

# 计算机通信 与 网络教程

JI SUAN JI  
TONG XIN  
YU  
WANG LUO JIAO CHENG

汪一鸣 朱艳琴 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

# 计算机通信与网络教程

汪一鸣 朱艳琴 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

58

## 内 容 简 介

本书系统、全面地论述了计算机通信与网络方面的基本概念、原理和实现技术。全书共分十一章,在通信部分,着重介绍了计算机通信的基础部分即数据通信理论和技术,包括通信系统模型、信号变换、编码、传输、复用、交换等;在网络部分,着重分析了网络技术的主要规程、协议和参考模型,以目前最为流行的网络为例,深入浅出地讨论了网络的接入、路由、互连、质量、安全等问题。同时注重实践环节,给出了网络通信、建设和管理方面的若干实验。各章均附有相关习题,可供学生进一步复习和巩固相关知识点。

本盘(书)可供通信、电子、计算机、控制类本科专业作为计算机通信与网络专业课的教材或主要参考书,也可作为非电专业的学生学习计算机通信与网络知识的选修课或培训教材,还可供有关工程技术人员自学参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本盘(书)之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

书 名:计算机通信与网络教程

编 著 者:汪一鸣 朱艳琴

责任编辑:董 娅 龚兰方

电脑制作:董 娅

发 行:电子工业出版社 URL:<http://www.phei.com.cn>

地址:北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店、软件连锁店

开 本:787×1092 1/16 印张:17 字数:410 千字

版 次:2001 年 3 月第 1 版,2001 年 3 月第 1 次印刷

定 价:32.00 元(含配套书)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附光盘有问题者,请向购买书店调换。

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

## 序

汪一鸣老师在苏州大学通信与电子工程系长期讲授计算机通信和网络方面的课程,并从事这一领域的科学研究工作。积作者多年教学与科研之经验,对自编讲义反复修改、更新写成本书。

这是一本具有特色的本科生教材。与国内外同类著作相比较,本书在以下几方面显示突出特点:

从本学科必备的基础知识入手,浅出深入,包括基本原理、具体事例、协议规程、网络通信实验和适当的理论分析。使读者能在较短时间进入这一新的技术领域。

在计算机通信与网络的总体框架下将多种新思想和新技术有机组合,在尽可能拓宽知识面的基础上适当选材。

全书具有一定的灵活性和多层次、多专业的适应性。除用作本科生教材之外,也可以供大专、研究生以及工程技术培训等有关课程参考。适用专业包括通信、电子、计算机、自动化等类型以及理工科其他专业。

本书的出版对于繁荣我国通信领域的教学和学术交流将作出应有的贡献。

近年来,与苏州大学通信与电子工程系的几次学术交流给我留下深刻印象。在此感谢各位老师给予的许多启发和热情帮助。愿我们的友谊长存。

预祝本书出版成功。

郑君里

清华大学

0JS1P3/93

## 前 言

计算机通信和网络的飞速发展使几乎所有信息类专业都将计算机通信及网络课程列入教学计划,许多非相关专业的学生也把学习这方面的内容作为知识更新,继续教育的重要方面。作者任该课程的教学多年,对象包括计算机、通信、电子、自动控制专业的本科、专科、研究生和研究生班,深感有必要编写一本合适的相关教材。本书就是以使用了多次的讲义为基础,通过多方听取教师、学生和专家的意见编写起来的。该书从学科的基础理论和必备知识入手,在计算机通信与网络技术的总体框架下将各种新思想和新技术有机组合,即作介绍又作分析,并提升到理论高度。在体系上采用以信源和信宿间的计算机通信为主线的横向模型,将计算机通信的概念、原理、方法和技术等基本内容包含进去。再通过讨论重要的数据通信业务和常用的计算机网络,使全书内容完整,结构合理。

本书第一章介绍了通信技术和计算机技术的发展历史以及通信与计算机殊途同归的背景和原因;介绍了计算机通信网的几个有代表性的发展阶段;给出了计算机通信和网络的一般概念、定义、分类和特点。第二章从计算机通信的角度介绍了通信的模型,信号的表示,信道的等效,信号通过信道要注意的问题以及重要的数据通信指标。第三章介绍了为满足通信的要求而对计算机获取的信息和来自计算机的信息所做的各种变换,包括信源编码、信道编码、调制解调以及差错控制方法和常用纠错码。第四章介绍了与计算机通信相关的传输技术,包括各种复用技术、电传输和光传输标准以及有线和无线传输介质的特性特点。第五章介绍了交换的概念和原理,着重讨论了分组交换在计算机通信网中的优势,介绍了高速交换和光交换技术。第六章介绍了计算机通信的分层体系结构和参考模型,各层的功能。分层介绍了在此基础上几个主要的标准制定国际组织为计算机通信制定的标准和一些虽不是国际组织制定的,但已广泛使用,成为事实的工业标准。第七章概略地介绍了几种常用的数据通信业务实例和与此相关的网络体系,包括基本原理、技术和应用。这一章是对以上各章的一个回顾和小结,帮助学生更好地理解基本原理。从第八章开始,本书以典型计算机通信网络为例,重点讨论网络技术。第八章专门讨论近年来为业界普遍看好的 ATM 技术,从用户的角度比较全面地介绍了 ATM 网络的概念、特点和协议规程。第九章介绍近年来蓬勃发展势头迅猛的因特网,以 TCP/IP 协议族为核心讨论了因特网的接入技术,互连技术、路由技术、地址转换技术及应用技术。第十章介绍了计算机网络的另一个重要领域局域网,给出了计算机局域网的定义、组成、媒体访问控制方法、协议标准、接口技术和局域网的新发展。第十一章是网络通信实验。从网络的硬件连接到网络操作系统的使用和管理,从计算机与计算机之间的点点底层通信到高级网络编程,循序渐进地编写了 4 个实验,并附有相应的源程序和详尽的注释,为不同层次的学生提供了一个在不同层次上接触网络的平台。

本书可供通信、电子、计算机、控制类本科专业作为计算机通信与网络专业课的教材或主要参考书,也可作为非电专业的学生学习计算机通信与网络知识的选修课或培训教材,也

可供有关工程技术人员自学参考。

本书第一至五章、第九章由汪一鸣编写,第六章、第十章、第九章中的 9.5.2 以及第十一章中的实验三和实验四由朱艳琴编写,第七章及第十一章中的实验一和实验二由徐清源编写,第八章由吴红卫编写。并由汪一鸣修改和审定了全书初稿。

由于编者水平有限,加上计算机通信与网络的发展日新月异,书中难免有不当之处,敬请广大读者批评指正。

编著者

# 目 录

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 第一章 计算机通信概论 .....                     | (1)  |
| 1.1 通信技术的发展阶段 .....                   | (1)  |
| 1.2 计算机技术的发展阶段 .....                  | (1)  |
| 1.3 C&C——计算机与通信的结合是一种必然 .....         | (2)  |
| 1.4 计算机通信网的发展阶段 .....                 | (4)  |
| 1.5 计算机通信与网络的基本模型 .....               | (7)  |
| 1.6 计算机通信的特点和任务 .....                 | (9)  |
| 1.7 课程内容 .....                        | (10) |
| 第二章 信息、信号与信道 .....                    | (11) |
| 2.1 通信系统模型 .....                      | (11) |
| 2.2 消息(message)与信息(information) ..... | (12) |
| 2.3 信号(signal) .....                  | (12) |
| 2.4 信号表示和分析 .....                     | (13) |
| 2.5 信号通过信道的传输 .....                   | (16) |
| 2.6 数据通信质量指标 .....                    | (19) |
| 思考题与习题 .....                          | (20) |
| 第三章 信号变换与差错控制 .....                   | (22) |
| 3.1 信源编码 .....                        | (22) |
| 3.2 数据的编码传输方式(信道编码) .....             | (27) |
| 3.3 调制解调技术 .....                      | (33) |
| 3.4 xDSL 技术 .....                     | (42) |
| 3.5 差错控制概述 .....                      | (45) |
| 3.6 纠错检错码基本原理 .....                   | (47) |
| 3.7 简单分组码 .....                       | (48) |
| 3.8 线性分组码 .....                       | (50) |
| 3.9 卷积码 .....                         | (55) |
| 3.10 扰码与解扰 .....                      | (57) |
| 思考题与习题 .....                          | (58) |
| 第四章 干线、复用及传输介质 .....                  | (61) |
| 4.1 频分复用 .....                        | (61) |
| 4.2 时分复用 .....                        | (63) |
| 4.3 同步光纤网络/同步数字体系(SONET/SDH) .....    | (68) |
| 4.4 波分复用 .....                        | (72) |
| 4.5 传输介质 .....                        | (74) |
| 思考题与习题 .....                          | (79) |
| 第五章 交换原理 .....                        | (81) |
| 5.1 交换概念 .....                        | (81) |

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| 5.2 交换方式 .....                | (82)         |
| 5.3 快速交换技术 .....              | (83)         |
| 5.4 光交换 .....                 | (86)         |
| 5.5 路由交换机 .....               | (90)         |
| 思考题与习题 .....                  | (91)         |
| <b>第六章 通信接口与规程 .....</b>      | <b>(93)</b>  |
| 6.1 分层体系结构 .....              | (93)         |
| 6.2 网络参考模型 .....              | (94)         |
| 6.3 通信的物理接口 .....             | (97)         |
| 6.4 数据链路控制 .....              | (101)        |
| 6.5 网络控制协议 .....              | (111)        |
| 6.6 高层协议 .....                | (117)        |
| 思考题与习题 .....                  | (126)        |
| <b>第七章 公用通信系统及其业务 .....</b>   | <b>(127)</b> |
| 7.1 公用通信系统 .....              | (127)        |
| 7.2 数据通信业务实例 .....            | (138)        |
| 思考题与习题 .....                  | (144)        |
| <b>第八章 ATM 技术 .....</b>       | <b>(145)</b> |
| 8.1 ATM 综述 .....              | (145)        |
| 8.2 ATM 物理层 .....             | (147)        |
| 8.3 ATM 层 .....               | (150)        |
| 8.4 ATM 适配层 .....             | (164)        |
| 8.5 ATM 的未来 .....             | (168)        |
| 思考题与习题 .....                  | (169)        |
| <b>第九章 因特网 .....</b>          | <b>(170)</b> |
| 9.1 因特网的演变 .....              | (170)        |
| 9.2 因特网的数据链路层 .....           | (170)        |
| 9.3 因特网的网络(网际)层 .....         | (172)        |
| 9.4 因特网的传输层 .....             | (187)        |
| 9.5 因特网应用 .....               | (197)        |
| 思考题与习题 .....                  | (207)        |
| <b>第十章 局域网介绍 .....</b>        | <b>(209)</b> |
| 10.1 局域网概述 .....              | (209)        |
| 10.2 IEEE 802 局域网标准 .....     | (212)        |
| 10.3 局域网的互连与网桥 .....          | (226)        |
| 10.4 高速局域网 .....              | (229)        |
| 思考题与习题 .....                  | (237)        |
| <b>第十一章 实验 .....</b>          | <b>(238)</b> |
| 实验一、 RS-232-C 异步串行口通信 .....   | (238)        |
| 实验二、 网络通信环境和 WinSock 通信 ..... | (240)        |
| 实验三、 构建 Windows NT 网络 .....   | (243)        |
| 实验四、 Windows NT 网络基本操作 .....  | (246)        |



|               |       |
|---------------|-------|
| 附录:源程序 .....  | (250) |
| 实验一、源程序 ..... | (250) |
| 实验二、源程序 ..... | (255) |
| 常用缩语 .....    | (259) |
| 参考文献 .....    | (262) |

# 第一章 计算机通信概论

## 1.1 通信技术的发展阶段

### 1.1.1 通信经历的漫长历史

通信从广义上来说双方或多方信息的交流并被互相了解。“走马遣书信”，“晓气朔烟上”，这两句古诗形象地描述了我国古代以快马传递消息和以烽火通知战事的通信手段。通信手段的真正革命是从电信开始的。1844年，当塞缪尔·莫尔斯在全世界第一次电报传输中输入了“上帝创造了何等的奇迹”时，这些点和划线组成的符号宣布了一个让地球成为村庄的瞬时通信时代的到来。1876年，亚历山大·格雷厄姆·贝尔在实验室里将电池酸液溅了出来，他喊到“沃森，快帮帮我”，这句话被贝尔所做的装置传到了隔壁，这就是电话，贝尔的发明专利申请仅仅比伊莱沙·格雷早了几个小时，从而成为现代通信之父。1895年，古列尔·莫·马可尼发明了无线电报，1901年，马可尼又发出了第一个跨越大西洋的无线电信号，并于1915年实现了跨大西洋的首次无线国际电话交谈。这表明无线电可以覆盖电话线无法伸及的海洋和山谷。20世纪30年代，移动电话技术开始试验，1947年形成了蜂窝电话的概念，1962年试验成功。1945年，科幻作家阿瑟·克拉克设想了一束无线电波发射到太空，然后由一种设备接收，并送回地球这种可能性。1962年，第一颗广播通信试验卫星发射升空，使幻想成为现实。从短距离到长距离，从简单的声音、手势、旗语到电话、电报、无线电，再到太空的卫星、海底的光缆、沙漠里的全球定位系统，通信的发展经历了与人类历史同样漫长的发展阶段，也取得了辉煌的成果。

### 1.1.2 现代通信包罗万象

20世纪创造了通信的奇迹，现代通信以卫星通信、光纤通信、移动通信为特征，以微波、扩频跳频、时分码分多路复用、程序控制、智能控制等先进技术为手段，以网络为依托，以全球通信、个人通信、多媒体通信为目的。无论何人(who)何处(where)何时(when)以何种形式(whatever)都能完成双方或多方的交互，这就是通信的终极目标。

## 1.2 计算机技术的发展阶段

### 1.2.1 计算机的问世

与通信技术比较，计算机技术问世迟，发展却很快。世界上最早的电子计算机是1946年由本西尔巴尼亚大学研制的ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)，它是一台电子管式的庞然大物，与今天的计算机相比，其“笨拙”和“低级”可谓微不足道，但当时却轰

动了整个世界,它宣告了信息革命时代的开始。

### 1.2.2 几个阶段

计算机的发展大体上经历了以器件作为划分标准的几个阶段。

第一代:电子管计算机。1947~1957年;

第二代:晶体管计算机。1957~1964年;

第三代:集成电路计算机。1964~1972年;

第四代:大规模集成电路计算机。始于1972年并以每10年一个数量级更新着CPU指令运算速度;

第五代:新一代计算机,已不能仅仅以器件来划分阶段。例如神经网络计算机,采用常温超导和光器件的计算机,或是以超并行结构和数据流计算为特征的计算机。更有以量子粒子、DNA(Deoxyribonucleic Acid)为基础制造的计算机也在世纪之末告别科幻时代,成为一种初露端倪的现实的全新的计算技术。

如果以应用划分,则可分为以下几大类:

军事:如弹道计算,核武器计算;

科学:天文、宇航计算,工程设计等;

管理:办公自动化,生产过程自动化;财务自动化;

辅助:计算机辅助设计(CAD),计算机辅助制造(CAM),计算机辅助教学(CAI),电子设计自动化(EDA);

综合:家庭,娱乐,教育,服务业等。

如今,计算机已用于社会的各行各业,到处可见。由于使用了计算机,人类创新的步伐也越来越快,爱因斯坦利用笔和纸研究出了相对论,但他却只能推测亚原子粒子的真实性。今天的物理学家在计算机上创建方程,并利用实际数据提供支持,他们由此捕获了行踪诡秘的中微子的行迹。气象学家利用计算机模型准确地预测将会带来生命财产损失的飓风的行进路线。药理学家能够在电脑屏幕上对药物分子的三维图像进行操纵,使其变得适合于攻击人体内的病灶目标。在装备了有着惊人尺寸和清晰度的望远镜后,天文学家利用计算机有史以来第一次记录到了太阳系外行星反射的光线。得益于机器人和高速计算机的帮助,科学家将很快完成绘制人类基因组草图的任务,而如果没有计算机,这样耗费时日的计算量是不可想象的。

## 1.3 C&C——计算机与通信的结合是一种必然

### 1.3.1 通信的数字化

随着通信不断发展,其采用的技术也越来越先进,一个最大的特点就是数字化。半导体技术和集成电路技术的飞速发展更起到了推波助澜的作用,使数字电路简单、微小、价廉、优质的特点在通信系统设计中发挥得淋漓尽致。1947年,贝尔实验室开发出晶体管,把它作为放大电流的一种方法取代了电话网中的机械继电器,这一发明成了所有电子学科的基石。1959年,集成电路的发展为现代电话网、计算机网和因特网打开了大门。反过来,以数字电

路为基础的计算机的发展促进了集成电路速度和集成度的不断提高,计算机嵌入通信设备促进了通信技术的进一步数字化集成化。

### 1.3.2 计算机的联机化

早在 20 世纪 50 年代初,美国建立的半自动地面防空系统就将远距离的雷达和其它测量控制设备的信息通过通信线路汇集到一台中心计算机上进行处理,成为以单个计算机为中心的远程联机系统,构成面向终端的计算机网络。

60 年代中期,开始出现若干个计算机互联的系统,最典型的就是 ARPANET (Defense Advanced Research Projects Agency Network)。计算机联网带来了信息交换共享、软硬件资源共享的莫大好处。

与此同时,光纤技术提高了网络容量和质量,并且降低了信息传输的成本。1977 年,第一个商用光纤系统安装在芝加哥,光纤使得今天高速、大容量的语音流,数据流和视频流变得实用可行,第一条跨越大西洋的铜缆可以同时处理 32 路语音电话,而第一条跨越大西洋的光缆可以处理 4 万路电话,大大改变了通信业的经营状况。光纤更使计算机之间的通信可以借助于高速光缆电信网络,并与电信网络、电视网络等合而为一。

### 1.3.3 知识和信息产业的崛起

每个世纪都有其起支配作用的关键技术,20 世纪的关键技术是信息的收集、处理和传播。人类社会进入了信息社会,知识的爆炸,信息的时效性,工作的压力,使人们迫切需要解决对大量信息的搜索、选择、积累、处理和应用问题。于是许多相关产业应运而生,如管理信息系统(MIS)、决策支持系统(DSS)、专家系统(ES)、办公自动化系统(OA)以及各信息中心的企业数据库,产品数据库,价格数据库,原材料数据库,人口数据库等。这些系统和中心都少不了进行信息处理的计算机和传递信息的通信线路。分布在一个广阔地理范围内的成千上万的组织期望通过一个按钮就能知道其最边远的派出机构的当前状况,或是和其用户、同行、原材料供应商发生联系,完成交易。由于技术进步的神速,收集选择处理传播信息的能力不断增长,其间的差异也在很快消失,然而,人们利用信息的欲望则增长更快。

### 1.3.4 计算机与通信的结合

由于以上原因,在通信和计算机这两个领域必然发生划时代的变化,C&C(Computer and Communications),即计算机与通信的结合,也即通信与本来以数字化为基础的计算机,在技术上开始向同一方向发展。C&C 构成了全球知识和信息有关基础设施的基本框架;随着知识和信息作为新资源的重要性得到肯定,C&C 在经济和文化发展中确立了毋庸置疑的重要地位;从技术上来说,C&C 使知识和信息得到有效利用,从而有可能使地球上存在的有限能源和粮食矿藏等资源得到更为合理的使用,生态环境得到改善。

C&C 将导致网络无处不在,专家们预言,未来的通信将通过因特网传输,网络把电话、计算机、电视以及各种电器联接起来,人们可以用自己的母语对着电话与世界各地说各种其它语言的人自然交流;家庭中的计算机和电话可以检查家电的运行情况,安排联系维修,监视儿童的行动与安全,或是当冰箱中缺了些什么时,可以根据计算机早先的设定,自动订货。到了那时,电信网络、媒体和计算机网络之间的区别将越来越模糊,直至不复存在。随着计

算机的可移动性越来越强,移动电话、寻呼机以及个人数字助理都将成为因特网上的一个终端,并且他们各自的功能将浓缩、集中到一种设备上,这种设备在哪儿都可以用,都可以与因特网联接。很可能今后的孩子一出生就拥有一个通信号码,这个号码将终身使用(例如植入人的皮肤),不再变更。

### 1.4 计算机通信网的发展阶段

计算机与通信的结合对计算机体系的构造有着深刻的影响,一台单个计算机满足所有计算任务的老模式已被一个由大量分散的但又互相连接的计算机群的集合所代替。这就是计算机通信网。其发展大致为四个阶段。

#### 1.4.1 联机系统的数据通信

为对分散在各地的数据进行处理,产生了具有通信功能的单机系统。这单机系统以专线完成点对点连接,还未构成网,称为联机系统的数据通信阶段(见图 1-1)。

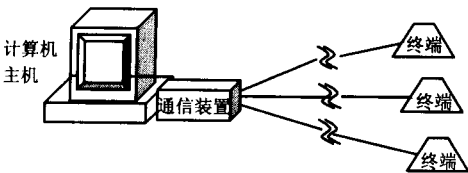


图 1-1 具有通信功能的单机系统

#### 1.4.2 面向终端的计算机通信网

在这个阶段,远程终端借助公共通信网与主机通信,低速终端利用多点共用线路,以时分或争用的方式共用一条物理信道。但主机既要负责与各类终端的通信又要负责信息的分析处理,负担过重(见图 1-2)。

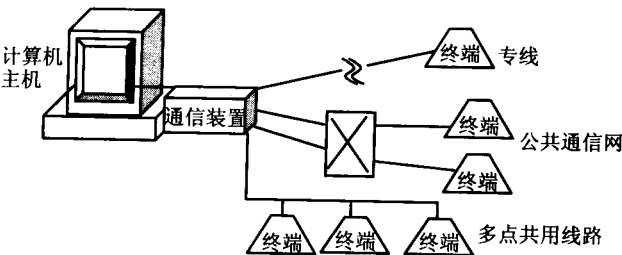


图 1-2 面向终端的计算机通信网

#### 1.4.3 多机互联系统

在多机互联系统(见图 1-3)中,为了减轻主机负担,使用前端机专门负责与终端的通信,并采用集中器将附近的多个终端经低速线路汇集,再经高速线路送往前端机。由于前端机

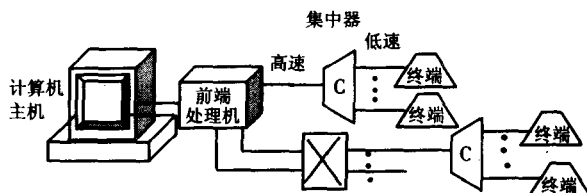


图 1-3 多机互联系统

和终端都由计算机构成。故称多机互联阶段。

#### 1.4.4 计算机通信网络

上述三种计算机通信系统的特点是面向终端的以单个主机为中心的星型网,各终端通过通信线路共享主机的软硬件资源。而真正的计算机通信网络则以通信子网为中心,主机和终端都处在网络的外围,它们构成了用户资源子网。用户不仅共享通信子网的资源,而且还可以共享用户资源子网的硬件、软件及信息资源。由于这些主机都是独立自主的计算机,本身带有各自的硬件和软件资源,拥有大量有用的信息,它们之间的通信以资源共享为目的。因而在这个阶段才形成了真正意义上的计算机通信网络(见图 1-4)。

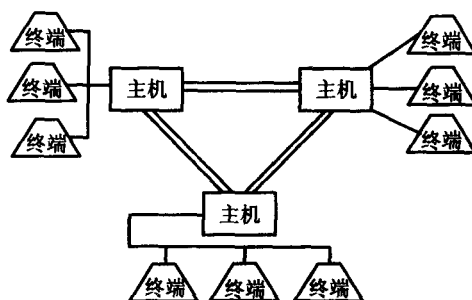


图 1-4 计算机通信网络

#### 1.4.5 进一步发展的高级阶段

目前已进入了计算机通信网发展的高级阶段。其主要标志为:

网络体系结构标准化

要将多个位于不同地点的计算机通过各种设备各种通信信道互联起来,协同工作,成功通信,这些设备就必须具有彼此可懂的接口,用什么语言,交流什么,怎样交流,何时开始,都必须遵循某种规则。这些规则的集合称为协议。在计算机通信网发展的初级阶段,各个研究团体及开发商都使用自己定义的规则,因此这些特定网络之间无法沟通。随着网络的发展和激增,迫切需要在不同公司制造的计算机之间以及计算机和通信设备之间方便地互联和通信。这就要求接口、协议、计算机体系结构都有公共遵循的标准。为此,一些著名的国际标准制定机构一直在从事并已完成了多项这方面的研究和制定工作。这些组织主要为:

国际标准化组织 (ISO——International Standards Organization), 国际电信联盟 (ITU-T——Telecommunications Standardization Sector of International Telecommunication Union), 美国国家标准局 (NBS——National Bureau of Standards), 美国国家标准协会 (ANSI——American National Standards Institute), 电气和电子工程师学会 (IEEE——Institute of Electrical and Electronics Engineers) 以及 Internet 架构委员会 (IAB——Internet Architecture Board) 等。

#### 广域和大规模, 覆盖全球

早期的计算机网络是从面向终端开始的, 距离有限, 范围有限。随着计算机网络的发展, 人们也希望计算机通信可以像电话一样覆盖全球。于是许多由政府部门或电信经营公司所拥有、面向全社会公众开放服务的公用数据网络应运而生, 拥有主机资源的单位如果希望连网, 只要遵循公用网的接口标准, 提出申请并付一定的费用, 都可以接入公用数据网, 利用其提供的服务来实现特定资源子网的通信任务。现在世界上许多国家都相继建立了自己国家的公用数据网, 这些公用网又经国际端口互联, 成为覆盖全球的网络。

#### 局域网普及

一个单位和部门往往拥有多台个人计算机, 个人计算机的使用以及交换信息和共享资源的要求使人们将这些个人计算机互相连接起来, 形成一种以个人计算机为主体的用于较小范围的计算机网络。过去, 局域网大多限于大学和科研院所内部, 现在已普及到各级各类政府部门、机关、厂矿企业、医院、大商场、中小学校等等几乎所有的地方。

#### 网络业务综合化, 多媒体, 交互式

过去计算机通信提供的主要是数据服务, 例如文件传递、文件访问。随着计算机处理信息的能力日益提高, 随着网络日益进入家庭, 网络用户日益增长, 网络业务也越来越多样化, 综合化。计算机网络不仅能传递数据, 也能方便地传递语音、图像、图片、传真、视频等多种媒体信号。

#### 网络管理智能化

在计算机通信的早期, 如果到达某个主机的延迟超出了预计, 由于网络的节点数有限, 检查者只要运行所谓 Ping 程序, 通过检查返回分组中的时间标签, 就能发现问题所在。但是随着网络膨胀为全球范围的互联网, 这种方法不再有效。如何高效地智能化地管理计算机网络成为网络发展急需解决的问题, 简单网络管理协议 (SNMP——Simple Network Management Protocol) 以及相应的管理信息数据库应运而生, 成为管理网络的事实上的工业标准。

总而言之, 计算机通信使得传统通信方式发生了巨大变化, 其发展总趋势已经具有和正在具有以下特征:

- \* 通信的形式从听觉为主到视觉为主。过去主要使用电话, 电报、传真仅占很小的份额。计算机的介入使得获得的信息可以方便地出现在计算机显示屏上, 万维网和浏览器的发明及广为流行为人们带来了一个五光十色的界面, 也带来了丰富多彩的信息, 让人们大饱眼福, 视觉刺激比听觉刺激更有利于人们的学习记忆和理解。也使网络更易使用, 更平民化、大众化。

- \* 通信传输信号从模拟为主到数字为主。过去以话务为主的电话网占主导地位也使模拟信号的传输成为主要通信业务, 但长期实践使人们认识到如果不分业务而一律采用数字化技术, 亦即将文字信息、语音信息、图形和图像等信息都首先转化成数字代码后再传输, 不仅能显著地提高通信质量, 而且还可以使所有的业务共用一个数字网。由于计算机本身完

全采用数字技术,传输数字化的信号变得顺理成章。

\* 通信传输手段从低速电话线为主到高速宽带为主。由于电话网是专为话音业务设计的,最大带宽仅 4kHz,用它传输大量数字信号,速度受到限制。而如今在主干线上,光缆的广泛使用为数据业务提供了几乎无限的带宽,在接入网一方,高速调制解调器(Modem)、ISDN、以及名为 xDSL 的各种高速数字用户环路技术,充分利用了现有电话用户铜线接入网来传输高速业务。

\* 通信设备从分立元件构成体积庞大为主到模块化微型化为主。通信设备和其他电子产品一样,高度集成化,设备明显小了,轻了,功能却多了。个人电脑、电话和电视等装置的区别逐渐消失,手持式书写板、交互式电子书籍、耳内蜂窝电话、声控佩带装置等都能与因特网相连,都能提供选项众多的菜单。

在 20 世纪最后 5 年间得到飞速发展的因特网表明,人类生活的游戏规则将因网络而发生重大变化:电子商务将风靡全球;不经过中间商,顾客可以直接向生产厂商购货;制造商可以一夜之间就提供适合不同客户需求的不同产品;网上电子书店和网上旅行社可能会挤掉一些商店;私人理财软件供应商会在网上提供金融服务,与银行开展竞争;网上销售公司将方便地免去人们货比三家的劳累;小公司也可以通过因特网在全球提供产品和服务,而不必花费昂贵的广告费;一些公司可以通过同样的途径越来越经常地结成暂时的盟友,以争取得到他们各自无法单独完成的订单;经理们也许不再需要固定的秘书部门,网络提供了最好的帮助,你可以在旅途中上网读邮件,了解业务动态并作出决定,发出指令。

## 1.5 计算机通信与网络的基本模型

### 1.5.1 定义

计算机通信是面向计算机和数据终端的一种现代通信方式,可以实现计算机与计算机、人(通过终端)与计算机之间数据信息的生成、存储、处理、传递和交换。

计算机通信网是指多台计算机(主机系统、通信处理机或者利用计算机实现的其他智能设备)互联构成的通信网络。

### 1.5.2 组成

计算机通信网可以用抽象结构或实际结构表示。

①抽象结构:计算机通信网由一些节点及连接节点的链路组成。

即 网络 = {节点, 链路}, 也可以写成  $N = \{V, L\}$ 。其中,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ , 是节点的集合。  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ , 是链路的集合。

节点有端节点和转接节点之分。端节点指自身拥有或要求计算机资源的用户设备主机、终端, 也称源节点、宿(目的)节点。转接节点指除了支持网络连通性外, 还对网络信息起转接作用的节点。其拥有的是通信资源, 如集中器, 节点处理机, 终端控制器。链路是两个节点间一定容量的传输线路。链路也有物理链路和逻辑链路之分, 物理链路指传输媒体, 而逻辑链路指传输数据的可靠、确认, 同步, 与用什么物理媒体无关。此外, 有时也把从一个



源点到一个宿点所经过的一串节点和链路的有序集合称为通路。

②实际结构:两级子网结构。即用户子网和通信子网(见图 1-5)。

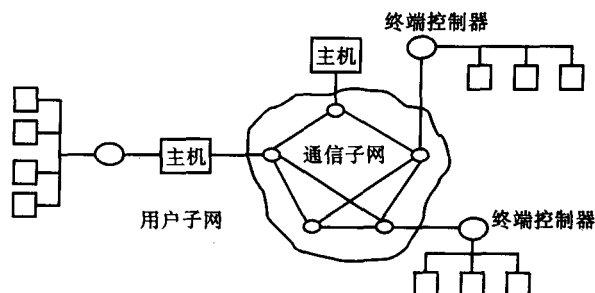


图 1-5 两级子网结构

用户子网是指所有端节点(包括它们所拥有的设备)以及连接这些节点的链路的集合体。具体设备有主机、终端控制器和终端等。

通信子网是指所有转接节点以及连接这些节点的链路的集合体。具体设备有节点处理机、传输链路和通信软件等。

下面对这些设备逐一简单介绍:

**主机** 计算机网络中的主机是指担负数据处理的计算机系统。可以是单机,也可以是多机系统。主机应是具有完成成批实时和交互式分时处理能力的硬件和操作系统,同时还应有通道部件及相关的接口。在分布式网络中要考虑程序兼容和可移植问题,要具有虚拟存储系统及数据库管理功能。

**集中器/终端控制器** 其作用是把若干终端经本地线路(一般为低速线路)集中起来到一、二条高速线路,以提高通信效率和降低通信费用,用小型机或微型机担任,也具有差错控制、代码转换、报文缓冲、电路转接及轮询等功能。实质上可以说它是接在终端侧的通信处理机。如果一个网络节点只是把若干低速线路集中,实现高速线路的多路复用,则叫做多路复用器。

**终端** 这是网络中不直接附属主机的设备,直接面对用户。终端的数量及种类较多,对发挥网络的作用起着很重要的作用。除一般具有键盘和显示功能的终端外,还有智能终端、虚拟终端等。

**通信处理机** 为了减轻主机的负担,常常在主机与网络之间设置一部小型机,专门处理网络的通信,例如差错控制、代码转换、报文分组或重装、路径选择等。这种处理机也叫前端处理机。它的作用是使主机用户在与远地进行数据通信时意识不到通信所必须的功能,即通信功能对用户是透明的。另外,在通信子网中为了进行报文中转交换设有分组交换处理机。

**通信线路** 目前大多数通信线路都是架空明线、电缆、同轴电缆、光缆等有线通信线路以及微波、卫星等无线通信线路。信号的形式有模拟的也有数字的。

**节点处理机** 指在网络节点上的接口信息处理机,它具有双重作用。其一,提供通信子