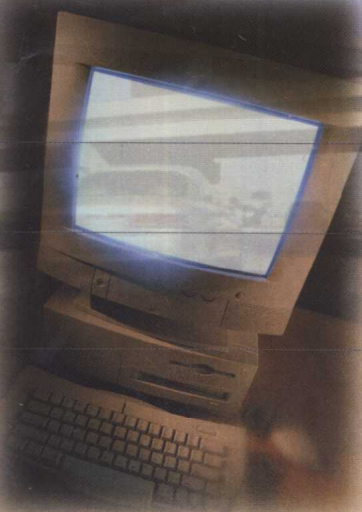


■ 信息技术大平台系列教材

计算机网络

JISUANJI WANGLUO

张尧弼 翁惠玉 编著



上海交通大学出版社

信息技术大平台系列教材

计 算 机 网 络

张尧弼 翁惠玉 编著

上海交通大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/张尧弼,翁惠玉编等. —上海:上海交通大学出版社, 2002

信息技术大平台系列教材

ISBN 7-313-03137-8

I. 计… II. ①张…②翁… III. 计算机网络-教材
N. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 063330 号

计算机网络

张尧弼 翁惠玉 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

上海交通大学印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14 字数:338 千字

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~3050

ISBN 7-313-03137-8/TP·517 定价:23.00 元

版权所有 侵权必究

序

信息技术(IT)的发展推动着经济和社会的发展,并且渗透到社会的各个领域,乃至各家庭中。新的世纪是个信息的世纪,未来的社会是个信息的社会。这必将驱使人们去了解信息技术,掌握信息技术,最大限度地去运用信息技术,以求发展自己,并且与社会发展同步。

信息技术涵盖了信息获取、加工、传输、存储及控制,涉及到计算机、通信、测控、控制等专业,因此,不只是非信息专业的学生希望拓宽自己的专业面,掌握信息技术,即使信息领域各专业的学生也希望打破各自专业的局限性,全面掌握信息技术,促进学科间的交叉融合。但是信息领域各专业有着各自的专业基础和课程体系,课程总量相当大,这种教育消费无疑是种“豪华消费”,在四年级的有限时间里是难以完成的。

为此,我们筹划了一套信息技术的系统教材,它们是:通信概论、数字信号处理、计算机网络、数据库、操作系统、计算机组成和体系结构、控制原理和控制工程、现代检测技术与系统。这些教材基本覆盖了信息技术的基础内容,以不长的篇幅、不多的课时数、不提先修课要求即内容上自封闭作为教材编写要求,以便为其他专业的学生介入信息领域提供方便。前七种教材将由上海交通大学出版社出版,争取年内出齐。

为统筹协调这套教材的写作和出版,我们组成了这套系列教材的编委会,其成员是:侯文永、田作华、张冬荣、马伟敏、蔡萍、胡越明、黄上腾、张尧弼、翁惠玉、蒋建伟、王唯一、刘兴钊、施文康。

这是一种尝试,不仅涉及课程上的整合、内容上的整合,而且还涉及先修课预备知识的整合,并且只能在有限的篇幅中完成,这对作者而言是极大的风险、极大的挑战,毋庸置疑,无论是教材的选题还是内容,错误和疏漏在所难免,恳请批评指正。

编委会

2002 年

前 言

上个世纪的最后十年是整个信息技术飞速发展的十年。计算机和通信是信息技术的两大支柱，这两大技术的发展和结合导致计算机网络技术的迅猛发展。社会发展到今天，可以说计算机网络已在人类的社会活动中占据着越来越重要的作用。在这十年中，我国的计算机网络技术也有长足的发展，其发展势头还将继续。

计算机网络技术在社会各个领域中的渗透使网络人才的需求越来越大，计算机网络已不仅仅是高等学校计算机系的课程，而且已经是电类专业的必修课，甚至已成为普通高校计算机基础教育的内容。本书就是在这一普及性的需求背景下改编的。

作为一本计算机网络的教材，我们认为应从数据通信的基本原理开始，结合国际标准化组织 ISO 的开放系统互联 OSI 经典的七层参考模型和在 Internet 上的 TCP/IP 参考模型，来说明网络的体系结构，然而它又是一门工程性的技术，所以还应介绍各种具体网络技术的特点及其实现。由于网络技术的迅猛发展，如千兆以太网等新技术已十分成熟，也有些网络技术如 Token Bus 等现已较少使用，本书作了选择，力图包含当今网络实用技术中的一些新发展。

本书由上海交通大学计算机科学与工程系张尧弼、翁惠玉编写。张尧弼编写了第 1~第 4 章，翁惠玉编写了第 5~第 8 章。本书编写目标是供《计算机网络》课程的学生和教师以及从事计算机网络工作的研究和应用人员阅读使用，如果作为教材，大约可安排 36 个学时。

限于编者的学术水平，错误和不妥之处在所难免，敬请读者不吝赐教。

编 者
2002 年 6 月

目 录

1	概述	1
1.1	计算机网络的应用	2
1.1.1	铁路信息网络.....	2
1.1.2	上海社会保障网.....	3
1.1.3	上海港信息网络.....	4
1.2	网络硬件	5
1.2.1	局域网	6
1.2.2	城域网	7
1.2.3	广域网	8
1.2.4	无线网	9
1.2.5	互联网	9
1.3	网络软件	10
1.3.1	协议分层	10
1.3.2	各层的设计问题.....	12
1.3.3	接口和服务	13
1.3.4	面向连接的服务和无连接的服务.....	14
1.3.5	服务与协议的关系.....	15
1.4	参考模型	15
1.4.1	OSI 参考模型.....	15
1.4.2	TCP/IP 参考模型.....	20
1.4.3	OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型的比较	22
1.5	数据通信服务网	24
1.5.1	窄带综合业务数字网.....	24
1.5.2	数据通信网	25
1.5.3	宽带网	27
1.6	因特网	29
1.7	本章小结	30
2	物理层	31
2.1	数据通信基础	31
2.1.1	信道带宽	31
2.1.2	信道的最大数据传输速率.....	35
2.2	传输介质	36
2.2.1	双绞线	36

2.2.2	同轴电缆	36
2.2.3	光纤	38
2.2.4	无线传输	39
2.3	数据的编码	40
2.3.1	数字信号的数字传输.....	41
2.3.2	数字信号的模拟传输.....	42
2.3.3	模拟信号的数字传输.....	44
2.4	数据通信接口	47
2.4.1	异步传输和同步传输.....	48
2.4.2	物理层的通信接口.....	49
2.5	本章小结	51
2.6	习题	51
3	数据链路层	52
3.1	数据链路层的基本概念.....	52
3.1.1	连接和确认	52
3.1.2	帧的组成	53
3.1.3	差错控制和流量控制.....	55
3.2	差错检测和校正	56
3.2.1	纠错码	56
3.2.2	检错码	57
3.3	数据链路层的滑动窗口协议.....	60
3.4	数据链路层示例	62
3.4.1	高级数据链路控制.....	62
3.4.2	因特网中的数据链路层.....	65
3.5	本章小结	68
3.6	习题	69
4	介质访问子层	70
4.1	信道分配问题	70
4.1.1	信道的静态分配.....	70
4.1.2	信道的动态分配.....	71
4.2	多路访问协议	72
4.2.1	ALOHA 协议	72
4.2.2	载波侦听多路访问协议.....	73
4.2.3	无冲突的协议.....	75
4.3	局域网和 IEEE 802 标准.....	77
4.3.1	IEEE 802.3 标准及以太网	77
4.3.2	IEEE 802.5 标准: 令牌环	82
4.3.3	IEEE 802.3 和 802.5 的比较.....	86

4.3.4	IEEE 802.2 标准: 逻辑链路控制	87
4.4	网桥	88
4.4.1	802.3 到 802.5 的网桥	88
4.4.2	透明网桥	90
4.4.3	源路由网桥	92
4.5	高速局域网	93
4.5.1	FDDI	93
4.5.2	快速以太网	94
4.5.3	千兆以太网	96
4.5.4	局域网的组网举例	100
4.6	本章小结	102
4.7	习题	102
5	网络层	104
5.1	路由算法	104
5.1.1	最短路由选择	104
5.1.2	距离矢量算法	106
5.1.3	链路状态路由	108
5.2	网络互连	111
5.2.1	网络互连的概念	111
5.2.2	网络互连协议	111
5.3	IP: 网络互连协议	113
5.3.1	IP 包格式	113
5.3.2	IP 地址	118
5.3.3	子网和子网掩码	121
5.3.4	无类域间路由 CIDR	123
5.4	IP 控制协议	125
5.4.1	ICMP	125
5.4.2	地址解析协议 ARP	128
5.4.3	数据包的转发与 Internet 路由协议	132
5.5	路由与交换	139
5.6	Ipv6	141
5.6.1	IPv6 的特征	143
5.6.2	IPv6 的地址	145
5.6.3	Ipv6 的包格式	146
5.6.4	IPv4 到 IPv6 的过渡及 IPv6 的试验床	150
5.7	本章小结	150
5.8	习题	151
6	传输层	153

6.1	传输层概述	153
6.2	Internet 的传输协议	156
6.3	传输控制协议 TCP	158
6.3.1	TCP 数据段格式	159
6.3.2	TCP 连接管理	161
6.3.3	TCP 流量控制	163
6.3.4	TCP 拥塞控制	164
6.3.5	TCP 的重发机制	166
6.4	用户数据报协议 UDP	167
6.5	本章小结	167
6.6	习题	168
7	应用层	169
7.1	DNS——域名系统	169
7.1.1	DNS 的名字空间	170
7.1.2	域名服务器	172
7.1.3	域名解析过程	173
7.1.4	DNS 性能的优化	173
7.2	网络管理	174
7.2.1	SNMP 模型	174
7.2.2	管理信息库	176
7.2.3	管理协议	179
7.2.4	SNMP 的发展	180
7.3	电子邮件系统	180
7.3.1	电子邮件的基本概念	181
7.3.2	多用途互联网邮件扩充 MIME	182
7.3.3	电子邮件系统	184
7.3.4	邮局协议	185
7.4	万维网 WWW	186
7.4.1	统一资源定位符	187
7.4.2	超文本传输协议 HTTP	188
7.5	本章小结	189
7.6	习题	190
8	网络安全	191
8.1	传统的数据加密	191
8.1.1	替换密码	191
8.1.2	变位密码	193
8.2	DES 数据加密标准	193
8.3	公开密钥算法	195

8.4 报文鉴别及散列函数	197
8.5 数字签名	199
8.6 密钥交换	200
8.6.1 Diffie-Hellman 密钥交换	200
8.6.2 RSA 密钥交换	201
8.7 防火墙	201
8.8 IPsec	202
8.8.1 IP Sec 的结构	203
8.8.2 封装安全载荷 ESP	206
8.8.3 验证头 AH	207
8.8.4 Internet 密钥交换	208
8.9 本章小结	209
8.10 习题	209
参考书目	210

1 概述

有人把 20 世纪说成是信息时代，并与 18 世纪伴随工业革命的机械时代和 19 世纪的蒸汽机时代相提并论。然而，这样的评论并未使人感到惊讶，可见信息在当今社会结构中的地位。

计算机网络技术发展之快，可能很多业内人士都感到始料不及。20 年前，很少有人接触过网络。现在，计算机通信已成为我们社会结构的一个基本组成部分。

有资料统计，1997 年一年内全世界信息产业总投资约 6100 亿美元，其中，美国占 41.5%，远远超过日本和欧洲等其他发达国家。高投入带来高产出，当年美国生产总值增幅中的 1/3 来自以网络化和数字化为主要特征的信息产业。在这些高科技企业中，表现最突出的就是与网络技术直接相关的企业，其他企业效益的增长也大都得益于网络技术的推广和应用。网络化潮流刺激了美国经济的发展。前几年，美国经济的持续稳定增长、企业生产效率的提高都与其在信息技术特别是网络化建设方面的领先地位分不开。

网络化建设带动了众多产业的发展。计算机网络技术在工农业、电信、交通、金融、商业、新闻、教育、科研、出版、文化娱乐、旅游等领域的推广和应用，给上述行业注入了新的活力。现在，大型工矿企业可通过内部网络管理生产、销售和开发，农业管理部门可通过网络指导农民选择市场热销的作物品种，金融机构可通过网络进行各种业务的管理，……网上交易、网上广告、网络购物、网络报刊等也都闯入了人们的现实生活。简而言之，计算机网络已遍布各个领域。

随着经济全球化步伐的加快和高科技的广泛应用，计算机网络在全球范围内又有了长足的发展，网络化已成为推动经济发展的重要手段。

据统计，1996 年全球网上交易额达 20~30 亿美元，1997 年上半年，全球网上广告营业额为 2.17 亿美元，比 1996 年同期增长了 256%。随着计算机网络逐步融入各行各业，网络化技术的推广和应用将成为企业保持和提高竞争力的法宝之一。很难想象，一个拒网络技术于门外的企业能在竞争中立于不败之地。

网络化建设促进了生产效率的提高和生产力自身的发展。计算机网络的兴起和蓬勃发展改变了传统的信息采集、传递和处理方式，对劳动者的劳动技能和工作效率提出了更高的要求。

网络化建设向发展中国家提出了新的挑战。如何将这种挑战转变为发展本国经济的机遇，是许多发展中国家必须解决的课题。

近十年中，我国网络技术和网络应用的发展也突飞猛进。早在 1998 年初，金桥工程已建成卫星站 70 个，主干网覆盖 30 个大中城市；金卡工程的 12 个试点城市全部实现了同城跨行和自动取款机联网，发卡达 5400 万张，全国电子联行系统每天处理 5 万多笔业务，金额达 800~1000 亿元；金关工程配额许可证管理等 4 项业务系统的投入运行，促进了我国对外贸易的发展。地方的信息化工程也加快了建设速度。上海信息港已建成了包括信息交互网、科技网和社区网在内的五大信息工程。江苏省启动了全省 14 项信息化工程，累计投入资金 4 亿

元。深圳市全面建设的 89 个应用系统, 累计投资 15.3 亿元。陕西省完成了 4 个网络在西安的同城互联互通。湖南省开始实施全省宏观决策信息网建设和洞庭湖防汛调度信息工程。

我国在 1996~2000 年间每年投资约 1000 亿元, 建成覆盖全国的大容量光缆干线, 并辅之以数字微波和卫星通信网, 为大规模的网络化建设奠定雄厚基础。

截至 2001 年底, 我国 Internet 的用户数达 3370 万户, 比上一年增加 49.8%, 网站数达 20 多万个, 比上一年增加 67%。

展望未来的十年, 将是世界电信史上技术发展最为活跃的时期。在电信技术发展趋势上, 将呈现四大特点:

一是业务数据化。数据通信与模拟通信并存了 20 年之后, 数据通信业务将于 2005 年前后超过话音业务量。

二是技术宽带化。数据业务特别是 IP 业务的迅猛增长对通信网络形成了巨大的压力, 网络宽带化成为日益紧迫的任务。核心网上, SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 正在取代 PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)、WDM (Wave Division Multiplexing) 和 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 已成为提高光纤传输容量的必然选择。提高“最后一千米”的宽带将成为 21 世纪前十年的重要任务。

三是网络光纤化。目前光纤化的重点正逐渐从骨干网向接入网延伸。电信网、计算机网和有线电视网也将朝光纤化的方面发展。

四是接入无线化。无线互联无处不在的特点使它成为未来几年中最有前景的接入业务。这一巨大的市场吸引了众多公司进入相关业务领域。

1.1 计算机网络的应用

网络化建设带动了众多产业的发展。计算机网络技术在工农业、电信、交通、金融、商业、新闻、教育、科研、出版、文化娱乐、旅游等领域的推广和应用, 几乎给每个行业注入了新的活力。现在, 大型厂矿企业通过内部网络管理生产、销售和开发; 铁路部门通过计算机网络大大提高了运能、保证了安全; 农业管理部门通过网络指导农民选择市场热销的作物品种; 金融机构通过网络进行各种业务的管理……, 网上交易、网上广告、网络购物、网络报刊等也都闯入了人们的现实生活。

本节仅以铁路信息网络、上海社会保障网、上海港信息网络为例, 说明计算机网络的应用。

1.1.1 铁路信息网络

铁路是国民经济的基础设施, 又是我国交通运输体系的骨干。我国铁路运输所完成的客、货周转量约占全国客、货周转量的 40%。铁路运输部门是一个具有规模宏大、结构复杂、功能综合、运输组织统一、指挥集中等特点的传统型产业。为适应国民经济的迅速发展, 提高客货运输服务质量, 铁路必须加速从传统产业向现代产业的改造, 加快我国铁路信息化进程, 铁路信息化已成为铁路现代化的重要标志。

以上海铁路局为例, 上海铁路局管辖整个华东地区, 共有客运站 350 个, 每天发售客票

35 万左右，春运期间达到 45 万张以上。

1987 年，上海铁路局提出了“形成网络，建立系统”的八字方针。这八个字成为铁路部门建立计算机网络系统的指导思想，即必须首先形成计算机网络，然后在计算机网络的基础上建立计算机应用系统。到 1989 年，上海铁路局实现了 39 个车站联网，以后每年以增加 20~30 个车站的速度联网。

长期以来，客票发售一直沿用传统的硬板票和人工发售的方式，票种繁多，计费复杂，售票速度慢，旅客买票难、卖票难。1996 年，上海铁路局开发使用了铁路客票发售和预订系统（PMIS）后，客票发售的状况得到改善。

在货物运输上，随着国民经济的迅速发展，铁路货运量大幅度增加，原有的传统管理方式已不能适应发展的需求。另外，运输质量也非常重要，它反映在运输生产经营全过程，无论是营销质量、服务质量，还是安全质量、资源配置质量，都离不开信息化手段。尤其是服务质量的好坏与运输信息系统建设密切相关。货运计划、货车及集装箱追踪、列车信息实时追踪等，都依赖于信息管理系统。上海铁路局自 1988 年开始实施运输管理信息系统（TMIS）计划。

TMIS 是铁路运输信息化建设中最复杂、最庞大的工程，可对车辆、车流、货流、集装箱等信息实时追踪。要实现对车辆信息的追踪，车站之间必须实现联网，全国约有 2000 个大站需要联网。上海铁路局起步早，在铁道部 TMIS 项目总体设计之前就开始实施联网作业。到目前为止，已有 200 多个车站实现了联网。

目前，上海铁路局已建成了货运站综合管理信息系统、编组站系统、列车编组顺序单生成和传递系统、客货票信息共享系统及高度综合信息管理系统。铁路信息现代化的主要内容包括：铁路运输管理信息系统（TMIS）、铁路车辆管理信息系统（CMIS）、运输生产计划系统（FOMS）、铁路客票发售和预订系统（PMIS）、铁路调度指挥管理信息系统（DMIS）、铁路办公自动化系统（OA），以及计划、财务、机务、工务、电力等管理信息系统。

这些系统的运行，无不依靠强大的通信网作为支撑。铁路长途传输网、电话交换网和数据通信网构成的铁路通信的基础网络是铁路信息现代化的基础。建设铁路通信网，不仅满足铁路运营管理系统的需要，为各级运输生产人员提供及时、准确、完整的信息和辅助决策管理方案，实现均衡运输、紧密运输，提高运输效率，提高运输管理现代化水平，而且还可以建立铁路信息资源的网络平台，为铁路运输、科技、工业、工程、文教卫生等事业的发展提供与社会互联互通信息的条件，变传统的通信传输网为信息网、经营网和效益网的统一体。这对于促进铁路运输走向市场、拓展经营、促进运输业的信息产业的同步增长具有重要意义。

目前，铁道部正在大力加强铁道通信 10 个网的建设。这 10 个网是：三大基础网（传输网、交换网、数据网）、六大应用网（运输调度指挥通信网、电视会议网、客货运综合信息网、无线移动通讯网、互联网、应急通信网）和通信支撑网。可以预计，随着铁路信息网络的全面建成，我国铁路通信在新技术、高起点、新机制的原则下，使铁路通信网进一步向数字化、宽带化、智能化、综合化、个人化方向发展。

1.1.2 上海社会保障网

上海社会保障网是为上海市社会保险计算机信息管理的建设和应用而构筑的网络系统，

是上海信息港五大骨干应用网络工程之一，是上海市信息化应用建设的重要组成部分。

上海市社会保险计算机信息管理系统 SIMS (Shanghai Social Insurance Management System) 是为社保进行现代化和规范化管理，并为社会提供多层次社保服务的一个开放式的信息网络系统。

社会保险是国家通过立法建立的社会保障制度。其目的是对那些发生年老、疾病、生育、伤残和失业等风险，暂时或永久丧失劳动能力和劳动机会的人员提供基本生活保障。社会保险是公民的权利和义务，由国家立法，强制实行，基金由单位和个人共同分担。社会保险是社会保障制度核心，是整个社会保障体系中最主要的内容，其涉及面最广、人员最多、资金最大，主要包括养老、医疗、失业、工伤和生育等各项保险内容。

上海市人民政府规定从 1993 年 1 月 1 日起实行社会统筹和个人账户相结合的操作办法，并对养老金的计发办法做出了新规定。这意味着一旦建立个人账户就必须对 400 多万在职人员和 200 多万离退休人员进行管理和操作，并依据个人账户的储存额计发养老金，其工作量是可想而知的。主要反映在以下三个方面：

1) 信息量大。据测算，一年产生需要保存的社保信息约为 20G，相当于存贮和处理 100 亿个汉字的信息，如此庞大的信息，靠手工做显然是无法操作的。

2) 操作具有时效性。社保涉及各类单位和每个人的各类信息，而这些信息发生变化都必须在每月的申报结算中反映出来，工作具有时效性。

3) 金额十分庞大。社保基金每月收缴和拨付约在 10 个亿以上，如此巨大资金的往来管理，靠手工操作是不现实的。

因此，尽快利用现代化信息处理技术建立一个高水平、高效率并且真正能与社会主义市场经济体系相适应的 SIMS 工程就显得尤为迫切。

SIMS 工程的总体目标是利用现代化信息处理技术及科学的管理方法全面实现计算机管理各项社保业务，并形成网络，对外与工商局、银行等相关的局委办系统联网，对内与各区/县社保中心、社区服务中心联网，工作人员处理业务全部使用计算机，业务覆盖养老、医疗、工伤等险种。以求达到社保业务处理系统化、规范化、管理的信息化、科学化及现代化。

SIMS 工程始建于 1995 年，经过四年的建设，建立了全市范围内所有结算点的局域网共计 25 个（20 个自然区/县和 5 个特殊结算点），建立了市中心主干网络系统，完成了市和 25 个结算点的二级网络通信，完成了社会保险业务和财务操作的应用软件开发，并已在全市范围内推广应用（包括养老保险、医疗保险、失业保险、补充保险等），实现了社保业务处理的计算机化、个人账户管理的动态化、信息资源交换的网络化。

SIMS 工程为社会保险管理的科学化、规范化、现代化创造了条件，提高了管理水平、提高了劳动生产率，减少了运行成本、取得了较好的社会效益和经济效益。

社保计算机环境的网络化之后，为全市范围内实现超越地域的分割、时空的限制、人工的局限并为在更高层次、更广范围上完成更细致的在线操作和在线管理创造了条件。

1.1.3 上海港信息网络

上海港是我国最大的港口，上海港在我国和上海市的经济发展中起着十分重要的作用。上海进出口物资总量的 60% 和上海口岸外贸进出口物资的 99% 都通过上海港。此外，上海港

还承担了总吞吐量中 30% 以上的国内中转货物。1984 年, 上海港的货物吞吐量首次超过 1 亿吨, 居世界十大港之列。

计算机的逐步应用, 尤其是计算机网络的逐步推广, 使上海港的总吞吐量逐年递增, 1995 年以来, 年吞吐量一直维持在 1.6 亿吨以上。近年来, 上海港的集装箱业务每年以超 30% 的速度增长, 1998 年已超过 300 万个标准箱, 1999 年将超过 400 万标准箱。迄今, 上海港已与世界上 160 多个国家和地区的 400 多个港口和 600 多家航运公司建立了航运和贸易联系。

覆盖全港的上海港信息网络的建成和使用, 大大改善港口的软环境, 显著提高港口的现代化管理水平和竞争能力, 加速了港口的自我发展。概括地说, 实现了以下信息处理功能:

1) 港口生产作业实时信息处理功能: 上海港信息网络对港口船舶调度、货物装卸、储存、疏运等生产作业实施实时跟踪管理, 为船、货代理、港航生产作业有关单位及部门提供实时信息服务。

2) 港口管理信息支持功能: 上海港信息网络对全港计划、财务、商务、人力资源、国有资产、设备、物资等方面信息的管理提供有效支持。

3) 办公自动化功能: 上海港信息网络提供电子邮件服务, 建立以公文流转为核心的行政办公自动化系统, 实现业务流程自动化, 公文传递电子化, 文档一体化。

4) 决策支持功能: 上海港信息网络实现系统集成和信息共享, 具有运量、货源、揽货等预测分析功能, 对港口生产计划, 港口发展提供决策支持。

1.2 网络硬件

目前计算机网络尚无一个被普遍认可的分类法, 但如从传输技术和规模两个方面来作一个粗略的讨论是有意义的。

从广义上讲, 计算机网络有两种类型的传输技术: 广播式网络和点到点网络。

广播式网络 (broadcast network) 仅有一条通信信道, 由网络上的所有机器共享。按某种语法组织的分组或包 (packet), 可以被任何机器发送并被其他所有的机器接收。分组的地址字段指明此分组的源地址和目的地址, 每台机器都将接收到在信道上传播的分组并与它自己的地址字段比较。如果是发送给它的, 则处理该分组, 否则将被丢弃。

广播系统通常也允许在地址字段中使用一段特殊代码, 以便将分组发送到所有目标。使用此代码的分组发出以后, 网络上的每一台机器都会接收和处理它。这种操作被称作广播 (broadcasting)。某些广播系统还支持向机器的一个子集发送的功能, 即多址传输 (multicasting)。一种常见的方案是保留地址字段的某一位来指示多址传输。而剩下的 $n-1$ 位地址字段存放组号。每台机器可以注册到任意组或所有的组。当某一分组被发送给某个组时, 它被发送到所有注册到该组的机器。

与之相反, 点到点网络 (point-to-point network) 由一对对机器之间的多条连接构成。为了能从源到达目的地, 这种网络上的分组可能必须通过一台或多台中间机器, 通常在源和目的地址间有多条路径, 并且可能长度不一样, 因此在点到点网络中路由算法十分重要。一般来讲 (当然也有例外), 小的、地理上处于本地的网络采用广播方式, 而大的网络则采用点到点方式。

另一个网络分类的标准是它的连接距离。图 1.1 列出了按连接距离分类的多处理机系统。最上面的是数据流机器（data flow machine），它是高度并行的计算机，具有多个处理单元为同一程序服务。接下来是多计算机系统（multi computers），即在非常短、速度很快的总线上发送消息进行通信的机器。在多台处理机之后就是真正的网络，在很长的电缆上交换消息而进行通信的机器。它又可分为局域网、城域网和广域网。最后，两个或更多网络的连接被称为互联网。世界范围的因特网就是互联网的著名例子。距离是重要的分类尺度，因为在不同的连接距离下所使用的技术是不一样的。作为网络教材，本书将主要讨论真正的网络及其互联。

处理器间的距离	多个处理器的位置	例子
0.1 m	同一电路板	数据流机器
1 m	同一系统	多计算机
10 m	同一房间	局域网
100 m	同一建筑物	
1 km	同一园区	
10 km	同一城市	城域网
100 km	同一国家	广域网
1000 km	同一洲内	
10000 km	同一行星上	互联网

图 1.1 按连接距离分类的相互连接的多处理机系统

1.2.1 局域网

局域网简称为 LAN（Local Area Network）。在计算机网络技术中，局域网技术占据着非常重要的地位，是处于同一建筑、同一家公司、同一所大学或方圆几千米的地域内的专用网络。局域网建设的主要目的是数据交换和资源共享。

LAN 有着与其他网络不同的三个特征：范围相对较小；传输技术多为广播式；拓扑结构通常为总线型和环型。

LAN 的覆盖范围比较小，传输介质以同轴电缆、双绞线和光纤为主。采用基带传输，编码为曼彻斯特、差分曼彻斯特编码或 4B/5D 编码。

传统的 LAN 通常是基于广播方式的，即用一条电缆连接所有的机器。这就涉及访问控制的问题，即网络中哪个站点在什么时刻可以发送数据，访问控制问题将结合拓扑结构作介绍。

在局域网中最常用的拓扑结构是总线型和环型。在总线型网络中，任一时刻只有一台机器是主站并可发送数据。而其他机器则不能发送。当两台或更多机器都想发送信息时，需要一种仲裁机制来解决冲突。总线型网络采用分布式访问控制方式来解决冲突从而实现对介质的共享。IEEE 802.3，即通常所说的以太网（Ethernet），就是一种基于总线的广播式网络，它使用分布式控制，速度为 10 Mb/s。以太网上的计算机在任意时刻都可以发送信息，如果两

个或多个分组发生冲突，计算机就等待一段时间，然后再次试图发送。总线型拓扑的优点是扩充容易、灵活、通信电缆总长度短、成本低。但缺点是如果主干电缆有一处断路，整个网络就瘫痪。此外，当网上节点较多时，会因数据冲突增多而使效率降低。

第二种广播式系统是环型网。环型网也必须采用某种机制来仲裁对环网的同时访问，通常采用分布式访问控制方式。IEEE 802.5（令牌环网）就是常见的基于环型的 LAN。其速度为 4 Mb/s 或 16 Mb/s。它不存在访问冲突问题，系统定义了一个被称为“令牌”的特殊的数据帧，“令牌”按序在环中传递，只有握有令牌的站点才有权发送数据，所以数据传输延迟有一个固定的上限，通道效率高。环型网的缺点是，对每个节点的接口电路比较复杂，所以成本较高，并且一旦节点发生故障就可能使整个网络不能工作。

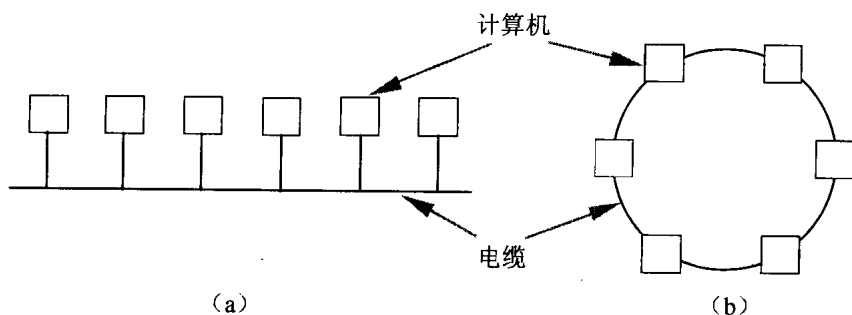


图 1.2 两种广播式网络

(a) 总线型；(b) 环型

随着网络技术的发展，传统的局域网的特征也在发生变化。局域网所覆盖的范围越来越大，甚至可通过公共网组成虚拟的专用局域网。

由于计算机的普及，人们的工作和生活越来越依赖于计算机，现在一个局域网内所包含的计算机可能多达几百台，甚至几千台。在几千台机器的一个网络中，每一时刻只允许一台机器发送数据，其响应的延时是不能想象的。为此，人们一方面提高信道的带宽，另一方面把局域网络细分成若干个网段，以减小其冲突域。所以现在的局域网中大量采用的是千兆，甚至千兆的传输速率，此处的 1 兆位等于 1000000 比特，而不是 $1048576 (2^{20})$ 比特。采用交换 (switching) 技术和虚拟网络 (virtual LAN) 技术。

由于采用了交换技术，所以其拓扑结构也大多采用星型拓扑。

1.2.2 城域网

城域网，或者称 MAN (Metropolitan Area Network)，基本上是一种大型的 LAN，通常使用与 LAN 相似的技术。它可能覆盖一组邻近的公司办公室和一个城市，既可能是私有的，也可能是公用的。MAN 可以支持数据和声音，并且可能涉及当地的有线电视网。MAN 仅使用一条或两条电缆，并且不包含交换单元，即把分组分流到几条可能的引出电缆的设备。这样做可以简化设计。

早在 80 年代初 IEEE 就已把 MAN 列为 802 系列中的一个标准来考虑，但一直到 1987 年 11 月确定采用分布式队列双总线 DQDB (Distributed Queue Dual Bus) 作为城域网方案后，才