



高职高专  
网络专业系列规划教材

# 计算机网络

新世纪高职高专教材编审委员会组编

张恒杰 刘 廉 主编

敖冰峰 主审

大连理工大学出版社



新世纪

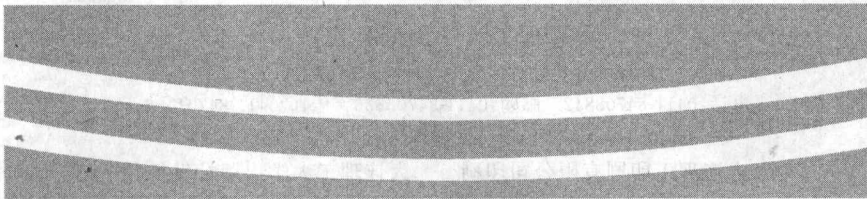
高职高专网络专业系列规划教材

# 计算机网络

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主 审 敖冰峰

主 编 张恒杰 刘 廉 副主编 任晓鹏 何利娟 田文英 李存永



JISUANJI WANGLUO

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

ISBN 978-7-5611-3599-0

· II. ①张… ②刘… III. 计算机网络—高等学

版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 007058 号

大连理工大学出版社出版

电话:0411-84708842 · 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466  
E-mail: dntp@dntp.cn URL: <http://www.dntp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

E-mail: dutp@dutp. cn    URL: <http://www.dutp. cn>

大连理工印刷有限公司印刷      大连理工大学出版社发行

印数: 1~3000

印数: 1~3000

2007 年 5 月第 1 次印刷

责任校对:董 静

封面设计:苏儒光

ISBN 978-7-5611-3599-0 定 价: 26.00 元

定价:26.00元

# 总序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代，我们跨入了 21 世纪的门槛。20 世纪与 21 世纪之交的中国，高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命，我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里，高等职业教育的迅速崛起，是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里，普通中专教育、普通高专教育全面转轨，以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步，其来势之迅猛，发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育，还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育，都向我们提出了一个同样的严肃问题：中国的高等教育为谁服务，是为教育发展自身，还是为包括教育在内的大千社会？答案肯定而且惟一，那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会，它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之，教育资源必须按照社会划分的各个专业（行业）领域（岗位群）的需要实施配置，这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题，这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知，整个社会由其发展所需要的不同部门构成，包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门，等等。每一个部门又可作更为具体的划分，直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标，就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命，而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑（在市场经济条件下尤其如此）。可以断言，按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才，是教育体制变



革的终极目的。

随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职高专教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国 100 余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意;也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001 年 8 月 18 日

# 前 言

《计算机网络》是新世纪高职高专教材编委会针对计算机网络技术专业而组编的系列规划教材之一。本教材是为适应高职高专院校计算机网络技术(工程)专业“计算机网络基础”课程教学需求,贯彻落实21世纪高等职业教育应用型人才培养规范,实施“知识、能力、素质、创新”的教改思想和教学方法而编写的。

计算机网络是当今计算机科学技术最热门的分支之一。它在过去的几十年里得到了快速的发展,尤其是近十多年来 Internet 网络迅速深入到社会的各个层面,对科学、技术、经济、产业乃至人类的生活都产生了质的影响。在计算机网络技术快速发展的新形势下,在21世纪的今天,计算机网络的教学已成为计算机专业及相关专业的重要课程,特别是计算机网络技术(工程)专业所涉及到的理论知识和技术基础更加广泛和深入,专业课程的设置和分类也更科学更合理,一般的计算机网络教材已不能满足教学的需求,教学内容和教学方法的改革也非常迫切。同时,新的计算机网络理论、网络知识、网络技术和网络标准在教学中的引入也受到广泛的重视。因此,需要有反映当前网络技术发展状态,理论知识和工程实践技术相结合的计算机网络技术(工程)专业的系列教材。

本书系统全面地阐明了计算机网络技术(工程)所涉及的基本概念、基本工作过程和应用技术,为网络编程、网络操作系统、组网技术、网络运行管理、网络工程及网络综合布线等提供理论依据。它是计算机网络技术及相关专业的各门专业课程的前导课程配套教材,为学习和掌握计算机网络专业知识和技能奠定基础。

本书选材注意把握读者对象已有的知识背景和接受能力,力求包含多个层次教学大纲所要求的教学需求。内容选取遵循了“必要、适度、够用”的高职高专教育原则,并注意在介绍计算机网络的最新成果、最新技术方面做到取材新颖,内容适度,叙述简明,突出应用。既注重基本知

识、基本原理,又密切联系实际,突出对高职高专院校学生动手能力的培养。

本书以容易学习理解的 ISO/OSI 七层模型为主要构架,主要内容包括数据通信原理与实现技术;网络体系结构论述;局域网、广域网原理;网络互联原理与技术;网络协议配置、管理;网络应用环境运行;网络安全等内容。

本书突出计算机网络的基本知识和基本概念的讲解,层次清楚,概念准确,理论论述充分,内容深入浅出,语言形象生动,通俗易懂,注重概念理解,注重技术实现。本书注重将基本内容和网络的新理论新发展密切结合起来,读者能较快学习到目前网络技术的最新进展和实际应用。

本书适用于高职高专计算机网络技术(工程)专业和计算机类的其他专业计算机网络课程的教学,建议课时不少于 80 学时,亦可供从事计算机网络工程技术和运行管理人员参考。

全书共分 9 章,第 1 章主要介绍了计算机网络的定义、拓扑结构、网络体系结构、网络协议和标准化组织等基础知识。第 2 章主要介绍计算机网络中用到的通信基础,包括数据编码与调制、数据传输方式、同步和异步传输技术及多路复用技术等内容。第 3 章主要介绍了 OSI/RM 物理层的功能、协议及设备。第 4 章介绍了链路层的功能、协议及设备。第 5 章介绍了各种局域网技术和最新主流技术。第 6 章介绍了网络层的功能、协议及设备。第 7 章介绍了广域网技术。第 8 章介绍了传输层的功能及协议。第 9 章介绍了应用层的功能及常见的应用协议,此外还简单介绍了网络管理及网络安全的基本概念。此外,为了便于掌握和理解相关知识,在每章内容后面给出了相应的练习题和实训内容,以便读者有选择地练习。

本书由张恒杰、刘廉主编,任晓鹏、何利娟、田文英、李存永副主编。张恒杰编写了第 1、2、3、8 章,刘廉编写了第 4、6、9 章,任晓鹏编写了第 5、6 章,何利娟编写了第 4、8、9 章,田文英编写了第 7 章,李存永编写了第 2 章。白会肖、牛君等参加了部分内容的编写。全书由张恒杰统阅定稿。

本书在编写和出版过程中得到了石家庄职业技术学院计算机系领导和教师们的大力支持和帮助,并得到大连理工大学出版社的大力支持,他们对本书的编写大纲和初稿及终审提出了许多宝贵意见,黑龙江工商职业技术学院的教冰峰老师在百忙之中仔细审阅了全部稿件,在此一并表示衷心的感谢。

由于网络技术处于不断发展之中,编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,真诚希望使用本书的师生和其他读者批评指正。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84707492

编者

2007 年 5 月



# 目 录

|                                  |    |                          |    |
|----------------------------------|----|--------------------------|----|
| 第一章 计算机网络导论 .....                | 1  | 2.2 信道特性 .....           | 25 |
| 1.1 计算机网络的形成及发展 .....            | 1  | 2.2.1 信道带宽和信道容量 .....    | 26 |
| 1.1.1 计算机网络的产生 .....             | 1  | 2.2.2 信道时延 .....         | 26 |
| 1.1.2 现代计算机网络的发展 .....           | 2  | 2.2.3 误码率 .....          | 27 |
| 1.1.3 计算机网络标准的形成 .....           | 4  | 2.3 传输介质 .....           | 28 |
| 1.1.4 局域网发展时期 .....              | 4  | 2.3.1 有线传输介质 .....       | 28 |
| 1.1.5 Internet 发展时期 .....        | 5  | 2.3.2 无线传输介质 .....       | 31 |
| 1.2 计算机网络的基本概念 .....             | 6  | 2.4 数据传输技术 .....         | 33 |
| 1.2.1 计算机网络的定义 .....             | 6  | 2.4.1 数字数据编码 .....       | 33 |
| 1.2.2 计算机网络的分类 .....             | 6  | 2.4.2 数字调制技术 .....       | 35 |
| 1.2.3 计算机网络的拓扑结构 .....           | 7  | 2.4.3 脉冲编码调制 .....       | 36 |
| 1.3 计算机网络的体系结构 .....             | 9  | 2.5 数据同步技术 .....         | 36 |
| 1.3.1 计算机网络体系结构的形成 .....         | 10 | 2.5.1 异步传输方式 .....       | 36 |
| 1.3.2 协议的基本概念 .....              | 11 | 2.5.2 同步传输方式 .....       | 37 |
| 1.3.3 网络的层次结构 .....              | 11 | 2.6 信道复用技术 .....         | 38 |
| 1.3.4 ISO/OSI 参考模型结构 .....       | 12 | 2.6.1 频分多路复用 .....       | 38 |
| 1.3.5 OSI 各层的功能 .....            | 13 | 2.6.2 时分多路复用 .....       | 39 |
| 1.3.6 TCP/IP 体系结构 .....          | 14 | 2.6.3 波分多路复用 .....       | 40 |
| 1.3.7 TCP/IP 体系结构中各层的功能 .....    | 15 | 2.6.3 码分多路复用 .....       | 41 |
| 1.3.8 OSI 与 TCP/IP 体系结构的比较 ..... | 16 | 2.7 通信方式 .....           | 42 |
| 1.3.9 数据传输过程 .....               | 17 | 2.7.1 并行通信和串行通信 .....    | 42 |
| 1.4 计算机网络的功能 .....               | 21 | 2.7.2 点对点、点对多点通信 .....   | 43 |
| 本章实训 .....                       | 21 | 2.7.3 单工、半双工、全双工通信 ..... | 44 |
| 实训题目:认识计算机网络 .....               | 21 | 2.8 交换方式 .....           | 45 |
| 本章习题 .....                       | 22 | 2.8.1 电路交换 .....         | 46 |
| 第二章 数据通信基础 .....                 | 24 | 2.8.2 报文交换 .....         | 47 |
| 2.1 数据通信的基本概念 .....              | 24 | 2.8.3 报文分组交换 .....       | 47 |
| 2.1.1 数据和信号 .....                | 24 | 2.8.4 快速分组交换 .....       | 49 |
| 2.1.2 数据通信系统模型 .....             | 24 | 2.9 差错控制 .....           | 50 |



|                                |    |                           |     |
|--------------------------------|----|---------------------------|-----|
| 2.9.1 差错的产生与控制 .....           | 50 | 本章习题 .....                | 92  |
| 2.9.2 差错控制的方法 .....            | 51 | <b>第五章 计算机局域网</b> .....   | 94  |
| 2.9.3 差错控制编码 .....             | 52 | 5.1 局域网的特点及类型 .....       | 94  |
| 本章实训 .....                     | 53 | 5.1.1 局域网的特点 .....        | 94  |
| 实训题目:双绞线的制作与对等网的组建             | 53 | 5.1.2 局域网的分类 .....        | 95  |
| 本章习题 .....                     | 55 | 5.2 局域网的层次结构 .....        | 96  |
| <b>第三章 物理层</b> .....           | 57 | 5.2.1 局域网的层次模型 .....      | 97  |
| 3.1 物理层概述 .....                | 57 | 5.2.2 IEEE 802 标准系列 ..... | 98  |
| 3.2 物理层接口特性 .....              | 59 | 5.3 以太网及介质访问控制方法 .....    | 99  |
| 3.3 典型的物理层标准 .....             | 60 | 5.3.1 CSMA/CD 介质访问控制方法    | 99  |
| 3.3.1 EIA-232-E 和 RS-449 ..... | 60 | 5.3.2 典型的以太网 .....        | 100 |
| 3.3.2 X.21 建议书 .....           | 61 | 5.4 令牌环网及介质访问方法 .....     | 103 |
| 3.4 网络设备 .....                 | 62 | 5.4.1 令牌环网 .....          | 103 |
| 3.4.1 中继器 .....                | 62 | 5.4.2 令牌环介质访问控制方法 .....   | 103 |
| 3.4.2 集线器 .....                | 63 | 5.4.3 FDDI .....          | 104 |
| 3.4.3 调制解调器 .....              | 66 | 5.5 局域网资源共享模式 .....       | 106 |
| 本章实训 .....                     | 67 | 5.5.1 对等模式 .....          | 106 |
| 实训题目:练习 Modem 的安装 .....        | 67 | 5.5.2 客户机/服务器模式 .....     | 106 |
| 本章习题 .....                     | 68 | 5.6 虚拟局域网 .....           | 107 |
| <b>第四章 数据链路层</b> .....         | 69 | 5.7 无线局域网 .....           | 110 |
| 4.1 概述 .....                   | 69 | 本章实训 .....                | 116 |
| 4.1.1 基本概念 .....               | 69 | 实训题目一:VLAN 基本配置 .....     | 116 |
| 4.1.2 数据链路层功能 .....            | 69 | 实训题目二:跨交换机实现 VLAN .....   | 119 |
| 4.2 流量控制 .....                 | 70 | 实训题目三:VLAN 间的通信 .....     | 121 |
| 4.2.1 停止等待协议 .....             | 70 | 本章习题 .....                | 123 |
| 4.2.2 滑动窗口协议 .....             | 74 | <b>第六章 网络层</b> .....      | 125 |
| 4.3 差错控制 .....                 | 76 | 6.1 概述 .....              | 125 |
| 4.3.1 连续 ARQ 协议的工作原理 .....     | 76 | 6.1.1 基本概念 .....          | 125 |
| 4.3.2 选择重传 ARQ 协议 .....        | 77 | 6.1.2 网络层功能 .....         | 125 |
| 4.4 PPP 协议 .....               | 77 | 6.2 IP 协议 .....           | 126 |
| 4.5 HDLC 协议 .....              | 79 | 6.2.1 IP 地址及分类 .....      | 127 |
| 4.6 网络设备 .....                 | 81 | 6.2.2 子网及子网掩码 .....       | 130 |
| 4.6.1 网桥 .....                 | 81 | 6.2.3 无分类编址 CIDR .....    | 132 |
| 4.6.2 交换机 .....                | 83 | 6.2.4 IP 数据报的格式 .....     | 133 |
| 本章实训 .....                     | 86 | 6.2.5 IP 封装、分片与重组 .....   | 135 |
| 实训题目:交换机的简单配置 .....            | 86 | 6.3 ICMP 协议 .....         | 137 |

|                                 |     |                            |     |
|---------------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 6.4 路由选择协议 .....                | 142 | 7.3.1 交换机的转发 .....         | 187 |
| 6.4.1 IP 寻址与路由表 .....           | 142 | 7.3.2 路由器的转发 .....         | 189 |
| 6.4.2 静态路由与动态路由 .....           | 144 | 7.4 拥塞控制 .....             | 190 |
| 6.4.3 RIP 协议 .....              | 144 | 7.4.1 拥塞控制的意义 .....        | 190 |
| 6.4.4 OSPF 协议 .....             | 147 | 7.4.2 拥塞控制的一般原理 .....      | 192 |
| 6.4.5 IP 层转发分组的流程 .....         | 149 | 7.4.3 拥塞控制与流量控制的区别 .....   | 193 |
| 6.5 网络设备 .....                  | 150 | 本章实训 .....                 | 194 |
| 6.5.1 路由器 .....                 | 150 | 实训题目一:PPP 的基本配置与管理 .....   | 194 |
| 6.5.2 网关 .....                  | 153 | 实训题目二:帧中继的配置与管理 .....      | 195 |
| 6.6 虚拟专用网 VPN 和网络地址转换 NAT ..... | 153 | 本章习题 .....                 | 197 |
| 6.6.1 虚拟专用网 VPN .....           | 153 | 第八章 传输层 .....              | 199 |
| 6.6.2 网络地址转换 NAT .....          | 154 | 8.1 概述 .....               | 199 |
| 6.7 ARP 与 RARP 协议 .....         | 155 | 8.2 面向连接和面向无连接 .....       | 200 |
| 6.7.1 概述 .....                  | 155 | 8.3 TCP/IP 体系中的传输层 .....   | 201 |
| 6.7.2 ARP 的工作机制 .....           | 155 | 8.3.1 传输层中的两个协议 .....      | 201 |
| 6.7.3 RARP 协议 .....             | 156 | 8.3.2 端口的概念 .....          | 202 |
| 本章实训 .....                      | 157 | 8.4 传输控制协议 TCP .....       | 204 |
| 实训题目一:认识 ipconfig 命令 .....      | 157 | 8.4.1 概述 .....             | 204 |
| 实训题目二:ping 命令的使用 .....          | 159 | 8.4.2 TCP 报文段的首部 .....     | 205 |
| 实训题目三:认识网络连接跟踪命令 tracert .....  | 162 | 8.4.3 TCP 的数据编号与确认 .....   | 207 |
| 实训题目四:路由器基本配置 .....             | 164 | 8.4.4 TCP 的流量控制和拥塞控制 ..... | 207 |
| 实训题目五:配置静态路由 .....              | 167 | 8.4.5 TCP 的重传机制 .....      | 210 |
| 实训题目六:配置 RIP 路由 .....           | 170 | 8.4.6 TCP 的传输连接管理 .....    | 211 |
| 实训题目七:认识 ARP 命令 .....           | 171 | 8.5 用户数据报协议 UDP .....      | 213 |
| 本章习题 .....                      | 174 | 8.5.1 UDP 概述 .....         | 213 |
| 第七章 广域网 .....                   | 177 | 8.5.2 UDP 用户数据报的首部格式 ..... | 214 |
| 7.1 网络互联 .....                  | 177 | 本章实训 .....                 | 214 |
| 7.1.1 网络互联的目的 .....             | 177 | 实训题目:认知传输连接 .....          | 214 |
| 7.1.2 网络互联的要求 .....             | 178 | 本章习题 .....                 | 216 |
| 7.1.3 网络互联的形式 .....             | 179 | 第九章 应用层 .....              | 218 |
| 7.2 广域网的基本概念 .....              | 181 | 9.1 应用层概述 .....            | 218 |
| 7.2.1 广域网的构成 .....              | 181 | 9.2 域名系统 DNS .....         | 219 |
| 7.2.2 数据报和虚电路 .....             | 183 | 9.2.1 域名系统概述 .....         | 219 |
| 7.3 广域网中的分组转发机制 .....           | 187 | 9.2.2 因特网的域名结构 .....       | 220 |
|                                 |     | 9.2.3 域名服务器与域名解析 .....     | 222 |
|                                 |     | 9.2.4 域名解析的完整过程 .....      | 224 |

|                                              |     |                                          |     |
|----------------------------------------------|-----|------------------------------------------|-----|
| 9.3 电子邮件系统 .....                             | 225 | 9.6.1 网络管理概述 .....                       | 241 |
| 9.3.1 概述 .....                               | 225 | 9.6.2 网络管理的功能 .....                      | 242 |
| 9.3.2 电子邮件地址及信息格式 .....                      | 226 | 9.6.3 简单网络管理协议 SNMP .....                | 242 |
| 9.3.3 电子邮件的传输过程 .....                        | 227 | 9.7 计算机网络安全技术 .....                      | 243 |
| 9.3.4 简单邮件传输协议 SMTP .....                    | 228 | 9.7.1 网络安全概述 .....                       | 243 |
| 9.3.5 第三代邮局协议 POP3 和因特网<br>报文存取协议 IMAP ..... | 229 | 9.7.2 加密技术简介 .....                       | 244 |
| 9.4 万维网 WWW .....                            | 233 | 9.7.3 防火墙 .....                          | 246 |
| 9.4.1 概述 .....                               | 233 | 本章实训 .....                               | 247 |
| 9.4.2 万维网的工作机制 .....                         | 234 | 实训题目一:配置 WWW 服务器 .....                   | 247 |
| 9.4.3 超文本传输协议 HTTP .....                     | 235 | 实训题目二:IE 浏览器的使用 .....                    | 250 |
| 9.4.4 超文本标记语言 HTML .....                     | 236 | 实训题目三:使用 Outlook Express<br>收发电子邮件 ..... | 257 |
| 9.4.5 动态网页和活动网页 .....                        | 238 | 本章习题 .....                               | 264 |
| 9.5 远程登录 Telnet .....                        | 239 | 参考文献 .....                               | 265 |
| 9.6 计算机网络管理 .....                            | 241 |                                          |     |



# 计算机网络导论

## 第一章

### ● 本章学习目标

- 了解计算机网络的发展历程
- 掌握计算机网络的概念、分类和拓扑结构
- 理解计算机网络体系结构
- 掌握 ISO/OSI 参考模型的层次结构和各层功能
- 掌握 TCP/IP 体系结构的层次划分及各层功能

### 1.1 计算机网络的形成及发展

现在已经进入了 21 世纪。21 世纪的重要特征就是数字化、网络化和信息化,它是一个以网络为核心的信息时代。在信息社会中,计算机已经从单机使用发展到群机使用。越来越多的应用领域需要计算机在一定的地理范围内联合起来进行群机工作,从而促进了计算机与通信(C&C, Computer and Communication)的紧密融合,形成了计算机网络这门学科,其经历了 60 年代萌芽、70 年代兴起、70 年代中期网络互联、80 年代局域网发展以及 90 年代网络计算和国际互联网等五个阶段。

#### 1.1.1 计算机网络的产生

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遵循了这条规律,1946 年世界上第一台电子计算机 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。20 世纪 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。它将远程雷达与其他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 计算机相连接,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,完全可以将地理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,可分时访问、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雏形。20 世纪 60 年代初,美国航空公司与 IBM 合作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-I 就是一种典型的计算机通信网络。

计算机与通信的相互结合主要有两个方面。一方面,通信网络为计算机之间的数据传递和交换提供了必要的手段;另一方面,数字计算技术的发展渗透到通信技术中,又提高了通信网络的各种性能。

由于当初计算机是为成批处理信息而设计的,所以当计算机在和远程终端相连时,就出现了如图 1-1 所示的线路控制器(line controller)。因为电话线路本来是为传送模拟的话音信号而设计的,不适合于传送计算机的数字信号,所以图中的调制解调器 M (Modem)是必需的设备,其主要作用就是:把计算机或终端的数字信号变换成可以在电话线路传送的模拟信号以及完成相反的变换。

早期的线路控制器只能和一条通信线路相连,同时也只能适用于某一种传送速率。由于在通信线路上是串行传输而在计算机内采用的是并行传输,因此这种线路控制器的主要功能是进行串行和并行传输的转换以及简单的差错控制。计算机仍主要用于数据成批处理。有时,计算机在一天中的部分时间用作成批处理,而在另一部分时间则用作收集远地的信息并进行处理。如图 1-1 所示的系统常称为联机系统,以区别于早先出现的脱机系统。

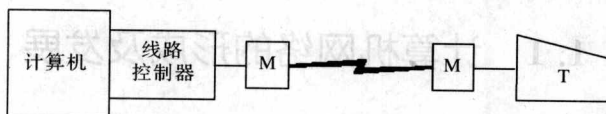
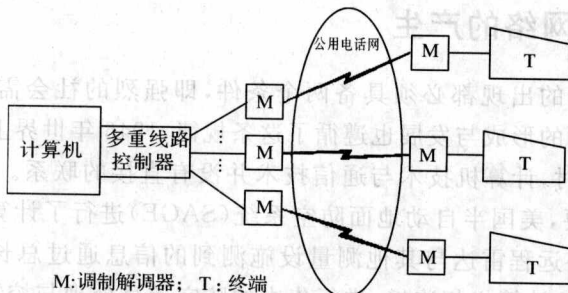


图 1-1 联机系统

随着远程终端数量的增多,为了避免一台计算机使用多个线路控制器,在 20 世纪 60 年代初期,出现了多重线路控制器(multiline controller)。它可以和多个远程终端相连接。如图 1-2 所示。这种联机系统也称为面向终端的计算机通信网。有人将这种最简单的计算机网络称为第一代的计算机网络。这里,计算机是网络的中心和控制者,终端围绕中心计算机分布在各处,其主要任务还是进行成批处理。



M: 调制解调器; T: 终端

图 1-2 面向终端的计算机通信网

### 1.1.2 现代计算机网络的发展

随着计算机应用的发展,出现了多台计算机互连的需求。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、大型企业经营管理等领域的用户。他们希望将分布在不同地点的计算机通过通信线路互连成计算机—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,也可以使用其他地方的联网的计算机的软件、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连的设想。1969 年 ARPANET 只有 4 个结点,1973 年 ARPANET 发展到 40 个结点,1983 年已经达到 100 多个结点。ARPANET 通过有线、无线与卫星通信线路,使网络覆盖了包括美国本土以及欧洲与夏威夷的广阔地域。

ARPANET 是计算机网络技术发展的重要里程碑。它对发展计算机网络技术的贡献主要表现在以下几个方面:完成了对计算机网络的定义、分类与相关技术内容的描述;提出了资源子网、通信子网的两级网络结构的概念;研究了报文分组交换的数据交换方法;采用了层次结构的网络体系结构和协议体系;促进了 TCP/IP 协议的发展;为 Internet 的形成与发展奠定了基础。

ARPANET 研究成果对计算机网络发展的意义是深远的。从 20 世纪 70、80 年代开始,计算机网络发展十分迅速,并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,还出现了一些研究实验性网络、公共服务网络与校园网,例如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所的 OPTOPUS、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES、国际气象检测网等。

计算机网络可以分成资源子网和通信子网并分别组建,如图 1-3 所示。资源子网主要负责全网的信息处理,为网络用户提供网络服务和资源共享等。它主要包括网络中的所有的主计算机、I/O 设备、终端,各种网络协议、网络软件和数据库等。通信子网主要负责全网的数据通信,为网络用户提供数据传输、转接、加工和变换等通信处理工作。它主要包括通信线路(即传输介质)、网络连接设备(如网络接口设备、通信控制处理机、网桥、路由器、交换机、网关、调制解调器、卫星地面接收站等)、网络通信协议和通信控制软件等。在 20 世纪 70 年代中期,世界上便开始出现了由邮电部门或通信公司统一组建和管理的公用分组交换网,即公用数据网 PDN。早期的公用数据网采用模拟通信的电话交换网,新型的公用数据网则采用数字传输技术和分组交换方法。典型的公用分组交换网有:美国的 TELENET、加拿大的 DATAPAC、法国的 TRANSPAC 等。公用分组交换网的组建为计算机网络发展提供了良好的外部通信条件,它可以为更多的用户提供数据通信服务。

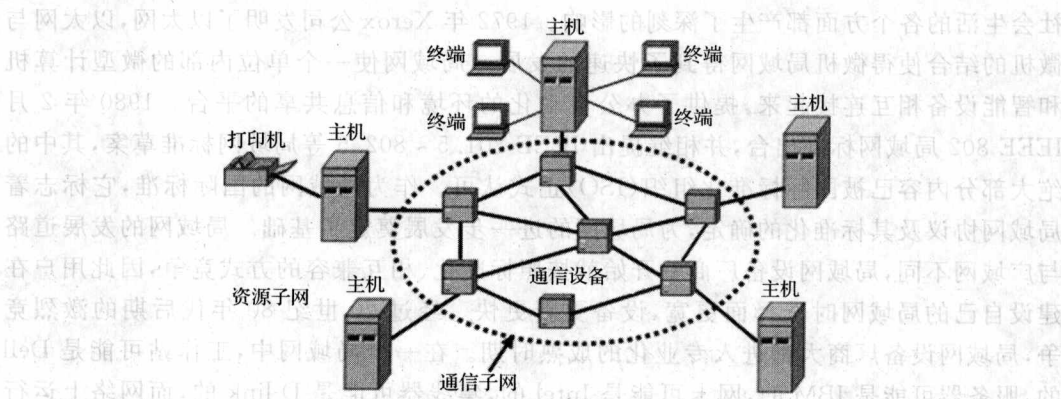


图 1-3 资源子网与通信子网



### 1.1.3 计算机网络标准的形成

经过 20 世纪 60~70 年代前期的发展,人们对组网的技术、方法和理论的研究日趋成熟。为了促进网络产品的开发,各大计算机公司纷纷制定自己的网络技术标准。IBM 首先于 1974 年推出了该公司的系统网络体系结构 SNA(System Network Architecture),并可为用户提供能够互连的成套通信产品;1975 年 DEC 公司宣布了自己的数字网络体系结构 DNA(Digital Network Architecture);1976 年 UNIVAC 宣布了该公司的分布式通信体系结构 DCA(Distributed Communication Architecture)等等。这些网络技术标准只在一个公司范围内有效。所谓遵从某种标准的、能够互连的网络通信产品,也只是同一公司生产的同类型设备,无法实现互相兼容。网络通信市场这种各自为政的状况使得用户在投资时无所适从,也不利于各厂商之间的公平竞争。因此,产生了制定统一技术标准的迫切需求。

1977 年,国际标准化组织 ISO(International Standardization Organization)设立分委员会 SC16(属 TC97 信息处理系统技术委员会),以“开放系统互连”为目标,专门研究网络体系结构、网络互连标准等。1984 年,ISO 正式颁布了一个称为“开放系统互连基本参考模型”(Open System Interconnection Basic Reference Model)的国际标准 ISO7498,简称 OSI 参考模型或 OSI/RM。OSI/RM 共有七层,因此也称为 OSI 七层模型。OSI/RM 的提出,开创了一个具有统一的网络体系结构、遵循国际标准化协议的计算机网络新时代。作为国际标准,OSI 规定了可以互连的计算机系统之间的通信协议,遵从 OSI 协议的网络通信产品都是所谓的开放系统。今天,几乎所有的网络产品厂商都声称自己的产品是开放系统。不遵从国际标准的产品逐渐失去了市场。这种统一的、标准化产品相互竞争的市场促进了网络技术的进一步发展。

### 1.1.4 局域网发展时期

20 世纪 80 年代出现了微型计算机,这种更适合办公室环境和家庭使用的新机种对社会生活的各个方面都产生了深刻的影响。1972 年 Xerox 公司发明了以太网,以太网与微机的结合使得微机局域网得到了快速的发展。局域网使一个单位内部的微型计算机和智能设备相互连接起来,提供了办公自动化的环境和信息共享的平台。1980 年 2 月 IEEE 802 局域网标准出台,并相继提出 IEEE 801.5~802.6 等局域网标准草案,其中的绝大部分内容已被国际标准化组织(ISO)正式认可。作为局域网的国际标准,它标志着局域网协议及其标准化的确定,为局域网的进一步发展奠定了基础。局域网的发展道路与广域网不同,局域网设备厂商一开始就按照标准化、相互兼容的方式竞争,因此用户在建设自己的局域网时选择面更宽,设备更新更快。经过 20 世纪 80 年代后期的激烈竞争,局域网设备厂商大都进入专业化的成熟时期。在一个局域网中,工作站可能是 Dell 的,服务器可能是 IBM 的,网卡可能是 Intel 的,集线器可能是 D-link 的,而网络上运行的软件更是五花八门。现在局域网的发展已经由组建网络变为了网络应用建设阶段。



### 1.1.5 Internet 发展时期

1985年,美国国家科学基金会(National Science Foundation)利用 ARPAnet 协议建立了用于科学研究和教育的骨干网络 NSFnet。20世纪90年代,NSFnet 代替 ARPAnet 成为美国国家骨干网,并且走出了大学和研究机构,进入了公众社会。从此,网上的电子邮件、文件下载和消息传输等服务受到越来越多人的欢迎并被广泛使用。1992年,Internet学会成立,该学会把 Internet 定义为“组织松散、独立的国际合作互连网络”,“通过主动遵循计算机协议和过程来支持主机对主机的通信”。1993年,美国伊利诺斯大学国家超级计算中心成功开发了网上浏览工具 Mosaic(后来发展为 Netscape),使得各种信息可以方便地在网上进行交流。浏览工具的实现引发了 Internet 发展和普及的高潮,上网不再是网络操作人员和科学研究人员的专利,而成为一般人员进行远程通信和交流的工具。在这种形式下,1993年,当时的美国总统克林顿宣布正式实施国家信息基础设施 NII(National Information Infrastructure)计划,这也就是人们常说的“信息高速公路”建设,从此在世界范围内展开了争夺信息化社会领导权和制高点的竞争。与此同时,NSF 不再向 Internet 注入资金,使其完全进入了商业化运作。20世纪90年代后期,Internet 以惊人的高速度发展,网络上的主机数量、上网的人数、网络的信息流量每年都在成倍地增长。

我国互联网的发展启蒙于20世纪80年代。1987年9月,钱天白教授通过意大利公用分组网 ITAPC 设在北京的 PAD 发出我国的第一封电子邮件,与德国卡尔斯鲁厄大学进行了通信,揭开了中国人使用 Internet 的序幕。

1997年6月,根据国务院信息化工作领导小组办公室的决定,中国科学院在中科院网络信息中心组建了中国的互联网络信息中心 CNNIC,同时,国务院信息化工作领导小组办公室宣布成立中国互联网络信息中心工作委员会。从此我国进入了互联网的高速发展时期。

根据2007年1月中国互联网络信息中心 CNNIC 发布的第十九次《中国互联网络发展状况统计报告》,目前我国网民达13700万人,上网计算机达5940万台,域名总数达411万个,具有一定规模的因特网运营商(ISP)有(按国际出口带宽排序):

- 中国公用计算机互联网(CHINANET)
- 中国网络通信集团网(宽带中国 CHINA169 网,网通集团)
- 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)
- 中国卫星集团互联网(CSNET)
- 中国铁通互联网(CRNET)

## 1.2 计算机网络的基本概念

在信息高度发达的今天,存在很多种网络,包括电信网络、有线电视网络和计算机网络等。目前信息传播的核心网络是计算机网络,它是由计算机设备、通信设备、终端设备等网络硬件和网络软件组成的大型计算机系统。网络中的各个计算机系统具有独立的功能,它们脱离网络时,仍可单机使用。以后章节若非特别指明,“网络”一词均指的是计算机网络。

### 1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络的精确定义并未统一。主要有以下三种不同的观点:

一是广义的观点。将计算机网络定义为“计算机技术与通信技术相结合,通过远程信息处理实现资源共享的系统。”这种观点主要定义了计算机通信网络。

二是用户透明性的观点。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的资源,而整个系统中的各计算机对用户是透明的。”这种观点主要是针对分布式计算机系统。

三是资源共享的观点。将计算机网络定义为“以资源共享为目的,用通信线路和网络连接设备连接起来的具有独立功能的计算机系统的集合。”此观点符合目前计算机网络的基本特征。但也不很全面。

综上所述,可以将计算机网络定义为:计算机网络是利用通信线路和网络连接设备将地理分散的、具有独立功能的若干计算机系统连接起来,按照网络协议进行数据通信,实现资源共享,为用户提供各种应用服务的信息系统。

从以上定义可以看出,计算机网络涉及多个方面的问题:

(1)至少有两台计算机互连。这些计算机系统在地理上是分布的,可能在一个房间内,在一个单位的楼群里,在一个或几个城市里,甚至在全国乃至全球范围。

(2)这些计算机系统是自治的,即每台计算机既能单独进行信息加工处理,又能在网络协议控制下协同工作。

(3)资源共享是计算机网络的主要目的。

(4)计算机之间的互联通过网络连接设备及通信线路来实现。

(5)联网计算机之间的信息交换必须遵循统一的网络协议。

### 1.2.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类方法很多,可以从不同的角度对计算机网络进行分类。

#### 1. 按照网络覆盖的地理范围

可以分为:局域网(LAN, Local Area Network)、城域网(MAN, Metropolitan Area Network)和广域网(WAN, Wide Area Network)。

局域网是指将有限范围内的各种计算机、终端和外部设备互联成网的网络。作用距