

# 计算机网络

孙学军 主编

孙学军 主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 计算机网络

孙学军 主编

喻梅 副主编

史利永 张辉 主审



机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书系统地讲述计算机网络的基本原理和技术。全书共分12章,主要内容包括:计算机网络的概念、数据通信基础知识、网络体系结构与协议、局域网、广域网、网络互联、TCP/IP与Internet、网络管理与安全、网络系统设计与实现,以及网络新技术等。各章后附有习题。

本书强调物理概念,理论联系实际,注重新技术发展。全书叙述条理性强,概念准确,深入浅出,通俗易懂,图文并茂,便于自学。

本书可作为高等学校计算机、网络工程、信息管理、通信工程、自动化及其他相近专业本科生教材,也可供从事这方面工作的广大科技工作者阅读和参考。

本书配有电子课件,欢迎选用本书作教材的老师索取,索取邮箱:wx2677@163.com。

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/孙学军主编. —北京:机械工业出版社, 2008.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-111-24834-7

I. 计… II. 孙… 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121793号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王小东 版式设计:霍永明

责任印制:杨曦 责任校对:陈立辉

三河市国英印务有限公司印刷

2009年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·25印张·618千字

标准书号:ISBN 978-7-111-24834-7

定价:42.00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) 88379728

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物，是信息技术中的一门交叉学科。计算机网络是计算机科学与工程中发展最迅速的技术之一，也是计算机应用中一个空前活跃的领域。

计算机网络已成为计算机专业的一门核心课程，其任务是介绍计算机网络的原理与技术。本书以现代计算机网络为基础，以 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型为线索，以 Internet/Intranet 为对象，全面系统地讲述计算机网络的基本原理、基本技术和系统组成。在内容选取上注重基础性、系统性、方向性、先进性和实用性，理论联系实际，努力反应现代计算机网络技术的最新发展。在文字表述上，力求条理清楚、概念准确、深入浅出、通俗易懂，强调物理概念，注重利用直观图形描述所讨论的问题。

全书共分 12 章，可划分为五个部分。第一部分包括第 1~3 章，主要讲述计算机网络的概念、构成、拓扑结构、功能，及数据通信的概念、模型、理论、方法等，以及 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型。这一部分是全书的基础，为后面章节内容的学习准备必要的知识。第二部分包括第 4~8 章，主要讲述各种网络技术，包括局域网、广域网、网络互联、TCP/IP、Internet/Intranet 等。第三部分包括第 9、10 章，主要讲述网络管理和网络安全的原理与技术。第四部分（第 11 章），主要讲述网络系统设计与实现，通过这部分内容的学习，可培养学生运用所学知识解决问题的能力。第五部分（第 12 章），主要讲述计算机网络的新技术和新发展。各章后均有一定数量的习题。

本书参考学时为 60~80 学时。选用本书作为教材，可根据培养目标、专业特点和教学要求进行取舍讲授，灵活掌握。

本书图文并茂，通俗易懂，可作为高等学校计算机、网络工程、信息管理、通信工程、自动化及其他相近专业本科生教材，也可供从事这方面工作的广大科技工作者阅读和参考。

本书由孙学军主编，喻梅副主编。第 1、2、3、5、11 章由孙学军编写；第 4、6、12 章由孙学军和于丽共同编写；第 7~10 章由喻梅和于健共同编写。参加本书编写的还有王平、孙岩、刘磊。

本书由史利永教授、张辉教授担任主审，对本书提出了许多宝贵意见，在此，我们表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限，书中难免存在一些疏漏和错误，殷切希望同行专家和广大读者批评指正。

编者

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 前言                 | 29 |
| 第1章 计算机网络概论        | 1  |
| 1.1 计算机网络的形成和发展    | 1  |
| 1.2 计算机网络的定义       | 3  |
| 1.3 计算机网络的组成       | 4  |
| 1.3.1 计算机网络的基本组成   | 4  |
| 1.3.2 计算机网络的功能组成   | 5  |
| 1.4 计算机网络的拓扑结构     | 5  |
| 1.5 计算机网络的分类       | 7  |
| 1.6 计算机网络的功能       | 8  |
| 1.7 计算机网络的发展趋势     | 8  |
| 习题                 | 9  |
| 第2章 数据通信基础         | 10 |
| 2.1 通信的基本概念        | 10 |
| 2.2 通信系统的分类        | 10 |
| 2.3 通信系统模型         | 11 |
| 2.3.1 通信系统一般模型     | 11 |
| 2.3.2 数字通信系统模型     | 12 |
| 2.4 传输方式           | 13 |
| 2.4.1 串行传输和并行传输    | 13 |
| 2.4.2 异步传输和同步传输    | 13 |
| 2.4.3 单工、半双工和全双工传输 | 15 |
| 2.5 数据通信系统的主要质量指标  | 15 |
| 2.6 信息及其度量         | 16 |
| 2.6.1 信息的概念        | 17 |
| 2.6.2 信息度量         | 17 |
| 2.7 信道与信道容量        | 18 |
| 2.7.1 信道类型         | 18 |
| 2.7.2 信道容量         | 18 |
| 2.8 传输介质           | 19 |
| 2.8.1 有线传输介质       | 20 |
| 2.8.2 无线传输介质       | 22 |
| 2.9 信号分析           | 25 |
| 2.9.1 傅里叶分析        | 26 |
| 2.9.2 信号通过线性系统的传输  | 27 |
| 2.10 数字基带信号        | 28 |
| 2.10.1 模拟信号数字化     | 28 |
| 2.10.2 脉冲编码调制      | 29 |
| 2.10.3 数字基带信号的传输编码 | 35 |
| 2.11 数字基带传输系统      | 38 |
| 2.12 载波数字调制        | 39 |
| 2.12.1 幅移键控        | 40 |
| 2.12.2 频移键控        | 40 |
| 2.12.3 相移键控        | 41 |
| 2.12.4 正交振幅调制      | 42 |
| 2.13 调制解调器         | 43 |
| 2.13.1 调制解调器的类型    | 43 |
| 2.13.2 调制解调器的速率    | 44 |
| 2.13.3 调制解调器的双工技术  | 44 |
| 2.13.4 调制解调器的标准    | 45 |
| 2.13.5 数字用户线调制解调器  | 46 |
| 2.14 多路复用技术        | 47 |
| 2.14.1 概述          | 47 |
| 2.14.2 频分多路复用      | 48 |
| 2.14.3 波分多路复用      | 49 |
| 2.14.4 时分多路复用      | 49 |
| 2.14.5 数字载波系统      | 51 |
| 2.14.6 多址技术        | 52 |
| 2.15 差错控制原理        | 57 |
| 2.15.1 差错产生及类型     | 58 |
| 2.15.2 差错控制基本原理    | 58 |
| 2.15.3 码距          | 60 |
| 2.15.4 差错控制编码      | 60 |
| 2.15.5 差错控制方法      | 65 |
| 2.16 数据交换技术        | 66 |
| 2.16.1 电路交换        | 66 |
| 2.16.2 存储转发交换      | 67 |
| 2.16.3 数据交换技术简单比较  | 70 |
| 习题                 | 70 |
| 第3章 计算机网络体系结构与协议   | 72 |
| 3.1 基本概念           | 72 |
| 3.2 OSI参考模型        | 73 |
| 3.2.1 概述           | 74 |
| 3.2.2 OSI模型协议的功能   | 75 |

|                                  |     |                      |     |
|----------------------------------|-----|----------------------|-----|
| 3.3 物理层                          | 77  | 4.6 交换式局域网           | 132 |
| 3.3.1 物理层的功能                     | 77  | 4.6.1 概述             | 132 |
| 3.3.2 物理层的特性                     | 78  | 4.6.2 交换机的交换结构       | 133 |
| 3.4 数据链路层                        | 79  | 4.6.3 交换机的交换方式       | 134 |
| 3.4.1 数据链路层的基本概念                 | 79  | 4.6.4 交换机的类型         | 136 |
| 3.4.2 数据链路层提供的服务                 | 79  | 4.7 虚拟局域网            | 136 |
| 3.4.3 数据链路层的功能                   | 80  | 4.7.1 概念             | 136 |
| 3.4.4 流量控制技术                     | 82  | 4.7.2 虚拟局域网的交换技术     | 137 |
| 3.4.5 差错控制技术                     | 84  | 4.7.3 虚拟局域网的成员资格划分   | 138 |
| 3.4.6 数据链路传输控制规程                 | 89  | 4.8 高速局域网            | 140 |
| 3.5 网络层                          | 90  | 4.8.1 高速局域网技术的发展     | 140 |
| 3.5.1 网络层提供的服务和功能                | 91  | 4.8.2 快速以太网          | 141 |
| 3.5.2 路由选择                       | 91  | 4.8.3 千兆以太网          | 142 |
| 3.5.3 流量控制与拥塞控制                  | 97  | 4.8.4 万兆以太网          | 145 |
| 3.6 传输层                          | 101 | 4.8.5 100VG-AnyLAN   | 147 |
| 3.6.1 传输层的功能                     | 101 | 4.8.6 光纤分布式数据接口 FDDI | 147 |
| 3.6.2 传输层提供的服务                   | 102 | 4.8.7 分布式队列双总线 DQDB  | 150 |
| 3.6.3 传输连接及传输层协议类型               | 105 | 4.8.8 其他高速 LAN 技术    | 151 |
| 3.7 高层                           | 105 | 习题                   | 154 |
| 3.7.1 会话层                        | 106 | 第 5 章 广域网            | 155 |
| 3.7.2 表示层                        | 107 | 5.1 PPP              | 155 |
| 3.7.3 应用层                        | 108 | 5.1.1 PPP 的特性与帧格式    | 155 |
| 3.8 TCP/IP 参考模型                  | 111 | 5.1.2 PPP 通信过程       | 156 |
| 习题                               | 112 | 5.1.3 PPP 认证         | 157 |
| 第 4 章 局域网                        | 114 | 5.2 X.25             | 158 |
| 4.1 概述                           | 114 | 5.2.1 X.25 的层次结构     | 158 |
| 4.2 局域网的拓扑结构                     | 115 | 5.2.2 X.25 的报文分组格式   | 159 |
| 4.3 IEEE 802 标准与模型               | 117 | 5.3 帧中继              | 160 |
| 4.3.1 IEEE 802 标准                | 117 | 5.3.1 概述             | 160 |
| 4.3.2 IEEE 802 标准与 OSI-RM 之间的关系  | 117 | 5.3.2 帧中继的层次         | 160 |
| 4.3.3 LLC 和 MAC 数据单元             | 119 | 5.3.3 帧中继的操作         | 162 |
| 4.4 局域网介质访问控制方法                  | 122 | 5.3.4 帧中继的实现         | 163 |
| 4.4.1 带有冲突检测的载波侦听多路访问 CSMA/CD 方法 | 122 | 5.4 ATM              | 163 |
| 4.4.2 令牌环介质访问控制方法                | 124 | 5.4.1 ATM 基本原理       | 164 |
| 4.4.3 令牌总线介质访问控制方法               | 125 | 5.4.2 ATM 交换         | 167 |
| 4.4.4 局域网介质访问控制方法的简单比较           | 126 | 5.4.3 ATM 协议模型       | 170 |
| 4.5 以太网                          | 127 | 5.4.4 ATM 服务类型       | 175 |
| 4.5.1 Ethernet 的基本工作原理           | 127 | 5.5 综合业务数字网          | 176 |
| 4.5.2 以太网标准                      | 130 | 5.5.1 ISDN 的基本结构     | 176 |
| 4.5.3 10Mbit/s Ethernet          | 130 | 5.5.2 用户-网络接口        | 176 |
|                                  |     | 5.5.3 ISDN 的层次       | 178 |
|                                  |     | 5.5.4 ISDN 的封装       | 180 |
|                                  |     | 5.5.5 ISDN 的应用       | 180 |

|                           |     |                                         |     |
|---------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
| 5.5.6 宽带 ISDN .....       | 181 | 7.6 Internet 控制报文协议 ICMP .....          | 245 |
| 5.6 SONET/SDH .....       | 181 | 7.6.1 概述 .....                          | 245 |
| 5.6.1 通信业务 .....          | 182 | 7.6.2 ICMP 报文格式 .....                   | 246 |
| 5.6.2 同步传输信号 .....        | 184 | 7.7 地址解析协议 ARP 和反向地址解析<br>协议 RARP ..... | 248 |
| 5.6.3 SONET 系统 .....      | 185 | 7.7.1 地址解析协议 ARP .....                  | 248 |
| 5.6.4 SONET 层次 .....      | 186 | 7.7.2 反向地址解析协议 RARP .....               | 250 |
| 5.6.5 SONET 帧 .....       | 187 | 7.8 下一代网络互联协议 IPv6 .....                | 251 |
| 5.6.6 STS 复用帧 .....       | 190 | 7.8.1 IPv4 和 IPv6 .....                 | 251 |
| 习题 .....                  | 190 | 7.8.2 IPv6 编址 .....                     | 251 |
| <b>第 6 章 网络互联技术</b> ..... | 191 | 7.8.3 从 IPv4 过渡到 IPv6 .....             | 252 |
| 6.1 网络互联的概念 .....         | 191 | 习题 .....                                | 253 |
| 6.2 网络互联的层次 .....         | 192 | <b>第 8 章 Internet 与 Intranet</b> .....  | 254 |
| 6.3 网络互联中的路由选择与分段 .....   | 193 | 8.1 Internet 的形成与发展 .....               | 254 |
| 6.3.1 路由选择 .....          | 194 | 8.1.1 Internet 的发展历史 .....              | 254 |
| 6.3.2 分段 .....            | 194 | 8.1.2 Internet 的组织与管理 .....             | 255 |
| 6.4 网络互联设备 .....          | 195 | 8.1.3 Internet 在我国的发展 .....             | 255 |
| 6.4.1 物理层互联设备 .....       | 195 | 8.2 域名与域名服务系统 .....                     | 256 |
| 6.4.2 数据链路层互联设备 .....     | 196 | 8.2.1 域名与域名系统 .....                     | 256 |
| 6.4.3 网络层互联设备 .....       | 202 | 8.2.2 Internet 的域名结构 .....              | 256 |
| 6.4.4 高层互联设备 .....        | 206 | 8.2.3 域名解析 .....                        | 258 |
| 6.5 互联网络路由协议 .....        | 208 | 8.3 Internet 接入技术 .....                 | 259 |
| 6.5.1 路由算法 .....          | 209 | 8.3.1 接入 Internet 的准备工作 .....           | 259 |
| 6.5.2 路由选择协议 .....        | 210 | 8.3.2 接入 Internet 的方式 .....             | 260 |
| 习题 .....                  | 217 | 8.4 Internet 提供的服务 .....                | 263 |
| <b>第 7 章 TCP/IP</b> ..... | 219 | 8.4.1 电子邮件服务 .....                      | 263 |
| 7.1 TCP/IP 的产生与发展 .....   | 219 | 8.4.2 远程登录服务 .....                      | 265 |
| 7.2 TCP/IP 参考模型 .....     | 220 | 8.4.3 文件传输服务 .....                      | 267 |
| 7.2.1 概述 .....            | 220 | 8.4.4 WWW 服务 .....                      | 268 |
| 7.2.2 TCP/IP 协议簇 .....    | 220 | 8.4.5 网络新闻 Usenet .....                 | 270 |
| 7.2.3 TCP/IP 工作原理 .....   | 222 | 8.4.6 电子公告板 BBS .....                   | 271 |
| 7.3 用户数据报协议 UDP .....     | 222 | 8.4.7 信息搜索 .....                        | 271 |
| 7.4 传输控制协议 TCP .....      | 223 | 8.5 企业内部网 Intranet .....                | 274 |
| 7.4.1 TCP 的概述 .....       | 223 | 8.5.1 Intranet 的概念和特点 .....             | 275 |
| 7.4.2 TCP 的编号与确认 .....    | 225 | 8.5.2 Intranet 的应用 .....                | 275 |
| 7.4.3 TCP 的流量控制 .....     | 226 | 8.5.3 Intranet 的基本组成 .....              | 276 |
| 7.4.4 TCP 的拥塞控制 .....     | 228 | 8.5.4 Intranet 的网络技术 .....              | 277 |
| 7.4.5 TCP 的重发机制 .....     | 229 | 习题 .....                                | 277 |
| 7.4.6 TCP 报文格式 .....      | 230 | <b>第 9 章 网络管理</b> .....                 | 279 |
| 7.5 网络互联协议 IP .....       | 232 | 9.1 网络管理的概念 .....                       | 279 |
| 7.5.1 IP 服务 .....         | 232 | 9.1.1 网络管理的必要性 .....                    | 279 |
| 7.5.2 IP 地址与子网 .....      | 232 | 9.1.2 网络管理的要求 .....                     | 279 |
| 7.5.3 IP 数据报的格式 .....     | 238 | 9.1.3 网络管理的基本内容 .....                   | 280 |
| 7.5.4 IP 数据报的路由选择 .....   | 243 |                                         |     |

|                          |     |                               |     |
|--------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 9.1.4 网络管理系统模型 .....     | 280 | 10.9 入侵检测 .....               | 321 |
| 9.2 网络管理的功能 .....        | 281 | 习题 .....                      | 323 |
| 9.2.1 配置管理 .....         | 282 | <b>第 11 章 网络系统设计与实现</b> ..... | 325 |
| 9.2.2 性能管理 .....         | 283 | 11.1 网络设计原则与步骤 .....          | 325 |
| 9.2.3 故障管理 .....         | 283 | 11.2 需求分析 .....               | 326 |
| 9.2.4 安全管理 .....         | 284 | 11.2.1 可行性分析 .....            | 326 |
| 9.2.5 记账管理 .....         | 284 | 11.2.2 需求分析 .....             | 326 |
| 9.3 简单网络管理协议 SNMP .....  | 285 | 11.3 网络规划 .....               | 328 |
| 9.3.1 网络管理协议 .....       | 285 | 11.4 网络设计技术 .....             | 328 |
| 9.3.2 SNMP 的概念 .....     | 285 | 11.4.1 网络结构设计技术 .....         | 328 |
| 9.3.3 SNMP 的网络管理模型 ..... | 286 | 11.4.2 网络计算模式 .....           | 329 |
| 9.3.4 远程网络监控 RMON .....  | 288 | 11.4.3 网络操作系统 .....           | 332 |
| 9.4 常用网络管理系统 .....       | 289 | 11.4.4 综合布线系统 .....           | 336 |
| 9.4.1 网络管理系统的运行机制 .....  | 289 | 11.5 局域网设计 .....              | 340 |
| 9.4.2 常用网络管理软件产品 .....   | 290 | 11.5.1 服务器的功能与位置 .....        | 340 |
| 习题 .....                 | 292 | 11.5.2 拓扑结构设计 .....           | 340 |
| <b>第 10 章 网络安全</b> ..... | 294 | 11.6 Intranet 设计 .....        | 341 |
| 10.1 计算机网络安全 .....       | 294 | 11.7 网络互联设计 .....             | 343 |
| 10.1.1 计算机安全的概念 .....    | 294 | 11.7.1 基于中继器的网络互联 .....       | 343 |
| 10.1.2 网络安全的概念 .....     | 295 | 11.7.2 基于网桥和交换机的网络互联 .....    | 343 |
| 10.1.3 网络安全面临的主要威胁 ..... | 295 | 11.7.3 基于路由器的网络互联 .....       | 344 |
| 10.1.4 网络系统的安全漏洞 .....   | 296 | 11.7.4 基于网关的网络互联 .....        | 346 |
| 10.2 网络安全策略 .....        | 297 | 11.8 网络系统实现 .....             | 347 |
| 10.2.1 网络安全的内容与要求 .....  | 297 | 11.9 设计举例 .....               | 352 |
| 10.2.2 网络安全策略 .....      | 298 | 11.9.1 网络环境 with 要求 .....     | 352 |
| 10.3 网络安全措施 .....        | 300 | 11.9.2 网络结构设计 .....           | 352 |
| 10.4 网络防病毒技术 .....       | 301 | 11.9.3 系统布线 .....             | 353 |
| 10.4.1 计算机病毒及其危害 .....   | 301 | 习题 .....                      | 354 |
| 10.4.2 网络防病毒措施 .....     | 303 | <b>第 12 章 网络新技术</b> .....     | 355 |
| 10.4.3 病毒的清除 .....       | 304 | 12.1 智能网 .....                | 355 |
| 10.5 数据加密技术 .....        | 304 | 12.1.1 智能网的概念模型 .....         | 355 |
| 10.5.1 数据加密概述 .....      | 304 | 12.1.2 智能网的体系结构 .....         | 356 |
| 10.5.2 常规密钥密码体制 .....    | 305 | 12.1.3 智能网的业务 .....           | 358 |
| 10.5.3 公开密钥密码体制 .....    | 307 | 12.2 虚拟专用网 .....              | 360 |
| 10.5.4 数字签名 .....        | 309 | 12.2.1 概述 .....               | 360 |
| 10.6 报文鉴别 .....          | 310 | 12.2.2 VPN 的分类 .....          | 360 |
| 10.7 IPsec 协议 .....      | 311 | 12.2.3 VPN 的特点 .....          | 361 |
| 10.7.1 认证机制 .....        | 312 | 12.2.4 VPN 使用的协议 .....        | 362 |
| 10.7.2 加密机制 .....        | 316 | 12.2.5 VPN 的安全技术 .....        | 366 |
| 10.8 防火墙技术 .....         | 317 | 12.2.6 VPN 展望 .....           | 367 |
| 10.8.1 防火墙的概念 .....      | 317 | 12.3 计算机无线网 .....             | 367 |
| 10.8.2 防火墙的结构 .....      | 317 | 12.3.1 无线网的特点 .....           | 368 |
| 10.8.3 防火墙的类型 .....      | 318 | 12.3.2 无线网的应用 .....           | 368 |

|            |                 |     |                |                 |     |
|------------|-----------------|-----|----------------|-----------------|-----|
| 12.3.3     | IEEE 802.11 标准  | 369 | 12.4.2         | 基于软交换的 NGN 体系结构 | 385 |
| 12.3.4     | IEEE 802.11 族标准 | 373 | 12.5           | 网络技术            | 387 |
| 12.3.5     | 无线网的其他标准        | 375 | 12.5.1         | 网络的概念           | 387 |
| 12.3.6     | Ad Hoc 网络       | 379 | 12.5.2         | 网络技术的特点         | 388 |
| 12.3.7     | 移动 IP 技术        | 381 | 12.5.3         | 网络计算协议          | 388 |
| 12.4       | 下一代网络           | 384 | 习题             |                 | 389 |
| 12.4.1     | NGN 的特征         | 384 | 参考文献           |                 | 390 |
| 12.4.1.1   | 网络特征            | 384 | 1. 简单网络模型      |                 | 390 |
| 12.4.1.2   | 网络特征            | 384 | 2. 1.1 网络模型    |                 | 390 |
| 12.4.1.3   | 网络特征            | 384 | 2.2 2.1 网络模型   |                 | 390 |
| 12.4.1.4   | 网络特征            | 384 | 2.3 2.2 网络模型   |                 | 390 |
| 12.4.1.5   | 网络特征            | 384 | 2.4 2.3 网络模型   |                 | 390 |
| 12.4.1.6   | 网络特征            | 384 | 2.5 2.4 网络模型   |                 | 390 |
| 12.4.1.7   | 网络特征            | 384 | 2.6 2.5 网络模型   |                 | 390 |
| 12.4.1.8   | 网络特征            | 384 | 2.7 2.6 网络模型   |                 | 390 |
| 12.4.1.9   | 网络特征            | 384 | 2.8 2.7 网络模型   |                 | 390 |
| 12.4.1.10  | 网络特征            | 384 | 2.9 2.8 网络模型   |                 | 390 |
| 12.4.1.11  | 网络特征            | 384 | 2.10 2.9 网络模型  |                 | 390 |
| 12.4.1.12  | 网络特征            | 384 | 2.11 2.10 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.13  | 网络特征            | 384 | 2.12 2.11 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.14  | 网络特征            | 384 | 2.13 2.12 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.15  | 网络特征            | 384 | 2.14 2.13 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.16  | 网络特征            | 384 | 2.15 2.14 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.17  | 网络特征            | 384 | 2.16 2.15 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.18  | 网络特征            | 384 | 2.17 2.16 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.19  | 网络特征            | 384 | 2.18 2.17 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.20  | 网络特征            | 384 | 2.19 2.18 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.21  | 网络特征            | 384 | 2.20 2.19 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.22  | 网络特征            | 384 | 2.21 2.20 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.23  | 网络特征            | 384 | 2.22 2.21 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.24  | 网络特征            | 384 | 2.23 2.22 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.25  | 网络特征            | 384 | 2.24 2.23 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.26  | 网络特征            | 384 | 2.25 2.24 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.27  | 网络特征            | 384 | 2.26 2.25 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.28  | 网络特征            | 384 | 2.27 2.26 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.29  | 网络特征            | 384 | 2.28 2.27 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.30  | 网络特征            | 384 | 2.29 2.28 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.31  | 网络特征            | 384 | 2.30 2.29 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.32  | 网络特征            | 384 | 2.31 2.30 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.33  | 网络特征            | 384 | 2.32 2.31 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.34  | 网络特征            | 384 | 2.33 2.32 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.35  | 网络特征            | 384 | 2.34 2.33 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.36  | 网络特征            | 384 | 2.35 2.34 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.37  | 网络特征            | 384 | 2.36 2.35 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.38  | 网络特征            | 384 | 2.37 2.36 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.39  | 网络特征            | 384 | 2.38 2.37 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.40  | 网络特征            | 384 | 2.39 2.38 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.41  | 网络特征            | 384 | 2.40 2.39 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.42  | 网络特征            | 384 | 2.41 2.40 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.43  | 网络特征            | 384 | 2.42 2.41 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.44  | 网络特征            | 384 | 2.43 2.42 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.45  | 网络特征            | 384 | 2.44 2.43 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.46  | 网络特征            | 384 | 2.45 2.44 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.47  | 网络特征            | 384 | 2.46 2.45 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.48  | 网络特征            | 384 | 2.47 2.46 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.49  | 网络特征            | 384 | 2.48 2.47 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.50  | 网络特征            | 384 | 2.49 2.48 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.51  | 网络特征            | 384 | 2.50 2.49 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.52  | 网络特征            | 384 | 2.51 2.50 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.53  | 网络特征            | 384 | 2.52 2.51 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.54  | 网络特征            | 384 | 2.53 2.52 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.55  | 网络特征            | 384 | 2.54 2.53 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.56  | 网络特征            | 384 | 2.55 2.54 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.57  | 网络特征            | 384 | 2.56 2.55 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.58  | 网络特征            | 384 | 2.57 2.56 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.59  | 网络特征            | 384 | 2.58 2.57 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.60  | 网络特征            | 384 | 2.59 2.58 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.61  | 网络特征            | 384 | 2.60 2.59 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.62  | 网络特征            | 384 | 2.61 2.60 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.63  | 网络特征            | 384 | 2.62 2.61 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.64  | 网络特征            | 384 | 2.63 2.62 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.65  | 网络特征            | 384 | 2.64 2.63 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.66  | 网络特征            | 384 | 2.65 2.64 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.67  | 网络特征            | 384 | 2.66 2.65 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.68  | 网络特征            | 384 | 2.67 2.66 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.69  | 网络特征            | 384 | 2.68 2.67 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.70  | 网络特征            | 384 | 2.69 2.68 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.71  | 网络特征            | 384 | 2.70 2.69 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.72  | 网络特征            | 384 | 2.71 2.70 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.73  | 网络特征            | 384 | 2.72 2.71 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.74  | 网络特征            | 384 | 2.73 2.72 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.75  | 网络特征            | 384 | 2.74 2.73 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.76  | 网络特征            | 384 | 2.75 2.74 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.77  | 网络特征            | 384 | 2.76 2.75 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.78  | 网络特征            | 384 | 2.77 2.76 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.79  | 网络特征            | 384 | 2.78 2.77 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.80  | 网络特征            | 384 | 2.79 2.78 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.81  | 网络特征            | 384 | 2.80 2.79 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.82  | 网络特征            | 384 | 2.81 2.80 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.83  | 网络特征            | 384 | 2.82 2.81 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.84  | 网络特征            | 384 | 2.83 2.82 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.85  | 网络特征            | 384 | 2.84 2.83 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.86  | 网络特征            | 384 | 2.85 2.84 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.87  | 网络特征            | 384 | 2.86 2.85 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.88  | 网络特征            | 384 | 2.87 2.86 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.89  | 网络特征            | 384 | 2.88 2.87 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.90  | 网络特征            | 384 | 2.89 2.88 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.91  | 网络特征            | 384 | 2.90 2.89 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.92  | 网络特征            | 384 | 2.91 2.90 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.93  | 网络特征            | 384 | 2.92 2.91 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.94  | 网络特征            | 384 | 2.93 2.92 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.95  | 网络特征            | 384 | 2.94 2.93 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.96  | 网络特征            | 384 | 2.95 2.94 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.97  | 网络特征            | 384 | 2.96 2.95 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.98  | 网络特征            | 384 | 2.97 2.96 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.99  | 网络特征            | 384 | 2.98 2.97 网络模型 |                 | 390 |
| 12.4.1.100 | 网络特征            | 384 | 2.99 2.98 网络模型 |                 | 390 |

# 第1章 计算机网络概论

计算机网络的建立和发展是 20 世纪的伟大成就之一，它的广泛应用和普及对人类社会进步做出了巨大贡献。本章介绍计算机网络的形成和发展、计算机网络的定义、组成、拓扑结构、分类和功能，使读者对计算机网络建立一个初步的概念和认识。

## 1.1 计算机网络的形成和发展

计算机网络是适应客观需要，在计算机技术和通信技术高度发展的基础上二者紧密结合的产物。计算机网络发展的历史并不长，但发展速度非常快。它经历了一个从简单到复杂的发展过程，从为解决远程计算、信息收集和处理而形成的专用联机系统开始，发展到把多台计算机连接起来，组成以资源共享为目的的计算机网络。这进一步扩大了计算机的应用，促进了计算机技术和通信技术飞速发展，使之渗透到社会的各个领域。其发展过程可归结为以下 5 个阶段：

### 1. 远程联机系统

早期的计算机价格十分昂贵，只有少数的计算中心才拥有这种资源，使用计算机的用户不得不千里迢迢到计算中心去上机。这样，除花费大量时间、精力和资金外，还无法及时处理实时性要求很强的信息。为了解决这个问题，20 世纪 50 年代中期开始在计算机内部增加了通信处理功能，把远程的输入输出设备通过通信线路直接与计算机主机相连接。这样，用户在远程终端输入信息，主机为其处理信息，最后将处理结果再通过通信线路送回到远程用户。这种系统就称为远程联机系统，如图 1.1 所示。这种联机工作方式，促进了计算机技术和通信技术的结合与发展，提高了计算机系统的工作效率和服务能力。

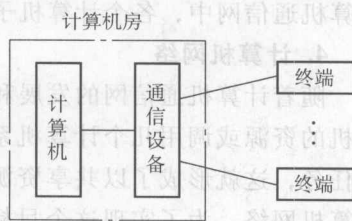


图 1.1 远程联机系统

但是，这种系统也存在着一些缺点：当终端较多时，主机负荷较重，它既要处理数据，又要与终端进行通信，当通信量很大时，主机几乎没有时间处理数据，同时，也会导致系统响应时间过长；再有，远程联机系统的可靠性一般也较低，一旦主机发生故障，将导致整个网络系统的瘫痪；最后，通信线路利用率低，尤其是当终端远离主机时更是如此。

### 2. 具有通信功能的多机系统

随着计算机技术和通信技术的发展，出现了将多台计算机通过通信线路连接起来的系统，称为具有通信功能的多机系统，如图 1.2 所示。

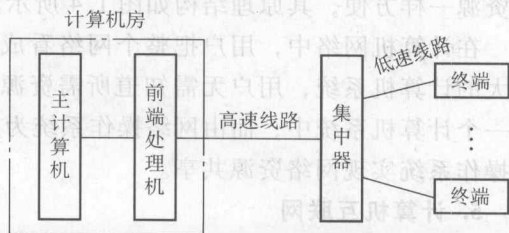


图 1.2 具有通信功能的多机系统

在具有通信功能的多机系统中，可采取两种措施来克服远程联机系统的缺点：

1) 为主机配置前端处理机，负责与终端的通信处理工作，主机专门用于数据处理。使数据处理与通信处理由两台机器分工进行。

2) 在终端较为集中的区域设置集中器，先通过低速线路将附近的大量终端连接到集中器上，然后再通过高速线路将集中器与主机连接起来。各终端的数据经集中器集中后，按一定格式经高速线路送到主机。前端处理机和集中器负责通信处理、数据压缩和代码转换等功能，因而大大减轻了主机的负担。同时，这种系统也提高了线路的利用率，降低了系统成本。

### 3. 计算机通信网

随着计算机应用的发展和计算机硬件价格的下降，一个部门或一个单位常拥有多台计算机，这些计算机可能分布在不同的地区，它们之间经常需要进行信息交换。对于大的公司，远地的子公司需要经常将信息汇总后送给总公司的主机系统，供总公司使用。这种用通信线路将主机系统连接起来以信息传输为主要目的计算机群，称为计算机通信网，如图 1.3 所示。

在计算机通信网中，用户把整个通信网看做是若干个功能不同的计算机系统的集合。用户为了访问这些资源，首先需要了解网络中是否有所需的资源，同时还需要了解该资源放在哪个计算机系统中，然后才能从该计算机系统中调用此资源，而在别的计算机系统中是调不出该资源的。所以，计算机通信网的特点是用户必须具体地了解网内所有计算机的资源存放情况。在计算机通信网中，各个计算机子系统相对独立，形成一个松散耦合的大系统。

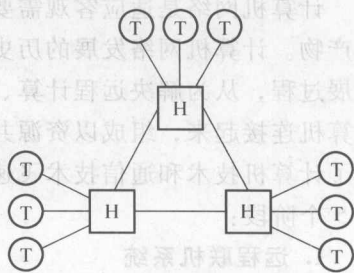


图 1.3 计算机通信网

### 4. 计算机网络

随着计算机通信网的发展和广泛应用，用户对网络提出了更高的要求，希望共享网内计算机的资源或调用几个计算机系统共同完成某项任务，这就形成了以共享资源为主要目的的计算机网络。为了实现这个目标，除了要有可靠且有效的计算机和通信系统外，还需要制定一套全网共同遵循的规则（网络协议），并配备网络操作系统，由网络操作系统管理和维护网络，用户使用网络资源就像使用自己的计算机资源一样方便，其原理结构如图 1.4 所示。

在计算机网络中，用户把整个网络看成一个大的计算机系统，用户无需知道所需资源在哪个计算机系统中，而由网络操作系统为用户调用这些资源。计算机网络的特点是通过网络操作系统实现网络资源共享。

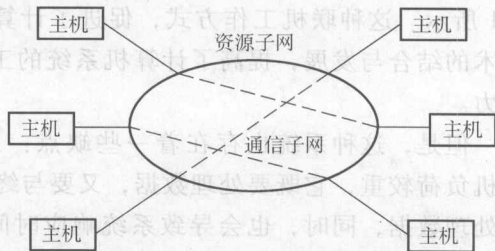


图 1.4 计算机网络

### 5. 计算机互联网

随着社会信息化的发展，人们希望能够实现不同网络之间的信息交换，局域网已不能满足要求。因此，实现网络互联，建立全球性的信息网络是计算机网络发展的必然趋势。1964

年8月, Baran 首先提出了分组交换的概念。1969年12月, 美国的分组交换网 ARPANET 投入运行。20世纪70年代末推出了 TCP/IP 协议规范, 1983年将 ARPANET 上的所有计算机转向 TCP/IP, 并以 ARPANET 为主干形成了互联网 Internet。Internet 是一个用路由器实现多个广域网和局域网互联的大型国际网, 目前, Internet 已成为一个全球性的计算机网络, 连接有成千上万台计算机。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。它对推动世界科学、文化、经济和社会进步发挥了巨大作用。

## 1.2 计算机网络的定义

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物, 它是将分布在不同地理位置的计算机、终端以及外设等通过通信线路互相连接起来的集合。在计算机网络发展过程中, 人们对其提出了不同的定义观点, 这些观点可分为三类: 广义的观点、资源共享的观点和对用户透明的观点。

### 1. 广义的观点

广义的观点出现较早, 它把计算机网络定义为“计算机技术与通信技术相结合, 实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统”。广义的观点描述的是以数据传输为主要目的, 用通信线路将多台计算机连接起来的计算机系统的集合。20世纪50年代出现的面向终端的计算机系统, 60年代后期出现的面向计算机的计算机系统以及后来出现的以提供共享计算机通信子网为特征的公用数据网系统均属于计算机网络。因此, 从广义的观点来看, 计算机网络与计算机通信网的概念是相同的。计算机通信网在网络结构上具有计算机网络的雏形, 但它以数据传输为主要目的, 资源共享的能力较弱, 它是计算机网络发展的低级阶段。

### 2. 资源共享的观点

资源共享的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, 并且各自具有独立功能的计算机系统的集合”。这一定义包含以下两个方面的含义:

1) 建立计算机网络的主要目的是共享资源, 包括硬件资源、软件资源和数据资源等。网络用户可以享用本地网络资源, 也可以享用远地网络资源。

2) 各个联网计算机系统在地理位置上是分散的, 并且各自具有独立的功能, 它们之间没有明确的主从关系, 联网的每台计算机的操作和资源是由自己的操作系统管理的。计算机通信的管理是由各自独立的操作系统实现的。按照这个定义, 面向终端的计算机系统和具有主从关系的计算机系统, 都不能算作完备的计算机网络。

### 3. 对用户透明的观点

对用户透明的观点将计算机网络定义为“存在一个能为用户自动管理资源的网络操作系统, 由它来调用完成用户任务所需要的资源, 而整个网络像一个大的计算机系统一样对用户是透明的”。实际上这种观点所描述的是一个分布式系统。

构建一个计算机网络需要有网络硬件和网络系统软件, 后者也称为网络操作系统。目前计算机网络操作系统要求用户在使用网络资源时必须明确资源的分布情况。共享网络中某一台计算机的资源时, 首先要登录到该计算机上, 成为这台计算机的合法用户, 然后才能进行允许的资源共享操作。而分布式操作系统以全局的方式管理网络, 可为用户自动调度网络资

源。分布式系统的用户不必关心网络中资源的分布状况及联网计算机的差异,用户作业管理和文件管理过程对用户是透明的。计算机网络是一种松耦合系统,而分布式系统是一种紧耦合系统。分布式系统与计算机网络的区分主要不在它们的物理结构上,而在于它们的网络操作系统上。分布式系统是计算机网络技术发展的更高级形式。

目前通常把计算机网络定义为:计算机网络是用通信线路将分散在不同地点并具有独立功能的多台计算机系统互相连接,按照网络协议进行数据通信,实现资源共享的信息系统。这里强调计算机网络是在协议控制下,进行计算机之间的数据通信,实现资源的共享。网络协议是区别计算机网络与一般计算机互联系统的标志。

### 1.3 计算机网络的组成

计算机网络是由一系列的用户终端、具有信息处理和交换功能的节点以及连接节点的通信线路等组成。用户通过终端访问网络,信息通过具有交换功能的节点在网络中传输。

#### 1.3.1 计算机网络的基本组成

从常用的网络设备及其运行环境来看,计算机网络由网络服务器、用户终端设备、网络接入设备、网络互联设备、网络外部设备、通信线路和网络软件等组成。

##### 1. 网络服务器

网络服务器是网络的核心设备和网络服务的提供者,也是数据存放和收发的集散地。根据应用不同,服务器可有文件服务器、邮件服务器、数据库服务器、Web 服务器、FTP 服务器等不同的类型。

##### 2. 用户终端设备

用户终端设备是用户访问网络的界面。终端可以是简单的输入输出设备,也可以是计算机或其他智能终端。

##### 3. 网络接入设备

为把用户终端设备接入网络,一般需要安装网络适配器,即网卡。网卡的种类很多,其类型取决于所使用的网络设备和传输介质。例如有线网卡通过有线接入,无线网卡通过无线接入等。

##### 4. 网络互联设备

为了进行网络互联,常用集线器、交换机、网桥、路由器、网关等网络互联设备。

##### 5. 网络外部设备

打印机、绘图仪、磁盘阵列等都是网络外部设备,用户可以共享这些设备。

##### 6. 通信线路

通信线路是收发双方的物理通路。有多种传输介质可用作通信线路,如双绞线、同轴电缆、光纤、无线电波、卫星链路、激光、红外等。还可借助其他网络实现数据的远距离传输。

##### 7. 网络软件

网络软件包括网络操作系统、网络管理系统和网络安全系统等。网络操作系统是网络的灵魂;网络管理系统协助网络管理员监视网络的运行状态,控制网络的运行参数,提高网络

的运行性能；网络安全系统用于保障网络的安全，主要包括入侵检测、病毒防范、加密解密以及防火墙等。

### 1.3.2 计算机网络的功能组成

计算机网络的基本功能是数据处理与数据通信，因此，在逻辑功能上形成了与之相应的两部分：资源子网和通信子网，如图 1.5 所示。网络上的计算机称为主机，主机通过通信子网连接。通信子网负责整个网络的通信任务，把数据从一台主机传输到另一台主机，最终将数据传送给目的主机。

#### 1. 资源子网

计算机网络中实现资源共享功能的设备及其软件的集合称为资源子网。资源子网是各种网络资源的集合，是资源共享的主体。

资源子网由各种计算机系统以及外部设备组成，它们利用通信子网的通信服务功能，实现彼此间的互联，为用户提供资源共享服务。资源子网主要由计算机系统、终端、终端控制器、联网外部设备、各种软件资源和数据资源等组成。资源子网负责全网的数据处理业务，向网络用户提供各种网络资源和网络服务。

主机是资源子网的主要组成单元，它通过通信线路与通信子网相连接。终端与主机统称为网络的访问节点。在国际电报电话咨询委员会（CCITT）有关建议中，将它们称为数据终端设备（DTE）。终端可以是简单的输入、输出设备，也可以是带有微处理机的智能终端。智能终端除具有信息的输入、输出功能外，还具有存储和处理信息的功能。

#### 2. 通信子网

计算机网络中实现网络通信功能的设备及其软件的集合称为通信子网。通信子网是信息传输的主体，主要由通信线路和交换节点组成。通信线路用于连接网络节点，交换节点用于连接传输线路，并进行信息交换。计算机网络中采用的通信线路有：双绞线、同轴电缆、光缆、无线链路等。通信子网负责全网的数据传输、交换及通信控制等通信处理工作。网络节点具有两个方面的功能：

- 1) 资源子网主机、终端的接口节点，主机和终端通过接口节点接入网络。
- 2) 通信子网中的交换节点完成报文分组的接收、校验、存储、转发等功能，将源主机报文正确、可靠地转发到目的主机。

随着局域网的出现和网络互联技术的发展，现代网络系统已经很难划分出资源子网和通信子网。因此，研究局域网和互联网可能更有意义。

## 1.4 计算机网络的拓扑结构

计算机网络采用拓扑学中的研究方法，将网络中的设备定义为节点，把两个设备之间的连接线路定义为链路。于是，计算机网络可看做是由一系列节点和链路组成的几何图形，这

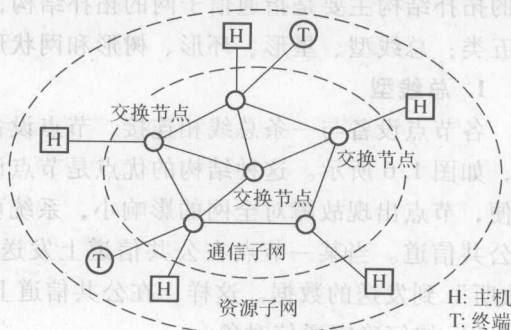


图 1.5 计算机网络组成

种几何图形就是计算机网络的拓扑结构。计算机网络中的节点有两类：交换节点和访问节点。交换设备、路由设备、集中器和终端控制器等属于交换节点，它们在网络中只是转发和交换传送的信息。计算机和终端等是访问节点，它们是信息传输的源和目的节点。计算机网络拓扑反映了网络中各实体间的结构关系。拓扑设计是构建计算机网络的第一步，也是实现各种网络协议的基础，它对网络的性能、系统可靠性、通信费用等都有重大影响。计算机网络的拓扑结构主要是指通信子网的拓扑结构，其基本拓扑结构有五类：总线型、星形、环形、树形和网状形。

### 1. 总线型

各节点设备与一条总线相连接，节点设备共享一条公共信道，如图 1.6 所示。这种结构的优点是节点设备的接入或撤出方便，节点出现故障对全网的影响小，系统可靠性高。但是，任一时间内只允许一个节点使用公共信道。当某一节点在公共信道上发送数据时，接于公共信道上的其他网络节点都能“收听”到发送的数据。这样，在公共信道上进行网络通信时需要解决两个问题：

- 1) 如何确定通信对象。
- 2) 如何解决多个节点对公共信道的争用问题。

总线型拓扑结构的优点是可靠性高，局部节点出现故障不影响整个网络；其缺点是总线出现故障会造成整个网络瘫痪。

### 2. 星形

星形拓扑结构如图 1.7 所示。在星形拓扑结构中，每个节点由一单独通信线路与中心节点相连。中心节点是全网的控制中心，任何两个节点之间的通信都要经过中心节点转发来实现。

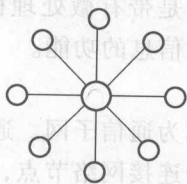


图 1.7 星形拓扑结构

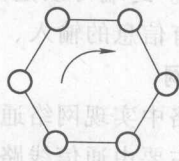


图 1.8 环形拓扑结构

星形拓扑结构的优点是结构简单，建网容易，管理方便；缺点是中心节点是全网可靠性的“瓶颈”，如果中心节点产生故障，则会影响全网的通信。

### 3. 环形

环形拓扑结构如图 1.8 所示。在环形拓扑结构中，由通信线路连接起来的各节点构成一闭合环路，数据沿一个方向在环中逐节点传输。

环形拓扑结构的优点是结构简单，实现容易，数据传输延迟确定。缺点是环中的节点及连接它们的通信线路都是网络可靠性的“瓶颈”。环中任何一个节点出现故障，均可造成全网瘫痪。为了保证环路正常工作，需要较复杂的环路维护工作。同时环中有新节点加入或有节点撤出时，环路的恢复工作都较复杂。

### 4. 树形

树形拓扑结构如图 1.9 所示。树形拓扑结构可看做是星形的拓展。其节点按层次进行连



图 1.6 总线型拓扑结构

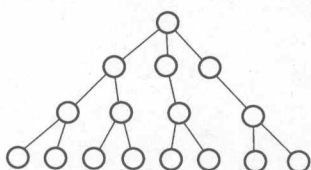


图 1.9 树形拓扑结构

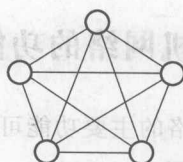


图 1.10 网状形拓扑结构

接，数据交换主要在上下层节点之间进行，相邻或同层节点之间一般很少进行数据交换。

树形结构的优点是通信线路连接简单，其管理软件也不复杂，维护亦方便；缺点是资源共享能力差，可靠性也不够高。它主要应用于进行信息汇集的场合，如统计部门等。

### 5. 网状形

这里讨论全联网状形，其拓扑结构如图 1.10 所示。它与星形结构相反，任何两个节点都要相互联接，当有个  $n$  节点时，就需要  $n(n-1)/2$  条连接线路。网状型拓扑结构的主要优点是系统的可靠性高，资源共享方便；缺点是结构复杂，软件控制麻烦，必须采用路由选择算法和流量控制方法。目前在远程网中多采用这种拓扑结构。

## 1.5 计算机网络的分类

计算机网络有多种分类方法。例如，可按用途分，可按结构分，可按覆盖地理范围分，还可按网络使用的技术分等。使用最广泛的是按网络覆盖的地理范围分，按照这种分类方法，能较好地反映不同网络的技术特征与服务功能。因此，本节介绍按覆盖地理范围的分类方法。

按照覆盖的地理范围，计算机网络分为三类：

### 1. 广域网

广域网（Wide Area Network, WAN）又称远程网，其覆盖范围多为几十 km 以上，可以是覆盖一个国家、一个地区或横跨几大洲，形成一个国际性的大网。它的通信子网主要使用分组交换技术，利用公用分组交换网络、卫星信道和无线分组网，将分布在不同地理位置、不同区域的计算机系统相互联接起来，实现全网资源的共享。

### 2. 城域网

城市地区构成的计算机网络常称为城域网（Metropolitan Area Network, MAN）。它是介于广域网和局域网之间的一种覆盖范围较大的高速计算机网络。构建这种网络的主要目的是为企业、事业、机关、公司、社会服务等部门提供计算机联网服务，实现大量用户的多种信息（例如数据、语音、图形、图像等）的传输，是一种综合性的信息网络。其协议标准和技术规范采用 IEEE802.6 中的分布队列双总线、光纤分布式数据接口及交换多兆位数据等。城域网本身具有开放性，用户不仅可以从城域网中获得高质量的服务，而且还可通过城域网访问广域网。

### 3. 局域网

将一个实验室、一幢大楼、一个校园等有限范围内的各种计算机、终端、外设等互相连接便构成局域网（Local Area Network, LAN）。目前，LAN 技术发展迅速，应用广泛，是计算机网络中十分活跃的领域。

## 1.6 计算机网络的功能

计算机网络的主要功能可概括为以下几个方面：

### 1. 数据传输

数据传输是计算机网络的最基本的功能。从数据传输的角度来看，计算机网络实际上是一计算机通信系统。这一通信系统能实现计算机与终端、计算机与计算机之间的通信，对地理上分散的对象进行实时集中控制和管理。

### 2. 资源共享

这里的资源共享主要是指计算机资源的共享。计算机资源主要包括计算机硬件、软件和数据资源等。资源共享是构建计算机网络的主要目的，利用计算机网络克服地理位置上的差异，用户可以共享网络资源。共享硬件资源可避免设备的重复购置，提高设备的利用率；共享软件资源可避免软件的重复开发和大型软件的重复购置，可以达到分布式计算的目的；共享数据资源可避免大型数据库的重复建立，使得数据资源得以充分利用。

### 3. 均衡负荷与分布处理

当网络中的某个计算机系统负荷过重时，可采取分散作业的办法，将一些作业传送到网络中的其他计算机系统上进行处理。对于覆盖范围广阔的网络，还可利用时差来均衡日夜负荷，提高系统的利用率。对于大型的科学计算和信息处理问题，可采用适当的算法，把任务分散到不同的计算机上进行作业，还可通过网络集中分散的软件人员和计算机，协同完成重大科研与软件开发任务。

### 4. 提高计算机的可靠性和可用性

网络中的计算机彼此可以互为备用，一台计算机出现故障，可将任务交由其他计算机完成，避免了单机无备份使用情况下机器故障会使系统瘫痪的现象，因而提高了可靠性。

另一方面，当网络中某台计算机负担过重时，网络可将新的作业传送给网络中较空闲的计算机去处理，通过计算机网络均衡各计算机的负担，避免了忙闲不均的现象，从而提高了每台计算机的可用性。

### 5. 综合信息服务

计算机网络支持文字、数据、语音、图像等多媒体信息传输、收集和处理，因此，计算机网络可以提供综合信息服务功能，Internet 就是一个很好的例证。

## 1.7 计算机网络的发展趋势

计算机网络已由远程联机系统发展到互联网阶段，未来的 Internet 将向全球化、宽带化、综合化、智能化方向发展。

### 1. 全球化

Internet 经过了几十年的发展，已由早期的只限于美国国内及其欧洲联盟使用，发展到已经覆盖到世界上绝大多数国家和地区的世界性大网。随着科学技术的进步，未来将发展为从空中到地面覆盖全球的网络，在世界上的任何时间、任何地点都可以得到 Internet 服务。

