

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

计算机网络 基础教程 (第2版)

Computer Network Foundations (2nd Edition)

杜煜 姚鸿 编著

- 网络理论以必需够用为度
- 技术介绍以实用新型为主
- 实训内容以能力培养为本



精品系列

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

计算机网络 基础教程(第2版)

Computer Network Foundations (2nd Edition)

杜焜 姚鸿 编著



精品系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络基础教程 / 杜煜, 姚鸿编著. —2 版. —北京:
人民邮电出版社, 2008.5
21 世纪高等学校计算机规划教材
ISBN 978-7-115-17833-6

I. 计… II. ①杜…②姚… 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 (2008) 第 033276 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了计算机网络的基本概念、数据通信的基础知识、计算机网络体系结构、计算机局域网、网络操作系统及其结构、网络的计算模式、网络的互连、Internet 相关内容以及计算机网络安全。本书在每章后都配有习题, 并在书的最后附有实训项目。

本书内容丰富, 难度适中, 理论结合实际, 反映了网络技术的最新发展。本书既可以作为高等院校计算机专业、非计算机专业相关课程的教材, 也可供从事计算机网络技术的相关人员学习使用。

21 世纪高等学校计算机规划教材 计算机网络基础教程 (第 2 版)

- ◆ 编 著 杜 煜 姚 鸿
责任编辑 滑 玉
- ◆ 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>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.75
字数: 462 千字 2008 年 5 月第 2 版
印数: 111 001 - 115 000 册 2008 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17833-6/TP

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

出版者的话

计算机应用能力已经成为社会各行业最重要的工作要求之一，而计算机教材质量的好坏会直接影响人才素质的培养。目前，计算机教材出版市场百花争艳，品种急剧增多，要从林林总总的教材中挑选一本适合课程设置要求、满足教学实际需要的教材，难度越来越大。

人民邮电出版社作为一家以计算机、通信、电子信息类图书与教材出版为主的科技教育类出版社，在计算机教材领域已经出版了多套计算机系列教材。在各套系列教材中涌现出了一批被广大一线授课教师选用、深受广大师生好评的优秀教材。老师们希望我社能有更多的优秀教材集中地呈现在老师和读者面前，为此我社组织了这套“21世纪高等学校计算机规划教材——精品系列”。

“21世纪高等学校计算机规划教材——精品系列”具有下列特点。

(1) 前期调研充分，适合实际教学需要。本套教材主要面向普通本科院校的学生编写，在内容深度、系统结构、案例选择、编写方法等方面进行了深入细致的调研，目的是在教材编写之前充分了解实际教学的需要。

(2) 编写目标明确，读者对象针对性强。每一本教材在编写之前都明确了该教材的读者对象和适用范围，即明确面向的读者是计算机专业、非计算机理工类专业还是文科类专业的学生，尽量符合目前普通高等教学计算机课程的教学计划、教学大纲以及发展趋势。

(3) 精选作者，保证质量。本套教材的作者，既有来自院校的一线授课老师，也有来自IT企业、科研机构等单位的资深技术人员。通过他们的合作使老师丰富的实际教学经验与技术人员丰富的实践工程经验相融合，为广大师生编写出适合目前教学实际需求、满足学校新时期人才培养模式的高质量教材。

(4) 一纲多本，适应面宽。在本套教材中，我们根据目前教学的实际情况，做到“一纲多本”，即根据院校已学课程和后续课程的不同开设情况，为同一科目提供不同类型的教材。

(5) 突出能力培养，适应人才市场要求。本套教材贴近市场对于计算机人才的能力要求，注重理论技术与实际应用的结合，注重实际操作和实践动手能力的培养，为学生快速适应企业实际需求做好准备。

(6) 配套服务完善，共促提高。对于每一本教材，我们在教材出版的同时，都将提供完备的PPT课件，并根据需要提供书中的源程序代码、习题答案、教学大纲等内容，部分教材还将在作者的配合下，提供疑难解答、教学交流等服务。

在本套教材的策划组织过程中，我们获得了来自清华大学、北京大学、人民大学、浙江大学、吉林大学、武汉大学、哈尔滨工业大学、东南大学、四川大学、上海交通大学、西安交通大学、电子科技大学、西安电子科技大学、北京邮电大学、中国林业大学等院校老师的大力支持和帮助，同时获得了来自信息产业部电信研究院、联想、华为、中兴、同方、爱立信、摩托罗拉等企业和科研单位的领导和技术人员的积极配合。在此，人民邮电出版社向他们表示衷心的感谢。

我们相信，“21世纪高等学校计算机规划教材——精品系列”一定能够为我国高等院校计算机课程教学做出应有的贡献。同时，对于工作欠缺和不妥之处，欢迎老师和读者提出宝贵的意见和建议。

前 言

近年来,随着计算机应用日趋广泛和深入,计算机网络的发展也非常迅速,各大计算机及网络厂商不断推出新的网络产品,网络的软硬件在不断的更新换代。尤其是 Internet/Intranet 的快速发展,国内信息化建设的广泛开展,使网络越来越受到公众的重视。在我国积极推进国民经济信息化建设的进程中,各个行业都在规划、建设和推广应用计算机网络,在这种形势下,对计算机网络的学习与应用显得尤为重要。

作者通过几年来计算机网络的教学和科研项目实践,积累了一部分教学和工程经验,并将其融入到了本教材的编写中。在编写的过程中,作者也参考了大量的文献资料,力求全书内容丰富新颖、图文并茂,并做到教材的系统性、完整性和严谨性。在写作中,力求层次清楚、语言简洁,对每章的内容都配有习题,并精心编写了实验设计,以便使读者及时巩固所学理论知识,并通过实验学到实用的技能。希望读者在学习完本书后,能够逐步达到对计算机网络的了解、认知和掌握。

全书共分 11 章。第 1 章介绍计算机网络概论,包括计算机网络的形成与发展,计算机网络的功能、分类和拓扑结构等内容。第 2 章是数据通信的基础知识,涉及通信过程中的调制、编码、复用、差错控制等技术,以及传输介质和设备接口。第 3 章讲述计算机网络体系结构,简要介绍网络体系结构及协议的概念、OSI 与 TCP/IP 参考模型。第 4 章着重介绍计算机局域网,包括局域网的特点、层次结构及标准化模型、拓扑结构、介质访问控制、传统以太网、高速以太网,虚拟局域网、无线局域网以及网络连接设备与应用等。第 5 章简要介绍了结构化布线系统,涉及相关的概念、标准,以及结构化布线系统的组成等内容。第 6 章介绍网络操作系统的结构及相关概念、网络服务器的种类、服务器技术,以及几种网络操作系统的特点。第 7 章讲述网络的计算模式,介绍网络计算模式的发展、客户机/服务器模式、浏览器/服务器计算模式等内容。第 8 章着重介绍网络互连技术,涉及网络互连的相关概念、网络互连类型与设备,以及广域网相关技术等。第 9 章着重讲述 Internet 应用与 Intranet,包括 Internet 的管理机构、资源与应用、TCP/IP, Internet 提供的服务、用户接入技术以及 Intranet 技术等。第 10 章简要介绍计算机网络安全。第 11 章是实验设计。

建议在使用本书时,对于第 3 章计算机网络体系结构中的 TCP/IP 和第 7 章网络计算模式中的 B/S 模式,要结合第 9 章的内容进行学习。另外,本书有很多地方都标了“注”,其主要目的是对一些问题或现象进行解释,或者对某个问题进行深入的说明,读者可以根据实际情况来掌握。

由于作者水平有限,时间也非常仓促,书中难免出现错误和不妥之处,望各位专家与读者给予谅解和指正。

编 者

2008 年 4 月

目 录

第 1 章 计算机网络概论1	
1.1 计算机网络的形成与发展.....1	
1.1.1 以单计算机为中心的联机系统.....1	
1.1.2 计算机—计算机网络.....2	
1.1.3 分组交换技术的诞生.....3	
1.1.4 计算机网络体系结构的形成.....4	
1.1.5 Internet 的快速发展.....5	
1.1.6 Internet 的应用与高速网络技术的发展.....5	
1.2 计算机网络的定义与功能.....6	
1.2.1 计算机网络的定义.....6	
1.2.2 计算机网络的功能.....6	
1.3 计算机网络的组成.....7	
1.3.1 计算机网络的系统组成.....7	
1.3.2 计算机网络的软件.....8	
1.4 计算机网络的分类.....8	
1.4.1 按网络的作用范围划分.....9	
1.4.2 按网络的传输技术划分.....10	
1.4.3 按网络的使用范围划分.....10	
1.4.4 按传输介质分类.....10	
1.4.5 按企业和公司管理分类.....11	
1.5 计算机网络的拓扑结构.....11	
1.6 标准化组织.....12	
练习题.....14	
第 2 章 数据通信的基础知识15	
2.1 基本概念.....15	
2.1.1 信息、数据和信号.....15	
2.1.2 数据通信系统的基本结构.....16	
2.1.3 通信信道的分类.....17	
2.1.4 数据通信的技术指标.....18	
2.2 数据的传输.....19	
2.2.1 串/并行通信.....19	
2.2.2 信道的通信方式.....19	
2.2.3 信号的传输方式.....20	
2.3 数据传输的同步方式.....21	
2.4 数据的编码和调制技术.....22	
2.4.1 数字数据的调制.....22	
2.4.2 数字数据的编码.....24	
2.4.3 模拟数据的调制.....25	
2.4.4 模拟数据的编码.....25	
2.5 数据交换技术.....26	
2.5.1 电路交换.....26	
2.5.2 存储转发交换.....28	
2.5.3 高速交换技术.....30	
2.6 信道复用技术.....30	
2.6.1 频分多路复用.....31	
2.6.2 时分多路复用.....32	
2.6.3 波分多路复用.....33	
2.6.4 码分多路复用.....33	
2.7 传输介质的类型与特点.....33	
2.7.1 双绞线.....34	
2.7.2 同轴电缆.....34	
2.7.3 光纤.....35	
2.7.4 无线电传输.....36	
2.8 通信接口及设备.....38	
2.8.1 EIA RS-232C 接口.....38	
2.8.2 EIA RS-449 接口.....41	
2.8.3 ITU-T X.21 接口.....42	
2.8.4 Modem.....42	
2.9 差错控制技术.....44	
2.9.1 差错的产生.....44	
2.9.2 差错的控制.....45	
练习题.....47	
第 3 章 计算机网络体系结构49	
3.1 网络体系结构及协议的概念.....49	
3.2 开放系统互连参考模型.....50	
3.2.1 ISO/OSI 模型.....50	

3.2.2 物理层	53	4.6.3 VLAN 的划分方法	101
3.2.3 数据链路层	54	4.6.4 VLAN 的优点	103
3.2.4 网络层	55	4.7 无线局域网	103
3.2.5 其他各层的简介	56	4.7.1 无线局域网的相关标准	103
3.3 TCP/IP 的体系结构	57	4.7.2 无线局域网的应用领域	104
3.3.1 TCP/IP 概述	57	4.7.3 无线局域网的特点	105
3.3.2 TCP/IP 体系结构	57	4.7.4 无线局域网的组建	106
3.3.3 TCP/IP 协议簇	58	4.8 局域网连接设备与应用	107
3.3.4 IP 编址技术	60	4.8.1 网络适配器	107
3.3.5 子网技术	64	4.8.2 中继器	107
3.3.6 IPv6 技术	73	4.8.3 集线器	108
3.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较	77	4.8.4 交换机	108
练习题	79	练习题	114
第 4 章 计算机局域网	81	第 5 章 结构化布线系统	116
4.1 局域网概述	81	5.1 结构化布线系统概述	116
4.1.1 局域网的特点	81	5.1.1 结构化布线系统的概念	116
4.1.2 局域网层次结构及标准化模型	82	5.1.2 结构化布线系统的标准	117
4.2 局域网的主要技术	83	5.2 结构化布线系统的组成	117
4.2.1 拓扑结构	84	5.2.1 用户工作区系统	119
4.2.2 传输介质与传输形式	85	5.2.2 水平布线系统	119
4.2.3 介质访问控制方法	85	5.2.3 垂直布线系统	119
4.3 传统以太网	87	5.2.4 设备间系统	120
4.3.1 以太网的产生和发展	87	5.2.5 布线配线系统	120
4.3.2 粗缆以太网	88	5.2.6 建筑群系统	121
4.3.3 细缆以太网	89	5.3 典型的水平布线系统	121
4.3.4 双绞线以太网	89	5.3.1 水平布线系统的要求	122
4.4 高速局域网	90	5.3.2 8 针 RJ-45 型连接器	123
4.4.1 快速以太网	90	5.3.3 模块配线架	124
4.4.2 吉比特以太网	91	5.3.4 工作区通信插座	124
4.4.3 10 吉比特以太网	93	5.3.5 跳接电缆	125
4.4.4 光纤分布式数据接口	94	5.4 结构化布线系统应注意的事项	125
4.5 交换式以太网	95	5.4.1 电源、电气保护与接地	125
4.5.1 交换式以太网的工作原理	96	5.4.2 环境保护	125
4.5.2 交换式以太网的特点	97	练习题	126
4.5.3 三层交换技术	97	第 6 章 网络操作系统与网络结构	127
4.6 虚拟局域网	99	6.1 网络操作系统及其特点	127
4.6.1 VLAN 概述	99	6.1.1 网络操作系统概述	127
4.6.2 VLAN 的实现	100	6.1.2 网络操作系统的特点	127

6.1.3 网络操作系统的服务功能	128	7.3.3 基于 Web 技术的浏览器/服务器模式特征	160
6.2 网络系统的结构及相关概念	129	7.3.4 浏览器/服务器模式应用系统平台的特点	161
6.2.1 对等网络	130	练习题	161
6.2.2 基于服务器的网络	131	第 8 章 网络的互连	163
6.3 网络服务器的种类	132	8.1 互连网络的基本概念	163
6.3.1 文件服务器	132	8.1.1 网络互连的类型	164
6.3.2 应用服务器	132	8.1.2 网络互连的层次	165
6.3.3 特殊服务器	132	8.2 网络互连设备	167
6.4 服务器技术	133	8.2.1 网桥	167
6.4.1 多处理器技术	133	8.2.2 路由器	170
6.4.2 总线能力	134	8.2.3 网关	175
6.4.3 内存	135	8.3 其他网络技术	175
6.4.4 磁盘接口技术	135	8.3.1 公用电话交换网	176
6.4.5 容错技术	136	8.3.2 综合业务数字网	177
6.4.6 磁盘阵列技术	136	8.3.3 公共分组交换数据网	178
6.4.7 服务器集群技术	138	8.3.4 数字数据网	180
6.4.8 热插拔技术	139	8.3.5 帧中继	181
6.4.9 双机热备份	139	8.3.6 xDSL 接入网技术	182
6.4.10 服务器状态监视	139	8.3.7 ATM 技术	185
6.5 典型的网络操作系统	140	练习题	187
6.5.1 Windows NT/2000 和 Windows 2003	140	第 9 章 Internet 应用与 Intranet	189
6.5.2 NetWare 操作系统	144	9.1 Internet 概述	189
6.5.3 UNIX 操作系统	147	9.1.1 Internet 的管理机构	190
练习题	149	9.1.2 Internet 的资源与应用	190
第 7 章 网络的计算模式	151	9.1.3 Internet 在中国的发展	193
7.1 网络计算模式的发展	151	9.2 域名系统	194
7.1.1 以大型机为中心的计算模式	151	9.2.1 层次型域名系统命名机制及管理	195
7.1.2 以服务器为中心的计算模式	152	9.2.2 Internet 域名系统的规定	196
7.1.3 客户机/服务器模式的出现	152	9.2.3 域名系统的工作原理	197
7.1.4 浏览器/服务器模式的应用	152	9.3 主机配置协议	199
7.2 客户机/服务器模式	153	9.3.1 引导程序协议	199
7.2.1 客户机/服务器模式的特点	153	9.3.2 动态主机配置协议	199
7.2.2 客户机/服务器模式的优点	155	9.4 简单网络管理协议	200
7.2.3 客户机/服务器模式的中间件	156	9.4.1 SNMP 的概念	200
7.3 浏览器/服务器模式	158	9.4.2 网络管理的功能	201
7.3.1 浏览器/服务器模式的确定与特点	158		
7.3.2 浏览器/服务器模式的发展	159		

9.5 WWW 服务	202	10.2.4 安全计划与管理	232
9.5.1 WWW 的发展	202	10.2.5 常用的安全工具	233
9.5.2 WWW 的相关概念	202	10.3 访问控制与设备安全	235
9.5.3 WWW 的工作方式	204	10.3.1 访问控制技术	235
9.5.4 WWW 浏览器	205	10.3.2 设备安全	238
9.5.5 WWW 的语言	205	10.4 防火墙技术	239
9.6 电子邮件服务	209	10.4.1 防火墙的优缺点	239
9.6.1 电子邮件的特点	209	10.4.2 防火墙的设计	241
9.6.2 电子邮件的传送过程	210	10.4.3 防火墙的组成	241
9.6.3 电子邮件的相关协议	210	10.5 网络安全的攻击与防卫	244
9.6.4 电子邮件的地址与信息格式	211	10.5.1 常见的网络攻击及解决方法	244
9.7 文件传输服务	213	10.5.2 网络安全的防卫模式	247
9.7.1 文件传输的概念	213	10.5.3 常用的安全措施原则	247
9.7.2 FTP	213	练习题	248
9.7.3 FTP 的主要功能	214	第 11 章 实验设计	250
9.7.4 匿名 FTP 服务	214	11.1 实验一——使用串行接口直连两台计算机	250
9.8 远程登录服务	215	11.2 实验二——使用超级终端进行串行通信	251
9.8.1 远程登录的概念与意义	215	11.3 实验三——组建一个小型的对等局域网(硬件部分)	254
9.8.2 Telnet 协议与工作原理	215	11.4 实验四——组建一个小型的对等局域网(软件部分)	256
9.8.3 Telnet 的使用	216	11.5 实验五——组建一个小型的对等局域网(网络连通测试)	257
9.9 网络新闻与 BBS	216	11.6 实验六——划分子网并测试子网间的连通性	260
9.9.1 网络新闻	217	11.7 实验七——路由器与静态路由配置	262
9.9.2 电子公告牌	218	11.8 实验八——动态路由协议 RIP 的配置	264
9.10 Internet 的用户接入技术	218	11.9 实验九——动态路由协议 OSPF 的配置	265
9.10.1 通过联机终端方式接入	218	11.10 实验十——VLAN 的划分与互通	266
9.10.2 通过 SLIP/PPP 方式接入	219	11.11 实验十一——WWW 服务	269
9.10.3 以网络方式接入	220	11.12 实验十二——使用电子邮件服务	269
9.11 企业内联网	221	11.13 实验十三——远程登录	270
9.11.1 企业网技术的发展	221	11.14 实验十四——文件传输服务	271
9.11.2 Intranet 的概念	222	参考文献	273
9.11.3 Intranet 的主要技术特点	223		
9.11.4 Intranet 网络的组成	223		
练习题	227		
第 10 章 计算机网络安全	229		
10.1 计算机网络安全概述	229		
10.2 计算机网络的安全要求	230		
10.2.1 计算机网络安全的要求	230		
10.2.2 计算机网络的保护策略	231		
10.2.3 网络安全的脆弱点	232		

第 1 章

计算机网络概论

本章提要

- 计算机网络的形成与发展;
- 计算机网络的定义、功能以及组成;
- 计算机网络的分类与拓扑结构;
- 国际标准化组织。

计算机网络是计算机技术与通信技术相融合的产物。1946 年第一台电子计算机 ENIAC 的诞生标志着向信息社会迈进的开始。随着半导体技术、磁记录技术的发展和计算机软件的开发, 计算机技术的发展异常迅速, 而 20 世纪 70 年代微型计算机(微机)的出现和发展使计算机在各个领域得到广泛普及和应用, 从而加快了信息技术革命, 使人类进入了信息时代。在计算机应用的过程中, 需要对大量复杂的信息进行收集、交换、加工、处理和传输, 从而引入了通信技术, 以便通过通信线路为计算机或终端设备提供收集、交换和传输信息的手段。

1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络从 20 世纪 60 年代开始发展至今, 已形成从小型的办公室局域网到全球性的大型广域网的规模, 对现代人类的生产、经济、生活等各个方面都产生了巨大的影响。仅仅在过去的 20 多年里, 计算机和计算机网络技术就取得了惊人的发展, 处理和传输信息的计算机网络形成了信息社会的基础, 不论是企业、机关、团体或个人, 他们的生产率和工作效率都由于使用这些革命性的工具而有了实质性的增长。在当今的信息社会中, 人们不断地依靠计算机网络来处理个人和工作上的事务, 而这种趋势正在加剧, 并显示出计算机和计算机网络的强大功能。计算机网络的形成大致分为以下几个阶段。

1.1.1 以单计算机为中心的联机系统

20 世纪 60 年代中期以前, 计算机主机昂贵, 而通信线路和通信设备的价格相对便宜, 为了共享主机资源和进行信息的采集及综合处理, 联机终端网络是一种主要的系统结构形式, 这种以单计算机为中心的联机系统如图 1-1 所示。

在单处理机联机网络中, 已涉及多种通信技术、多种数据传输设备和数据交换设备等。从计算机技术上来看, 这是由单用户独占一个系统发展到分时多用户系统, 即多个终端用户分时占用主机上的资源, 这种结构被称为第一代网络。在单处理机联机网络中, 主机既要承担通信工作又

要承担数据处理，因此，主机的负荷较重，且效率低。另外，每一个分散的终端都要单独占用一条通信线路，线路利用率低，且随着终端用户的增多，系统费用也在增加。因此，为了提高通信线路的利用率并减轻主机的负担，便使用了多点通信线路、集中器以及通信控制处理机。

多点通信线路就是在一条通信线路上连接多个终端，如图 1-2 所示，多个终端可以共享同一条通信线路与主机进行通信。由于主机与终端间的通信具有突发性和高带宽的特点，所以各个终端与主机间的通信可以分时地使用同一高速通信线路。相对于每个终端与主机之间都设立专用通信线路的配置方式，这种多点线路能极大地提高信道的利用率。

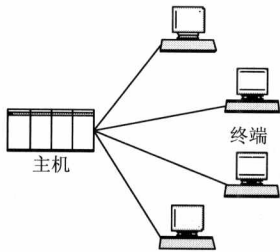


图 1-1 单计算机联机系统

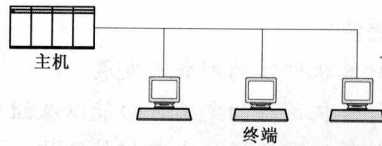


图 1-2 多点通信线路

通信控制处理机（Communication Control Processor, CCP）或称前端处理机（Front End Processor, FEP）的作用就是要完成全部的通信任务，让主机专门进行数据处理，以提高数据处理的效率，如图 1-3 所示。

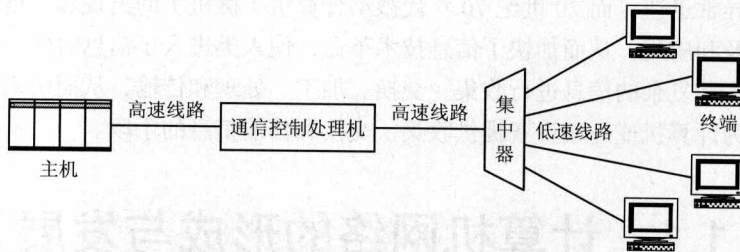


图 1-3 使用通信控制处理机和集中器的通信系统

集中器主要负责从终端到主机的数据集中以及从主机到终端的数据分发，它可以放置于终端相对集中的位置，其一端用多条低速线路与各终端相连，收集终端的数据，另一端用一条较高速率的线路与主机相连，实现高速通信，以提高通信效率。

联机终端网络典型的范例是美国航空公司与 IBM 公司在 20 世纪 50 年代初开始联合研究、60 年代初投入使用的飞机订票系统（SABRE-I）。这个系统由一台中央计算机与全美范围内的 2 000 个终端组成，这些终端采用多点线路与中央计算机相连。美国通用电气公司的信息服务系统（GE Information Service）则是世界上最大的商用数据处理网络，其地理范围从美国本土延伸到欧洲、澳洲和日本。该系统于 1968 年投入运行，具有交互式处理和批处理能力。网络配置为分层星型结构，各终端设备连接到分布于世界上 23 个地点的 75 个远程集中器；远程集中器分别连接到 16 个中央集中器，各主计算机也连接到中央集中器；中央集中器经过 50kbit/s 线路连接到交换机。

1.1.2 计算机—计算机网络

从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期，随着计算机技术和通信技术的进步，已经形成了将多个单处理机联机终端网络互相连接起来，以多处理机为中心的网络，并利用通信线路将多台主机

连接起来，为用户提供服务。连接形式有如下两种。

第一种形式是通过通信线路将主机直接连接起来，主机既承担数据处理又承担通信工作，如图 1-4 (a) 所示。

第二种形式是把通信任务从主机分离出来，设置 CCP，主机间的通信通过 CCP 的中继功能间接进行，如图 1-4 (b) 所示。

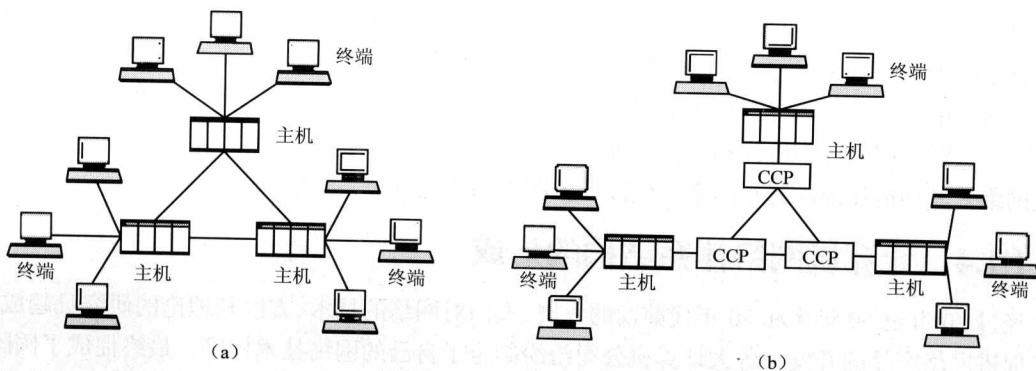


图 1-4 计算机—计算机网络

CCP 负责网上各主机间的通信控制和通信处理，由它们组成了带有通信功能的内层网络，也称为通信子网，是网络的重要组成部分。主机负责数据处理，是计算机网络资源的拥有者，而网络中所有的主机构成了网络的资源子网。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是建立在通信子网的基础上的。没有通信子网，网络就不能工作，而没有资源子网，通信子网的传输也失去了意义，两者的融合组成了统一的资源共享的网络。

1.1.3 分组交换技术的诞生

随着计算机—计算机网络技术的不断发展，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，也可以通过网络使用其他计算机的软件、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) 的 ARPAnet，其核心技术是分组交换技术。

在早期的通信系统中，最重要且应用最广泛的是线路交换 (Circuit Switching)。但是，利用电话线路传送计算机或终端的数据会出现新的问题，这是因为在计算机通信时，线路上真正用来传送数据的时间往往不到 10%，有时甚至低于 1%。用户在阅读屏幕信息或用键盘输入与编辑一份报文时，通信线路实际上是空闲的，通信线路资源被浪费了，而用户的通信费用却很高。同时，在线路交换中，用于建立通路的呼叫过程对计算机通信来说也太长。线路交换是为语音通信而设计的，打电话的平均时间约为几分钟，因此呼叫过程 (约 10s ~ 20s) 不算太长。但是，1 000bit 的数据在 2 400bit/s 的线路上传输时，需要的时间还不到 0.5s。相比之下，呼叫过程占用的时间就太多了。

由于计算机与各种终端的传送速率不同，在采用线路交换时，不同类型、不同规格和速率的终端很难相互进行通信，必须采用一些措施来解决这个问题。同时，计算机通信应采取有效的差错控制技术，可靠并准确无误地传送每一个比特，因此，需要研究开发出适用于计算机通信的交换技术。

20 世纪 60 年代中期美国国防部开始着手进行分组交换网的研究工作。ARPA 的早期研究项目包括分组交换基本概念与理论的研究课题。1967 年初，ARPA 着手于计算机连网的课题；1967 年 6 月正式公布了研究计划，打算用租用线路来连接分组交换装置，分组交换装置采用小型机，这个分组交换网就是 ARPAnet。从 1962 年至 1965 年，ARPA 与英国国家物理实验室 (NPL) 都

在对新型的计算机通信网进行研究。分组交换的概念最初是在 1964 年提出来的, 1969 年 12 月, 美国第一个使用分组交换技术的 ARPAnet 投入运行, 虽然当时仅有 4 个节点, 但它对分组交换技术的研究起了重要作用。到 20 世纪 70 年代后期, ARPA 网络节点超过 60 个, 主机 100 多台, 地域范围跨越了美洲大陆, 连通了美国东部和西部的许多大学和研究机构, 而且通过通信卫星与夏威夷、欧洲等地区的计算机网络相互连通。

采用分组交换技术的网络试验成功, 使计算机网络的概念发生了巨大的变化。早期的联机终端系统是以单个主机为中心, 各终端通过通信线路共享主机的硬件和软件资源。而分组交换网以通信子网为中心, 主机和终端构成了用户资源子网。用户不仅可共享通信子网的资源, 而且还可共享用户资源子网的许多硬件和软件资源。这种以通信子网为中心的计算机网络被称为第二代计算机网络, 其功能比面向终端的第一代计算机网络的功能有很大的增强。

1.1.4 计算机网络体系结构的形成

经过 20 世纪 60 年代和 70 年代前期的发展, 人们对网络的技术、方法和理论的研究日趋成熟。为了促进网络产品的开发, 各大计算机公司纷纷制定了自己的网络技术标准, 最终促成了国际标准的制定, 遵循网络体系结构标准建成的网络称为第三代计算机网络。计算机网络体系结构依据标准化的发展过程可分为两个阶段。

1. 各计算机制造厂商网络结构标准化

IBM 公司在 SNA (系统网络体系结构) 形成之前已建立了许多网络, 为了使自己公司制造的计算机易于连网, 并有标准可依, 使网络的系统软件、网络硬件具有通用性, 而于 1974 年在世界上首先提出了完整的计算机网络体系标准化的概念, 宣布了 SNA 标准。IBM 公司以 SNA 标准建立起来的网络称为 SNA 网, 这大大方便了用户用 IBM 各机型建造网络。为了增强计算机产品在世界市场上的竞争能力, DEC 公司公布了 DNA (数字网络系统结构); UNIVAC 公司公布了 DCA (数据通信体系结构); Burroughs 公司公布了 BNA (宝来网络体系结构) 等。这些网络技术标准只是在一个公司范围内有效, 也就是说, 遵从某种标准的、能够互连的网络通信产品, 也只限于同一公司生产的同构型设备。

2. 国际网络体系结构标准化

1977 年, 国际标准化组织 (ISO) 为适应网络向标准化发展的需要, 成立了 TC97 (计算机与信息处理标准化委员会) 下属的 SC16 (开放系统互联分技术委员会), 在研究、吸收各计算机制造厂家的网络体系结构标准化经验的基础上, 开始着手制定开放系统互联的一系列标准, 旨在方便异种计算机互连。该委员会制定了“开放系统互联参考模型”(OSI/RM), 简称为 OSI。作为国际标准, OSI 规定了可以互连的计算机系统之间的通信协议, 遵从 OSI 协议的网络通信产品都是所谓的开放系统, 而符合 OSI 标准的网络也被称为第三代计算机网络。

20 世纪 80 年代, 个人计算机 (PC) 有了极大的发展。这种更适合办公室环境和家庭使用的计算机对社会生活的各个方面都产生了深刻的影响。在一个单位内部的微机和智能设备的互连网络不同于以往的远程公用数据网, 因而局域网技术也得到了相应的发展。1980 年 2 月 IEEE 802 局域网标准出台。局域网的发展道路不同于广域网, 局域网厂商从一开始就按照标准化、互相兼容的方式展开竞争, 他们大多进入了专业化的成熟时期。今天, 在一个用户的局域网中, 工作站可能是 IBM 的, 服务器可能是 HP 的, 网卡可能是 Intel 的, 集线器可能是 Cisco 的, 而网络上运行的软件则可能是 Novell 公司的 NetWare 或是 Microsoft 的 Windows NT/2000/2003。

1.1.5 Internet 的快速发展

进入 20 世纪 80 年代中期, 在计算机网络领域中发展速度最快的莫过于 Internet, 而且随着 Internet 的发展, 目前它已成为世界上最大的国际性计算机互联网。

1969 年 12 月 ARPAnet 投入运行, 到 1983 年, ARPAnet 已连接了 300 多台计算机, 供美国各研究机构和政府部门使用。在 1984 年, ARPAnet 被分解为两个网络。一个是民用科研网 (ARPAnet), 另一个是军用计算机网络 (MILnet)。由于这两个网络都是由许多网络互连而成的, 因此它们都称为 Internet, ARPAnet 就是 Internet 的前身。

美国国家科学基金会 (NSF) 认识到计算机网络对科学研究的重要性, 因此, 从 1985 年起, NSF 就围绕其 6 个大型计算机中心建设计算机网络。1986 年, NSF 建立了国家科学基金网 (NSFnet), 它是一个三级计算机网络, 分为主干网、地区网和校园网, 覆盖了美国主要的大学和研究所。NSFnet 也和 ARPAnet 相连。最初, NSFnet 的主干网的速率不高, 仅为 56kbit/s。在 1989 年~1990 年, NSFnet 主干网的速率提高到 1.544Mbit/s, 并且成为 Internet 中的主要部分; 到了 1990 年, 鉴于 ARPAnet 的实验任务已经完成, 在历史上起过重要作用的 ARPAnet 就正式宣布关闭。

1991 年, NSF 和美国的其它政府机构开始认识到 Internet 必将扩大其使用范围, 而不会仅限于大学和研究机构。世界上的许多公司纷纷接入到 Internet, 使网络上的通信量急剧增大, 于是美国政府决定将 Internet 的主干网转交给私人公司来经营, 并开始对接入 Internet 的单位收费。1992 年, Internet 上的主机超过 100 万台。1993 年 Internet 主干网的速率提高到 45Mbit/s。到 1996 年速率为 155Mbit/s 的主干网建成。1999 年 MCI 公司和 WorldCom 公司将美国的 Internet 主干网速率提高到 2.5Gbit/s, Internet 上注册的主机已超过 1 000 万台。2000 年, Internet 主干网速率达到 5Gbit/s。

Internet 已经成为世界上规模最大和增长速率最快的计算机网络, 没有人能够准确说出 Internet 究竟有多大, Internet 的迅猛发展始于 20 世纪 90 年代。由欧洲原子核研究组织 (CERN) 开发的万维网 (WWW) 被广泛使用在 Internet 上, 大大方便了广大非网络专业人员对网络的使用, 成为 Internet 发展呈指数级增长的主要驱动力。WWW 的站点数目也急剧增长, 1993 年年底只有 627 个, 1994 年年底就超过 1 万个, 1996 年年底超过 60 万个, 1997 年年底超过 160 万个, 而 1999 年年底则超过了 950 万个, 上网用户数则超过 2 亿。Internet 上的数据通信量每月约增加 10%, 预计 2008 年到 2010 年, Internet 将连接近亿台计算机, 达到以十亿计的用户。以我国 Internet 的发展为例, 截至 2005 年 12 月, 上网计算机数已达到约 4 950 万台, 上网用户人数约 1.11 亿人, 仅 CN 下注册的域名数已达到近 109 万个, 而 WWW 站点已达到 69.4 万个。

1.1.6 Internet 的应用与高速网络技术的发展

对于广大网络用户来说, Internet 是一个利用路由器来实现多个广域网和局域网互连的大型广域计算机网络。它对推动世界科学、文化、经济和社会的发展有着不可估量的作用。用户可以利用 Internet 来实现全球范围的电子邮件、WWW 信息查询与浏览、电子新闻、文件传输、语音与图像通信服务等功能。实际上, Internet 已成为覆盖全球的信息基础设施之一。

在 Internet 飞速发展与广泛应用的同时, 高速网络的发展也引起了人们越来越多的注意。高速网络技术的发展主要表现在宽带综合业务数据网 (B-ISDN)、异步传输模式 (ATM)、高速局域网、交换局域网与虚拟网络上。

进入 20 世纪 90 年代以来, 世界经济已经进入了一个全新的发展阶段。世界经济的发展推动着信息产业的发展, 信息技术与网络的应用已成为衡量 21 世纪综合国力与企业竞争力的重要标准。在

1993年9月,美国宣布了国家信息基础设施建设计划,它被形象地称为信息高速公路。美国建设信息高速公路的计划触动了世界各国,人们开始认识到信息技术的应用与信息产业的发展将会对各国经济发展产生重要的作用,因此,很多国家也纷纷开始制定各自的信息高速公路的建设计划。对于国家信息基础设施建设的重要性已在各国形成共识,1995年2月全球信息基础设施委员会成立,目的是推动与协调各国信息技术与信息服务业的发展与应用。在这种情况下,全球信息化的发展趋势已不可逆转。

在企业内部网中采用 Internet 技术,促进了 Internet 技术的发展;企业网(Intranet)之间电子商务活动的开展又进一步促进了外联网(Extranet)技术的发展,同时对社会经济生活产生了重要的影响。Internet、Intranet 和 Extranet 是当前企业网研究与应用的热点。

建设信息高速公路就是为了满足人们在未来随时随地对信息交换的需要,在此基础上人们相应地提出了个人通信与个人通信网的概念,它将最终实现全球有线网与无线网的互连、邮电通信网与电视通信网的互连以及固定通信与移动通信的结合。在现有电话交换网(PSTN)、公共数据网(PDN)、广播电视网和 B-ISDN 的基础上,利用无线通信、蜂窝移动电话、卫星移动通信、有线电视网等通信手段,最终实现“任何人在任何地方,在任何的时间里,使用任一种通信方式,实现任何业务的通信”。

信息高速公路的服务对象是整个社会,因此,它要求网络无所不在,未来的计算机网络将覆盖所有的企业、学校、科研部门、政府及家庭,其覆盖范围可能要超过现有的电话通信网。为了支持各种信息的传输,网上电话、视频会议等应用对网络传输的实时性要求很高,未来的网络必须具有足够的带宽、很好的服务质量与完善的安全机制,以满足不同应用的需求。

以 ATM 为代表的高速网络技术发展迅速,目前,世界上很多发达国家都组建了各自的 ATM 网络,在我国电信部门的骨干网和一些商业网上也广泛采用了 ATM 技术。在网络传输上,全光通信网(AON)因其在传输和交换的过程中始终以光的形式存在,具有处理高速率的光信号,可实现超长距离、超大容量的无中继通信,提高网络效率等多种优点而成为通信网未来的发展方向。

为了有效地保护金融、贸易等商业秘密以及政府机要信息与个人隐私,网络必须具有足够的安全机制,以防止信息被非法窃取、破坏与丢失。作为信息高速公路基础设施的网络系统,必须具备高度的可靠性与完善的管理功能,以保证信息传输的安全与畅通。因此,计算机网络技术的发展与应用必将对 21 世纪世界经济、军事、科技、教育与文化的发展产生重大的影响。

1.2 计算机网络的定义与功能

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络的定义没有统一的标准,根据计算机网络发展的阶段或侧重点的不同,对计算机网络有几种不同的定义。根据目前计算机网络的特点,侧重资源共享的计算机网络定义则更准确地描述了计算机网络的特点。

计算机网络定义:“利用通信设备和线路,将分布在地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统连接起来,以功能完善的网络软件(网络通信协议及网络操作系统等)实现网络中资源共享和信息传递的系统”。

1.2.2 计算机网络的功能

1. 数据交换和通信

计算机网络中的计算机之间或计算机与终端之间,可以快速可靠地相互传递数据、程序或文

件。例如，电子邮件（E-mail）可以使相隔万里的异地用户快速准确地相互通信；电子数据交换（EDI）可以实现在商业部门（如海关、银行等）或公司之间进行订单、发票、单据等商业文件安全准确的交换；文件传输协议（FTP）可以实现文件的实时传递，为用户复制和查找文件提供了有力的工具。

2. 资源共享

充分利用计算机网络中提供的资源（包括硬件、软件和数据）是计算机网络组网的主要目标之一。计算机的许多资源是十分昂贵的，不可能为每个用户所拥有。例如，进行复杂运算的巨型计算机、海量存储器、高速激光打印机、大型绘图仪、一些特殊的外设等，另外，还有大型数据库、大型软件等。这些昂贵的资源都可以为计算机网络上的用户所共享，资源共享既可以使用户减少投资，又可以提高这些计算机资源的利用率。

3. 提高系统的可靠性

在一些用于计算机实时控制和要求高可靠性的场合，通过计算机网络实现的备份技术可以提高计算机系统的可靠性。当某一台计算机出现故障时，可以立即由计算机网络中的另一台计算机来代替其完成所承担的任务。例如，空中交通管理、工业自动化生产线、军事防御系统、电力供应系统等都可以通过计算机网络设置备用或替换的计算机系统，以保证实时性管理和不间断运行系统的安全性和可靠性。

4. 分布式网络处理和负载均衡

对于大型的任务或当网络中某台计算机的任务负荷太重时，可将任务分散到网络中的其他计算机上进行，这样既可以处理大型的任务，使得一台计算机不会负担过重，又提高了计算机的可用性，起到了分布式处理和均衡负荷的作用。

1.3 计算机网络的组成

1.3.1 计算机网络的系统组成

计算机网络要完成数据处理与数据通信两大基本功能。那么，它在结构上必然也可以分成两个部分：负责数据处理的计算机与终端；负责数据通信的通信控制处理机与通信线路。从计算机网络系统组成的角度看，典型的计算机网络从逻辑功能上可以分为资源子网和通信子网两部分，其结构如图 1-5 所示。

1. 资源子网

资源子网由主机、终端、终端控制器、连网外设、各种软件资源与信息资源组成。资源子网负责全网的数据处理业务，并向网络用户提供各种网络资源与网络服务。

网络中主机可以是大型机、中型机、小型机、工作站或微机。主机是资源子网的主要组成单元，它通过高速通信线路与通信子网的通信控制

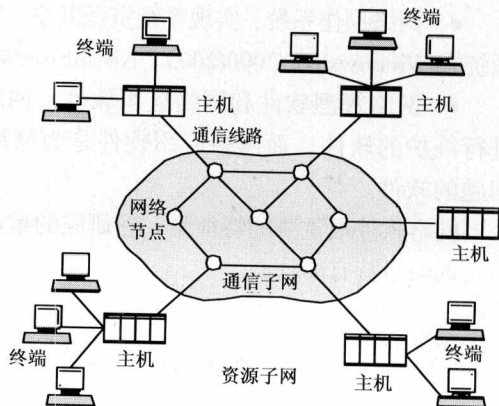


图 1-5 计算机网络的组成

处理机相连接。普通用户终端通过主机连入网内。主机要为本地用户访问网络其他主机设备与