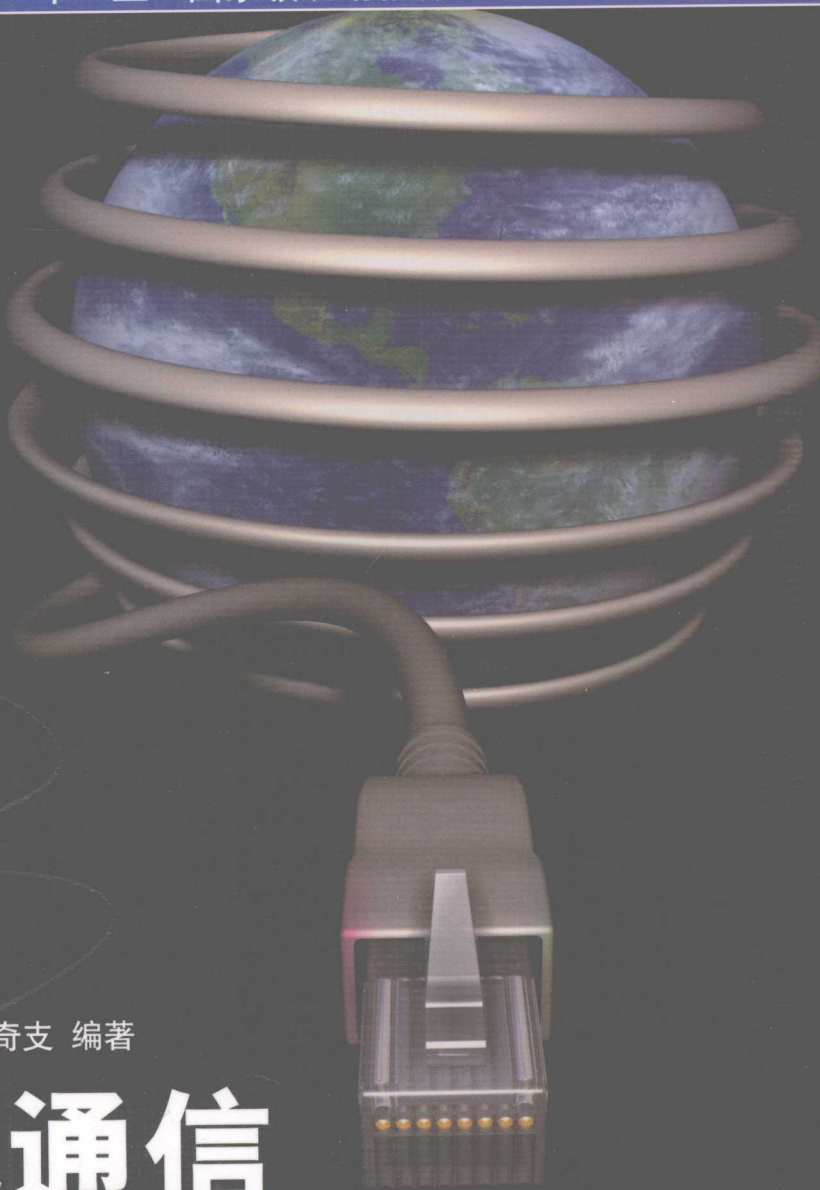




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



林 生 范冰冰 韩海雯 张奇支 编著

# 计算机通信 与网络教程

第三版

清华大学出版社



TN915/2=3

2008



普通高等教育 十一五 国家级规划教材

林 生 范冰冰 韩海雯 张奇支 编著

# 计算机通信与网络教程

第三版

清华大学出版社

北京

## 内容简介

本书融合计算机通信技术和计算机网络核心知识,从独特角度阐述网络最新技术与应用的基础知识。

本书前半部分(第1~8章)重点讲述网络体系结构和计算机组网通信技术,尤其是如高速宽带网、虚拟网和移动网等新兴技术;在网络互联方面引入了独特的“同构互连”概念及其技术体制,并介绍了由各种虚拟“交换”扩展而来的最新互联概念与技术。

本书后半部分(第9~11章)重点讲述网络服务与应用技术。本书把网络高层功能都归并为面向应用以及应用本身的相关技术,使本书内容结构更加简明和实用。其中,传输服务方面加强了有关“端到端”服务质量和进程间通信以及网络服务质量体系方面的最新内容;应用服务方面,除了充实常用的典型应用系统外,最重要的是编入了网络应用 API 及其应用发展方面的最新知识,另外还包括 IP 电话技术的内容。

本书每章配有大量的练习题,并在附录 B 中对那些难度较大的习题提供了解答提示;附录 C 还提供了建议的实验课程大纲,特别适合于规范的课堂教学要求,是一本难得的规范性教科书。

本书适用于各类大学的电子工程系、信息工程系、通信工程系和计算机科学与技术(或工程)系的本科生、专科生,可作为相关专业的专业或专业基础课程的教科书。

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

计算机通信与网络教程/林生,范冰冰,韩海雯,张奇支编著.—3版.—北京:清华大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-302-17356-4

I. 计… II. ①林… ②范… ③韩… ④张… III. 计算机通信网—高等学校—教材  
IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 052781 号

责任编辑:丁岭 李晔

责任校对:时翠兰

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

地址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印装者:北京国马印刷厂

经销:全国新华书店

开本:185×260 印张:21.75 字数:525千字

版次:2008年7月第3版 印次:2008年7月第1次印刷

印数:1~4000

定价:32.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系  
调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026386-01

# 再版前言

这次出版的是本书的第三版,它的第一版在1999年底出版,第二版是在2004年出版的。经历了几年的多次印刷发行和教学实践过程,得到了广大读者和教师的使用和肯定,同时也收到了不少极为宝贵的建设性意见。为回报可爱的读者和教师,也是应出版社的要求,对第二版书的内容和结构又一次做了较大的修订,同时也被选列为国家级“十一五”规划教材,因而有了本书的第三版。

这次修订出版第三版书带着双重的使命:第一,要大篇幅地约简前一版本中较陈旧的内容并调整结构,可谓之“去其糟粕,留其精华”;第二,要继续更新重要的技术内容,补充更加流行、更有应用价值的新内容和热点课题,可谓之“因时制宜,与时俱进”。做这些努力也是为了使本书真正达到教育部“高等教育面向21世纪教育内容与课程体系改革”计划的实施要求。

本书融合通信网络和计算机网络核心知识,从独特的角度反映网络技术及其应用的最新进展。本版书仍然保留了前面两个版本的粗结构,即包括**网络概论篇**(第1章~第3章)、**网络通信篇**(第4章~第9章)和**网络应用篇**(第10章和第11章)共3大部分。因为本书的核心内容是讲述组网通信技术,所以保留了网络通信篇中的章节结构并重点进一步更新其内容,特别是充实了宽带网络、虚拟网络和无线、移动网络方面的内容。在网络应用篇中,重点更新了网络应用技术与发展方面的内容,使其成为本书的另一个亮点。在这里,除了充实了几个典型应用系统和新增了IP电话技术外,最重要的是编入了网络应用API及其应用发展方面的最新知识,这是网络教科书内容扩展的大胆尝试。我们也再次提醒广大读者,网络的应用是无止境的,新的东西层出不穷,只有在实践环境中才能接触和追求更多、更新的实用知识。

本书的这次修订工作,主要是由我校经济管理学院电子商务系的韩海雯老师和计算机学院的范冰冰、张奇支3位老师共同完成的。韩海雯老师负责第1章~第7章的修订,张奇支老师负责第8章、全部习题和解答提示、实验大纲等内容的修订,范冰冰教授负责第10章和第11章内容的修订并主持了本书的这次修订和统稿工作。

计算机通信与网络的技术及其应用在不断向前发展,对教材内容的改革总不会停止。这次出版的这本教科书,又将面临广大教育第一线上的教师和学生的检验。由于编者的水平和经验有限,肯定书中还会存在不少缺点和不足,我们诚恳希望使用本书的学校师生和其他读者提出批评和建议,以便使本教科书的质量能不断提高。

林 生

2008年1月于华南师范大学(广州)

# 目 录

第 1 章 计算机通信与网络概述 .....	1
1.1 网络的形成与发展 .....	1
1.1.1 面向终端的网络 .....	2
1.1.2 面向通信的网络 .....	4
1.1.3 面向应用的网络 .....	5
1.1.4 进一步发展与广泛应用 .....	6
1.2 有关通信与网络的概念 .....	6
1.2.1 数据与数据通信 .....	7
1.2.2 计算机通信与计算机网络 .....	8
1.3 网络的类型及其特征 .....	9
1.3.1 局域网 .....	9
1.3.2 城域网 .....	11
1.3.3 广域网 .....	12
1.3.4 互联网 .....	13
1.3.5 移动网 .....	14
本章练习题 .....	15
第 2 章 网络的结构体系 .....	16
2.1 网络拓扑结构 .....	16
2.1.1 节点与链路 .....	16
2.1.2 拓扑形式 .....	17
2.1.3 子网划分 .....	19
2.2 网络体系结构 .....	21
2.2.1 网络分层通信原理 .....	21
2.2.2 网络分层体系结构 .....	22
2.3 标准网络体系结构模型 .....	23
2.3.1 OSI/RM 概述 .....	24
2.3.2 OSI/RM 功能层要素 .....	27
2.3.3 开放系统互连环境 .....	30
2.4 网络结构及模型实例(因特网) .....	32
2.4.1 因特网的组织结构 .....	32

2.4.2	因特网的分层体系结构 .....	33
2.5	两种体系结构的比较与评价 .....	35
2.5.1	比较与评价 .....	35
2.5.2	本书采用的假想参考模型 .....	36
	本章练习题 .....	37
<b>第3章</b>	<b>数据通信技术基础 .....</b>	<b>39</b>
3.1	数据通信系统 .....	39
3.1.1	概念与模型 .....	39
3.1.2	数据的信源编码 .....	42
3.1.3	数据的传输方式 .....	45
3.2	信道及其传输速率 .....	47
3.2.1	信道与传输介质 .....	47
3.2.2	主要性能指标 .....	52
3.2.3	数据传输速率 .....	53
3.3	数据传输技术 .....	55
3.3.1	信号编码 .....	55
3.3.2	基带传输与宽带传输 .....	58
3.3.3	多路复用传输 .....	58
3.3.4	光纤同步数字传输 .....	62
3.4	接入网概念及其相关技术 .....	63
3.4.1	接入网概述 .....	63
3.4.2	接入技术 .....	65
3.4.3	ADSL 技术 .....	67
	本章练习题 .....	69
<b>第4章</b>	<b>物理层技术 .....</b>	<b>71</b>
4.1	OSI/RM 中的物理层 .....	71
4.1.1	物理层及数据线路概念 .....	71
4.1.2	物理层的服务 .....	73
4.2	物理层接口和协议 .....	74
4.2.1	DTE/DCE 接口特性描述 .....	74
4.2.2	物理层协议标准 .....	76
4.3	物理层接口实例 .....	79
4.3.1	基本的常用物理层接口 .....	79
4.3.2	其他的常见物理层接口 .....	85
	本章练习题 .....	86

<b>第 5 章 数据链路层技术</b> .....	88
5.1 OSI/RM 中的数据链路层 .....	88
5.1.1 数据链路层功能 .....	88
5.1.2 数据链路层服务 .....	89
5.2 数据链路控制原理及技术 .....	90
5.2.1 基本传输控制过程 .....	91
5.2.2 链路级流量控制 .....	93
5.2.3 链路级差错控制 .....	97
5.3 数据链路层协议实例 .....	105
5.3.1 高级数据链路控制规程 HDLC .....	105
5.3.2 因特网的数据链路协议 PPP .....	112
本章练习题 .....	115
<b>第 6 章 局域网技术</b> .....	118
6.1 局域网概述 .....	118
6.1.1 局域网的技术特点 .....	118
6.1.2 局域网的体系结构 .....	120
6.1.3 局域网的 LLC 子层 .....	122
6.1.4 局域网的 MAC 子层 .....	123
6.2 以太网技术 .....	127
6.2.1 传统以太网 .....	128
6.2.2 快速以太网 .....	131
6.2.3 交换式以太网 .....	135
6.3 虚拟局域网 .....	138
6.3.1 VLAN 概述 .....	138
6.3.2 VLAN 技术 .....	140
6.4 无线局域网 .....	142
6.4.1 无线局域网概述 .....	142
6.4.2 无线局域网技术 .....	143
本章练习题 .....	147
<b>第 7 章 网络层及广域网技术</b> .....	150
7.1 OSI/RM 中的网络层 .....	150
7.1.1 网络层功能 .....	150
7.1.2 网络层服务 .....	152
7.2 网络层交换与路由技术 .....	153
7.2.1 数据交换技术 .....	153
7.2.2 网络层路由技术 .....	160

7.3	网络层流控技术 .....	164
7.3.1	“流控”问题概述 .....	164
7.3.2	节点-节点间链路流控技术 .....	168
7.3.3	源点-宿点间通路流控技术 .....	168
7.3.4	子网内全局性流控技术 .....	169
7.4	广域网技术 .....	170
7.4.1	广域网概述 .....	170
7.4.2	广域网实例 .....	172
7.5	虚拟专网 .....	178
7.5.1	虚拟专网概述 .....	178
7.5.2	虚拟专网的实现 .....	180
	本章练习题 .....	183
<b>第8章</b>	<b>网络互连与网间通信 .....</b>	<b>185</b>
8.1	网络互连概述 .....	185
8.1.1	网络互连的技术体制 .....	186
8.1.2	网络互连的主要技术 .....	189
8.2	网络互连技术及互连设备 .....	192
8.2.1	物理同构互连与中继器 .....	192
8.2.2	链路同构互连与桥接器 .....	194
8.2.3	网络同构互连与路由器 .....	196
8.3	网络互连实例 .....	201
8.3.1	因特网互连体系结构 .....	201
8.3.2	网际互连协议 .....	203
8.3.3	网间控制报文协议 .....	214
8.3.4	新一代网际协议 .....	215
8.4	网络互连新概念及技术 .....	218
8.4.1	第三层交换技术 .....	218
8.4.2	IP 交换技术 .....	219
8.4.3	多协议标记交换技术 .....	220
8.4.4	移动 IP 技术 .....	223
8.4.5	IP 多播技术 .....	226
	本章练习题 .....	228
<b>第9章</b>	<b>传输服务与端到端通信 .....</b>	<b>231</b>
9.1	OSI/RM 中的传输层 .....	231
9.1.1	传输层功能与服务 .....	231
9.1.2	传输层协议 .....	233
9.2	端到端服务与主机间通信 .....	235



9.2.1	端到端数据传输服务	235
9.2.2	可靠的端到端传输连结	239
9.3	传输层实例	245
9.3.1	因特网的传输层	245
9.3.2	传输控制协议 TCP	246
9.3.3	用户数据报协议 UDP	250
9.4	网络服务质量体系	251
9.4.1	服务质量体系概述	251
9.4.2	综合服务体系	252
9.4.3	区分服务体系	254
	本章练习题	256
<b>第 10 章</b>	<b>应用服务与应用系统</b>	<b>258</b>
10.1	网络应用服务基础	259
10.1.1	网络应用概述	259
10.1.2	OSI/RM 中的应用服务	261
10.1.3	网络服务工作模式	266
10.2	典型网络应用系统实例	268
10.2.1	域名系统	269
10.2.2	FTP 及其文件传输系统	273
10.2.3	SMTP 及其电子邮件系统	277
10.2.4	HTTP 及其 WWW 系统	282
10.3	网络应用发展	286
10.3.1	网络应用编程接口(API)	287
10.3.2	远程过程调用和中间件	289
10.3.3	B/S 模式的网络应用系统	291
10.3.4	IP 电话系统	295
	本章练习题	298
<b>第 11 章</b>	<b>网络系统安全与管理</b>	<b>300</b>
11.1	网络系统安全性	300
11.1.1	网络系统安全性威胁	300
11.1.2	网络系统安全性要求	302
11.2	网络系统安全技术与策略	303
11.2.1	安全责任与访问控制	304
11.2.2	加密策略	306
11.2.3	鉴别与签名措施	307
11.2.4	防火墙技术	308
11.3	网络系统管理	316

11.3.1	网络管理要求	317
11.3.2	网络管理功能	317
11.4	网络管理系统实例——SNMP	319
11.4.1	SNMP 体系结构	320
11.4.2	管理信息库 MIB	322
11.4.3	SNMP 协议机制	324
	本章练习题	326
	附录 A 主要参考文献	327
	附录 B 部分练习题解答提示	328
	附录 C 建议的实验课程教学大纲	333
	附录 D RS-232、RS-449、CCITT V. 24 功能定义表	335

# 第 1 章

# 计算机通信与网络概述

- 1.1 网络的形成与发展
  - 1.1.1 面向终端的网络
  - 1.1.2 面向通信的网络
  - 1.1.3 面向应用的网络
  - 1.1.4 进一步发展与广泛应用
- 1.2 有关通信与网络的概念
  - 1.2.1 数据与数据通信
  - 1.2.2 计算机通信与计算机网络
- 1.3 网络的类型及其特征
  - 1.3.1 局域网
  - 1.3.2 城域网
  - 1.3.3 广域网
  - 1.3.4 互联网
  - 1.3.5 移动网

20 世纪后半期,尤其是 80 年代以来,世界范围内掀起一场以“信息革命”为中心的技术革命浪潮,它席卷了包括科技和经济两个方面的众多技术领域。但是,这场革命的动力,离不开计算机科学和通信这两门学科的发展及相应技术的现代化。其主要标志就是计算机(尤其是微型计算机)的广泛应用,以及计算机与现代通信技术的密切结合。

在现代社会中,信息越来越显示出它在经济上和社会上的重要作用。人们对于信息的行为,从自觉地认识信息,逐渐过渡到积极地获取信息(提取、存储、传递、处理),又进而广泛地利用信息(控制、决策)。对信息的这些行为的实施,主要利用两种物质手段:

- (1) 主要由电子计算机构成的自动信息处理系统,用于对信息的提取、存储、处理等。
- (2) 先进且可靠的通信系统,用于对信息的高速而可靠的传输与交换。

这两种手段的密切结合,就成为推动信息化社会发展的巨大动力。有一位计算机网络的开创人曾这样说:“计算机与通信的结合,开创了信息时代的新纪元。”的确如此,随着各种由计算机与通信系统构成的信息网络(例如:单位的局域网、企业的内部网、国际的互联网等)的普及使用并逐步渗透到社会的各个领域,显示出这种结合已经在创造信息时代的奇迹。

本章从“数据通信—计算机通信—计算机网络”的形成和发展过程开始叙述,并由此确认与计算机网络密切相关的几个重要概念和定义。然后,对网络的分类及其特征进行概述。

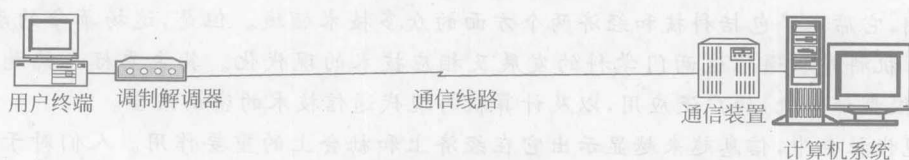
## 1.1 网络的形成与发展

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的为解决远程计算、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

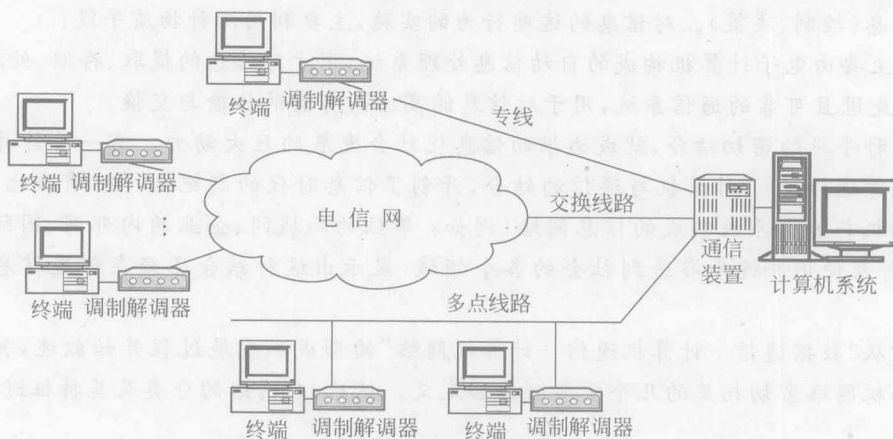
现计算机之间相互传输数据的通信网络,到实现以资源共享为目的的计算机网络,才标志着网络技术达到了成熟的高级阶段。概括地说,其发展过程可划分为:面向终端的数据通信阶段、面向通信的分组交换网阶段、实现面向应用的计算机网络阶段,以及网络标准化和广泛应用与进一步发展阶段。

### 1.1.1 面向终端的网络

起初,使用计算机的(本地的或远地的)用户只能亲自携带程序和数据,到机房用手工方式上机,或者委托机房工作人员代劳。这种工作方式,用户(尤其是远地用户)需在时间、精力和经济上付出较大的代价。到了20世纪60年代初期,由于计算机软件方面的发展,也由于电子计算机越来越广泛地在各个部门应用,迫切需要对分散在各地的数据进行集中处理,从而促使批量处理系统采用通信技术,产生了具有通信功能的单机系统,如图1-1(a)所示。其基本思想就是在计算机上设置一个通信装置使其增加通信功能,将远地用户的输入输出装置通过通信线路(模拟的或数字的)直接与计算机的通信控制装置相连。这样,电子计算机一边从远地站点输入信息,一边处理信息。最后的处理结果也经过通信线路直接送回到远地的用户终端设备。计算机与通信的结合就这样开始了。从通信的角度,当时称这种远程联机系统为“数据通信系统”。数据通信系统较之原先的本地系统不仅提高了计算机系统的工作效率和服务能力,而且大大促进了计算机技术和通信技术的发展和密切结合。



(a) 最简单的远程联机系统



(b) 较复杂的远程联机系统

图 1-1 具有通信功能的联机系统

终端设备与计算机之间连接的方式可以是多种形式的。最初的连接方法采用点对点式专线,每个终端都独占一条线路,形成一种辐射式星型结构,因此线路利用率很低。随着进一步采用先进的通信技术,又出现了多点或分支连接方式,亦即允许多台终端共用一条或一

段线路与主机相连。后来由于分时系统的发展,需要连接的终端数目越来越大,于是出现了利用现有的公用电信网(如电报网、电话网或数字数据网等)来实现终端与计算机之间传输信息的情况。并且,由于连接的终端数目的增加,为了减轻主机的通信负担,计算机系统中附加了专用的、更加智能化的多路通信接口或通信控制装置。计算机系统从简单的联机系统逐渐发展成为更加复杂的联机系统,连接着更多的终端设备以适应需要,如图 1-1(b)所示。这种远程联机系统称为“面向终端”的计算机网络,所采用的通信手段,称为“数据通信系统”。这种系统仍然存在两个缺点:

(1) 主机系统的负荷较重,它既要承担数据处理任务,又要承担通信任务。

(2) 通信线路的利用率很低,尤其是终端距离主机较远时更是如此。

为了克服第 1 个缺点,可以在主机之前设置一个前置通信处理机(一种专用计算机),专门负责与终端之间的通信控制,以便让主机集中更多的时间处理数据。为了克服第 2 个缺点,通常在用户终端较集中的地区设置一台集中器(又叫“终端控制器”),终端通过低速线路先汇集到集中器上,然后再用较高速专线,或由公用电信网提供的高速线路,将集中器连到主机的前置处理机上,如图 1-2 所示。

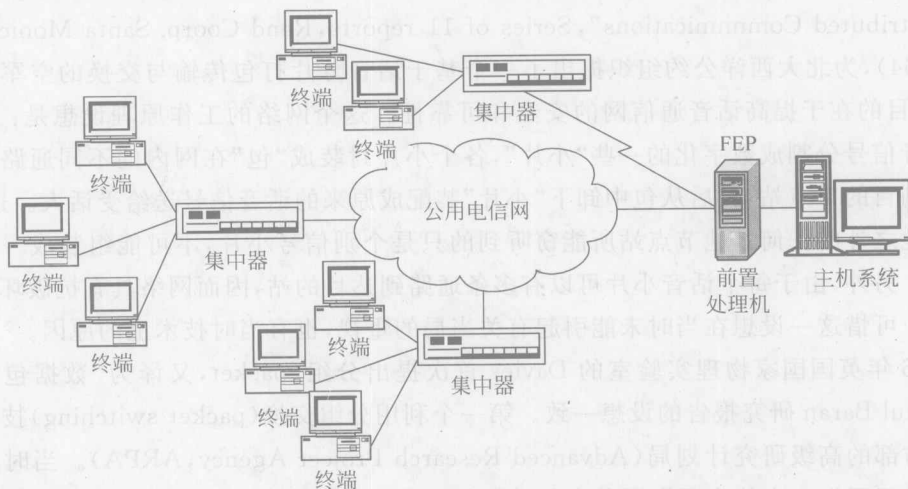


图 1-2 具有通信功能的多机系统

为了完成集中器和前置处理机应具有复杂的通信控制功能,通常都采用小型计算机或微型计算机来做成集中器和前置处理机 FEP。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。人们称之为第一代计算机网络。

从 20 世纪 60 年代起,前置通信处理机和集中器被广泛采用,从而使数据通信系统很快向网络形态发展,涌现出许多著名的面向终端的网络系统。例如,1963 年在美国投入使用的飞机订票系统 SABRAI,其中心是设在纽约的一台中央计算机,2000 个售票终端遍布全国,使用多点分支线路与中央计算机相连。另一个例子是 1968 年建成的美国通用电气公司的 GE 网络。此网络采用分层星型结构,一台主计算机连接 7 个中心集中器,通过它们与分布在世界上 23 个地点上的 75 个远程集中器相连。这是世界上第一个面向数据处理的商用计算机网络。

### 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,网络的覆盖面积在不断扩大,结果是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:

(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。

1964 年 8 月,欧洲 RAND 公司的 Paul Baran 等人发表了一篇研究报告(P. Baran et al: "On Distributed Communications", Series of 11 reports, Rand Corp. Santa Monica, Ca., Aug. 1964),为北大西洋公约组织提出了一个基于话音分片打包传输与交换的空军通信网络体制,目的在于提高话音通信网的安全和可靠性。这个网络的工作原理设想是:把送话人的话音信号分割成数字化的一些“小片”,各个小片封装成“包”在网内的不同通路上独立地传输到目的节点站,最后从包中卸下“小片”装配成原来的话音信号送给受话人。这样,在除目的地之外的任何其他节点站所能窃听到的只是个别信号小片,不可能组装成一个完整的语句。另外,由于每个话音小片可以有多条通路到达目的站,因而网络具有抗破坏和抗故障能力。可惜这一设想在当时未能引起有关当局的重视,也有当时技术上的原因。

1966 年英国国家物理实验室的 Davies 首次提出分组(packet,又译为“数据包”)的概念,与 Paul Baran 研究报告的设想一致。第一个利用分组交换(packet switching)技术的是美国国防部的高级研究计划局(Advanced Research Project Agency, ARPA)。当时 ARPA 决定致力于开发一个能实现资源共享的计算机网络,把分组交换技术应用于网络的数据通信。这就是于 1969 年建成的 ARPANET——世界上第一个采用分组交换技术的计算机网络——被后人称为“网络之父”,也是现今“因特网”的前身。

分组交换网是一种完全“面向通信”的网络,如图 1-3 所示。分组交换网为计算机组网提供先进的通信资源,所以它的出现使计算机网络的概念发生了根本的变化。例如:用“通信子网”概念来研究网络的结构中的通信支持;进一步加强了通信资源的共享;第一次出现了“计算机通信网”的术语,从而开辟了专门研究计算机网络通信体系的新的技术领域。

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、BPSS 等,相继建成并投入运行。据统计,到 1987 年年底为止,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 年建成第一个公共数据网实验网 CNPAC,1990 年建成完善的公共数据网 CHINAPAC。而且,这些网络大多数都实现了国际互联。

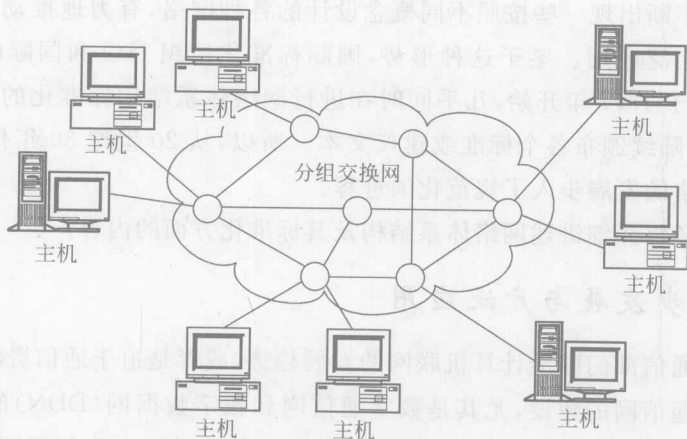


图 1-3 采用分组交换网的计算机网络

分组交换网的出现和成功,使计算机网络的概念和结构迅速发生了根本的变化。如图 1-3 所示,在“面向通信”的网络的外围,具有大量资源的主机系统(这些主机系统本身可能带有大量用户终端)可直接连接到网络的节点上,这就形成了以分组交换网为通信枢纽、以用户系统(终端或主机)为资源集散场所的网络格局。这样,使网络中的数据通信与数据处理的功能非常明显地界定开来。从此,出现了“用户子网”和“通信子网”的结构概念。

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,以后逐渐在应用中提出进一步的要求,即:

- (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“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。

本书的第 2 章将详细讲述网络体系结构及其标准化方面的内容。

#### 1.1.4 进一步发展与广泛应用

一些国家的通信部门瞄准计算机联网的发展趋势,或者是迫于通信资源的需求浪潮,大力加强发展公用通信网的建设,尤其是数字通信网和数字数据网(DDN)的建设,为计算机网络提供充裕的通信资源。这样,不仅加快了建网速度(一般 1~2 年即可基本建成一个网络),提供经济的通信线路,而且也有利于通信资源的更有效利用。

回顾一下,20 世纪 70 年代计算机网络发展的一个重要特点是:从单机远程联机到多机联网,一开始就向广域和大规模的方向发展,覆盖面积从一个部门、一个国家,直到国际连接。到了 20 世纪 80 年代,由于微处理器产品的成熟和成本下降,智能设备和微型计算机像潮水般涌向社会。一个单位一个部门拥有的计算机越来越多,实现它们的互连成为一种新的社会需求。因而,大量出现在一座办公楼、一个校园、一个工厂内部的局部区域网,形成了 20 世纪 80 年代网络发展的一个新的特点。

20 世纪 80 年代网络发展的另一个特点是网络业务向综合信息的方向发展。人们从 20 世纪 70 年代中期就开始研究的综合通信网技术,到了 80 年代获得巨大进展,开始出现一些综合业务局域网和地区网的实验性成果和产品。在这一时期出现了将电话网、数据网、电报网、计算机网等所有信息网络融为一体的综合业务数字网(ISDN)。

进入 20 世纪 90 年代,在更大的范围内与网络有关的技术取得很大的进展。例如,多媒体计算技术和多媒体通信技术共同发展,推动着光纤数字传输技术和宽带综合业务数字网的迅速发展;网络标准化工作进一步完善,网络体制趋于成熟,因此人们将更多的注意力转到提高线路容量和利用率、研究和发展接入网和内部网及其设施、更注重网络互联和互联标准。这些方面的进展集中体现在互联网络(主要是指“因特网”)在网络领域中主宰地位的确立;对网络的应用和由此而带来的网络管理、服务质量、访问控制、安全与保密等,日益显得重要。最后,随着计算机网络的社会、经济效益的迅速提高,网络本身的商业性越来越浓。

进入 21 世纪以来,以因特网(Internet)作为强大的信息互联互通环境,形形色色的利用计算机网络的应用信息系统,正在无孔不入地渗透到人类社会的各个领域。这就是信息化社会!

## 1.2 有关通信与网络的概念

在人们平时的生活、工作和学习中,会接触到许多与通信和网络有关的术语和概念。有些关键概念在进入对计算机网络知识的学习过程之初就必须搞清楚,否则会影响到对网络知识的深入掌握和理解。



## 1.2.1 数据与数据通信

### 1. 数据

在某一个层次概念上来说,计算机网络中传送的东西都是数据(data),这是首先要接触到并且要搞清楚的概念。在信息化社会发展的过程中,数据的概念逐渐从狭义过渡到广义的理解和应用。

从广义上说,“数据”一般是指在传输时可用离散的数字信号逐一准确表示的文字、符号、数码等。几乎涉及一切最终能以离散的数字信号表示、可被送到计算机进行处理的各种信息,例如一份资料、一篇论文、一些设计图纸,甚至人的思维、语音及其活动图像等,都可包括在内。例如,人的语音和图像等的模拟信号经过“数字化”处理,再用数字序列来表示,这种过程叫做信源编码。又如,一张机器图纸,若定出图中各个元素(如点、线等)的坐标并用数字表示,也可以用数字序列来表示整张图纸。因此,不管是什么消息,只要能最终用数字序列来表示而作为计算机的处理对象的,都可说是“数据”。

从狭义上说,因为将各种信息进行编码的目的是能让计算机存储或处理,所以这种编码都必须是计算机能够接收的形式。因此,“数据”一词的最早来源,就是指“计算机数据”。本书就使用这样的定义:“数据”就是由计算机输入、输出和处理的一种信息编码(或消息表示)形式。数据也属于消息的一种表示形式。

### 2. 数据通信

简单地说,数据通信(data communication)就是以传送数据为业务的通信。即是说,通信系统所操纵的对象是数据而不是别的。

事实上,“数据通信”一词是在远程联机系统出现的时候才开始使用的,所以最早也是最准确的定义就应该是:数据通信是指计算机终端与计算机主机之间进行交换数据过程的通信。发展至今天,数据通信的概念已经扩展到计算机与计算机之间进行交换数据过程的通信。这种概念上的扩展并不为过,因为“数据”本身的概念定义仍然是准确的。

不管是终端与计算机之间的通信,还是计算机与计算机之间的通信,如果只涉及机器之间的“纯数据”通信,而不涉及到数据的类型、含义、表示和应用等方面,也即尚未涉及到计算机内部进程之间的互作用过程,这就是“数据通信”。这正是它与“计算机通信”的区别所在。

### 3. 数据通信网

数据通信系统的网络形态就是数据通信网(data communication network)。数据通信系统的最简单形式,就是如图 1-1(a)所示的一台终端(或计算机)与一台计算机之间的所谓点对点数据通信系统。一个多用户计算机系统的远程联机数据通信,就已经构成网络的形态,即可称为数据通信网,如图 1-1(b)所示的复杂远程联机系统。

如同数据通信的概念扩展一样,今天的数据通信网的概念同样也有进一步的扩展。它已经不再是像远程联机系统那样的狭义形式,而它往往是计算机通信网或计算机网络的基础通信设施的代名词,例如,以太网、公用数据网、ISDN、ATM 网等,它们都可以称为数据通信网,其主要作用是各种信息网络提供“通信子网”资源。因此,“数据通信网”与“通信子网”在功能概念上往往是等价的(第 2 章讲述网络结构时会详细解释什么是“通信子网”)。同时还值得指出的是:数据通信网只是针对“纯数据”——作为广义消息的一种承载体而言的载体网络,它的技术范畴并未触及到消息端系统之间的交互过程。这是它与计算机通信