一些计算机网络常见的名词和术语,从而为后面的学习提供帮助。

1.1.1 网络的网络

计算机网络(简称为网络)由若干节点(Node)和连接这些节点的链路(Link)组成。网络中的节点可以是计算机、集线器、交换机或路由器等。图 1-1(a)给出了一个具有四个节点和三条链路的网络。有三台计算机通过三条链路连到一个集线器上,构成了一个简单的计算机网络(简称为网络)。

通常用一朵云表示一个网络。这样做的好处是可以不去关心网络中相当复杂的细节问题。网络之间还可以通过路由器互联起来,这就构成了一个覆盖范围更大的计算机网络,即网络的网络(Network of Networks),如图 1-1(b)所示。

网络把许多计算机连接在一起,而网络的网络则把许多网络通过路由器连接在一起。与网络相连的计算机常称为主机。

还有一点要注意,就是网络互联并不是把计算机简单地在物理上连接起来,因为这样做

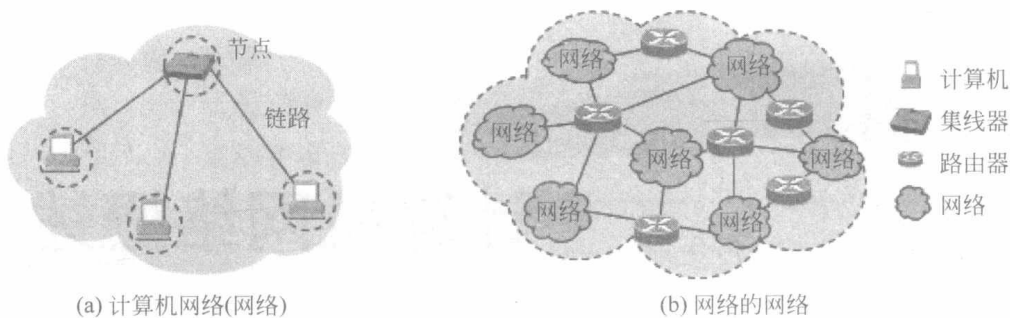


图 1-1 简单的网络和网络的网络

并不能达到计算机之间能够相互交换信息的目的。还必须在计算机上安装许多使计算机能够交换信息的软件才行。因此当我们谈到网络互联时,就隐含地表示在这些计算机上已经安装了适当的软件,因而在计算机之间可以通过网络交换信息。

现在使用智能手机上网已非常普遍。由于智能手机中有中央处理器 CPU,因此也可以把连接在计算机网络上的智能手机称为主机。实际上,智能手机已经不是个单一功能的设备,它既是电话,也是计算机、照相机、摄像机、电视机、导航仪等综合多种功能于一体的智能机器。

Internet 起源于美国,现已发展成为世界上最大的、覆盖全球的计算机网络。

1.1.2 计算机网络的产生

人们相互传递信息的最原始、最基本的方法是通过人类的听觉和视觉来实现的。1838 年, Samuel Morse 发明了电报,使人们可以通过外界的通信介质(铜线)来传递文本信息。1876 年, Alexander Graham Bell 发明了电话,使人们可以通过一对导线来传递语音信息。这些技术的发展和應用推动了通信技术的飞速发展。

从 20 世纪 30 年代开始,电子技术的发展加速了计算机技术的发展。1946 年,世界上第一台电子计算机(Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC)诞生,但当时很少有人考虑在计算机技术和通信技术之间建立联系。当时,计算机价格昂贵,功能十分有限,为了充分利用计算机宝贵的计算、存储等资源,需要将若干远程终端连接到一台计算机上,如何使远程终端与计算机相互通信,将远程终端的信息发送到计算机上处理,是首先需要解决的问题。直到 1954 年,随着一种叫做收发器(Transceiver)的终端研制成功,人们实现了将穿孔卡片上的数据通过电话线路发送到远地计算机上的梦想。后来,用户可以从终端设备(不具备数据的存储和处理能力)发送信息到远地计算机,经运算处理后,其结果又传回本地终端。从此,开始了计算机技术与通信技术相结合的历程。

计算机网络就是在计算机技术和通信技术得到快速发展的时候,二者相互结合的产物。1951 年,美国麻省理工学院林肯实验室就开始设计半自动化地面环境(Semi-Automatic Ground Environment, SAGE)防空系统。该系统通过通信线路将边防区内各雷达、机场、防空导弹和高射炮阵地等测量控制设备的信息汇集到 IBM 公司的 AN/FSQ-7 计算机里进行集中处理和控制在,由计算机程序辅助指挥员决策,自动控制飞机和导弹进行拦截。SAGE 系统制定了 1.6kb/s 的数据通信规程,并提供了高可靠的多路径选择算法。这个系统最终于

1963 年建成,被认为是计算机技术与通信技术结合的先驱。后来,许多系统都将地理位置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输入程序,通过通信线路传输到中心计算机,进行分时访问并使用中心计算机的资源进行处理,处理结果再通过通信线路传回用户终端进行显示或打印。这样,就出现了第一代计算机网络。

20 世纪 60 年代初,美国国防部领导的高级计划研究署(Advanced Research Projects Agency, ARPA),现在称为 DARPA(Defense ARPA),提出了研究一种崭新的、能够适应现代战争的网络。该网络系统构建了一种类似于蜘蛛网的网状结构,该网络系统中的某一个交换节点被破坏后,系统仍然能够自动寻找另外的路径保证通信畅通。1968 年,该项目由加州大学洛杉矶分校的研究小组承担,于 1968 年 8 月推出了由 4 个交换节点组成的分组交换式计算机网络系统 ARPAnet,该网络系统的研究成功,是网络发展的一个里程碑,开创了现代计算机网络的先河,从此进入了计算机网络技术发展的新时代。

1.1.3 计算机网络的发展

计算机网络出现在 20 世纪 50 年代,它的历史虽然不长,但发展很快,整个过程经历了一个从简单到复杂、从单机到多机、从终端与计算机之间通信到计算机与计算机之间直接通信的发展过程。大致可以归纳为 4 代:第一代是面向终端的计算机网络;第二代是计算机到计算机的简单网络;第三代是开放式标准化的网络;第四代是网络的高速化发展阶段。

第一代(20 世纪 50 年代):以单台计算机为中心的面向终端的远程联机系统。其典型结构如图 1-2 所示。此联机系统除一台中心计算机外,其余的终端都没有存储和处理功能,因而严格地说,还不能称为计算机网络,但这种系统将计算机技术和通信技术相结合,构成了计算机网络的雏形。图 1-2 中,主机负责信息的处理;前端处理机(Front End Processor, FEP)专门负责与终端通信,以减轻主机的负担;调制解调器是利用模拟通信线路远程传输数字信号必须附加的设备;集中器负责将相对集中的低速终端通过低速通信线路汇集,然后通过高速线路连接到远程中心计算机的 FEP;低速终端是指用户终端,该终端没有存储和处理能力。

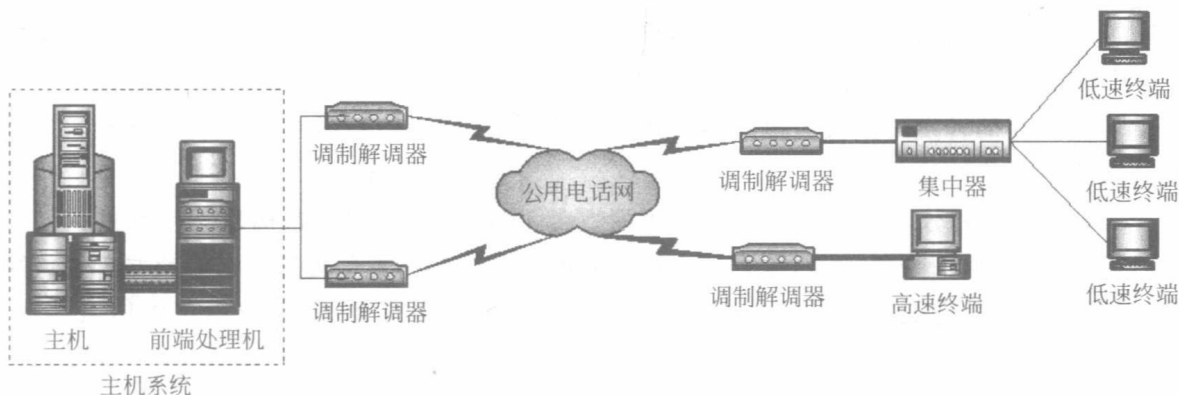


图 1-2 面向终端的远程联机系统

这种系统的优点是结构简单。其缺点如下。

(1) 主机的负担重,如果主机的处理负荷较重,会导致系统的响应时间过长。

(3) 可靠性低,一旦主机或前端机发生故障,将导致整个系统的瘫痪。

第二代(20 世纪 60 年代):多台计算机通过通信线路互连而成的网络,即计算机-计算机网络。这类网络是 20 世纪 60 年代后期开始兴起的,它与以单台计算机为中心的面向终端的远程连机系统的显著区别在于:这里的多台计算机都具有自主处理能力,它们之间不存在主从关系。ARPAnet 是该网络系统的典型代表。ARPAnet 中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通信线路直接相连接,而是通过接口报文处理机(Interface Message Processor,IMP)转接后互连,其典型结构如图 1-3 所示。

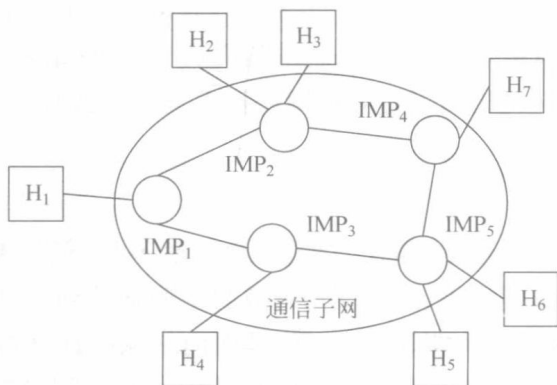


图 1-3 计算机-计算机网络

ARPAnet 的主要特点如下。

(1) 提出了存储转发(Store and Forward)的工作模式。当某台主机上的用户需要与网络上远地另一台主机通信时,主机首先将信息发送到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 中途转发,最终传送到远地目标 IMP,并送入与其直接相连的目标主机。例如,若图 1-3 中主机 H_1 上的某个用户需要将信息发送到主机 H_7 ,假设信息经过的路径是: $H_1 \rightarrow \text{IMP}_1 \rightarrow \text{IMP}_2 \rightarrow \text{IMP}_4 \rightarrow H_7$,则首先 H_1 将信息发送给 IMP_1 , IMP_1 接收并存储该信息;当 IMP_1 与 IMP_2 之间的通信线路空闲时, IMP_1 将信息发送给 IMP_2 , IMP_2 接收并存储该信息;当 IMP_2 与 IMP_4 之间的通信线路空闲时, IMP_2 将信息发送给 IMP_4 , IMP_4 接收信息后发送给目的主机 H_7 。这种工作模式类似于邮政信件的传送,称为存储转发。存储转发可以大大提高通信线路的利用率,直到今天,分组交换网络仍然采用存储转发的方式传输信息。

(2) 将网络划分为通信子网和资源子网。由 IMP 以及通信线路构成了网络的内层子网,该子网称为通信子网,专门负责各主机之间的通信控制和通信处理。各主机是计算机网络资源的拥有者,它们构成了网络的外层子网,该子网称为资源子网,专门负责信息处理。通信子网与资源子网具有明确的分工,各负其责,同时又相互合作。通信子网为资源子网提供信息传输服务,资源子网上用户间的通信建立在通信子网的基础上,二者构成了统一的资源共享的两层网络。

第二代的计算机-计算机网络强调了网络的整体性,用户不仅可以共享主机的资源,还可以共享其他用户的软、硬件资源。第二代计算机网络的工作模式一直延续到了现在。但