

# 计算机网络基础教程

吴功宜 编著



南开大学出版社

# 计 算 机 网 络 基 础 教 程

吴功宜 编著

南 开 大 学 出 版 社

## 计算机网络基础教程

---

作者 吴功宜

责编 何志红

出版者 南开大学出版社

地址:天津市八里台南开大学校内

邮编:300071 电话:23508542

法律顾问 庞标

发行所 新华书店天津发行所发行

承印商 南开大学印刷厂印刷

版次 1998年8月第1版

印次 1998年8月第1次印刷

开本 787×1092 1/16

印张 12.375

字数 312千

印数 1-5000

ISBN 7-310-01178-3/TP·96

定价 16.00元

---

## 前 言

人类社会正面临着高技术产业化形成知识经济的时代变革。知识经济的产业支柱是信息科学技术、生命科学技术、空间科学技术、新能源与可再生资源科学技术、新材料科学技术、环境科学技术与管理科学技术。要发展这些高新技术都离不开计算机技术与网络技术。信息科学技术是建立在计算机技术与网络技术的基础上。这一点大家很容易理解。那么,其它的学科,如生命科学技术是不是也需要计算机技术与网络技术呢?我们可以用一个例子来说明这个问题。大家知道,基因是决定生物遗传特性的最小载体。尽管一个基因只有  $10^{-15}$  米大小,但是每个基因却存储有多达 30 亿个信息。1993 年美国科学家利用计算机技术完成了第一张完整的人体染色体的发布图。1994 年,全世界五大洲的生物学家利用计算机网络中的 1800 台计算机,经过 8 个月的联合研究,破译了以前被认为无法破译的 RSA 129 密码。到了 1997 年,人们得到了人类 X 染色体图,这是人类基因工程的重大突破。利用计算机网络,全世界的生物学家将可以进一步开展合作研究。这样,预计到 2005 年,人们可以基本上识别这些基因。那时人们就可以通过基因的重组来解决人类健康、新型医药、癌症治疗、作物与动物品种改良以及农业高产的难题。由此可见,即使是表面上与网络技术毫无不相干的学科,在它的发展中也不得不利用网络技术。

计算机网络技术的发展速度与应用的广泛程度是惊人的。一两年以前还不知 Internet 是何物的人,现在已经开始埋怨网络速度太慢。信息高速公路、Internet 正在与克隆羊、火星探路者一样,成为千家万户讨论的热门话题。几乎所有接触过 Internet 的人都能感觉到:网络已不仅仅是一门技术,网络正在改变着我们的现实世界,而且也正在创造着我们的未来世界。最近笔者读过两本书,一本是《网络创世纪》,另一本是《21 世纪网络生存术》。这两本书都不是出自网络专家的笔下,而是出自我国两位从事哲学理论研究的年轻学者的笔下。他们不是从网络技术的本身来讨论问题,而根据自己使用 Internet 的亲身体会,从社会学与文化的角度去感知 Internet,认识网络对社会的影响。他们的著作深刻地揭示了网络在知识经济时代的重要作用,并预言:网络技术是人类在 21 世纪生存与发展必须具备的技能。笔者也深有同感。笔者 1996 年~1997 年在美国作访问学者期间,了解到网络最新技术发展,同时也深深地感觉到:即使在美国这样一个网络技术的发源地,美国的各类学校也都正在大力普及网络知识与技能。目前一些发达国家也都正在开展全民性的信息高速公路应用技能的培训。

我国正在实施“科教兴国”的战略方针。知识经济的到来对我国既是难得的发展机遇,又是不可回避的挑战。我国的信息技术与信息产业的发展需要大量掌握网络技术的人才。目前,计算机网络已广泛应用于办公自动化、企业管理与生产过程控制、金融与商业电子化,应用于科研、教育、军事、医疗卫生与信息服务的各个领域。Internet 技术发展十分迅速,全球信息化与信息高速公路建设的热潮正在兴起。网络的应用正在改变着人们生活方式与工作方式,网络已经成为影响一个国家与地区经济、文化、军事和科学发展的重要因素之一。同时,网络的应用已经在很多领域产生了一些新的交叉学科,目前人们对“网络经济”、“网络文化”、“网络教育”、“电子商务”仅作为一些新名词看待,相信不久的将来,人们对这些新的领域会有一个全新的认识。因此,无论是理科学学生还是文科学学生,无论是从事计算机应用的技术人员还是从事其它工

作的技术人员与管理干部,大家都应该学习和掌握基本的网络知识和基本的网络使用技能。网络技术应该成为跨世纪人才必备的基础知识与基础技能之一。

计算机网络是计算机技术与通信技术相互渗透密切结合而形成的一门交叉学科。网络经过近 30 年的发展已经形成了自身较为完备的体系。目前,网络技术发展迅速,应用广泛,知识更新快。笔者多年来一直从事网络与信息系统的教学与研究工作,深感目前社会上缺少既有自身完备的教学体系,又能够反映网络技术最新发展,同时又便于读者自学的网络基础教程。为了适应网络课程学习的要求,笔者根据多年的教学经验编写了这本教材。

本书的第 1 章讨论了网络的基本概念,介绍了网络的发展历史、网络定义与分类,同时讨论了网络在企业、机关信息管理及个人信息服务中的应用,也介绍了网络应用带来的新的社会问题,这一章是全书学习的基础。第 2 章讨论了数据通信与广域网技术。在网络知识的学习中,不了解数据通信知识很难理解网络的基本工作原理,而恰恰许多读者缺乏数据通信的基本知识。同时在网络课程的学习中,网络体系结构从理论的高度描述了网络的基本结构与工作原理,但是这部分知识对于初学者来说是很难接受的。根据多年的教学经验、遵循初学者对网络的认知规律,笔者在第 2 章将数据通信的基本知识与广域网工作原理结合起来讨论,使得读者能够循序渐进地建立网络的概念,同时也为第 3 章的网络理论的学习打下了基础。第 3 章讨论了网络体系结构与协议的基本概念,并对 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型进行了比较。第 4 章对局域网的基本概念、工作原理、组网方法进行了系统的讨论,并对高速局域网、虚拟局域网、局域网互联进行了较为全面的介绍。第 5 章讨论了局域网操作系统发展、分类与主要服务功能,并通过对典型局域网操作系统的分析,介绍了网络文件系统结构、网络用户类型与组织方法、网络安全保密机制、网络系统容错与网络防病毒技术。这些内容的学习对于读者了解网络系统集成技术,学习网络系统规划、设计方法,掌握正确的使用、维护与管理网络的基本知识是十分有用的。第 6 章对当前网络发展的几个主要问题,如客户机/服务器(Client/Server)计算模式、网络管理、宽带综合业务数字网 B-ISDN、Internet/Intranet,以及网络安全与防火墙技术进行了较为系统的讨论。

为了便于读者自学,本书的每一章内容之前给出了本章的学习要求,每章之后给出了大量的习题,读者可以根据习题来检查学习效果。书后给出了部分习题的参考答案。在本书编写过程中,笔者参考了国内外最新的文献资料。在写作中,笔者力求做到层次清晰,概念准确,语言流畅,通俗易懂,既便于读者循序渐进地系统学习,又能够了解网络技术的最新发展动态。

本书在编写过程中得到了刘瑞挺教授的悉心指导,徐敬东、韩毅刚、张建忠、刘军、曹勇老师给予了很多的帮助,天津商学院高福成教授对本书提出了很多宝贵意见。本书在出版过程中得到责任编辑何志红老师的多方帮助。本书的插图均由吴英绘制完成。在此谨表衷心的感谢。

由于时间仓促,笔者学识有限,书中不妥与错误之处敬请读者批评指正。

作者

1998 年 7 月于南开园

## 内 容 简 介

计算机网络是当今计算机领域发展迅速、应用广泛的技术之一。本书主要讲述网络基本概念、数据通信与广域网技术、局域网技术、高速网络技术、网络操作系统的功能及应用、网络系统规划与设计的基本方法,同时对 Client/Server、Internet/Intranet、网络安全与网络管理等问题进行了系统的讨论。

本书层次清晰,概念准确,语言流畅,通俗易懂。为了便于读者自学,本书的每章内容之前给出了本章学习要求,每章内容之后附有大量习题,书后给出了部分习题的参考答案。本书既可作为大专院校本、专科生及高等成人教育自学考试相关专业的网络课程教材,又可作为各类网络培训班的教材。

## 目 录

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| <b>第 1 章 计算机网络基本概念</b>         | ( 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 分组交换技术的发展                | ( 2 )  |
| 1.1.3 网络体系结构与协议标准化的研究          | ( 3 )  |
| 1.1.4 Internet 的应用与高速网络技术的发展   | ( 4 )  |
| 1.2 计算机网络的定义                   | ( 6 )  |
| 1.2.1 计算机网络定义的基本内容             | ( 6 )  |
| 1.2.2 计算机网络与计算机通信网络的区别         | ( 7 )  |
| 1.2.3 计算机网络与分布式系统的区别           | ( 7 )  |
| 1.3 计算机网络的结构与组成                | ( 8 )  |
| 1.3.1 资源子网                     | ( 8 )  |
| 1.3.2 通信子网                     | ( 9 )  |
| 1.4 计算机网络拓扑构型                  | ( 9 )  |
| 1.4.1 计算机网络拓扑的定义               | ( 9 )  |
| 1.4.2 计算机网络拓扑构型的分类方法           | ( 10 ) |
| 1.5 计算机网络的分类                   | ( 11 ) |
| 1.6 计算机网络的应用                   | ( 12 ) |
| 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 | ( 12 ) |
| 1.6.2 计算机网络在个人信息服务中的应用         | ( 13 ) |
| 1.6.3 计算机网络的应用带来的社会问题          | ( 14 ) |
| 习题                             | ( 14 ) |
| <b>第 2 章 数据通信与广域网技术基础</b>      | ( 17 ) |
| 2.1 数据通信的基本概念                  | ( 17 ) |
| 2.1.1 信息、数据和信号                 | ( 17 ) |
| 2.1.2 数据通信过程中涉及的主要技术问题         | ( 19 ) |
| 2.2 数据传输方式                     | ( 21 ) |
| 2.2.1 串行通信与并行通信                | ( 22 ) |
| 2.2.2 单工、半双工与全双工通信             | ( 22 ) |
| 2.2.3 专用线路与交换线路                | ( 23 ) |
| 2.2.4 模拟通信线路与数字通信线路            | ( 24 ) |
| 2.2.5 有线通信信道与无线通信信道            | ( 24 ) |
| 2.3 传输介质及主要特性                  | ( 25 ) |
| 2.3.1 传输介质的主要类型                | ( 25 ) |
| 2.3.2 双绞线的主要特性                 | ( 25 ) |
| 2.3.3 同轴电缆的主要特性                | ( 26 ) |
| 2.3.4 光缆的主要特性                  | ( 26 ) |

|        |                     |      |
|--------|---------------------|------|
| 2.3.5  | 无线通信信道的主要特性         | (28) |
| 2.3.6  | 传输介质的选择             | (30) |
| 2.4    | 数据编码技术              | (31) |
| 2.4.1  | 数据编码的类型             | (31) |
| 2.4.2  | 模拟数据编码方法            | (31) |
| 2.4.3  | 数字数据编码方法            | (33) |
| 2.4.4  | 脉冲编码调制 PCM 方法       | (35) |
| 2.5    | 基带传输                | (37) |
| 2.5.1  | 基带传输的定义             | (37) |
| 2.5.2  | 通信信道带宽对基带传输的影响      | (37) |
| 2.5.3  | 数据传输速率的定义与信道速率的极限   | (39) |
| 2.6    | 频带传输与调制解调器          | (40) |
| 2.6.1  | 频带传输                | (40) |
| 2.6.2  | 调制解调器的基本工作原理        | (40) |
| 2.6.3  | 调制解调器的分类与标准         | (42) |
| 2.7    | 多路复用技术              | (44) |
| 2.7.1  | 多路复用技术的分类           | (44) |
| 2.7.2  | 频分多路复用 FDM          | (44) |
| 2.7.3  | 波分多路复用 WDM          | (45) |
| 2.7.4  | 时分多路复用 TDM          | (46) |
| 2.8    | 同步技术                | (46) |
| 2.8.1  | 同步的基本概念             | (46) |
| 2.8.2  | 位同步                 | (47) |
| 2.8.3  | 字符同步                | (47) |
| 2.9    | 广域网中的数据交换技术         | (48) |
| 2.9.1  | 线路交换方式              | (48) |
| 2.9.2  | 存储转发交换方式            | (50) |
| 2.9.3  | 数据报方式               | (51) |
| 2.9.4  | 虚电路方式               | (51) |
| 2.9.5  | ATM 交换方式            | (53) |
| 2.10   | 差错控制方法              | (56) |
| 2.10.1 | 差错产生的原因与差错类型        | (56) |
| 2.10.2 | 误码率的定义              | (57) |
| 2.10.3 | 检错码与纠错码             | (58) |
| 2.10.4 | 循环冗余编码工作原理          | (58) |
| 2.10.5 | 差错控制机制              | (60) |
|        | 习题                  | (62) |
| 第3章    | 网络体系结构与网络协议         | (64) |
| 3.1    | 网络体系结构的基本概念         | (67) |
| 3.2    | OSI 参考模型的基本概念       | (67) |
| 3.2.1  | OSI 参考模型层次划分原则      | (67) |
| 3.2.2  | OSI 参考模型的结构与各层的主要功能 | (67) |
| 3.2.3  | OSI 环境中的数据传输过程      | (68) |
| 3.3    | TCP/IP 参考模型与协议      | (70) |

|                                               |              |
|-----------------------------------------------|--------------|
| 3.3.1 TCP/IP 参考模型与协议的发展过程 .....               | (70)         |
| 3.3.2 TCP/IP 参考模型与层次 .....                    | (71)         |
| 3.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较 .....            | (73)         |
| 3.4.1 对 OSI 参考模型的评价 .....                     | (73)         |
| 3.4.2 对 TCP/IP 参考模型的评价 .....                  | (73)         |
| 3.4.3 一种建议的参考模型 .....                         | (74)         |
| 习题 .....                                      | (74)         |
| <b>第4章 局域网技术</b> .....                        | <b>(77)</b>  |
| 4.1 局域网概论 .....                               | (77)         |
| 4.1.1 局域网的主要技术特点 .....                        | (77)         |
| 4.1.2 局域网的拓扑构型 .....                          | (78)         |
| 4.1.3 局域网传输介质类型与介质访问控制方法分类 .....              | (80)         |
| 4.1.4 IEEE 802 模型 .....                       | (81)         |
| 4.2 局域网基本工作原理 .....                           | (82)         |
| 4.2.1 IEEE 802.3 标准与 Ethernet .....           | (82)         |
| 4.2.2 IEEE 802.4 标准与 Token Bus .....          | (83)         |
| 4.2.3 IEEE 802.5 标准与 Token Ring .....         | (85)         |
| 4.2.4 CSMA/CD 与 Token Bus、Token Ring 比较 ..... | (85)         |
| 4.3 局域网组网方法 .....                             | (86)         |
| 4.3.1 IEEE 802.3 物理层标准类型 .....                | (86)         |
| 4.3.2 Ethernet 网络接口适配器 .....                  | (87)         |
| 4.3.3 同轴电缆 Ethernet 组网方法 .....                | (89)         |
| 4.3.4 双绞线 Ethernet 组网方法 .....                 | (90)         |
| 4.4 高速局域网技术 .....                             | (92)         |
| 4.4.1 高速局域网技术的发展 .....                        | (92)         |
| 4.4.2 交换局域网技术 .....                           | (93)         |
| 4.4.3 虚拟局域网技术 .....                           | (94)         |
| 4.4.4 光纤分布式数据接口 FDDI .....                    | (96)         |
| 4.4.5 快速以太网 Fast Ethernet .....               | (97)         |
| 4.5 局域网互联技术 .....                             | (98)         |
| 4.5.1 网络互联的基本概念 .....                         | (98)         |
| 4.5.2 网络互联的层次 .....                           | (99)         |
| 4.5.3 网络互联设备 .....                            | (100)        |
| 4.6 局域网结构化布线技术 .....                          | (102)        |
| 4.6.1 智能大厦与结构化布线的基本概念 .....                   | (102)        |
| 4.6.2 结构化布线系统的组成 .....                        | (103)        |
| 4.6.3 结构化布线系统的应用 .....                        | (105)        |
| 习题 .....                                      | (105)        |
| <b>第5章 局域网操作系统及应用</b> .....                   | <b>(108)</b> |
| 5.1 局域网操作系统概论 .....                           | (108)        |
| 5.1.1 网络操作系统的主要特点 .....                       | (108)        |
| 5.1.2 局域网操作系统的发展与分类 .....                     | (109)        |
| 5.1.3 局域网操作系统的基本服务功能 .....                    | (111)        |
| 5.2 典型的局域网操作系统 .....                          | (114)        |

|            |                                |              |
|------------|--------------------------------|--------------|
| 5.2.1      | Windows NT Server .....        | (114)        |
| 5.2.2      | LAN Server 与 LAN Manager ..... | (116)        |
| 5.2.3      | NetWare .....                  | (118)        |
| 5.3        | 网络文件系统结构 .....                 | (121)        |
| 5.3.1      | 网络文件目录结构 .....                 | (121)        |
| 5.3.2      | 网络文件目录结构的规划方法 .....            | (122)        |
| 5.3.3      | 分布式目录服务机制 .....                | (125)        |
| 5.4        | 网络用户与用户管理 .....                | (126)        |
| 5.4.1      | 用户、合法用户与非法用户的概念 .....          | (126)        |
| 5.4.2      | 网络用户的类型 .....                  | (126)        |
| 5.4.3      | 用户组 .....                      | (127)        |
| 5.5        | 局域网操作系统的安全保密机制 .....           | (128)        |
| 5.5.1      | 局域网安全保密的重要性 .....              | (128)        |
| 5.5.2      | 注册安全管理 .....                   | (129)        |
| 5.5.3      | 用户信任者权限与权限屏蔽 .....             | (131)        |
| 5.5.4      | 目录与文件属性 .....                  | (133)        |
| 5.6        | 局域网系统容错技术 .....                | (135)        |
| 5.6.1      | 第一级系统容错:服务器硬盘表面磁介质容错 .....     | (135)        |
| 5.6.2      | 第二级系统容错:硬盘或硬盘通道容错 .....        | (136)        |
| 5.6.3      | 第三级系统容错:文件服务器镜像 .....          | (137)        |
| 5.6.4      | 事务跟踪系统 .....                   | (138)        |
| 5.6.5      | UPS 监控系统 .....                 | (138)        |
| 5.6.6      | 局域网数据备份与恢复 .....               | (139)        |
| 5.7        | 局域网防病毒技术 .....                 | (141)        |
| 5.7.1      | 造成网络感染病毒的主要原因 .....            | (141)        |
| 5.7.2      | 网络病毒的危害 .....                  | (141)        |
| 5.7.3      | 典型网络防病毒软件的应用 .....             | (141)        |
| 5.7.4      | 网络工作站防病毒方法 .....               | (142)        |
|            | 习题 .....                       | (143)        |
| <b>第6章</b> | <b>网络技术发展及应用 .....</b>         | <b>(145)</b> |
| 6.1        | 客户机/服务器计算模式 .....              | (145)        |
| 6.1.1      | 客户机/服务器的基本概念 .....             | (145)        |
| 6.1.2      | 客户机/服务器结构中的数据库服务器 .....        | (146)        |
| 6.1.3      | 客户机/服务器计算模式的特点 .....           | (148)        |
| 6.1.4      | 客户机/服务器结构中的服务器类型 .....         | (149)        |
| 6.1.5      | 客户机/服务器中的中间件 .....             | (151)        |
| 6.2        | 网络管理技术 .....                   | (152)        |
| 6.2.1      | 网络管理的基本概念 .....                | (152)        |
| 6.2.2      | OSI 管理功能域 .....                | (153)        |
| 6.2.3      | 简单网络管理协议 SNMP .....            | (156)        |
| 6.2.4      | 典型的网络管理软件 .....                | (157)        |
| 6.3        | 宽带综合业务数字网 .....                | (160)        |
| 6.3.1      | ISDN 的基本概念 .....               | (160)        |
| 6.3.2      | 从 N-ISDN 向 B-ISDN 的发展 .....    | (161)        |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 6.3.3 智能网络 IN .....           | (162) |
| 6.4 Internet 及应用 .....        | (162) |
| 6.4.1 Internet 概述 .....       | (162) |
| 6.4.2 Internet 的基本服务功能 .....  | (163) |
| 6.4.3 WWW 服务 .....            | (166) |
| 6.4.4 Internet 新闻与公告类服务 ..... | (171) |
| 6.4.5 Internet 用户接入方式 .....   | (172) |
| 6.5 企业内部网 Intranet .....      | (174) |
| 6.5.1 企业网技术的发展 .....          | (174) |
| 6.5.2 什么是 Intranet .....      | (174) |
| 6.5.3 Intranet 的主要技术特点 .....  | (174) |
| 6.5.4 Intranet 的结构与开发方法 ..... | (176) |
| 6.6 网络安全与防火墙技术 .....          | (179) |
| 6.6.1 网络安全的重要性 .....          | (179) |
| 6.6.2 网络安全策略的制订 .....         | (180) |
| 6.6.3 网络用户与网络管理员的责任 .....     | (181) |
| 6.6.4 防火墙的基本概念 .....          | (182) |
| 习题 .....                      | (183) |
| 附录 参考答案 .....                 | (186) |
| 参考文献 .....                    | (187) |

# 第 1 章 计算机网络基本概念

## 本章学习要求:

1. 了解计算机网络形成与发展过程,了解网络发展趋势及应用前景;
2. 掌握计算机网络的定义和网络的基本特征;
3. 了解计算机网络的结构与组成,掌握资源子网与通信子网的主要功能;
4. 了解网络拓扑的基本概念,掌握星型、环型、树型和网状型拓扑的主要特点;
5. 掌握计算机网络的分类方法,以及广域网、城域网和局域网的主要特点;
6. 掌握计算机网络的主要功能,了解计算机网络主要的应用领域。

计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物,网络技术对信息产业的发展有着深远的影响。为了帮助初学者对计算机网络有一个全面的认识,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,并对网络在企业、机关信息管理与个人信息服务中的各种应用,以及网络应用所带来的社会问题进行了全面的探讨。

## 1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络的形成与发展经历了四个阶段:

第一阶段:计算机技术与通信技术相结合,形成计算机网络的雏形;

第二阶段:在计算机通信网络的基础上,完成网络体系结构与协议研究,形成了计算机网络;

第三阶段:在解决计算机联网与网络互联标准化问题的背景下,提出开放系统互联参考模型(OSI RM)与协议,促进了符合国际标准的计算机网络技术的发展;

第四阶段:Internet 的广泛应用与高速网络技术的发展。

### 1.1.1 计算机网络的形成

任何一种新技术的出现都必须具备两个条件,即强烈的社会需求与先期技术的成熟。计算机网络技术的形成与发展也证实了这条规律。

1946 年世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生时,计算机技术与通信技术并没有直接的联系。50 年代初,由于美国军方的需要,美国半自动地面防空系统 SAGE 进行了计算机技术与通信技术相结合的尝试。它将远程雷达与其它测量设施测到的信息通过总长度达

241 万公里的通信线路与一台 IBM 计算机连接,进行集中的防空信息处理与控制。要实现这样的目的,首先要完成数据通信技术的基础研究。在这项研究的基础上,人们完全可以将地理位置分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上。用户可以在自己的办公室内的终端键入程序,通过通信线路传送到中心计算机,分时访问和使用其资源进行信息处理,处理结果再通过通信线路回送用户终端显示或打印。人们把这种以单个计算机为中心的联机系统称作面向终端的远程联机系统。它是计算机通信网络的一种。60 年代初美国航空公司建成的由一台计算机与分布在全美国的 2000 多个终端组成的航空订票系统 SABRE-1 就是一种典型的计算机通信网络。

### 1.1.2 分组交换技术的发展

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、科学研究、地区与国家经济信息分析决策,以及大型企业经营管理。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-计算机的网络。网络用户可以通过计算机使用本地计算机的软件、硬件与数据资源,也可以使用联网的其它地方的计算机的软件、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)。1969 年美国国防部高级研究计划局提出将多个大学、公司和研究所的多台计算机互联的课题。1969 年 ARPA 网只有 4 个结点,1973 年发展到 40 个结点,1983 年已经达到 100 多个结点。ARPA 网通过有线、无线与卫星通信线路,使网络覆盖了从美国本土到欧洲与夏威夷的广阔地域。ARPA 网是计算机网络技术发展的一个重要的里程碑,它对发展计算机网络技术的主要贡献表现在以下几个方面:

- (1) 完成了对计算机网络定义、分类与子课题研究内容的描述;
- (2) 提出了资源子网、通信子网的两级网络结构的概念;
- (3) 研究了报文分组交换的数据交换方法;
- (4) 采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。

ARPANET 研究成果对推动计算机网络发展的意义是深远的。在它的基础上,七八十年代计算机网络发展十分迅速,出现了大量的计算机网络,仅美国国防部就资助建立了多个计算机网络。同时,还出现了一些研究试验性网络、公共服务网络、校园网,例如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所的 OCTOPUS 网、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES 网、国际气象监测网 WWWN、欧洲情报网 EIN 等。

在这一阶段中,公用数据网 PDN(Public Data Network)与局域计算机网络技术发展十分迅速。

计算机网络的资源子网与通信子网的研究使网络的数据处理与数据通信有了清晰的功能界面。计算机网络可以分成资源子网与通信子网这样两个部分来组建。通信子网可以是专用的,也可以是公用的。为每一个计算机网络都建立一个专用通信子网的方法显然是不可取的,因为专用通信子网造价昂贵,线路利用率低,重复组建通信子网投资过大,同时也没有必要。随着计算机网络与通信技术的发展,70 年代中期世界上便开始出现了由国家邮电部门或通信公司组建和管理的公用通信子网,即公用数据网 PDN。早期的公用数据网采用模拟通信的电话通信网,新型的公用数据网采用数字传输和分组交换技术。典型的公用分组交换数据网有美国

的 TELENET、加拿大的 DATAPAC、法国的 TRANSPAC、英国的 PSS、日本的 DDX 等。公用分组交换网的组建为广域计算机网络的发展提供了良好的外部通信条件。

以上我们讨论的是利用远程通信线路组建的远程计算机网络,也称为广域网。随着计算机的广泛应用,局部地区计算机联网的需求日益强烈。70 年代初,一些大学和研究所以实现实验室或校园内多台计算机共同完成科学计算和资源共享的目的,开始了局域计算机网络的研究。

1972 年美国加州大学研制了 Newhall 环网;1976 年美国 Xerox 公司研究了总线拓扑的实验性 Ethernet 网;1974 年英国剑桥大学研制了 Cambridge Ring 环网。这些都为 80 年代多种局域网产品的出现提供了理论与技术基础,对局域计算机网络技术的发展起到了十分重要的作用。

与此同时,一些大的计算机公司纷纷开展了计算机网络研究与产品开发工作,提出了各种网络体系结构与网络协议,如 IBM 公司的系统网络体系结构 SNA(System Network Architecture)、DEC 公司的数字网络体系结构 DNA(Digital Network Architecture)与 UNIVAC 公司的分布式计算机体系结构 DCA(Distributed Computer Architecture)。

### 1.1.3 网络体系结构与协议标准化的研究

计算机网络发展第二阶段所取得的成果对推动网络技术的成熟和应用极其重要,它所研究的网络体系结构与协议的理论成果,为以后网络理论的发展奠定了基础。很多网络系统经过适当的修改与充实后仍在广泛使用。目前国际上应用广泛的 Internet 网络就是在 ARPAnet 基础上发展起来的。但是,70 年代后期人们已经看到了计算机网络发展中出现的危机,那就是网络体系结构与协议标准的不统一限制了计算机网络自身的发展和应用。网络体系结构与网络协议标准必须走国际化的道路。

计算机网络发展的第三阶段是加速网络体系结构与协议国际化的研究与应用。国际标准化组织 ISO 的计算机与信息处理标准化技术委员会 TC 97 成立了一个分委员会 SC 16,负责研究网络体系结构与网络协议国际化问题。经过多年卓有成效的工作,ISO 正式制订、颁布了“开放系统互联参考模型”OSI RM(Open System Interconnection Reference Model),即 ISO/IEC 7498 国际标准。ISO/OSI RM 已被国际社会所公认,成为研究和制订新一代计算机网络标准的基础。ISO/OSI RM 及标准协议的制订和完善正在推动计算机网络朝着健康的方向发展,很多大的计算机厂商相继宣布支持 OSI 标准,并积极研究和开发符合 OSI 标准的产品。在 80 年代,国际标准化组织 ISO 与国际电话电报咨询委员会 CCITT 等组织分别为参考模型的各个层次制订了一系列的协议标准,组成了一个庞大的 OSI 基本协议集。尽管人们对 ISO/OSI RM 的评价褒贬不一,但 ISO/OSI 参考模型与协议的研究成果对推动网络体系结构理论发展的作用是非常重大的。

如果说广域计算机网络扩大了信息社会中资源共享的范围,那么局域计算机网络则是增强了信息社会中资源共享的深度。

局域计算机网络是继广域网之后又一个网络研究与应用的热点。广域网技术与微型机的广泛应用推动了局域网技术的发展。八九十年代,局域网技术发生了突破性进展。在局域网领域中,采用以太网 Ethernet、令牌总线 Token Bus、令牌环 Token Ring 原理的局域网产品形成了三足鼎立之势,采用光纤传输介质的分布式光纤接口 FDDI 产品在高速与主干环网应用方面起了重要的作用。90 年代局域网技术在传输介质、局域网操作系统与客户机/服务器

(Client/Server)应用方面取得了重要的进展。由于数据传输技术的发展,在以太网 Ethernet 中用非屏蔽双绞线实现了 10Mbps 的数据传输。在此基础上形成了网络结构化布线技术,使以太网 Ethernet 在办公自动化环境中得到更为广泛的应用。局域网操作系统 Novell NetWare、Windows NT Server、IBM LAN Server,以及 UNIX 操作系统使局域网应用进入到成熟的阶段。客户机/服务器的应用使网络服务功能达到了更高的水平。

随着办公自动化技术的发展,各个机关、公司、企业、学校都建立了大量的局域网。各个局域网用户之间要交换信息。按照用户之间交换信息量的多少来看,局域网内部用户之间的信息交换量最大,同一个城市内局域网之间的信息交换量不断增加。为了解决同一个城市内局域网之间的信息交换问题,人们提出了城域计算机网络的概念,城域计算机网络通常被简称为城域网。人们制订了城域网的标准,并开发出城域网产品。这样就形成了计算机网络由广域网、城域网与局域网组成的格局。

#### 1.1.4 Internet 的应用与高速网络技术的发展

目前,计算机网络发展的特点是:Internet 的广泛应用与高速网络技术的迅速发展。

Internet 是覆盖全球的信息基础设施之一。对于广大 Internet 用户来说,它好像是一个庞大的广域计算机网络。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。Internet 是一个用路由器实现多个广域网和局域网互联的大型网际网,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。

人们在讨论组建计算机网络时,总是把计算机的资源共享作为建网的主要目的和基本出发点。现在,人们确实从 Internet 的应用中深刻地体会到“资源共享”的真实含义。Internet 通过路由器将世界上大量的计算机网络互联起来,向用户提供各种信息资源,这些信息资源包括科学、教育、技术、文化、经济、商业、体育、旅游、新闻、艺术、图书、医疗等方面,可以说已涉及到人们社会生活的各个方面,是一个取之不尽、用之不竭的宝库。

Internet 的广泛应用与多媒体技术的发展对高速网络的发展提出了更高的要求。高速网络技术发展主要表现在宽带综合业务数字网 B-ISDN、异步传输模式 ATM、高速局域网、交换局域网与虚拟网络的发展上。

进入 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 NII(National Information Infrastructure)建设计划,NII 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,因此很多国家纷纷开始制订各自的信息高速公路的建设计划,如日本计划在 2010 年完成的全国光纤网建设计划、英国建设 Super Janet 的计划、法国建设 Minitel 10 的计划、新加坡的智能岛建设计划与欧盟的信息高速公路建设计划等。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 GII(Global Information Infrastructure)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。

目前,所有的企业都面临着一个共同的问题,那就是激烈的市场竞争。为了适用这种形势

的需要,增强企业对市场变化的适用能力,提高管理效益,必须将计算机技术引入到企业管理之中。企业应用计算机技术经历着以下三个阶段:

- 单机应用
- 企业网应用
- 企业内部网应用

企业的管理部门一般是由生产、设计、销售、财务、人事等多个部门组成的。早期的企业计算机应用主要是针对每个部门内部的事务管理,例如财务管理、人事管理、生产计划管理、销售管理等。这一阶段计算机应用的特点是以单机应用为主。

随着企业管理水平的提高与计算机应用的不断深入,单机应用逐渐不能满足企业管理的要求,人们希望用局域网将分布在企业不同部门的计算机连接起来,构成一个支持企业管理信息系统的局域网环境。由于局域网覆盖范围的限制,这一阶段的局域网应用主要是解决一幢办公大楼、一个工厂内部的多台计算机之间的互联问题。

随着企业经营规模的不断扩大,一个企业可能在世界各地都要设立分公司。同时,企业生产所需要的原料要来自世界各地,企业的客户分布在世界各地,企业要实现了对分布在全球范围内的生产、原料、劳动力与市场信息的全面管理,就必须通过各种公用通信网将多个局域网互联起来,构成企业网(Enterprise Network)。这个阶段的企业网的特点是:

(1)建设企业网的主要目的仍然着眼于企业内部的事务管理,它是利用网络互联技术将分布在各地的分公司、工厂、研究机构以及销售部门的多个相对独立的部门管理信息系统连接起来,以构成大型的、覆盖整个企业的管理信息系统。

(2)企业网一般是采用各种公用数据通信网或远程通信技术,将分布在不同地理位置的多个局域网连接起来,构成一个大型互联网系统。互联网主要用于企业内部管理信息的交换。

(3)企业网应用软件的开发一般是采用 Client/Server 计算模式,开发者要针对不同的客户需求,开发各种专用的客户端应用程序。一般的系统外部用户如果没有这种专用的客户端应用程序的话,是无法进入系统的。

利用公用数据网实现局域网互联是组建企业网的基本方法。公用数据网的类型主要有:X.25网、帧中继网与ATM网等。早期企业网常用的是X.25网。由于企业网能够满足当时企业管理的需要,因此企业网在90年代得到了迅速的发展。很多企业家都认识到:建立企业网是90年代企业的生存大计。

传统的企业网一般还只是独立的实体。不管是国内企业,还是跨国公司,他们的企业网不管有多大规模,仍然只是为某一个群体服务的。Internet的出现改变了企业网的组网方法。Internet的应用正在改变着人们的工作方式与企业的运行模式,Internet在金融、广告、电子商务、信息发布、通信方面的应用,使得传统的企业网面临着新的挑战。原有的企业网内部用户希望能方便地访问Internet。很多企业家都已经看到了Internet在今后企业管理、产品销售、商务谈判、企业广告等方面的重要作用。企业网中的很多产品信息都需要通过Internet向分布在世界各地的用户发布。Internet在国际上的重大影响,使得所有的企业网都希望接入Internet。很多企业家已经认识到,是否能在Internet上拥有自己的主页Homepage和站点,是衡量一个企业是否具有实力与活力的标志。企业家们已经认识到:Internet的应用将会给企业带来巨大的经济效益。这种社会需求导致了新型的企业内部网——Intranet的出现。

在企业内部网中采用Internet技术,促进了Intranet技术的发展;企业内部网Intranet之间电子商务活动的开展又进一步引发了Extranet技术的发展。Internet、Intranet与Extranet

是当前企业网研究与应用的热点。1995 年,IBM 公司提出了“网络计算”(Network Computing)概念;1996 年,IBM 公司又提出了“电子贸易”(E-Commerce)概念;在 1997 年美国拉斯维加斯的 Comdex/Fall'97 会场上,IBM 公司用一条蓝色的标语提示大家:“Are You Ready for e-business? Your customers are.”。电子商务(E-Business)将在未来的社会经济生活中产生重要的影响。

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,网上教育、网上医疗、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。

以异步传输模式 ATM 技术为代表的高速网络发展迅速。目前,ATM 网络已经发展到实用阶段。我国和世界上的一些发达国家(如美国、日本、法国、德国)都已经组建了覆盖全国的 ATM 网络。ATM 已经成为 21 世纪电信网的关键技术。

除了 ATM 网络之外,数据传输速率为 100Mbps 的快速以太网 Fast Ethernet 与千兆位以太网 Gigabit Ethernet 发展也非常迅速。所谓 100Mbps 是指每秒钟传输 10 的 8 次方比特(bit,位)的以太网,1000Mbps 是指每秒钟传输 10 的 9 次方比特的以太网。那么,从理论上讲,通过快速以太网以 Fast Ethernet 发送一个长度为 1Mbit 的文件只需要 0.01 秒;通过千兆位以太网 Gigabit Ethernet 发送长度为 1Mbit 的文件只需要 0.001 秒。这个速度达到、甚至超过了计算机内部总线的数据传输速率。这将为企业内部网的组建提供性能更加优越的网络产品。

在网络实际应用中,为了有效地保护金融、贸易等商业秘密,保护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、破坏与损失。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

在计算机网络发展过程中,人们对计算机网络提出了不同的定义。这些定义可以分为三类:广义的观点、资源共享的观点与用户透明性观点。从目前计算机网络的特点看,采用资源共享观点的定义比较确切。而广义观点定义了计算机通信网络,用户透明性观点定义了分布式计算机系统。因此,讨论计算机网络的定义,实际上是要回答以下两个问题:

- 什么是计算机网络?
- 计算机网络与计算机通信网络、分布式计算机系统的区别是什么?

### 1.2.1 计算机网络定义的基本内容

资源共享观点将计算机网络定义为“以能够相互共享资源的方式连接起来,并且各自具备独立功能的计算机系统的集合”。

资源共享观点的定义符合目前计算机网络的基本特征,这主要表现在: