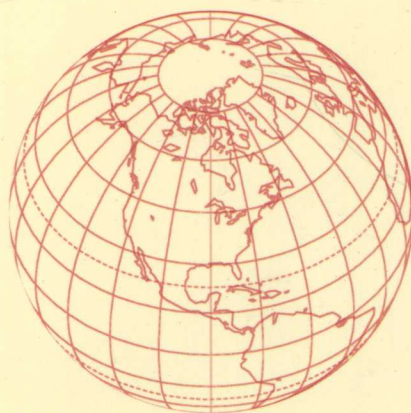


普通高等院校电子信息类“十一五”规划教材

计算机网络 与通信

JISUANJI WANGLUO YU TONGXIN

邵必林 段中兴 边根庆 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校电子信息类“十一五”规划教材

计算机网络与通信

邵必林 段中兴 边根庆 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机网络的基本原理,通过具体的网络模型深入探讨了计算机网络与通信的基本知识和典型的网络协议,并对下一代互联网(CNGI)的相关技术进行了介绍。

全书分为9章,内容包括计算机网络概述、数据通信基础、计算机网络协议与网络体系结构、局域网技术、广域网技术、Internet与TCP/IP体系结构、网络互联、网络安全与网络管理、综合布线技术等当前计算机网络的若干热门课题内容。各章均附有练习题,并在部分章节后附有精心设计的实训案例。

本书概念清晰、重点突出、内容新颖、图文并茂。最大特点是在介绍基本理论的同时紧扣实践环节。教材结构及内容循序渐进,符合学生学习和理解知识的习惯,除每章配备一定数量的习题外,还精选了部分范例实训,以强化学生学习网络理论的感性认识。通过本书的学习,使学生不仅能够较为全面地掌握网络的基本知识,而且能够具备配置、管理和组建网络的基本能力,以及实施网络工程设计的实际动手能力。为便于教师教学,配有电子教案。

本书可作为高等院校电子信息类及相关学科、专业的本科生或研究生教材,也可供从事计算机网络工作的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与通信/邵必林,段中兴,边根庆编著.北京:
国防工业出版社,2009.5
普通高等院校电子信息类“十一五”规划教材
ISBN 978-7-118-06293-9

I. 计... II. ①邵...②段...③边... III. ①计算机
网络—高等学校—教材②计算机网络—计算机通信—高等
学校—教材 IV. TP393 TN915

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第054585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100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 26 字数 596千字

2009年5月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 45.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

在 1946 年世界上第一台计算机诞生后不久,人们就不断尝试将传统的通信理念、方式和技术与计算机技术进行有机融合。半个多世纪以来,伴随着社会的强烈需求和 IT 行业突飞猛进的技术进步,计算机技术和通信技术都获得了日新月异的发展,而计算机网络作为计算机技术与通信技术有机结合的产物,更是以前所未有的速度深入到了人们日常学习、工作、生活以及社会的各个领域之中。可以说,计算机网络无处不在,当今社会和未来世界已经无法脱离网络而独立存在,计算机网络已成为人们物质和精神世界中极其重要而又不可或缺的组成部分。在我们所熟知的所有学科领域中,甚至还无法找到哪一门学科能有如此迅猛的发展速度和如此广博的应用范围。

计算机网络是计算机技术与通信技术相互渗透、相互依存、相互促进的一门交叉性学科。进入 21 世纪以来,计算机网络已成为全球数字化、网络化、信息化的重要技术支撑。基于网络的电子政务、电子商务、电子对抗、远程医疗、远程教育、现实模拟、超容量信息存储、超级计算处理能力的获取等应用服务,已成为人们在政治、经济、文化、教育、军事、金融、科学研究与社会发展等各个方面加快信息交流,强化信息时效,缩短信息距离,更大范围地实现资源共享的重要手段。计算机网络已经大规模地改变着整个社会的历史进程,改变着人们日常的学习、工作和生活方式。

计算机网络技术的快速更迭,信息技术与信息产业的飞速发展,新型智能网络的层出不穷等都对计算机网络理论研究和实践应用人才的需求日益迫切。高等学校作为科技创新的基地和高素质人才培养的摇篮,无疑是为社会进步、经济发展提供源源不断人才和智力支持的重要场所。有鉴于此,计算机网络不但已成为计算机及信息类学科专业的一门主干课程,而且也是各行各业专业技术人员应该学习并掌握的重要知识技能。

作为一门交叉性学科,计算机网络主要涉及计算机技术与通信技术两个学科领域的知识。其概念的繁杂性,理论的抽象性和课程固有的实践性是区别于其他学科课程的重要特点。因此,要使学生在过程中能很好地理解网络的基本概念,把握网络的基础理论知识,掌握网络的基本应用技能,合理的教材篇章结构,科学的教学组织体系,清晰的教材内容与层次关系,循序渐进式的课堂教学方法是关键。这也是笔者多年从事本科生、研究生计算机网络课程教学的经验与感悟。

正是基于这样的认识,我们汇聚了一批具有多年从事计算机网络课程教学与应用实践经历的同仁们,共同编著了旨在供在校的计算机、信息类及相关学科专业的本科生、研究生学习使用的教材,当然也是从事网络工程技术人员的学习参考资料。全书共分 10 章,参考学时 52~56 个学时。各章主要内容概要如下。

第 1 章:计算机网络概述,主要介绍计算机网络的形成与发展,定义与分类,功能与特点,组成与应用等基本知识。

第2章:数据通信基础,主要介绍数据通信的基本概念,传输介质及其特性,数据编码与数据传输,同步技术与多路复用,数据交换技术与差错控制方法等有关通信领域的基础知识。

第3章:计算机网络协议与网络体系结构,主要介绍网络协议与网络体系结构的基本概念,ISO/OSI参考模型,TCP/IP协议模型等内容。

第4章:局域网技术,主要介绍IEEE 802参考模型及协议标准,局域网的构成,传统的以太网工作原理,几种典型的局域网组网技术等内容。

第5章:广域网技术,主要介绍广域网的基本概念,广域网的构成及工作原理,几种典型广域网的组网技术等内容。

第6章:Internet与TCP/IP体系结构,主要介绍支持Internet的核心技术,IP地址,域名系统,TCP/IP协议集等内容。

第7章:网络互联,主要介绍网络互连技术,互连设备,互连方法,以及典型计算机网络互联实例等方面的内容。

第8章:网络安全与网络管理,主要介绍网络安全的基本概念及基本技术,网络防攻击与防病毒技术,如何进行网络安全管理等内容。

第9章:综合布线系统,主要介绍综合布线的基本概念、基本内容,综合布线涉及的主要原则和基本实现方法等内容。

各章之后均附有相应的练习和思考题,并精选了若干实训和范例,供读者融会贯通和巩固所学知识。

本书由西安建筑科技大学邵必林教授、段中兴教授、边根庆副教授共同组织编写。其中,第1章、第2章、第3章由西安建筑科技大学邵必林老师、西安政法大学李继玲老师、西安建筑科技大学张志霞老师共同组织编写,第4章、第5章、第6章由边根庆老师负责组织编写,第7章、第8章由段中兴老师编写,第9章由孙继武老师编写。全书由邵必林老师统稿。本书在编写、统稿以及书稿的修订完善过程中,得到了笔者所在单位领导、学术同仁、出版社编辑等诸多朋友的关心和支持,以及西安华为技术研究所高级工程师李金成先生的无私帮助。在此,表示衷心的感谢!此外,还要感谢我的夫人段燕华副教授、段中兴老师的夫人马怡女士、边根庆老师的夫人张利彦女士,是她们的鼎力支持,才使我们得以集中精力完成书稿的编撰和出版工作。

本书的出版工作,得到了新疆嘉艺矿山投资股份有限公司的友好资助,全书所有编者谨此深表谢忱!

快速发展的网络技术和网络繁杂、丰富而特殊的知识结构,本身就为如何编写出一本既篇章结构合理,又能很好地包容网络课程的主要知识点,还能符合学生学习实际,体现理论基础与实践训练有机融合的教材提出了很高的要求,加之笔者有限的学术水平与相对仓促的编撰时间,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者和同仁们批评指正,我们不胜感激。

邵必林

2009年3月于西安

笔者电子邮件地址:sblin0462@sina.com sblin0462@163.com

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 计算机网络的形成	1
1.1.2 计算机网络的定义	9
1.1.3 计算机网络的应用及其发展趋势	10
1.1.4 计算机网络标准化涉及的主要国际性组织	11
1.2 计算机网络的组成与结构	13
1.2.1 资源子网	14
1.2.2 通信子网	14
1.2.3 网络协议	14
1.3 计算机网络的拓扑结构	15
1.4 计算机网络的功能与分类	16
1.4.1 计算机网络的功能	16
1.4.2 计算机网络的分类	18
本章小结	21
习题	23
第 2 章 数据通信基础	24
2.1 数据通信的基本概念	24
2.1.1 数据、信息与信号	24
2.1.2 数据传输类型与通信方式	25
2.1.3 传输介质	26
2.2 数据传输编码技术	33
2.2.1 数据编码类型	33
2.2.2 数字数据的数字信号编码	34
2.2.3 数字数据的模拟信号调制编码	35
2.2.4 模拟数据的数字信号编码	37
2.3 数据传输方式与形式	38
2.3.1 并行传输	38
2.3.2 串行传输	38
2.3.3 同步传输	39

2.3.4	异步传输	40
2.3.5	传输形式	40
2.4	多路复用技术	41
2.4.1	多路复用技术的分类	42
2.4.2	频分多路复用	42
2.4.3	波分多路复用	43
2.4.4	时分多路复用	44
2.4.5	码分多路复用	46
2.5	数据交换技术	46
2.5.1	线路交换方式(Circuit Exchanging)	47
2.5.2	存储转发交换方式(Store - and - Forward)	48
2.5.3	数据报方式	49
2.5.4	虚电路方式	50
2.6	传输差错处理	51
2.6.1	差错控制机制	52
2.6.2	反馈重传协议	53
2.6.3	停止等待协议	53
2.6.4	连续重传协议	55
2.6.5	滑动窗口协议	55
2.6.6	选择重传协议	56
2.7	常用的检错码	57
2.7.1	检错码的构造	58
2.7.2	奇偶校验码	58
2.7.3	正反码	60
2.7.4	循环冗余校验码	60
	本章小结	61
	习题	62
第3章	计算机网络协议与体系结构	64
3.1	网络体系结构的基本概念	64
3.1.1	网络协议的概念	64
3.1.2	网络体系结构的层次化	65
3.1.3	开放系统互连参考模型 OSI/RM	66
3.2	OSI 参考模型	67
3.2.1	OSI 参考模型的基本概念	67
3.2.2	OSI 参考模型的结构	68
3.2.3	OSI 层与层之间的通信	68
3.2.4	OSI 数据传输方式	69
3.3	OSI 的层次结构	71

3.3.1	物理层	71
3.3.2	数据链路层	74
3.3.3	网络层	82
3.3.4	传输层	87
3.3.5	会话层	92
3.3.6	表示层	93
3.3.7	应用层	93
3.5	TCP/IP 模型与 OSI 模型的对应关系	97
3.5.1	TCP/IP 的体系结构	97
3.5.2	TCP/IP 模型与 OSI 模型的比较	98
	本章小结	99
	习题	101
第 4 章	局域网技术	103
4.1	局域网的基本概念	103
4.1.1	局域网的特性和特点	103
4.1.2	拓扑结构和局域网的组建	104
4.1.3	传输技术	107
4.1.4	局域网的逻辑结构	107
4.2	局域网模型	108
4.2.1	IEEE 802 模型	108
4.2.2	IEEE 802 协议标准	109
4.2.3	信道的多点共享访问控制	110
4.3	令牌网	112
4.3.1	令牌环网与 IEEE 802.5	112
4.3.2	令牌总线网与 IEEE 802.4	114
4.4	以太网	116
4.4.1	CSMA/CD 协议	116
4.4.2	CSMA/CD 的工作原理	119
4.4.3	10 Mb/s 以太网与 IEEE 802.3	122
4.4.4	高速以太网	124
4.4.5	IEEE 802.3z 与千兆以太网	126
4.4.6	IEEE 802.3ae 与万兆以太网	128
4.4.7	各种以太网技术性能比较	130
4.4.8	双绞线的连接	132
4.5	光纤分布式数据接口	134
4.5.1	FDDI 网络体系结构	135
4.5.2	FDDI 的工作原理	135
4.5.3	FDDI 技术的特点	136

4.6	交换式局域网	137
4.6.1	局域网的分段与交换式局域网	137
4.6.2	交换式局域网工作原理	138
4.6.3	虚拟局域网 VLAN	139
4.7	无线局域网	142
4.7.1	无线局域网分类	142
4.7.2	红外线局域网	143
4.7.3	扩频无线局域网	143
4.7.4	窄带微波无线电局域网	144
4.7.5	无线局域网工作方式	146
4.7.6	无线局域网拓扑结构	147
4.7.7	蓝牙技术	148
4.8	逻辑链路控制层	149
4.8.1	LLC/网络层接口服务规范	150
4.8.2	LLC/LLC 对等协议规程	151
4.8.3	LLC/MAC 接口服务规范	155
4.9	实训与范例	156
4.9.1	局域网组网设备	156
4.9.2	以太网组网实例	156
	本章小结	159
	习题	160
第5章	广域网技术	162
5.1	广域网概述	162
5.1.1	广域网特点与构成	163
5.1.2	广域网提供的服务	164
5.1.3	常见的广域网服务类型和带宽	165
5.1.4	广域网与 OSI 模型	167
5.2	X.25 网络	169
5.2.1	X.25 网络的组成	169
5.2.2	X.25 网络的编址方式	172
5.2.3	X.25 端用户系统	176
5.2.4	X.25 网络的特点	176
5.3	ISDN	176
5.3.1	ISDN 概述	176
5.3.2	ISDN 的组成	177
5.3.3	ISDN 的接入速率	178
5.3.4	B-ISDN	179
5.4	帧中继	181

5.4.1	帧中继的原理	181
5.4.2	帧中继的组成与实现	182
5.4.3	帧中继的帧结构	183
5.5	ADSL	184
5.5.1	ADSL 基础知识	184
5.5.2	ADSL 技术的特点和业务功能	185
5.5.3	ADSL 的安装	185
5.6	ATM	186
5.6.1	ATM 技术引入的背景	186
5.6.2	ATM 的定义	186
5.6.3	ATM 的协议参考模型	187
5.6.4	ATM 的基本工作原理	189
5.6.5	ATM 的特点与应用	191
5.7	SDH 技术	192
5.7.1	SDH 的实现	192
5.7.2	SDH 的特点	195
5.7.3	SDH 的应用	197
5.8	实训与范例	198
5.8.1	帧中继网络的配置	198
5.8.2	ADSL 接入 Internet	199
5.8.3	PPP 网络的配置	202
	本章小结	203
	习题	203
第 6 章	Internet 与 TCP/IP 体系结构	204
6.1	Internet 概述	204
6.1.1	Internet 的基本概念	204
6.1.2	Internet 的发展史	205
6.1.3	Internet 在我国的发展	205
6.1.4	Internet 的体系框架	205
6.1.5	Internet 的特点	206
6.2	Internet 地址	207
6.2.1	Internet IP 地址的分类	207
6.2.2	Internet IP 地址的分配	210
6.2.3	子网与子网掩码	212
6.3	域名系统(DNS)	215
6.3.1	域名系统的基本概念	216
6.3.2	域名服务器的层次结构	216
6.3.3	域名注册与域名解析	217

6.3.4	域名系统(DNS)的工作过程	220
6.4	网际协议 IP	221
6.4.1	TCP/IP 协议集的层次结构	221
6.4.2	IP 协议的主要功能	222
6.4.3	IP 协议的工作原理	222
6.4.4	IP 协议的特性	223
6.4.5	IP 协议包的格式	223
6.4.6	地址解析协议 ARP 和逆地址解析协议 RARP	224
6.4.7	IP 路由	225
6.4.8	IPv4	226
6.4.9	下一代网际协议 IPv6(IPng)	227
6.5	传输控制协议 TCP	233
6.5.1	TCP 协议的主要特点	233
6.5.2	TCP 端口和连接	234
6.5.3	TCP 报文段格式	234
6.5.4	TCP 传输的工作过程	235
6.5.5	TCP 流量与拥塞控制	237
6.5.6	TCP 差错控制	238
6.6	用户数据报协议 UDP	239
6.6.1	UDP 协议的主要特点	239
6.6.2	UDP 的基本工作过程	240
6.6.3	UDP 端口号分配方法	241
6.6.4	UDP 数据报格式	241
6.7	Internet 报文控制协议 ICMP	242
6.7.1	ICMP 产生的原因	242
6.7.2	ICMP 的作用与特点	242
6.7.3	ICMP 报文的形成和传输	243
6.7.4	ICMP 报文的类型	243
6.7.5	ICMP 差错控制	244
6.8	TCP/IP 应用服务	245
6.8.1	TCP/IP 应用服务工作原理	245
6.8.2	远程登录(Telnet)	246
6.8.3	文件传输协议(FTP)	247
6.8.4	电子邮件	249
6.8.5	万维网 WWW	252
6.8.6	Intranet 和 Extranet	252
6.8.7	网络应用 Socket 编程	257
6.9	实训与范例	258
6.9.1	IP 地址分配与划分子网实例	258

6.9.2 根据主机的 IP 地址判断是否属于同一个子网	261
本章小结	262
习题	262
第 7 章 网络互连	263
7.1 网络互连概述	263
7.1.1 网络互连的类型	264
7.1.2 网络互连的层次	266
7.1.3 网络互连要求	267
7.1.4 网络互连技术	268
7.2 网络互连设备	270
7.2.1 中继器	271
7.2.2 网桥(Bridge)	271
7.2.3 交换机(Switch)	273
7.2.4 路由器(Router)	275
7.2.5 网关(Gateway)	280
7.2.6 网络互连设备的对比	281
7.3 实训与范例——校园网的组建	281
7.3.1 系统总体设计方案概述	281
7.3.2 访问层交换机的配置	284
7.3.3 分布层交换机的配置	287
7.3.4 核心层交换机的配置	290
本章小结	292
习题	293
第 8 章 网络安全与网络管理	296
8.1 网络安全概述	296
8.1.1 网络安全的重要性	297
8.1.2 网络安全研究的主要问题	297
8.1.3 网络安全策略	299
8.1.4 网络的安全标准	301
8.2 网络安全技术	304
8.2.1 防火墙技术	304
8.2.2 网络加密技术	307
8.2.3 网络病毒防范	308
8.2.4 身份认证技术	311
8.2.5 网络隔离技术	316
8.3 网络管理技术	323
8.3.1 网络管理概述	323

8.3.2	网络管理功能	325
8.3.3	网络管理协议	329
8.4	网络操作系统	332
8.4.1	网络操作系统概述	332
8.4.2	Windows 系列操作系统	336
8.4.3	Linux 操作系统	343
8.4.4	Unix 操作系统	347
本章小结		348
习题		349
第 9 章	综合布线系统	351
9.1	综合布线系统概述	351
9.1.1	综合布线系统的定义	351
9.1.2	综合布线系统的发展	351
9.1.3	综合布线系统的特点	352
9.1.4	综合布线系统适用的范围	353
9.1.5	综合布线系统的运用场合	354
9.2	综合布线系统的网络结构和系统组成	355
9.2.1	综合布线系统的网络结构	355
9.2.2	综合布线系统的组成	356
9.2.3	综合布线系统的等级和类别	359
9.3	综合布线系统的主要布线部件	362
9.4	综合布线系统的工程设计	365
9.4.1	设计原则和依据	365
9.4.2	设计等级和类别	369
9.4.3	综合布线子系统设计	371
9.4.4	电气保护与接地设计	386
9.4.5	防火	388
9.5	综合布线系统的测试	389
9.5.1	综合布线系统测试概述	389
9.5.2	链路测试的模型	390
9.5.3	链路性能测试的内容	393
本章小结		401
习题		401
参考文献		403

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互渗透、相互依存、相互促进的一门交叉性学科。网络的产生源于人们对异地复杂数据处理能力、快速通信反应能力的提高和实现异地硬件资源、软件资源和数据资源更大范围共享的需要。一方面,网络技术的发展使得不断上升的社会需求得以满足;另一方面,日益迫切的社会需求又促使人们在计算机技术和通信技术领域内展开更为深入的研究,获得更加快速的发展。例如,超大规模集成电路(Very Large Scale Integration, VLSI)等微电子技术以及光纤通信等关键性技术的突破等。计算机网络的飞速发展,为各个学科的技术进步起到了重要的推动作用。可以毫不夸张地说,计算机网络改变了整个社会的进程,已成为人们物质和精神世界中极其重要而又不可或缺的组成部分。本章主要通过对计算机网络的产生与发展、组成与结构、功能与分类等基本内容的全面介绍,使读者对计算机网络技术及其应用有一个较为客观和全面的了解。

1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络是计算机技术与通信技术密切结合的产物。其自身的发展历经了一个从低级到高级,从简单到复杂的演变过程。计算机网络的技术进步对快速推动知识经济的信息化和全球化起到了至关重要的作用。

1.1.1 计算机网络的形成

1. 面向终端的联机系统

从早期的概念上说,计算机技术和通信技术本属两个互不相关的学科领域。具有现代特征的通信技术诞生于 19 世纪末期,其典型的代表是电磁理论的发展,以及电报、电话的诞生。追溯历史,短波通信的出现距今已有 110 多年的历史。而 1946 年,诞生于美国的第一台电子数字计算机 ENIAC,则较短波通信技术晚了整整半个世纪。

电子计算机诞生的初期,计算机技术与通信技术并没有直接的联系,它们分属两个独立发展的技术领域。20 世纪 50 年代初,基于军事实战的需要,美国军方试图将两者的优势集中起来,以解决军事方面的需要,美国半自动化地面防空系统(Semi - Automatic Ground Environment, SAGE)首先开始了计算机技术与通信技术结合的尝试。他们将分布在远程各地的雷达系统与其他测控点设备搜集到的信息,通过通信线路汇聚到一台 IBM AN/FSQ - 7 中央计算机内进行集中处理。各地终端(此时的终端尚未具备数据处理能力)则通过通信线路将信息送入中央计算机,中央计算机将信息集中处理后,再将处理后的结果通过通信线路回送各个终端,从而达到正确决策和快速反应的目的。当时,

SAGE 用于连接各种设备以及各个终端到 IBM 中央处理机的通信线路的长度达到了 $2.41 \times 10^6 \text{ km}$ 。

这种系统,人们形象地将其称为面向终端的远程联机系统,或称为具有通信功能的单机系统,它是计算机网络发展的雏形。

具有通信功能的联机系统一经建立,人们就可以将分布在地理位置不同的多个终端,分别通过通信线路与中央计算机相连,各终端用户则可以在自己的终端机上,将基于己方用途的数据处理方法编译为计算机程序,通过通信线路送入中央计算机,分时访问和使用中央计算机进行数据处理后,再由中央计算机将处理结果通过通信线路回送给各个终端用户。计算机网络在这一阶段的典型代表是美国航空公司飞机订票系统(SABRE-1),该系统诞生于 20 世纪 60 年代初期,是美国航空公司基于企业发展和公司利润最大化的需求,将一台大型计算机与遍布全美各地的 2000 多个终端共同构成一个联机的终端网络,从而实现了航空公司在全美范围内的联机售票。这种系统被称为是计算机技术和通信技术进一步结合的产物。SABRE-1 仍然是一种典型的计算机通信网络。

具有通信功能的面向终端的联机网络,实际上又经历了单机系统和多机系统两个阶段。早期的联机网络,每个终端都是分别通过通信线路与中央计算机相连的,而且就中央计算机而言,它必须同时完成数据处理和通信两个模块的功能。单机系统存在两个明显的缺陷。一是线路利用率低。当多个终端通过多条线路与中央处理机连接时,由于数据的传输时间比处理时间要短得多,而且数据处理和传输又是间歇性发生的,这本身就造成了线路的浪费。如果其中的大部分终端长时间没有数据信息的处理需求,那么造成的线路空置不用的浪费就更为严重。二是主机负载过重。中央计算机既要承担数据处理,又要负责将处理结果传输给相应的终端,这一方面给中央计算机提升处理能力增加了困难,另一方面也影响了通信时效。具有通信功能的单机系统结构如图 1.1 所示。

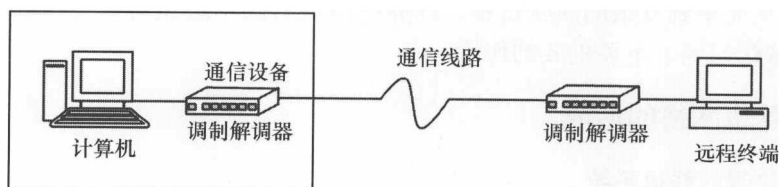


图 1.1 具有通信功能的单机系统结构示意图

为了有效克服上述缺陷,人们在单机系统的基础上又建立了具有通信功能的多机系统,或称复杂的联机系统。这种系统的创新之处,一是在主机前专门设置一个前端处理机(Front End Processor, FEP),负责(中央计算机)与各个终端的通信工作,从而提高主机的处理能力和处理速度,以解决主机负载过重的问题;二是在终端较为集中的地方设置线路集中器,多个终端分别通过低速线路与集中器相连,线路集中器则通过高速线路与前段处理机相连。需要通信时,线路集中器会按一定的格式将来自不同终端的数据组成汇总信息,通过高速线传送给中央处理机进行集中处理,以解决系统线路利用率低的问题。具有通信功能的多机系统结构如图 1.2 所示。

在这里前端处理机和线路集中器,采用的大都是内存容量较小,处理速度较低,机器指令较少,但具有显著通信能力的小型机。它除了可以完成常规的通信任务外,还具有信息压缩、代码转换等多种功能。计算机与通信线路的连接通过增加一个接口元件来实现,

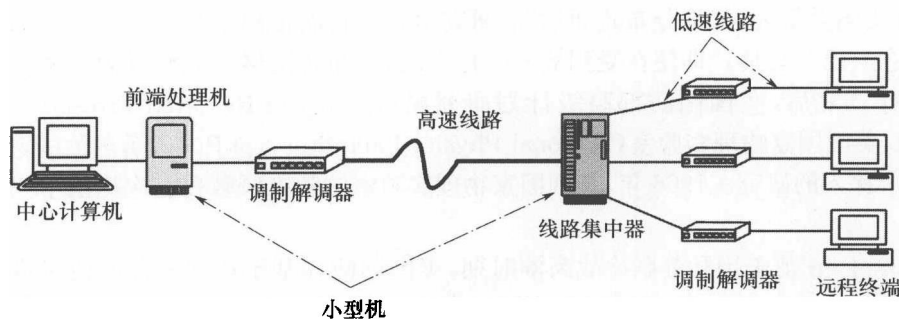


图 1.2 具有通信功能的多机系统结构示意图

接口元件(线路控制器)的主要功能是完成计算机中数据的并行传输和通信线路上数据的串行传输之间的转换。大量的通信事务还是由计算机负责完成。后期增加的前端处理机,则主要负责完成包括通信接口在内的几乎所有的通信任务。

实际上,面向终端的联机系统进行远程终端与中央计算机之间的通信时,往往采用当时已发展成熟的公用电话网解决通信线路问题,并减低线路成本。对于两种不同信号间的转接(公用电话网传送的是模拟信号,计算机生成的是数字信号)则通过安装调制解调器(MODEM)来实现。其中对于发送方,MODEM 负责将数字信号调制为模拟信号并送入公用电话网。对于接收方,MODEM 则负责将从公用电话网中接收到的模拟信号解调为数字信号,送入中央计算机或终端机。调制解调器工作原理如图 1.3 所示。

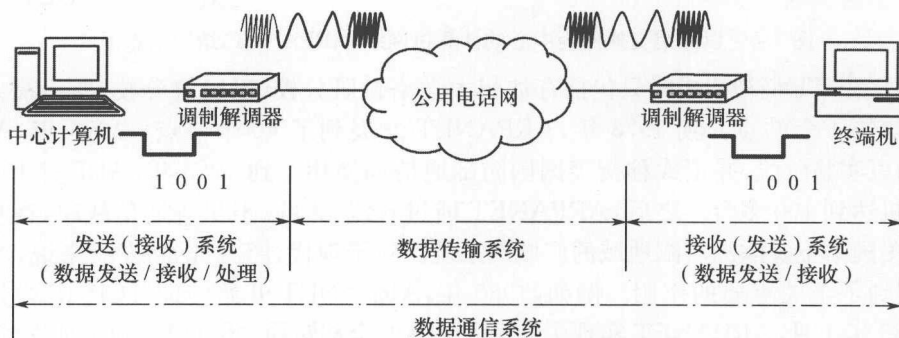


图 1.3 调制解调器工作原理示意图

2. 多主机互连的计算机通信网络

面向终端的联机网络系统的一个典型特征,就是在数据交换过程中采用的始终是线路交换技术。线路交换技术具有三个明显的阶段,即线路建立阶段、数据传输阶段和线路释放阶段。线路交换技术虽然具有通信时效性强、适合交互式的会话通信和大容量信息传输等优点,但这种交换技术的突出缺陷是,呼叫延迟大,不适合猝发式通信,系统整体效率低,通信的可靠性差,实用性不强。线路一旦断开或遭到损坏,与之相连的系统便不能正常工作。特别是对于用户要求不断提高的网络系统来说,线路交换技术的弱点暴露得越来越明显。

为了进一步提高网络的可靠性与实用性,人们开始探索一种旨在解决上述问题的多计算机之间的连接和通信方法。期间,“分布式通信”被认为是一种最为有效的途径。最早提出“分布式通信”概念的是出生在东欧的一位名叫保罗·巴兰的通信专家。1964年8

月,他在美国兰德公司“论分布式通信”的研究报告中首次提出了基于存储转发的分布式通信概念。巴兰写道:“即使在受到敌人的打击后,分布式网络也能保证数百个通信站点继续工作。”之后,美国国防部高级计划研究局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)、英国国家物理实验室(National Physics Laboratory, NPL)等著名的国家机构相继开始了深入的研究。1966年,英国国家物理实验室的戴维斯教授首次提出了“分组”的概念。

1969年,正值美国和苏联冷战高潮时期,美国国防部基于建立一种即便是遭受核打击或严重的自然灾害之后,仍然能够连续工作的网络系统,提出将多个大学、公司和研究所的若干台计算机互连在一起的研究课题。1969年12月,美国国防部高级计划研究局建成了著名的远程分组交换网 ARPANET,并投入运行。人们形象将这种系统称为“可生存系统”,也称以分组交换网为中心的计算机网络系统,其网络结构如图 1.4 所示。

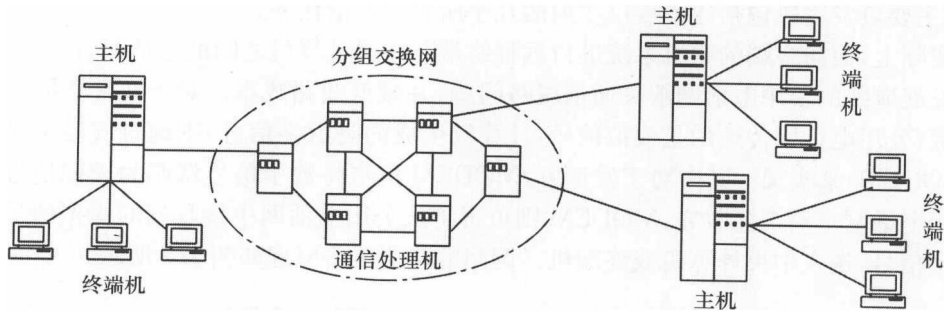


图 1.4 以分组交换网为中心的计算机网络(ARPANET)结构示意图

ARPANET 最初建成时只包括有加州大学洛杉矶分校、巴巴拉分校、斯坦福大学和犹他大学等 4 个站点。到 1973 年,ARPANET 发展到了 40 个节点。1975 年,ARPANET 结束实验阶段,并正式移交美国国防部通信局使用。到 1983 年,ARPANET 可接入的主机达到 100 多台。之后,ARPANET 通过有线、无线、卫星等通信线路,逐步建成了覆盖美国本土及欧洲广阔地域的广域网系统。对于现代计算机网络发展来说,ARPANET 起到了至关重要的作用。例如,1980 年,ARPANET 开始转向 TCP/IP 协议的研究。1983 年 1 月,ARPANET 实现了向 TCP/IP 的全部转换,并分成了两个独立的部分:一部分仍然称 ARPANET;另一部分是用于军方非机密通信的 MILNET。后来,伴随着接入主机数量的急剧增多,美国国防部高级计划研究局又提出了域名系统(Domain Name System),即把多个主机划分成不同的域,通过域名来管理和组织整个网络中的主机。到 20 世纪 80 年代,随着使用 TCP/IP 协议连接到 ARPANET 网络规模的不断扩大,ARPANET 成为了 Internet 当然的主干网。直到 1990 年,ARPANET 才正式退役,但基于军用的 MILNET 网络仍在使用。

ARPANET 的核心技术是分组交换技术,它使通信信息可以通过不同的节点或者不同的路径到达同一个目的节点。总体而言,ARPANET 对计算机网络技术发展的贡献主要集中在以下几个方面:

- (1) 基本完成了对计算机网络定义和分类的研究;
- (2) 首次提出了资源子网和通信子网的概念;
- (3) 系统地研究了数据包的分组交换技术和网络的分散控制技术;