

面向21世纪网络技术实用教程系列

网络通信技术教程

赵小林 主编 李威 周磊 潘娜 编著

国防工业出版社

面向 21 世纪网络技术实用教程系列

网络通信技术教程

赵小林 主编

李威 周磊 潘娜 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

随着通信领域的计算机技术的不断发展,传统的通信和计算机功能已经出现了融合趋势,并很有可能成为下一代应用产品的基础。而且社会的飞速发展使得人们需要交换信息种类越来越多,数量也越来越大。网络技术的发展也给整个现代社会带来了重大的变革,网络技术的应用已经悄然深入我们社会生活中的每一个角落。

本书介绍了通信和网络的基础知识以及网络涉及的技术层面,包括交换网络、帧中继、ATM 交换网络、数字数据网、网络协议、网络安全、以及 xDSL 交换网络等内容。由浅入深地对网络通信进行了论述。

全书条理清晰,内容丰富,实用性强。将通信和网络的基础知识与实际相结合,在清晰的向读者展现网络知识的同时,通过网络通信的实例,对网络通信的各个步骤进行详细阐述,使读者加深了对通信技术的印象。

本书可作为高等学校电子、通信、计算机等专业高年级本科及硕士研究生的教科书,也可作为从事通信网络专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

网络通信技术教程/赵小林主编;李威等编著. —北京:国防工业出版社,2003.8
面向 21 世纪网络技术实用教程系列
ISBN 7-118-03143-7

I. 网... II. ①赵...②李... III. 计算机网络—计算机通信—教材 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 033157 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21 474 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

如果把世界上的事物按其发展的速度排序的话,网络无疑要排在第一位。从网络的诞生开始算起,到现在也不过经历了几十年的时间。而如今的 Internet 却已经形成了一个几乎覆盖每一个角落的全球性网络,其发展速度令人瞠目结舌。通过现今的 Internet,我们可以和世界上每一个角落对话,可以了解每个角落的情况。当然,这仅仅是 Internet 应用的一个小小的方面,却已经让每一个人向往不已。

地球正在变得越来越小,人们之间的距离也在越来越短,人类梦寐以求的全球通信、资源共享、远程教育、家庭办公、电子商务等网络服务如今已经悄然来到我们的身边。我们不得不承认,计算机网络技术是 20 世纪最伟大的发明之一。计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物,网络技术对社会信息产业的发展有着深远的影响。

1994 年 5 月,中国正式连入了 Internet,成为国际互联网大家庭的一员。伴随着网络在我国的飞速发展,我国的网络用户越来越多,许多人加入到了学习、使用网络的大军之中来。

本书正是面对此种情况,对网络通信进行深入的论述。作者凭借多年使用网络和 Internet 以及从事网络开发的经验,结合大量的实例,详细讲述了网络通信的各个步骤,以及较为深入的网络知识。

本书分为 13 章,分别从网络基础、通信基础、交换网络、网络协议和网络安全五个部分对网络通信进行了介绍。第一部分介绍网络基础,包括第 1 章和第 2 章,主要简述了网络和 Internet 及其能提供的服务。第二部分介绍通信基础,包括第 3 章、第 4 章和第 5 章,第 3 章讲述了网络通信的基础知识,包括数据编码技术、基带传输技术、网络中的数据交换技术及 ATM 交换方式。这是本书的重点、难点所在,只有掌握了本章知识,才能更好的深入地学习和应用网络。第 4 章讲述了网络体系结构的概念;第 5 章讲述了有关客户机/服务器的有关概念和与其它服务器的区别。第三部分介绍交换网络,包括第 6 章到第 11 章,第 6 章和第 7 章讲述了交换网络的基本知识;第 8 章到第 11 章是对交换网络的进一步讲解。第四部分即第 12 章,详细地介绍了网络协议及其有关概念。第五部分即第 13 章,介绍的网络安全知识包括防火墙知识和防病毒技术。

作者在编写本书的过程中力求内容全面准确,但终因为水平有限,书中难免出现不太恰当的地方,甚至是有所错误的地方,敬请广大读者批评指正。

目 录

第 1 部分 网络基础

第 1 章 网络概述	1
1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 计算机网络发展阶段的划分	1
1.1.2 计算机网络的形成	2
1.1.3 ARPANET 与分组交换技术	3
1.1.4 网络体系结构与协议标准化的研究	5
1.1.5 Internet 的应用与高速网络的发展	6
1.2 网络的概念	7
1.2.1 计算机网络的组成	7
1.2.2 计算机网络的定义	8
1.2.3 计算机网络与分布式系统的区别	9
1.3 网络的分类	10
1.3.1 根据网络传输技术进行分类	10
1.3.2 根据网络的覆盖范围进行分类	10
1.4 网络拓扑结构	11
1.4.1 计算机网络拓扑结构的定义	11
1.4.2 网络拓扑结构的分类方法	11
1.5 典型计算机网络	14
1.5.1 ARPANET	14
1.5.2 NSFNET	15
1.5.3 INTERNET	16
1.6 计算机网络的应用	17
1.6.1 计算机网络在企业、机关信息管理与信息服务中的应用	17
1.6.2 计算机网络在个人信息服务中的应用	18
1.6.3 计算机网络的应用带来的社会问题	19
第 2 章 Internet 概述	21
2.1 什么是 Internet	21
2.2 Internet 的管理机构和 Internet 的工作文件 RFC	21
2.2.1 Internet 的管理机构	21
2.2.2 Internet 的工作文件 RFC	23
2.3 Internet 的发展	24

2.3.1	Internet 的历史	24
2.3.2	Internet 飞速发展的原因	25
2.4	Internet 的主要服务	25
2.4.1	高级浏览服务(WWW)	25
2.4.2	电子邮件(E-mail)	27
2.4.3	文件传输协议(FTP)	28
2.4.4	远程登录(Telnet)	29
2.4.5	新闻组(Usenet)	30
2.4.6	其他	32

第 2 部分 通信基础

第 3 章	网络通信技术	34
3.1	网络通信的基本概念	34
3.1.1	信息、数据和信号	34
3.1.2	数据传输类型与通信方式	36
3.2	数据编码技术	40
3.2.1	数据编码类型	40
3.2.2	模拟数据编码方法	40
3.2.3	数字数据编码方法	43
3.2.4	脉冲编码调制方法	44
3.3	基带传输与频带传输	46
3.3.1	基带传输	46
3.3.2	频带传输	49
3.4	多路复用技术	53
3.4.1	多路复用技术的分类	53
3.4.2	频分多路复用 FDM	54
3.4.3	波分多路复用 WDM	54
3.4.4	时分多路复用 TDM	55
3.5	网络数据交换技术	57
3.5.1	线路交换方式	57
3.5.2	存储转发交换方式	58
3.5.3	数据报方式	59
3.5.4	虚电路方式	60
3.5.5	ATM 交换方式	62
3.6	差错控制方法	62
3.6.1	差错产生的原因与差错类型	62
3.6.2	误码率的定义	63
3.6.3	检错码与纠错码	63
3.6.4	循环冗余编码工作原理	63

3.6.5 差错控制机制	65
第4章 网络体系结构	66
4.1 网络体系结构的基本概念	66
4.2 ISO/OSI 参考模型	67
4.2.1 OSI 参考模型的基本概念	67
4.2.2 OSI 参考模型的结构与各层的主要功能	68
4.3 TCP/IP 参考模型	69
4.3.1 TCP/IP 参考模型与协议的发展过程	69
4.3.2 TCP/IP 参考模型与层次	70
第5章 客户机/服务器机制	72
5.1 客户机/服务器机制的发展	72
5.2 客户机/服务器机制的主要特点	73
5.2.1 客户机前端系统的主要特点	73
5.2.2 服务器后端系统的主要特点	74
5.3 客户机/服务器中的服务器基本类型	74
5.3.1 文件服务器	74
5.3.2 数据库服务器	74
5.3.3 事务处理服务器	75
5.3.4 应用服务器	75
5.3.5 对象服务器	75
5.4 客户机/服务器中的数据库服务器	76
5.5 客户机/服务器中的中间件	78
5.5.1 中间件的基本概念	78
5.5.2 中间件的结构	78

第3部分 交换网络

第6章 交换网络概述	80
6.1 电路方式	81
6.2 分组方式	82
6.3 帧方式(帧中继)	83
6.4 信元方式	83
6.5 分组交换、帧中继、SMDS、ATM 的比较	84
6.5.1 交换多兆位数据服务网 SMDS	85
6.5.2 X.25 网	85
第7章 帧中继	87
7.1 帧中继概述	87
7.2 帧中继协议	92
7.2.1 数据链路层帧方式接入协议(LAPF)	92
7.2.2 数据链路层核心协议	94

7.2.3 帧中继的寻址功能·····	95
7.3 帧中继用户接入及帧中继设备·····	96
7.3.1 帧中继用户接入规程·····	96
7.3.2 用户接入电路·····	97
7.3.3 用户入网方式·····	98
7.3.4 帧中继用户接入设备·····	98
7.3.5 帧中继交换机·····	99
第8章 ATM交换网络 ·····	100
8.1 异步传输技术 ATM·····	100
8.1.1 ATM的基本概念·····	103
8.1.2 ATM中的有关结构和原理·····	106
8.1.3 ATM交换处理·····	108
8.1.4 ATM传输过程中的相关协议·····	109
8.1.5 ATM传输方式的局域网模拟·····	110
8.1.6 ATM传输模式的总结·····	111
8.2 ATM参考模型·····	111
8.3 物理层·····	112
8.3.1 ATM的物理层·····	112
8.3.2 物理接口·····	113
8.3.3 ATM交换机·····	114
8.4 数据链路层·····	115
8.4.1 ATM中的数据链路层·····	115
8.4.2 信元传输·····	116
8.4.3 信元接收·····	116
8.5 网络层·····	117
8.5.1 ATM中的网络层·····	117
8.5.2 信元格式·····	117
8.5.3 连接建立·····	118
8.5.4 路由选择和交换·····	118
8.5.5 服务类型·····	118
8.5.6 服务质量·····	119
8.5.7 通信量整形和控制·····	120
8.5.8 拥塞控制·····	121
8.6 传输层·····	122
8.6.1 ATM中的传输层·····	122
8.6.2 ATM适配层的结构·····	123
8.6.3 AAL1·····	123
8.6.4 AAL2·····	124
8.6.5 AAL3/4·····	124

8.6.6	AAL5	125
8.6.7	AAL 协议的比较	125
8.6.8	SSCOP——特定服务的面向连接协议	126
8.7	ATM 网络结构和接口	126
8.7.1	ATM 网络结构	126
8.7.2	ATM 主要接口	127
8.8	在 ATM 网络支持 IP	127
8.8.1	简介	128
8.8.2	LANE	128
8.8.3	CLIP(Classical IP over ATM)	130
8.8.4	MPOA	132
8.8.5	IP 交换	132
8.8.6	标记交换	133
第 9 章	数字数据网(DDN)	135
9.1	综述	135
9.1.1	定义	135
9.1.2	优点	135
9.1.3	节点类型	135
9.1.4	网络结构	136
9.1.5	各级网络之间的接口	137
9.1.6	网络互联	137
9.2	同步和网络管理	138
9.2.1	网络同步	138
9.2.2	网络管理和控制	139
9.3	网络业务及用户入网速率	140
9.3.1	网络业务类别	140
9.3.2	用户入网速率	141
9.4	用户入网方式	142
第 10 章	B-ISDN	144
10.1	B-ISDN 概述	144
10.2	ISDN 的业务	146
10.2.1	ISDN 的业务能力及分类	146
10.2.2	承载业务	147
10.2.3	用户终端业务	150
10.2.4	补充业务	151
10.3	ISDN 的用户-网络接口	152
10.3.1	功能	152
10.3.2	参考配置	152
10.3.3	接入配置	153

10.3.4	通路类型和接口结构	153
10.3.5	协议	154
10.3.6	ISDN 用户-网络接口的分层功能	155
10.3.7	ISDN 用户-网络接口物理层	156
10.3.8	ISDN 用户-网络接口链路层	158
10.3.9	ISDN 用户-网络接口网络层协议	160
10.3.10	层间通信	161
10.3.11	补充业务的通用协议	162
10.4	ISDN 设备	162
10.4.1	ISDN 交换机	162
10.4.2	ISDN 用户交换机	164
10.4.3	一类网络终端	165
10.4.4	接入单元	165
10.4.5	ISDN 的终端设备	165
10.5	ISDN 网络体系	166
10.5.1	ISDN 的网络构成	166
10.5.2	ISDN 的局间信令	167
10.5.3	ISDN 的网间互通	168
第 11 章	xDSL 交换网络	170
11.1	xDSL 概述	170
11.1.1	概述	170
11.1.2	实现	170
11.1.3	原理	171
11.1.4	分类	172
11.1.5	xDSL 技术的应用范围	173
11.2	ADSL	174
11.2.1	概述	174
11.2.2	ADSL 的标准	174
11.2.3	原理	176
11.2.4	ADSL 的未来	177
11.3	VDSL	177
11.3.1	概述	177
11.3.2	原理	177
11.3.3	目前情况	178
第 4 部分 网络协议		
第 12 章	网络协议	179
12.1	TCP/IP 协议组件	191
12.1.1	分层	191

12.1.2	TCP/IP 协议的分层	194
12.1.3	互联网的地址	195
12.1.4	IP 地址的管理	196
12.1.5	域名系统	196
12.1.6	封装	200
12.1.7	客户机/服务器模型	200
12.1.8	WWW 和 Java	201
12.1.9	端口号	203
12.1.10	标准化过程	203
12.1.11	RFC	204
12.1.12	互联网	204
12.1.13	IPV6	205
12.1.14	应用编程接口	217
12.1.15	小结	217
12.2	链路层	218
12.2.1	引言	218
12.2.2	以太网和 IEEE 802 封装	218
12.2.3	尾部封装	219
12.2.4	SLIP: 串行线路 IP	219
12.2.5	压缩的 SLIP	220
12.2.6	PPP: 点对点协议	220
12.2.7	环回接口	221
12.2.8	最大传输单元 MTU	222
12.2.9	路径 MTU	222
12.2.10	串行线路吞吐量计算	222
12.2.11	小结	223
12.3	IP: 网际协议	223
12.3.1	引言	223
12.3.2	IP 首部	226
12.3.3	IP 路由选择	228
12.3.4	子网寻址	231
12.3.5	子网掩码	232
12.3.6	特殊情况的 IP 地址	233
12.3.7	ifconfig 命令	234
12.3.8	netstat 命令	235
12.3.9	IP 的未来	235
12.3.10	小结	236
12.4	ARP: 地址解析协议	236
12.4.1	一个例子	237

12.4.2	ARP 高速缓存	237
12.4.3	ARP 的分组格式	238
12.4.4	ARP 举例	238
12.4.5	ARP 代理	239
12.4.6	免费 ARP	240
12.4.7	arp 命令	241
12.4.8	小结	241
12.5	RARP——逆地址解析协议	242
12.5.1	引言	242
12.5.2	RARP 的分组格式	242
12.5.3	RARP 服务器的设计	242
12.5.4	小结	243
12.6	ICMP——Internet 控制报文协议	243
12.6.1	引言	243
12.6.2	ICMP 报文的类型	243
12.6.3	ICMP 地址掩码请求与回答	244
12.6.4	ICMP 时间戳请求与回答	245
12.6.5	ICMP 端口不可达差错	247
12.6.6	ICMP 报文的 4.4BSD 处理	248
12.6.7	小结	248
12.7	Ping 程序	248
12.7.1	引言	248
12.7.2	Ping 程序	249
12.7.3	IP 记录路由选项	251
12.7.4	IP 时间戳选项	252
12.7.5	小结	252
12.8	Traceroute 程序	253
12.8.1	引言	253
12.8.2	Traceroute 程序的操作	253
12.8.3	局域网输出	254
12.8.4	广域网输出	256
12.8.5	IP 源站选路选项	256
12.8.6	小结	258
12.9	IP 路由选择	258
12.9.1	引言	258
12.9.2	路由选择的原理	259
12.9.3	ICMP 主机与网络不可达差错	263
12.9.4	转发或不转发	263
12.9.5	ICMP 改变路由差错	264

12.9.6	ICMP 路由器发现报文	265
12.9.7	小结	266
12.10	动态选路协议	267
12.10.1	引言	267
12.10.2	动态选路	267
12.10.3	Unix 选路守护程序	268
12.10.4	RIP——选路信息协议	268
12.10.5	RIP 协议版本 2	271
12.10.6	OSPF——开放最短路径优先	271
12.10.7	BGP——边界网关协议	272
12.10.8	CIDR——无类型域间选路(Classless Interdomain Routing)	273
12.10.9	小结	274
12.11	UDP——用户数据报协议	275
12.11.1	UDP 首部	275
12.11.2	UDP 检验和	275
12.11.3	一个简单的例子	277
12.11.4	IP 分片	277
12.11.5	ICMP 不可达差错(需要分片)	279
12.11.6	用 Traceroute 确定路径 MTU	279
12.11.7	采用 UDP 的路径 MTU 发现	280
12.11.8	UDP 和 ARP 之间的交互作用	280
12.11.9	最大 UDP 数据报长度	281
12.11.10	ICMP 源站抑制差错	282
12.11.11	UDP 服务器的设计	283
12.11.12	小结	287
12.12	广播和多播	288
12.12.1	广播	289
12.12.2	广播的例子	290
12.12.3	多播	291
12.12.4	小结	293
12.13	文件传输协议 FTP	293
12.13.1	FTP 的数据传输功能	294
12.13.2	FTP 中的文件传输功能	298

第 5 部分 网络安全

第 13 章	网络安全	303
13.1	Internet 的不安全因素	303
13.2	防火墙技术	305
13.2.1	什么是防火墙	305

13.2.2 防火墙的分类.....	306
13.2.3 防火墙的实现方式.....	307
13.3 网络防病毒技术.....	308
13.3.1 造成网络感染病毒的主要原因.....	308
13.3.2 网络病毒的危害.....	309
13.3.3 网络病毒的防范.....	309
附录	311
A 网络缩略词	311
B 部分网络标准	319

第 1 部分 网络基础

第 1 章 网络概述

随着人类社会科学技术的高速发展,计算机网络技术也得到了巨大的发展。网络技术的发展也给整个现代社会带来了重大的变革,网络技术的应用已经悄然深入我们社会生活中的每一个角落。在面临着网络发展对我们的生活和学习带来的巨大挑战的同时,为了深入了解网络技术,帮助广大读者对计算机网络有一个全面、准确的认识,本章在讨论网络形成与发展历史的基础上,对网络定义、分类与拓扑构型等问题进行了系统的讨论,并以典型的计算机网络为例,对网络在现代的信息社会中的应用进行了全面的探讨。

1.1 计算机网络的形成与发展

1.1.1 计算机网络发展阶段的划分

提起计算机网络的发展,我们不得不先讲一讲信息技术的发展。因为正是社会对信息技术发展的不断需求,才推动了网络技术的高速发展。21 世纪最为关键的技术就是信息技术。而所谓信息技术,它实际上涉及到信息的收集、存储、处理、传输与利用。20 世纪信息技术的发展主要表现在以下几个方面:

- (1) 计算机技术的高度发展与计算机的广泛应用。
- (2) 通信技术的高度发展,全球范围内的电话通信系统、光纤与无线通信系统、卫星移动通信系统的建立与广泛应用。
- (3) 计算机技术与通信技术相互渗透、密切结合的产物——计算机网络的发展,Internet 的广泛应用与全球信息高速公路建设热潮的兴起。

信息技术的发展推动了网络的发展。计算机网络的应用正在不知不觉中改变着我们的工作方式与生活方式,它正在进一步引起世界范围内各种产业结构的变化,正在促进全球信息产业的发展,并且在各国的经济、文化、科研、军事、政治、教育和社会生活等各个领域内发挥着越来越重要的作用。因此,计算机网络技术引起了人们的高度重视。

计算机网络的形成与发展历史大致可以划分为四个阶段:

第一阶段可以追溯到 20 世纪 50 年代。那时,人们开始将彼此独立发展的计算机技术与通信技术结合起来,完成了数据通信技术与计算机通信网络的研究,为计算机网络的产生做好了技术准备,奠定了理论基础。

第二阶段应该从 20 世纪 60 年代美国的 ARPANET 与分组交换技术谈起。ARPANET 是计算机网络技术发展中的一个里程碑,它的研究成果对促进网络技术的发展起到了重要的作用,并为 Internet 的形成奠定了坚实的基础。

第三阶段一般认为是从 20 世纪 70 年代中期开始。20 世纪 70 年代中期,国际上各种广域网、局域网与公用分组交换网的发展十分迅速,各个计算机生产厂家纷纷发展各自的计算机网络系统,但随之而来的是网络体系结构与网络协议的国际标准化问题。国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)在推动开放系统参考模型与网络协议的研究方面做了大量的工作,对网络理论体系的形成与网络技术的发展起到了重要的作用,但它同时也面临着 TCP/IP 的严峻挑战。

第四阶段要从 20 世纪 90 年代谈起。20 世纪 90 年代网络技术最富有挑战性的话题是 Internet 与异步传输模式 ATM(Asynchronous Transfer Mode)技术。Internet 作为世界性的信息网络,正在当今经济、文化、科学研究、教育与人类社会生活等方面发挥着越来越重要的作用。以 ATM 技术为代表的高速网络技术的发展,为全球信息高速公路的建设提供了技术准备。

1.1.2 计算机网络的形成

当 1946 年世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国的宾西法尼亚大学诞生的时候,计算机技术与通信技术并没有直接的联系。而 20 世纪 50 年代计算机的数量很少,价格也十分昂贵。为了运行与维护一台计算机,通常都要建立一个计算中心,并将计算机安装在计算中心,由技术人员进行专门的维护和负责它的运行与运算。而早期的计算机系统并没有提供管理程序与操作系统,如果人们要使用计算机进行科学计算,必须亲自编写程序和数据,并采用手工的方式上机,这种工作方式对于远方的用户显然是很不方便的。

20 世纪 60 年代初期,计算机软件开始采用批处理方法。用户只需要使用作业控制语言编写出上机操作说明,并将程序与数据一起输入到计算机,计算机就可以自动完成所要求的计算任务。这种工作方式虽然还不尽人意,但它和以前的手工工作方式相比已经有了很大的进步。同时,由于当时在工业、商业与军事部门已经开始使用计算机,它们迫切地需要将分散在不同地方的数据进行集中处理,从而促使了批处理系统采用通信技术,由此就产生了具有脱机通信功能的批处理系统。这种具有脱机通信功能的批处理系统,可以让远程用户不需要亲自到计算机中心上机,只需要由操作员控制进行远程输入和远程输出过程就可以在比较远的距离之外得到运算结果。但是正是由于这种“脱机”方式需要操作员来干预远程输入及输出过程,显然其工作效率是比较低的。

针对脱机通信方式的缺点,人们在计算机中增加了通信控制设备。远程用户的输入输出设备可以通过通信线路和通信控制设备直接与计算机中心的计算机连接。这时,用户就可以在不需要操作员干预的情况下,一边输入数据,一边接收计算机处理结果。这就是现在的计算机网络的雏形。实际上,这是一种联机(On Line)系统。

为了适应不同的应用领域,如自动控制与自动监测的要求,除了以上用于科学计算与信息处理的通用输入输出设备之外,人们又研制开发了大量能与计算机连接的控制与监测设备。人们通常将这种能通过通信线路与计算机连接的各种设备统称为终端设备。实时控制或分时系统都需要由一台主计算机连接多台终端设备,这种远程批处理系统、远程

分时处理系统与远程实时控制系统是一种更为复杂的联机系统。

早期的联机系统多是利用专用的点到点通信线路,将多个终端与主机连接起来。连接大量终端的联机系统有两个显著的缺点:一是主机除了要完成数据处理任务之外,还要承担繁重的通信管理任务。这样将大大增加主机系统的负荷,降低了主机的信息处理能力;二是通信线路的利用率较低。

为了克服第一个缺点,人们在主机之前增设了一个前置处理机 FEP(Front End Processor),专门用于处理终端与主机的通信任务,使主机不必浪费宝贵的时间去处理通信管理任务,这就减轻了主机的负荷、提高了系统的工作效率。为了克服第二个缺点,人们通常是在终端比较集中的地区设置一个线路集中器。多个终端使用低速通信线路汇集到线路集中器,线路集中器使用一条高速通信线路连接到主机,从而提高了通信线路的利用率。

使用专用通信线路的造价较高,为了能使用电话线路传送终端与计算机的数据信息,需要使用一种叫调制解调器的设备。我们通常将这个通用的联机系统称为面向终端的计算机通信网。

在 20 世纪 60 年代,面向终端的计算机通信网络得到了很大的发展。在专用的计算机通信网中,最著名的是美国的半自动地面防空系统 SAGE 与美国的飞机订票系统 SABREI。SAGE 系统首先使用了人机交互的显示器,研制了用小型计算机做成的前置处理机,制定了 1600b/s(比特/秒)的数据线路的技术规范,并研究了可靠性高的路由选择方法。在商用网络中,美国通用电气公司的信息服务网(GE Information Services Network)是世界上最大的商用数据处理分时网络之一,其地理覆盖范围从美国延伸到加拿大、欧洲、澳大利亚和日本。SAGE 系统和分时计算机系统的研究,对数据通信技术的发展起到了重要的推动作用,同时也为网络技术发展奠定了基础。

1.1.3 ARPANET 与分组交换技术

在讨论计算机网络的发展历史时,必须着重介绍一下报文分组交换(Packet Switching)技术。报文分组交换又简称为分组交换,它是现代计算机网络技术的基础。

随着计算机应用的发展,出现了多台计算机互联的需求,这种需求主要来自军事、科研、地区与国家经济信息分析决策、大型企业的经营管理。他们希望将分布在不同地点的计算机通过通信线路互联成为计算机的网络。网络用户不仅可以通过计算机使用本地计算机的软件、硬件与数据资源,也可以使用连网的其他计算机的软件、硬件与数据资源,以达到计算机资源共享的目的。这一阶段研究的典型代表是美国国防部高级研究计划局(ARPA, Advanced Research Projects Agency)的 ARPANET(通常称为 ARPA 网),其核心技术是分组交换技术。

20 世纪 60 年代中期正处于冷战的高潮时期,美国军方需要有一个命令与控制信息的传输网络,这个网络也叫“可生存系统”。根据上述要求,这种网络就意味着在遭到核战争或自然灾害后仍能继续工作,而传统的通信线路与电话交换网无法实现这种要求。在早期的电话交换网中,一条中继线路或一个交换机的损坏,就有可能导致所有电话通信的中断。针对这种情况,美国国防部开始着手进行分组交换网的研究工作。

要设计一个计算机网络,就必须选择合适的通信系统。在早期的通信系统中,最重要