



高等院校规划教材  
计算机科学与技术系列

# 计算机网络 ——及通信

甘登文 叶继华 万宇文 王晓庆 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



TP393

465

2007

高等院校规划教材·计算机科学与技术系列

# 计算机网络及通信

甘登文 叶继华 万宇文 王晓庆 编著

机械工业出版社

随着计算机网络和通信技术的发展,人们对计算机网络及通信知识的需求也在不断增加。本书分为10章,系统地介绍了计算机网络及通信的主要概念和关键技术,主要包括计算机网络概论、数据通信、计算机网络体系结构、计算机局域网、无线和移动网络、网络安全。

本书体系结构合理、层次分明、逻辑严密、内容丰富,涵盖了计算机网络及通信的主要知识。

本书可作为计算机及相关专业的本科、专科生教材,也可作为工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络及通信/甘登文等编著. —北京:机械工业出版社,2006.12

(高等院校规划教材·计算机科学与技术系列)

ISBN 7-111-20627-4

I. 计... II. 甘... III. ①计算机网络—高等学校—教材 ②计算机通信—高等学校—教材 IV. TP393②TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 160207 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 胡毓坚

责任编辑: 罗子超

责任印制: 李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·15.75 印张·392 千字

0 001—5 000 册

定价: 23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639、88379641、88379643

编辑热线电话:(010)88379739

封面无防伪标均为盗版

# 出版说明

计算机技术的发展极大地促进了现代科学技术的发展,明显地加快了社会发展的进程。因此,各国都非常重视计算机教育。

近年来,随着我国信息化建设的全面推进和高等教育的蓬勃发展,高等院校的计算机教育模式也在不断改革,计算机学科的课程体系和教学内容趋于更加科学和合理,计算机教材建设逐渐成熟。在“十五”期间,机械工业出版社组织出版了大量计算机教材,包括“21 世纪高等院校计算机教材系列”、“21 世纪重点大学规划教材”、“高等院校计算机科学与技术‘十五’规划教材”、“21 世纪高等院校应用型规划教材”等,均取得了可喜成果,其中多个品种的教材被评为国家级、省部级的精品教材。

为了进一步满足计算机教育的需求,机械工业出版社策划开发了“高等院校规划教材”。这套教材是在总结我社以往计算机教材出版经验的基础上策划的,同时借鉴了其他出版社同类教材的优点,对我社已有的计算机教材资源进行整合,旨在大幅提高教材质量。我们邀请多所高校的计算机专家、教师及教务部门针对此次计算机教材建设进行了充分地研讨,达成了许多共识,并由此形成了“高等院校规划教材”的体系架构与编写原则,以保证本套教材与各高等院校的办学层次、学科设置和人才培养模式等相匹配,满足其计算机教学的需要。

本套教材包括计算机科学与技术、软件工程、网络工程、信息管理与信息系统、计算机应用技术以及计算机基础教育等教材系列。其中,计算机科学与技术系列、软件工程系列、网络工程系列和信息管理与信息系统系列是针对高校相应专业方向的课程设置而组织编写的,体系完整,讲解透彻;计算机应用技术系列是针对计算机应用类课程而组织编写的,着重培养学生利用计算机技术解决实际问题的能力;计算机基础教育系列是为大学公共基础课层面的计算机基础教学而设计的,采用通俗易懂的方法讲解计算机的基础理论、常用技术及应用。

本套教材的内容源自致力于教学与科研一线的骨干教师与资深专家的实践经验和研究成果,融合了先进的教学理念,涵盖了计算机领域的核心理论和最新的应用技术,真正在教材体系、内容和方法上做到了创新。而且本套教材根据实际需要配有电子教案、实验指导或多媒体光盘等教学资源,实现了教材的“立体化”建设。本套教材将随着计算机技术的进步和计算机应用领域的扩展而及时改版,并及时吸纳新兴课程和特色课程的教材。我们将努力把这套教材打造成为国家级或省部级精品教材,为高等院校的计算机教育提供更好的服务。

对于本套教材的组织出版工作,希望计算机教育界的专家和老师能提出宝贵的意见和建议。衷心感谢计算机教育工作者和广大读者的支持与帮助!

机械工业出版社

# 前 言

当今的知识经济和信息社会中，人们对计算机网络及通信的知识需求不断增加。为了适应社会对相关知识和人才的需要，国内外都将“计算机网络及通信”课程列为高等学校计算机核心课程。

本书编写的指导思想是立足培养 21 世纪的专业人才，遵循优化结构、精选内容、突出重点和提高质量的原则，既注重基础理论及新知识的介绍，又强调了计算机网络中的核心知识与技术，同时也阐述了 Internet 的应用，使读者既能够学到基本的理论知识，又能够掌握计算机网络及通信的关键技术。还能对新知识有所了解。

本书的作者都是多年从事计算机专业教学与科研的一线教师，不仅具有一定的教学经验，而且对计算机网络及通信的发展和社会的需求有足够的了解。在本书的编写过程中，根据本学科的发展趋势和最新成果，参考优秀的同类教材，形成了自身的特色。作为教材，本书在每章后附有习题，供读者练习使用，以增强读者的实际应用能力。

本书的主要特色是：

1. 自顶向下的教学方法：从应用层开始向下讲解，强调应用，易于激发学生的学习热情。
  2. 以互联网为研究对象：以互联网的五层模型组织材料展开教学，增强学生的感性认识。
  3. 突出原理：计算机网络技术领域的许多基础性问题已经研究得比较深入和清楚，通过这些原理性知识的学习，使学生的基础扎实，为今后的进步打好基础。
  4. 着眼关键技术：详细讲解了各种关键技术。
  5. 引入最新的内容：引入最新的知识，放弃过时的内容。在教材中对物理层的内容进行处理，将其融入到数据通信的相关内容中，增加了无线网络和移动 IP 的知识。
  6. 层次清楚：首先对整体进行综合介绍，然后对每一层展开讲解，最后讲解综合的应用。
  7. 结合实例：讲解中辅以大量实例、图例直观有趣，有助于学生理解关键性的技术。
- 本书由甘登文、叶继华、万宇文、王晓庆编著。  
书中难免有不妥和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

出版说明

前言

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 计算机网络概论 .....        | 1  |
| 1.1 计算机网络的产生与发展 .....      | 1  |
| 1.1.1 计算机网络的产生 .....       | 1  |
| 1.1.2 计算机网络的发展 .....       | 4  |
| 1.1.3 我国计算机网络的发展 .....     | 5  |
| 1.2 计算机网络的组成 .....         | 6  |
| 1.2.1 计算机网络的组成结构 .....     | 6  |
| 1.2.2 计算机网络系统的构型 .....     | 6  |
| 1.2.3 计算机网络系统的组成 .....     | 6  |
| 1.2.4 计算机网络与分布式计算机系统 ..... | 8  |
| 1.3 计算机网络的分类 .....         | 9  |
| 1.3.1 根据网络的传输技术进行分类 .....  | 9  |
| 1.3.2 根据网络的覆盖范围进行分类 .....  | 9  |
| 1.4 计算机网络的拓扑结构 .....       | 10 |
| 1.4.1 计算机网络拓扑的概念 .....     | 10 |
| 1.4.2 网络拓扑分类方法 .....       | 10 |
| 1.5 制订通信与网络标准的权威组织 .....   | 13 |
| 1.6 习题 .....               | 13 |
| 第 2 章 数据通信 .....           | 15 |
| 2.1 概述 .....               | 15 |
| 2.1.1 数据通信的基本概念 .....      | 15 |
| 2.1.2 数据通信系统的主要质量指标 .....  | 18 |
| 2.2 数据调制与编码 .....          | 21 |
| 2.2.1 数字数据的数字信号编码 .....    | 22 |
| 2.2.2 数字数据的模拟信号编码 .....    | 24 |
| 2.2.3 模拟数据的数字信号编码 .....    | 26 |
| 2.3 多路复用技术 .....           | 27 |
| 2.3.1 频分多路复用 .....         | 28 |
| 2.3.2 时分多路复用 .....         | 29 |
| 2.3.3 波分多路复用 .....         | 31 |
| 2.3.4 码分多路复用 .....         | 32 |
| 2.4 异步与同步通信 .....          | 34 |
| 2.5 数据传输介质 .....           | 35 |
| 2.5.1 双绞线 .....            | 35 |
| 2.5.2 同轴电缆 .....           | 36 |
| 2.5.3 光纤 .....             | 37 |

|              |                        |           |
|--------------|------------------------|-----------|
| 2.5.4        | 无线电短波通信 .....          | 38        |
| 2.5.5        | 地面微波接力通信 .....         | 38        |
| 2.5.6        | 红外线和激光 .....           | 39        |
| 2.5.7        | 卫星通信 .....             | 39        |
| 2.5.8        | VSAT 卫星通信 .....        | 39        |
| 2.6          | 差错控制与校验 .....          | 40        |
| 2.6.1        | 差错控制与校验的基本概念 .....     | 40        |
| 2.6.2        | 常用的差错控制编码 .....        | 40        |
| 2.7          | 信息交换技术 .....           | 42        |
| 2.7.1        | 线路交换 .....             | 42        |
| 2.7.2        | 报文交换 .....             | 43        |
| 2.7.3        | 分组交换 .....             | 44        |
| 2.7.4        | 数据交换技术的比较 .....        | 47        |
| 2.7.5        | 其他数据交换技术 .....         | 47        |
| 2.8          | 习题 .....               | 47        |
| <b>第 3 章</b> | <b>计算机网络体系结构 .....</b> | <b>49</b> |
| 3.1          | 网络体系结构的基本知识 .....      | 49        |
| 3.1.1        | 协议 .....               | 49        |
| 3.1.2        | 分层模型 .....             | 49        |
| 3.1.3        | 网络体系结构 .....           | 49        |
| 3.2          | 网络中的重要概念 .....         | 50        |
| 3.2.1        | 协议和服务的区别及相互关系 .....    | 50        |
| 3.2.2        | 服务访问点 .....            | 51        |
| 3.2.3        | 数据单元 .....             | 51        |
| 3.2.4        | 服务原语 .....             | 52        |
| 3.3          | OSI/RM 的层次结构 .....     | 52        |
| 3.3.1        | OSI/RM 特点分析 .....      | 52        |
| 3.3.2        | OSI/RM 的层次 .....       | 53        |
| 3.3.3        | 各层次的作用 .....           | 54        |
| 3.4          | TCP/IP 的层次结构 .....     | 55        |
| 3.4.1        | TCP/IP 的层次 .....       | 55        |
| 3.4.2        | 各层次的服务模型 .....         | 56        |
| 3.5          | 习题 .....               | 57        |
| <b>第 4 章</b> | <b>应用层 .....</b>       | <b>59</b> |
| 4.1          | 应用层协议的原理 .....         | 59        |
| 4.1.1        | 应用层协议基础 .....          | 59        |
| 4.1.2        | 应用所需要的服务 .....         | 60        |
| 4.2          | 域名系统 .....             | 60        |
| 4.2.1        | 域名 .....               | 60        |
| 4.2.2        | 域名系统概述 .....           | 61        |
| 4.2.3        | DNS 报文格式 .....         | 62        |
| 4.3          | 万维网和 HTTP 协议 .....     | 63        |

|              |                               |           |
|--------------|-------------------------------|-----------|
| 4.3.1        | 万维网的概念 .....                  | 63        |
| 4.3.2        | HTTP 的概念 .....                | 64        |
| 4.3.3        | 持久连接和非持久连接 .....              | 65        |
| 4.3.4        | HTTP 报文格式 .....               | 66        |
| 4.3.5        | Cookie 简介 .....               | 67        |
| 4.4          | 文件传输协议 .....                  | 68        |
| 4.4.1        | FTP 的概念 .....                 | 68        |
| 4.4.2        | FTP 的工作原理 .....               | 69        |
| 4.5          | 电子邮件相关协议 .....                | 70        |
| 4.5.1        | 电子邮件概述 .....                  | 70        |
| 4.5.2        | SMTP、MIME、POP 和 IMAP 协议 ..... | 71        |
| 4.6          | 其他常见的应用层协议 .....              | 73        |
| 4.6.1        | Telnet 协议及其应用 .....           | 73        |
| 4.6.2        | 简单文件传输协议 .....                | 74        |
| 4.6.3        | 网络管理与 SNMP 协议 .....           | 74        |
| 4.7          | 习题 .....                      | 79        |
| <b>第 5 章</b> | <b>传输层 .....</b>              | <b>80</b> |
| 5.1          | 传输层提供的服务 .....                | 80        |
| 5.1.1        | 传输层的概念 .....                  | 80        |
| 5.1.2        | TCP/IP 协议中的传输层 .....          | 80        |
| 5.1.3        | 端口 .....                      | 81        |
| 5.2          | 可靠数据传输的原理 .....               | 83        |
| 5.2.1        | 可靠数据传输概述 .....                | 83        |
| 5.2.2        | 停止等待的可靠传输协议 .....             | 84        |
| 5.2.3        | 流水线方式的可靠传输协议 .....            | 85        |
| 5.3          | 传输控制协议 .....                  | 88        |
| 5.3.1        | TCP 报文的格式 .....               | 88        |
| 5.3.2        | TCP 的编号与确认机制 .....            | 89        |
| 5.3.3        | TCP 的传输连接管理 .....             | 90        |
| 5.3.4        | TCP 的流量控制机制 .....             | 91        |
| 5.3.5        | TCP 的拥塞控制原理 .....             | 92        |
| 5.3.6        | TCP 的定时器 .....                | 93        |
| 5.4          | 用户数据协议 .....                  | 93        |
| 5.5          | 习题 .....                      | 94        |
| <b>第 6 章</b> | <b>网络层 .....</b>              | <b>95</b> |
| 6.1          | 网络层的有关问题 .....                | 95        |
| 6.1.1        | 网络层提供的功能 .....                | 95        |
| 6.1.2        | 网络层提供的服务 .....                | 95        |
| 6.2          | 路由器与路由转发 .....                | 97        |
| 6.2.1        | 路由器的基本概念 .....                | 97        |
| 6.2.2        | 路由选择机制 .....                  | 99        |



|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 6.2.3 路由器的分类和基本组成 .....          | 102        |
| 6.3 IP 及其相关协议 .....              | 104        |
| 6.3.1 TCP/IP 模型及协议栈 .....        | 104        |
| 6.3.2 传统的分类 IP 地址 .....          | 104        |
| 6.3.3 划分子网 .....                 | 106        |
| 6.3.4 使用定长的子网掩码进行网络地址规划 .....    | 108        |
| 6.3.5 可变长掩码 IP 地址及 CIDR 技术 ..... | 112        |
| 6.3.6 基于 IP 地址的路由转发 .....        | 114        |
| 6.3.7 IP 协议的格式与工作原理 .....        | 115        |
| 6.3.8 ICMP 简介 .....              | 117        |
| 6.4 动态路由协议 .....                 | 119        |
| 6.4.1 RIP 路由信息协议 .....           | 119        |
| 6.4.2 OSPF 开放式最短路径优先路由协议 .....   | 119        |
| 6.4.3 边界网关协议 .....               | 122        |
| 6.5 NAT 和 VPN 简介 .....           | 127        |
| 6.5.1 NAT 网络地址转换 .....           | 127        |
| 6.5.2 虚拟专用网技术 .....              | 129        |
| 6.6 IP 组播技术 .....                | 133        |
| 6.6.1 组播概述 .....                 | 133        |
| 6.6.2 组播 IP 地址 .....             | 134        |
| 6.6.3 IGMP .....                 | 135        |
| 6.6.4 IGMP 监听 .....              | 136        |
| 6.6.5 组播报文转发过程 .....             | 136        |
| 6.6.6 组播路由协议 .....               | 137        |
| 6.7 下一代网际协议 IPv6 .....           | 139        |
| 6.7.1 IPv6 简介 .....              | 139        |
| 6.7.2 IPv6 的基本格式 .....           | 142        |
| 6.7.3 IPv6 的地址空间 .....           | 143        |
| 6.7.4 IPv6 扩展头简介 .....           | 145        |
| 6.7.5 从 IPv4 向 IPv6 的过渡 .....    | 148        |
| 6.8 习题 .....                     | 149        |
| <b>第 7 章 数据链路层</b> .....         | <b>150</b> |
| 7.1 数据链路层的基本知识 .....             | 150        |
| 7.1.1 数据链路层的概念 .....             | 150        |
| 7.1.2 数据链路层提供的服务 .....           | 151        |
| 7.1.3 数据链路层的主要功能 .....           | 151        |
| 7.2 面向比特的同步控制协议 .....            | 154        |
| 7.2.1 同步协议概述 .....               | 154        |
| 7.2.2 HDLC 协议 .....              | 155        |
| 7.3 PPP 协议 .....                 | 158        |
| 7.3.1 PPP 协议简介 .....             | 158        |
| 7.3.2 PPP 协议帧的格式 .....           | 158        |

|              |                   |            |
|--------------|-------------------|------------|
| 7.3.3        | PPP 链路的建立         | 160        |
| 7.3.4        | LCP 协议            | 161        |
| 7.3.5        | NCP 协议            | 164        |
| 7.3.6        | PPP 的可选参数协商       | 166        |
| 7.4          | 习题                | 168        |
| <b>第 8 章</b> | <b>计算机局域网</b>     | <b>170</b> |
| 8.1          | 局域网的基本知识          | 170        |
| 8.1.1        | 局域网的定义和组成         | 170        |
| 8.1.2        | 局域网的分类            | 170        |
| 8.2          | 局域网介质访问控制方法       | 171        |
| 8.2.1        | 载波侦听多路访问/冲突检测法    | 172        |
| 8.2.2        | 令牌环访问控制方式         | 174        |
| 8.2.3        | 令牌总线访问控制方式        | 176        |
| 8.3          | 局域网体系结构           | 178        |
| 8.3.1        | 局域网参考模型           | 178        |
| 8.3.2        | IEEE 802 标准       | 181        |
| 8.4          | 局域网组网技术           | 182        |
| 8.4.1        | 以太网               | 182        |
| 8.4.2        | 快速以太网             | 187        |
| 8.4.3        | 千兆位以太网            | 188        |
| 8.4.4        | 令牌环网络             | 189        |
| 8.4.5        | FDDI 光纤环网         | 191        |
| 8.4.6        | ATM 局域网           | 194        |
| 8.4.7        | 帧中继网络             | 196        |
| 8.4.8        | 数字数据网络            | 197        |
| 8.5          | 局域网操作系统           | 199        |
| 8.5.1        | 网络操作系统的概念         | 199        |
| 8.5.2        | 局域网操作系统的分类        | 200        |
| 8.5.3        | 局域网操作系统的基本功能      | 201        |
| 8.5.4        | 几种典型的局域网操作系统      | 201        |
| 8.6          | 习题                | 204        |
| <b>第 9 章</b> | <b>无线和移动网络</b>    | <b>205</b> |
| 9.1          | 无线网络的基本知识         | 205        |
| 9.2          | 无线局域网             | 206        |
| 9.2.1        | 无线局域网的工作模式        | 206        |
| 9.2.2        | 802.11 标准中的物理层    | 207        |
| 9.2.3        | 802.11 标准中的 MAC 层 | 208        |
| 9.2.4        | 802.11 帧的结构       | 210        |
| 9.3          | 移动 IP 技术          | 211        |
| 9.3.1        | 移动 IP 的概念         | 212        |
| 9.3.2        | 移动 IP 工作机制        | 212        |
| 9.3.3        | 移动 IP 应用          | 213        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 9.4 其他无线技术 .....             | 214        |
| 9.4.1 宽带无线网络 .....           | 214        |
| 9.4.2 蓝牙技术 .....             | 216        |
| 9.5 习题 .....                 | 218        |
| <b>第 10 章 网络安全</b> .....     | <b>219</b> |
| 10.1 不安全的互联网世界 .....         | 219        |
| 10.1.1 计算机网络犯罪及特点 .....      | 219        |
| 10.1.2 先天性安全漏洞 .....         | 219        |
| 10.1.3 常见的盗窃数据或侵入网络的方法 ..... | 219        |
| 10.1.4 在网络中进行安全通信的必备条件 ..... | 222        |
| 10.2 数据加密 .....              | 223        |
| 10.2.1 加密与解密 .....           | 223        |
| 10.2.2 算法类型 .....            | 223        |
| 10.2.3 经典密码体制 .....          | 224        |
| 10.2.4 数据加密标准 .....          | 225        |
| 10.2.5 RSA 公开密钥密码体制 .....    | 227        |
| 10.3 数据完整性 .....             | 228        |
| 10.3.1 Hash 函数 .....         | 228        |
| 10.3.2 数据完整性验证 .....         | 231        |
| 10.3.3 数字签名 .....            | 231        |
| 10.4 身份认证 .....              | 233        |
| 10.4.1 认证类型 .....            | 233        |
| 10.4.2 发证机关 .....            | 235        |
| 10.5 安全套接字层简介 .....          | 236        |
| 10.6 防火墙技术 .....             | 237        |
| 10.6.1 防火墙技术概述 .....         | 237        |
| 10.6.2 防火墙的类型 .....          | 238        |
| 10.6.3 防火墙的结构 .....          | 239        |
| 10.7 网络安全措施 .....            | 241        |
| 10.8 习题 .....                | 242        |

# 第 1 章 计算机网络概论

## 1.1 计算机网络的产生与发展

计算机作为信息处理的工具,为人类处理信息提供了理想的手段。但是在什么环境下使用计算机,直接关系到信息利用的价值。如果采用单机单用的使用环境,信息局限于一个局部的范围,这只是一种低层次的使用,并没有充分发挥信息的价值。信息的价值体现在交流与共享,而当今实现信息资源共享的主要手段之一就是计算机网络,人们研究计算机网络技术的最终目的就是实现通信与资源共享。

在计算机网络中,实现资源共享的前提条件是数据通信。因此,计算机网络是计算机技术与现代通信技术紧密结合的产物。计算机技术研究的是信息处理,现代通信技术研究的是信息传播与交流,二者均属 IT (Information Technology)。一方面,通信技术为计算机之间的数据传递和交换提供了必要手段;另一方面,计算机技术的发展提高了通信技术的性能。随着社会信息化水平的提高,信息的交流技术和信息处理技术相融合产生的计算机网络技术是必然趋势。无论是计算机和通信 (Computer&Communication, C&C) 还是计算机通信 (Computer + Communication, Communication) 已经成为这一边缘技术的同义语。

计算机网络对 IT 作出的突出贡献是使信息的快速交流和资源的高度共享成为现实,使信息的采集、存储、处理和传输等技术融为一体。计算机网络已经成为信息化社会最重要的基础设施。

### 1.1.1 计算机网络的产生

计算机网络的产生和演变过程经历了从简单到复杂、从低级到高级、从单机系统到多机系统的发展过程,其演变过程可概括为 3 个阶段:具有远程通信功能的单机系统为第一阶段,这一阶段已具备了计算机网络的雏形。具有远程通信功能的多机系统为第二阶段,这一阶段的计算机网络属于面向终端的计算机通信网。以资源共享为目的的计算机-计算机网络为第三阶段,这一阶段的计算机网络才是真正意义上的计算机网络。

早期的计算机系统是高度集中的,所有设备安装在单独的大房间中。初期,一台计算机只能供一个用户使用,后来发展到批处理和分时系统。由于没有和通信系统结合,分时系统所连接的多个终端都必须分布在主计算机的周围,用户使用非常不方便。后来许多系统通过通信系统将分散的多个终端连接到一台中心计算机上,用户可以使用终端处理事务,其过程是把要处理的内容通过自己所使用的终端经过通信系统送入中心计算机,进行分时访问并使用主机的资源,主机处理完后把处理结果通过通信系统送回到用户的终端,这就是第一代的计算机网络。第一代计算机网络实际上是以单个计算机为中心的远程联机系统,如图 1-1 所示。该系统的用户终端其实不具备自主处理能力,系统主要是终端与主机的通信,为了区别于现代计算机网络,将其称为面向终端的计算机网络。

在远程联机系统中,随着所连接终端数的增多,中心计算机与各终端的通信任务加重,

影响了主要承担的数据处理性能，工作效率下降，由此系统进行了改进。其一是在中心计算机前增设一个前端处理机，有时也称为前端机（Front End Processor, FEP），利用 FEP 专门完成通信任务，中心计算机专门进行数据处理；其二是在终端比较集中的地方设置终端控制器（Terminal Control, TC），再通过高速通信线路与远程中心计算机的前端机连接，避免了每个终端与中心计算机都用专线连接而造成的浪费，可以利用终端的空闲时间来传送其他处于工作状态的终端的数据，提高了通信线路的利用率。前端机和终端控制器可以采用小型计算机或微型计算机来实现，得到具有远程通信功能的多机系统，如图 1-2 所示。

随着微型计算机的普及，各个用户计算机具有了自主处理数据的能力，计算机之间不存在主从关系，这样的多台具有自主处理能力的计算机的互连形成了计算机网络，它的典型代表是 1969 年美国国防部研究计划局（ARPA）主持研制的 ARPA 网（ARPAnet）。此后，世界各地计算机网络的建设迅速发展起来。

### 1. 计算机网络的定义

目前，大多数人所认可的计算机网络的定义是：通过数据通信系统把地理上分散的自主计算机系统互连起来，通过功能完善的网络软件（包括网络通信协议、网络操作系统等）实现数据通信和资源共享的一种计算机系统。简单地说，计算机网络就是一些互连的自主计算机系统的集合。

该定义反映了当代计算机网络系统的以下几个主要特征：

(1) 自主计算机系统的集合。所谓自主计算机系统是指具有独立运算处理能力的计算机，它排除了多终端的分时多用户系统。如果一台计算机脱离了网络或其他计算机就不能工作，则不是自主的。

(2) 以资源共享为核心目的。

(3) 计算机技术和通信技术相结合。计算机网络是在计算机技术和通信技术高度发展的基础上，两者相互结合的产物。一方面，通信系统为计算机之间的数据传送提供重要的支持；另一方面，由于计算机技术渗透到通信领域中，又极大地提高了通信网络的性能。

(4) 通过网络软件进行控制和管理，其中通信协议是关键内容。即网络的底层是通信系统，上层是网络协议软件。

(5) 互连可以通过电缆（电话线、网线或光纤等）来实现，也可以采用无线连接，使用无线电信号、激光或红外技术，或者卫星传输。总之，两台计算机如果能互相交换信息即称为互连。

### 2. 计算机网络与其他系统的区别

计算机技术中存在着一些与计算机网络系统外观极为相似的其他系统，如联机分时多用户系统和分布式系统。

(1) 计算机网络系统与联机分时多用户系统的区别。计算机网络系统与联机分时多用户系统的区别可从资源共享和并发工作情况两个角度来看。

1) 计算机网络系统：网络中各计算机系统间能够相互共享资源。网络中的计算机具有独立的数据处理能力，各计算机间可并发式地工作。

2) 联机分时多用户系统：由一台主机和多个终端组成，各个终端不具备单独的数据处理能力。各终端用户只能共享中心计算机资源，由同一操作系统集中式控制分配计算资源，各终端用户不能并发式地工作。

(2) 计算机网络和分布式系统的区别。计算机网络和分布式系统在计算机硬件连接、系

统拓扑结构和通信控制等方面基本相同。两种系统的差别仅在组成系统的高层软件上。分布式系统强调多个计算机组成系统的整体性，强调各计算机在分布式计算机操作系统的协调下共同完成一项工作，用户对各计算机的分工和合作是透明的，类似于一个虚拟的单处理机。计算机网络则往往不要求这种透明性，在共享资源时要人为地指定通信地址进行操作。

分布式系统是在计算机网络的基础上为用户提供了一个透明的集成应用环境，是一个建造在网络之上的软件系统。所以，计算机网络和分布系统之间的区别在软件（尤其是操作系统）上，而不是硬件。

1) 具有远程通信功能的单机系统，如图 1-1 所示。

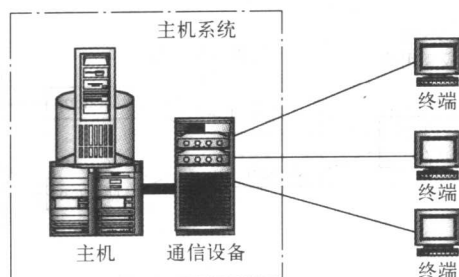


图 1-1 具有远程通信功能的单机系统

2) 具有远程通信功能的多机系统，如图 1-2 所示。

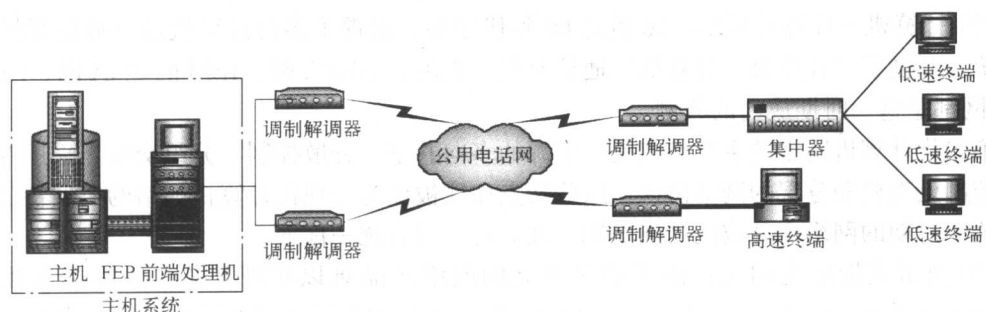


图 1-2 具有远程通信功能的多机系统

3) 具有统一体系结构、国际化标准协议的计算机网络，如图 1-3 所示。

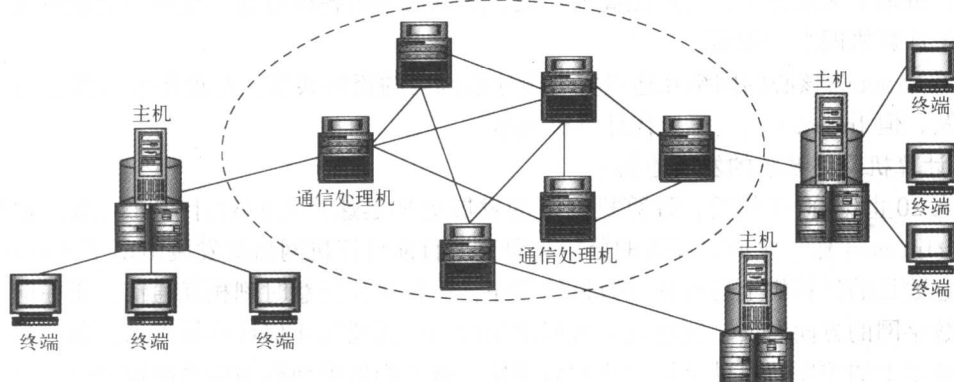


图 1-3 计算机-计算机网络

### 1.1.2 计算机网络的发展

#### 1. 计算机网络的发展阶段

计算机网络发展经历了 3 个阶段：面向终端的网络、计算机—计算机和开放式标准化网络。目前，已开始进入第 4 个阶段——宽带综合业务数字网。

(1) 面向终端的计算机网络：诞生于 20 世纪 50 年代。由一台中央主机通过通信线路连接大量的地理上分散的终端，构成了面向终端的计算机网络，也称为远程联机系统。这是计算机网络的雏形，如图 1-4 所示。

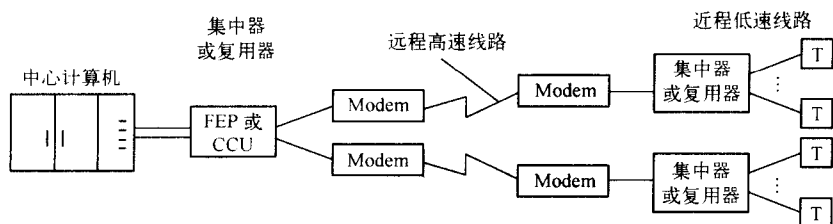


图 1-4 远程联机系统

远程联机系统的主要特点是：终端无独立的处理能力，单向共享主机的资源（硬件、软件）。这种网络结构属集中控制方式，可靠性低。

(2) 计算机—计算机网络：20 世纪 60 年代中期，出现了多台计算机通过通信系统互连的系统，开创了“计算机—计算机”通信时代。美国的 ARPA 网、IBM 的 SNA 网、DEC 的 DNA 网都是这一时期成功的典例。

第二代计算机网络的主要特点是：资源的多向共享、分散控制、分组交换、采用专门的通信控制处理机和分层的网络协议。这些特点往往被认为是现代计算机网络的典型特征。

这个时期的网络产品彼此之间是相互独立的，没有统一标准。

(3) 开放式标准化网络：由于相对独立的网络产品难以实现互连，国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）于 1984 年颁布了“开放系统互连参考模型”的国际标准，简称 ISO/OSI RM，即著名的 OSI 七层模型。从此，网络产品有了统一标准，网络具有统一的网络体系结构，遵循国际标准化协议。标准化使得不同的计算机能方便地互连在一起，带来了大规模生产、产品高度集成、降低成本的各种好处，促进了企业的竞争，大大加速了计算机网络的发展。

以 Internet 为核心的网络互连可实现全球范围内的资源共享，在近年来得到了迅速的发展和普及，但 Internet 仍属第 3 代计算机网络。

#### 2. 计算机网络系统的发展趋势

进入 20 世纪 90 年代后，计算机网络的发展更加迅速，人们对计算机网络，尤其是对 Internet/Intranet 作了全面而深入的分析和研究，目前计算机网络的发展出现了 3 种任意性，即在任意数目的计算机上运行任意数目的程序，而且要在任意时刻相互通信，正在向宽带综合业务数字网的方向发展，这也就是人们常说的新一代或第 4 代计算机网络。新一代计算机网络在技术上的主要特点就是综合化和高速化，被人们形象地称为信息高速公路。计算机网络系统的发展趋势主要体现在以下方面。

(1) 开放性方向发展。所谓开放,是指应用环境和互连环境的开放,包括网络体系结构、网络互连技术和网络应用环境的开放。

(2) 一体化方向发展。一体化体现了系统中各要素的紧密结合,包括各种先进技术、机型、通信系统、功能和媒体的综合。

(3) 多媒体网络方向发展。主要表现在将语言、图像、视频、声音和书信等多种形式的

数据综合处理。

(4) 高效、安全的网络管理方向发展。通过多种安全模式和安全协议的发展、多种管理系统的研发,使计算机网络更加安全,应用更加高效。

(5) 智能化网络方向发展。主要表现在 AI (Artificial Intelligence) 技术与网络技术的结合,使计算机网络系统从整体上逐步增加更多的智能。

### 3. 计算机网络对社会信息化发展的影响

随着计算机网络访问、网络服务、网络管理和安全技术逐步完善以及标准化工作的不断进行,计算机网络的应用几乎遍及人类活动的一切领域。现在人类的多种活动都是在以计算机网络为基础构成的信息网上完成的,并继续朝着全方位为人类服务的方向发展,主要表现在以下的多个方面。

- (1) 管理信息化。
- (2) 企业生产自动化。
- (3) 商贸电子化。
- (4) 公众生活服务信息化。
- (5) 军事指挥自动化。
- (6) 网络协同工作。
- (7) 教育现代化。
- (8) 政府上网和电子政府。
- (9) 网络安全。

#### 1.1.3 我国计算机网络的发展

我国最早建设专用计算机局域网的是铁道部,于 1980 年开始进行计算机联网试验。1989 年,我国第一个公用分组网 (CNPAC) 建成运行。在 20 世纪 80 年代后期,我国许多部门开始建立各自的专用计算机网络。1994 年,我国作为第 71 个国家级网加入 Internet。我国主要的网络运营商有:

- 中国公用计算机互联网 (CHINANET)。
- 中国网络通信集团 (宽带中国 CHINA169 网)。
- 中国科技网 (CSTNET)。
- 中国教育和科研计算机网 (CERNET)。
- 中国移动互联网 (CMNET)。
- 中国联通互联网 (UNINET)。
- 中国国际经济贸易互联网 (CIETNET)。
- 中国长城互联网 (CGWNET) (建设中)。
- 中国卫星集团互联网 (CSNET) (建设中)。



我国网民数和宽带上网人数均仅次于美国，位居世界第二。我国互联网的应用主要遍布以下几个领域：电子政务、网络游戏、远程教育、短信、服务收费和行业信息。浏览新闻、搜索引擎和收发邮件成为网民最常使用的三大网络服务。

从 20 世纪 90 年底提出的“三网合一”（计算机网、电信网和广电网）已经取得了发展，电信网和计算机网已经以“Internet 或者 Intranet”形式实现了资源和应用合一。其中，无线电信网络已经开始了与有线电信网络的应用整合，并将在即将到来的 3G 时代完成融合。

互联网新技术层出不穷，Blog、Web 3.0 和 IPv6 等新技术正在或者已经开始了实用。越来越多的传统业务开始尝试互联网。要使未来十年的网络应用更加丰富，需要重点关注以下几个领域：

- 由于网络融合所引起的上网终端变化并由此产生的应用。
- 由于宽带应用和广电网融合引起的娱乐内容需求，以及适应终端的表现形式。
- 由于互联网技术发展引起的个人网站需求繁荣和社区化趋势。
- 由于支付手段便利所引起的电子商务繁荣。

## 1.2 计算机网络的组成

### 1.2.1 计算机网络的组成结构

从拓扑学的角度看网络，网络组成元素是由一些点和线组成的。

(1) 点 (Node)：又称为“网络节点”或“站”，对应网络中的计算机和各种中继设备。网络节点分为访问节点（终端节点）和转接节点（交换节点）两类。访问节点是指用户端的计算机，是信息的“信源”或“信宿”。转接节点是指负责传递信息的中间通信设备，如集线器、交换机和路由器等。

(2) 线 (Line)：又称为“线路”，是指在两个节点间承载信息流的信道，对应网络中的通信信道。线路可以采用电话线、双绞线、同轴电缆和光纤等有线信道，也可以采用无线电信道。通信信道由传输介质和相关通信设备组成。

(3) 链路 (Link)：是指从发信点到收信点（即从信源到信宿）的一串节点和线路。链路通信是指端到端的通信。

### 1.2.2 计算机网络系统的构型

一般说来，在多个节点需要互相连接以构成网络时，希望每一个节点与其他的节点都有直接的点到点的通信线路，这种情况称为全连通的网络拓扑。如果有  $N$  个节点，就要求网络有  $N(N-1)/2$  条全双工的链路，且每一节点上的装置设备要有  $(N-1)$  个输入/输出端口。因为系统的成本、安装费用等随着节点数量的平方增长，当  $N$  很大时，这显然是不现实的。因此，所有网络都采用全连通的方法是不可行的。解决的方法就是使用交换机。交换的方式主要有电路交换和分组交换。

### 1.2.3 计算机网络系统的组成

#### 1. 按系统划分

计算机网络按系统可划分由硬件系统和软件系统两部分。