



高等学校  
电子信息类  
规划教材

# 计算机网络

## (第4版)

谢希仁 编著

43



电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
www.phei.com.cn

高等学校电子信息类规划教材

# 计算机网络

(第4版)

谢希仁 编著

电子工业出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书为1989年出版的、获第二届全国优秀教材奖的《计算机网络》的第4版，在内容和结构方面都做了很大的修改。

全书为10章，比较全面系统地介绍了计算机网络的发展和原理体系结构、物理层、数据链路层、局域网、广域网、网络互连、运输层、应用层、计算机网络的安全和因特网的演进等内容。各章均附有练习题。此外，附录F给出了部分习题的答案和提示。随书配套的光盘中，收录了作者教学中经常遇到的150多个问题，并予以解答；还收录了在2003年1月前发表的全部RFC文档，供读者参阅。

本书的特点是概念准确、论述严谨、内容新颖、图文并茂。突出基本原理和基本概念的阐述，同时力图反映出计算机网络的一些最新发展。第4版更加突出了以TCP/IP协议族为核心的一些常用网络协议以及一些网络新技术。本书可供通信和计算机专业的大学本科生和研究生使用，对从事计算机网络工作的工程技术人员也有学习参考价值。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，翻版必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 谢希仁编著. —4版. —北京: 电子工业出版社, 2003.6  
高等学校电子信息类规划教材  
ISBN 7-5053-8786-3

I. 计... II. 谢... 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(2003)第044070号

责任编辑: 杜振民

印 刷: 北京东光印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 [www.phei.com.cn](http://www.phei.com.cn)

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 29.5 字数: 730千字

版 次: 2003年6月第4版 2003年7月第2次印刷

定 价: 35.00元(赠光盘一张)

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系调换。联系电话: 88211980 68279077

## 出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作，根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》，我们组织各有关高等学校、中等专业、出版社，各专业教学指导委员会，在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上，根据当代电子信息科学技术的发展和面向21世纪教学内容和课程体系改革的要求，编制了《1996~2000年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报，经各学校、出版社推荐，由各专业教学指导委员会评选，并由我部教材办商各专指委、出版社后，审核确定的。本轮规划教材的编制，注意了将教学改革力度较大，有创新精神、特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需，尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时，选择了一批对学科发展具有重要意义，反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划，以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足，希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议，以不断提高教材的编写、出版质量，共同为电子信息类专业教材建设服务。

原电子工业部教材办公室

## 再版前言

本教材的前一版是根据原电子工业部的《1996-2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由计算机教学指导委员会编审、推荐出版，是普通高等教育“九五”国家级重点教材。

虽然本教材中的新概念和协议都是他人提出的，但对教材的编者来说，还需要精心选择内容。在非常有限的篇幅中，应当把基本原理讲清楚。即使这样，学生学完了本书后也只能做到对计算机网络的基本内容有一定深度的了解（不是精通）。例如，若想精通以太网，就至少应认真学习 IEEE 的 802.3 标准，但此标准的文档超过 1500 页。

本教材的参考学时数为 70~90 学时。全书以 TCP/IP 协议族为线索，突出因特网的应用。与上一版相比，删除或压缩了一些离 TCP/IP 主线较远的次要内容。根据读者们反映出的问题增加了一些用来加深理解的例子或图。新版在重点问题上的阐述更加清楚了，如路由器的结构和路由选择机制，子网掩码和 CIDR，客户服务器工作方式，TCP 的拥塞控制等。新增加的内容有：计算机网络的主要性能指标，波分复用和码分复用，循环冗余检验举例，采用随机早期丢弃 RED 进行拥塞控制，应用编程接口 API，传输实时数据的协议 RTP 和 RTCP 等。在改进因特网的“尽最大努力交付”服务方面，如 IntServ、RSVP、DiffServ 和 MPLS 等，均在第 10 章中讨论。

新版共有 8 个附录，从附录 A 到附录 H 分别是：最基本的排队系统、随机接入技术 ALOHA、综合业务数字网 ISDN、关于 ATM 的通信量、最短路径算法（Dijkstra 算法）、部分习题解答（而不是详细解题步骤）、英文缩写词、参考文献与网址。

本书的 CD-ROM 内是作者在多年教学中收集整理的常见问题的解答和在 2003 年 1 月以前能收集到的 RFC 文档，供读者参阅。

对于最基本的内容，在目录中的相应章节前面加上一个星号“\*”。

陈鸣教授和杨心强、高素青、张兴元、齐望东、吴礼发、胥光辉副教授、张涛博士，以及在北京工作的赵刚副研究员等，对本书的修改都提出了很多宝贵的意见。吴自珠副教授一直对本教材的出版给予全力支持。对这些，作者均表示诚挚的谢意。由于作者水平所限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

谢希仁

2003 年 1 月

于解放军理工大学通信工程学院，南京

作者的电子邮件地址：xiexr@public1.ptt.js.cn

（欢迎指出书中的各种错误，但无法满足索取解题详细步骤的要求，请谅解。）

# 前 言

本教材系按原电子工业部的《1996-2000年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由计算机教学指导委员会编审、推荐出版。本教材为普通高等教育“九五”国家级重点教材，由南京通信工程学院谢希仁教授编著，陈鸣教授主审，邵军力教授为责任编委。

本教材的第一版（1989年大连理工大学出版社）曾获第二届全国优秀教材奖。1994年和1996年曾分别在电子工业出版社和大连理工大学出版社各再修订出版一次。

本教材的参考学时数为70~90学时。全书共分12章。与过去的版本相比，这次的改动较多。全书以TCP/IP协议族为线索，突出Internet上的应用，增加了对许多新技术的介绍。

例如：56 kb/s 调制解调器，高速局域网（包括100BASE T, 100VG AnyLAN, HIPPI和千兆比以太网等），无线局域网，帧中继技术，IPv6，国际数据加密算法IDEA，MD5报文摘要算法，Internet的安全体系，防火墙，万维网WWW（包括URL，HTTP，HTML，CGI等），网络管理SNMP，ATM技术（包括各种AAL协议和ATM通信量管理等），ATM与IP相结合（包括IPOA，LANE，MPOA和MPLS等），IP电话，居民接入网RAN（包括xDSL，HFC以及FTTx等），等等，均在书中占有一定的篇幅。

为了不使全书篇幅过大，对一些比较陈旧的内容进行了适当的压缩。

编写教材最难处理的就是内容的取舍。网络技术的飞速发展使得新的网络技术和标准不断问世。在非常有限的篇幅中，应当将哪些最为重要的内容交给学生呢？经验证明，最重要的就是要在教材中把基本原理讲清楚。理论联系实际是十分必要的，但显然不应将教材写成为工程实践中的使用手册。新的但很不成熟的内容也不宜写入教材。教科书不应写成为标准文档的缩写。

每章的最后都附有若干练习题。附录A是为未学过排队论的读者参考的。附录B是英文缩写词。附录C是参考文献和一些有参考价值的网点，以使读者能够更快地从Internet上找到所需的资料。为了使本教材能够适用于不同要求的读者，对于最重要的内容，在目录中的相应章节前面加上一个星号“\*”。

陈鸣、胡谷雨教授和张兴元、高素青副教授以及齐望东博士、徐哲博士对本书的初稿提出了很多宝贵的意见。已毕业并工作多年的研究生赵刚也从北京通过电子邮件提出了许多很好的建议。

赵小凡高工、刘南杰教授以及林波、黄振荧副教授曾对本书的前一个版本提出了许多建设性意见。吴自珠副教授一直对本教材的出版给予全力支持。谢冲提供了最新的一些文献的光盘和多本美国原版新书。对这些，作者均表示诚挚的谢意。由于作者水平所限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

作者的电子邮件地址：xiexr@public1.ptt.js.cn

谢希仁

1999年1月于南京通信工程学院

# 目 录

<b>第 1 章 概述</b> .....	(1)
1.1 计算机网络在信息时代中的作用 .....	(1)
1.2 计算机网络的发展过程 .....	(2)
*1.2.1 分组交换的产生 .....	(2)
*1.2.2 因特网时代 .....	(8)
*1.2.3 关于因特网的标准化工作 .....	(10)
1.2.4 计算机网络在我国的发展 .....	(12)
1.3 计算机网络的分类 .....	(13)
1.3.1 计算机网络的不同定义 .....	(13)
1.3.2 几种不同的分类方法 .....	(14)
*1.4 计算机网络的主要性能指标 .....	(16)
1.4.1 带宽 .....	(16)
1.4.2 时延 .....	(17)
1.4.3 时延带宽积和往返时延 .....	(18)
*1.5 计算机网络的体系结构 .....	(19)
1.5.1 计算机网络体系结构的形成 .....	(19)
1.5.2 划分层次的必要性 .....	(21)
1.5.3 具有五层协议的体系结构 .....	(23)
1.5.4 实体、协议、服务和访问点 .....	(25)
1.5.5 面向连接服务与无连接服务 .....	(27)
1.5.6 OSI 与 TCP/IP 体系结构的比较 .....	(27)
*1.6 应用层的客户-服务器方式 .....	(29)
习题 .....	(31)
<b>第 2 章 物理层</b> .....	(33)
*2.1 物理层的基本概念 .....	(33)
*2.2 数据通信的基础知识 .....	(33)
2.2.1 数据通信系统的模型 .....	(33)
2.2.2 有关信道的几个基本概念 .....	(35)
2.2.3 信道的最高码元传输速率 .....	(36)
2.2.4 信道的极限信息传输速率 .....	(38)
2.3 物理层下面的传输媒体 .....	(39)
2.3.1 导向传输媒体 .....	(39)
2.3.2 非导向传输媒体 .....	(45)
2.4 模拟传输与数字传输 .....	(47)

2.4.1	模拟传输系统	(48)
*2.4.2	调制解调器	(49)
*2.4.3	数字传输系统	(53)
*2.5	信道复用技术	(56)
2.5.1	频分复用、时分复用和统计时分复用	(56)
2.5.2	波分复用	(58)
2.5.3	码分复用	(59)
*2.6	同步光纤网 SONET 和同步数字系列 SDH	(61)
2.7	物理层标准举例	(63)
*2.7.1	EIA-232-E 接口标准	(63)
2.7.2	RS-449 接口标准	(65)
	习题	(66)
<b>第 3 章</b>	<b>数据链路层</b>	<b>(68)</b>
*3.1	数据链路层的基本概念	(68)
3.2	停止等待协议	(69)
*3.2.1	完全理想化的数据传输	(69)
*3.2.2	具有最简单流量控制的数据链路层协议	(70)
*3.2.3	实用的停止等待协议	(71)
3.2.4	循环冗余检验的原理	(73)
*3.2.5	停止等待协议的算法	(74)
3.2.6	停止等待协议的定量分析	(75)
3.3	连续 ARQ 协议	(77)
*3.3.1	连续 ARQ 协议的工作原理	(77)
3.3.2	连续 ARQ 协议的吞吐量	(78)
*3.3.3	滑动窗口的概念	(79)
*3.3.4	信道利用率	(82)
3.4	选择重传 ARQ 协议	(83)
3.5	面向比特的链路控制规程 HDLC	(83)
*3.5.1	HDLC 协议概述	(83)
3.5.2	HDLC 的帧结构	(84)
*3.6	因特网的点对点协议 PPP	(87)
3.6.1	PPP 协议的工作原理	(87)
3.6.2	PPP 协议的帧格式	(88)
3.6.3	PPP 协议的工作状态	(90)
	习题	(91)
<b>第 4 章</b>	<b>局域网</b>	<b>(93)</b>
*4.1	局域网概述	(93)
4.2	传统以太网	(94)
*4.2.1	以太网的工作原理	(94)



*4.2.2	传统以太网的连接方法	(100)
4.2.3	以太网的信道利用率	(104)
*4.3	以太网的 MAC 层	(107)
4.3.1	MAC 层的硬件地址	(107)
4.3.2	两种不同的 MAC 帧格式	(110)
*4.4	扩展的局域网	(112)
4.4.1	在物理层扩展局域网	(112)
4.4.2	在数据链路层扩展局域网	(113)
4.5	虚拟局域网	(118)
4.5.1	虚拟局域网的概念	(118)
4.5.2	虚拟局域网使用的以太网帧格式	(119)
*4.6	高速以太网	(120)
4.6.1	100BASE-T 以太网	(120)
4.6.2	吉比特以太网	(121)
4.6.3	10 吉比特以太网	(123)
4.7	其他种类的高速局域网	(125)
4.7.1	100VG-AnyLAN 局域网	(125)
4.7.2	光纤分布式数据接口 FDDI	(125)
4.7.3	高性能并行接口 HIPPI	(126)
4.7.4	光纤通道	(126)
4.8	无线局域网	(126)
*4.8.1	无线局域网的组成	(126)
4.8.2	802.11 标准中的物理层	(129)
4.8.3	802.11 标准中的 MAC 层	(130)
	习题	(135)
<b>第 5 章</b>	<b>广域网</b>	<b>(138)</b>
*5.1	广域网的基本概念	(138)
5.1.1	广域网的构成	(138)
5.1.2	数据报和虚电路	(139)
*5.2	广域网中的分组转发机制	(141)
5.2.1	在结点交换机中查找转发表	(142)
5.2.2	在路由表中默认路由	(143)
*5.3	拥塞控制	(145)
5.3.1	拥塞控制的意义	(145)
5.3.2	拥塞控制的一般原理	(147)
5.4	X.25 网	(148)
5.5	帧中继 FR	(150)
*5.5.1	帧中继的工作原理	(150)
5.5.2	帧中继的帧格式	(153)
5.5.3	帧中继的拥塞控制	(154)

5.6	异步传递方式 ATM .....	(155)
*5.6.1	ATM 的基本概念 .....	(155)
5.6.2	ATM 的协议参考模型和信元结构 .....	(157)
5.6.3	ATM 的逻辑连接机制 .....	(162)
5.6.4	AAL 层举例: AAL5 .....	(166)
	习题 .....	(167)
<b>第 6 章</b>	<b>网络互连 .....</b>	<b>(170)</b>
*6.1	路由器在网际互连中的作用 .....	(170)
6.1.1	路由器的构成 .....	(170)
6.1.2	交换结构 .....	(173)
6.1.3	互联网与因特网 .....	(174)
*6.2	因特网的网际协议 IP .....	(176)
6.2.1	分类的 IP 地址 .....	(176)
6.2.2	IP 地址与硬件地址 .....	(180)
6.2.3	地址解析协议 ARP 和逆地址解析协议 RARP .....	(183)
6.2.4	IP 数据报的格式 .....	(185)
6.2.5	IP 层转发分组的流程 .....	(189)
*6.3	划分子网和构造超网 .....	(192)
6.3.1	划分子网 .....	(192)
6.3.2	使用子网掩码的分组转发过程 .....	(196)
6.3.3	无分类编址 CIDR .....	(198)
*6.4	因特网控制报文协议 ICMP .....	(203)
*6.5	因特网的路由选择协议 .....	(206)
6.5.1	有关路由选择协议的几个基本概念 .....	(206)
6.5.2	内部网关协议 RIP .....	(209)
6.5.3	内部网关协议 OSPF .....	(214)
6.5.4	外部网关协议 BGP .....	(219)
6.6	IP 多播和因特网组管理协议 IGMP .....	(223)
6.6.1	IP 多播的基本概念 .....	(223)
6.6.2	因特网组管理协议 IGMP .....	(225)
6.6.3	多播路由选择 .....	(228)
6.7	虚拟专用网 VPN 和网络地址转换 NAT .....	(229)
6.7.1	虚拟专用网 VPN .....	(229)
6.7.2	网络地址转换 NAT .....	(231)
6.8	下一代的网际协议 IPv6(IPng) .....	(232)
*6.8.1	解决 IP 地址耗尽的措施 .....	(232)
6.8.2	IPv6 的基本首部 .....	(232)
6.8.3	IPv6 的扩展首部 .....	(234)
6.8.4	IPv6 的地址空间 .....	(236)
6.8.5	从 IPv4 向 IPv6 过渡 .....	(240)

6.8.6	ICMPv6 .....	(243)
习题	.....	(243)
<b>第 7 章</b>	<b>运输层 .....</b>	<b>(248)</b>
*7.1	运输层协议概述 .....	(248)
*7.2	TCP/IP 体系中的运输层 .....	(250)
7.2.1	运输层中的两个协议 .....	(250)
7.2.2	端口的概念 .....	(251)
*7.3	用户数据报协议 UDP .....	(253)
7.3.1	UDP 概述 .....	(253)
7.3.2	UDP 用户数据报的首部格式 .....	(255)
7.4	传输控制协议 TCP .....	(256)
*7.4.1	TCP 概述 .....	(256)
*7.4.2	TCP 报文段的首部 .....	(257)
*7.4.3	TCP 的数据编号与确认 .....	(260)
*7.4.4	TCP 的流量控制与拥塞控制 .....	(262)
*7.4.5	TCP 的重传机制 .....	(267)
7.4.6	采用随机早期丢弃 RED 进行拥塞控制 .....	(269)
*7.4.7	TCP 的运输连接管理 .....	(271)
7.4.8	TCP 的有限状态机 .....	(274)
习题	.....	(276)
<b>第 8 章</b>	<b>应用层 .....</b>	<b>(279)</b>
*8.1	域名系统 DNS .....	(279)
8.1.1	域名系统概述 .....	(279)
8.1.2	因特网的域名结构 .....	(280)
8.1.3	用域名服务器进行域名解析 .....	(282)
8.2	文件传送协议 .....	(284)
8.2.1	概述 .....	(284)
*8.2.2	FTP 的基本工作原理 .....	(285)
8.2.3	简单文件传送协议 TFTP .....	(287)
8.3	远程终端协议 TELNET .....	(289)
*8.4	电子邮件 .....	(290)
8.4.1	概述 .....	(290)
8.4.2	简单邮件传送协议 SMTP .....	(293)
8.4.3	电子邮件的信息格式 .....	(295)
8.4.4	邮件读取协议 POP3 和 IMAP .....	(295)
8.4.5	通用因特网邮件扩充 MIME .....	(296)
8.5	万维网 WWW .....	(300)
*8.5.1	概述 .....	(300)
*8.5.2	统一资源定位符 URL .....	(302)

*8.5.3	超文本传送协议 HTTP .....	(304)
*8.5.4	超文本标记语言 HTML .....	(309)
*8.5.5	万维网页面中的超链 .....	(312)
8.5.6	动态万维网文档与 CGI 技术 .....	(316)
8.5.7	活动万维网文档 .....	(322)
8.5.8	万维网上的信息检索系统 .....	(324)
*8.6	引导程序协议 BOOTP 与动态主机配置协议 DHCP .....	(327)
8.6.1	引导程序协议 BOOTP .....	(327)
8.6.2	动态主机配置协议 DHCP .....	(328)
8.7	简单网络管理协议 SNMP .....	(330)
*8.7.1	网络管理的基本概念 .....	(330)
8.7.2	简单网络管理协议 SNMP 概述 .....	(331)
8.7.3	管理信息库 MIB .....	(332)
8.7.4	SNMPv1 的五种协议数据单元 .....	(334)
8.7.5	管理信息结构 SMI .....	(337)
8.7.6	SNMPv2 和 SNMPv3 .....	(342)
8.8	应用进程跨越网络的通信 .....	(343)
*8.8.1	系统调用和应用编程接口 .....	(343)
8.8.2	服务器的两种工作方式 .....	(345)
8.8.3	进程通过系统调用接口进行通信的过程 .....	(346)
	习题 .....	(348)
<b>第 9 章</b>	<b>计算机网络的安全 .....</b>	<b>(351)</b>
*9.1	网络安全问题概述 .....	(351)
9.1.1	计算机网络面临的安全性威胁 .....	(351)
9.1.2	计算机网络安全的内容 .....	(352)
9.1.3	一般的数据加密模型 .....	(353)
*9.2	常规密钥密码体制 .....	(354)
9.2.1	替代密码与置换密码 .....	(354)
9.2.2	数据加密标准 DES .....	(356)
*9.3	公开密钥密码体制 .....	(359)
9.3.1	公开密钥密码体制的特点 .....	(359)
9.3.2	RSA 公开密钥密码体制 .....	(360)
9.3.3	数字签名 .....	(361)
*9.4	报文鉴别 .....	(362)
*9.5	密钥分配 .....	(364)
9.6	电子邮件的加密 .....	(365)
9.6.1	PGP .....	(365)
9.6.2	PEM .....	(366)
*9.7	链路加密与端到端加密 .....	(367)
9.7.1	链路加密 .....	(367)

9.7.2	端到端加密	(368)
9.8	因特网商务中的加密	(368)
9.8.1	安全插口层 SSL	(369)
9.8.2	安全电子交易 SET	(370)
9.9	因特网的网络层安全协议族 IPsec	(371)
*9.10	防火墙	(372)
	习题	(374)
<b>第 10 章</b>	<b>因特网的演进</b>	<b>(375)</b>
*10.1	概述	(375)
10.2	因特网的多媒体体系结构	(377)
10.2.1	实时运输协议 RTP	(377)
10.2.2	实时运输控制协议 RTCP	(380)
10.2.3	实时流式协议 RTSP	(381)
10.3	IP 电话	(381)
10.3.1	IP 电话概述	(381)
10.3.2	H.323	(383)
10.3.3	会话发起协议 SIP	(384)
10.3.4	IP 电话的通话质量	(385)
10.4	改进“尽最大努力交付”的服务	(387)
10.4.1	使因特网提供服务质量	(387)
10.4.2	调度和管制机制	(389)
10.4.3	综合服务 IntServ 与资源预留协议 RSVP	(392)
10.4.4	区分服务 DiffServ	(395)
10.5	多协议标记交换 MPLS	(397)
10.5.1	MPLS 的产生背景	(397)
10.5.2	MPLS 的工作原理	(399)
10.6	居民接入网 RAN	(403)
10.6.1	xDSL 技术	(403)
10.6.2	光纤同轴混合网(HFC 网)	(405)
10.6.3	FTTx 技术	(407)
10.6.4	以太网接入	(408)
10.7	关于“三网融合”	(409)
	习题	(410)
<b>附录 A</b>	<b>最基本的排队系统</b>	<b>(412)</b>
A.1	稳定状态下的数据流	(412)
A.1.1	李特尔(Little)定律	(412)
A.1.2	通信量强度	(413)
A.2	几种排队模型	(415)
A.2.1	M/G/1 模型	(415)

A.2.2 M/M/1 模型 .....	(418)
A.2.3 M/D/1 模型 .....	(419)
附录 B 随机接入技术: ALOHA .....	(420)
B.1 纯 ALOHA .....	(420)
B.2 时隙 ALOHA(S-ALOHA) .....	(423)
习题 .....	(426)
附录 C 综合业务数字网 ISDN .....	(427)
C.1 窄带综合业务数字网 N-ISDN .....	(427)
C.2 宽带综合业务数字网 B-ISDN .....	(428)
附录 D 关于 ATM 的通信量 .....	(429)
D.1 ATM 通信量的特点 .....	(429)
D.2 ATM 通信量管理中的一些重要参数 .....	(430)
D.3 ATM 服务的五个种类 .....	(432)
附录 E 最短路径算法——Dijkstra 算法 .....	(434)
附录 F 部分习题的解答 .....	(436)
附录 G 英文缩写词 .....	(447)
附录 H 参考文献与网址 .....	(455)

# 第 1 章 概 述

## 1.1 计算机网络在信息时代中的作用

我们已经进入了 21 世纪。21 世纪的一些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。

当前世界经济正在从工业经济向知识经济(knowledge-based economy)转变。知识经济是相对于农业经济、工业经济而出现的一种正在形成中的崭新的经济形态。知识经济就是指以知识为基础的经济，并且经济的发展在很大程度上取决于对知识的发掘和积累。知识经济的诞生不仅对人们的工作、学习、交往等各个方面起着非常大的作用，而且也影响了整个社会的发展。知识经济已成为推动生产力发展的巨大动力。

知识经济中的两个重要特点就是信息化和全球化。要实现信息化和全球化，就必须依靠完善的网络。因此网络现在已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。网络对社会生活的很多方面以及对社会经济的发展已经产生了不可逆转的影响。

这里所说的网络是指“**三网**”，即**电信网络**（主要的业务是电话，但也有其他业务，如传真、数据等）、**有线电视网络**和**计算机网络**。虽然这三种网络在信息化过程中都起到十分重要的作用，但其中发展最快的并起到核心作用的是计算机网络，而这正是本书所要讨论的内容。

进入 20 世纪 90 年代以后，以**因特网(Internet)**为代表的计算机网络得到了飞速的发展，已从最初的教育科研网络逐步发展成为商业网络，并已成为仅次于全球电话网的世界第二大网络。不少人认为现在已经是因特网的时代，这是因为因特网正在改变着我们工作和生活的各个方面，它已经给很多国家（尤其是因特网的发源地美国）带来了巨大的好处，并加速了全球信息革命的进程。可以毫不夸大地说，因特网是自印刷术以来人类通信方面最大的变革。现在人们的生活、工作、学习和交往都已离不开因特网。

1993 年 9 月 15 日，美国政府发布一个在全世界引起很大反响的文件，其标题是“**国家信息基础结构(NII)行动计划**”。NII 即 National Information Infrastructure 的缩写，也可译为**国家信息基础设施**。这个文件提出，高速信息网是国家信息基础结构的一个重要组成部分。为了更加生动而形象地说明这个“NII 行动计划”，人们常用“**信息高速公路**”这个名词作为“国家信息基础结构”的通俗名称。

1994 年 9 月美国又提出建立**全球信息基础结构 GII**，建议将各国的 NII 互连起来组成世界范围的信息基础结构。当前的因特网就是这种全球性的信息基础结构的雏形。

现在全世界所有的工业发达国家和很多的发展中国家都纷纷研究和制订本国建设信息基础结构的计划。这就使得计算机网络的发展进入了一个新的历史阶段，并变成了几乎人人都知道而且都十分关心的热门学科。

下面我们将从计算机网络的发展开始讨论。

## 1.2 计算机网络的发展过程

### 1.2.1 分组交换的产生

计算机网络涉及到通信与计算机两个领域。计算机与通信日益紧密的结合，已对人类社会的进步做出了极大的贡献。

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。当然，这两个方面的进展都离不开人们在半导体技术（主要是超大规模集成电路 VLSI 技术）上取得的辉煌成就。

现代计算机网络实际上是 20 世纪 60 年代美苏冷战时期的产物。在 60 年代初，美国国防部领导的远景研究规划局 ARPA (Advanced Research Project Agency)<sup>①</sup> 提出要研制一种崭新的、能够适应现代战争的、生存性(survivability)很强的网络，其目的是对付来自前苏联的核进攻威胁。我们知道，传统的电路交换(circuit switching)的电信网虽然已经四通八达，但在战争期间，一旦正在通信的电路中有一个交换机或有一条链路被炸毁，则整个通信电路就要中断。如要立即改用其他迂回电路通信，还必须重新拨号建立连接。这将要延误一些时间（例如十几秒钟），但这也可能造成不可挽回的重大损失。

根据当时美国军方提出的需求，这种新型的网络必须满足以下的一些基本要求：

(1) 和传统的电信网不同，这种新型的网络不是为了打电话，而是用于计算机之间的数据传送。

(2) 新型的网络能够连接不同类型的计算机，即不局限于单一类型的计算机。

(3) 所有的网络结点都同等重要。因为网络必须经受得起敌人的核打击，所以在网络中不能有某些特别重要的结点<sup>②</sup>，否则敌人将首先瞄准和摧毁这些重要的结点。将所有的结点设计成同等重要的，就可以大大提高网络的生存性。

(4) 计算机在进行通信时，必须有冗余的路由。当网络中的某一个结点或链路被破坏时，冗余的路由能够使正在进行的通信自动地找到合适的路由，使通信维持畅通。

(5) 网络的结构应当尽可能地简单，但能够非常可靠地传送数据。

根据以上的这些要求，一批专家终于设计出了使用分组交换 (packet switching) 的新型计算机网络。为了掌握分组交换的概念，我们先简单地回顾一下电路交换的特点。

在电话问世后不久，人们就发现，要让所有的电话机都两两相连接是不现实的。图 1-1(a) 表示两部电话只需要用一对电线就能够互相连接起来。但若有 5 部电话要两两相连，则需要 10 对电线，见图 1-1(b)所示。显然，若  $N$  部电话要两两相连，就需要  $N(N-1)/2$  对电线。当电话机的数量很大时，这种连接方法需要的电线数量就太大了（与电话机的数量的平方成正比）。于是人们认识到，要使得每一部电话能够很方便地和另一部电话进行通信，就应当使用

---

① 注：也有人将 ARPA 译为“高级研究计划署”。本书采用的译名取自清华大学编写的《英汉技术词典》，国防工业出版社，1978 年。ARPA 后来称为 DARPA，而 D 代表国防部(Defense)。

② 注：请读者注意：“结点”的英文名词是 node。虽然 node 有时也可译为“节点”，但这是指像天线上的驻波的节点，即像竹竿的“节”。在网络中的 node 的标准译名是“结点”而不是“节点”[MINGCI94]。这里的带方括弧的字符串表示可参考的文献，在本书的附录 H 中可查到。



电话交换机将这些电话连接起来，如图 1-1(c)所示。每一部电话都连接到交换机上，而交换机使用交换的方法，让电话用户彼此之间可以很方便地通信。一百多年来，电话交换机虽然经过多次更新换代，但交换的方式一直都是电路交换<sup>①</sup>。

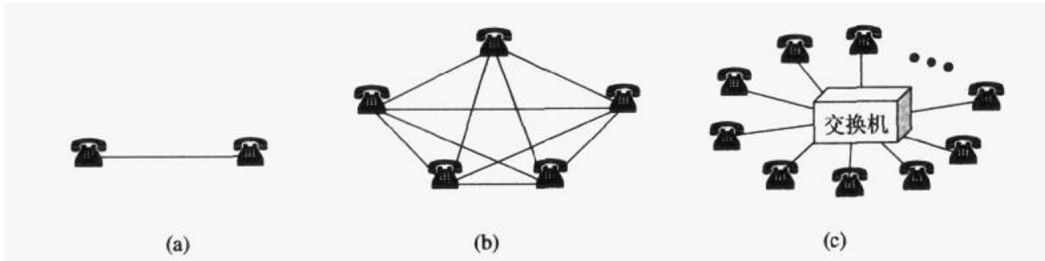


图 1-1 电话机的不同连接方法

当电话机的数量增多时，就要使用很多彼此连接起来的交换机来完成全网的交换任务。用这样的方法，就构成了覆盖全世界的电信网。

从通信资源的分配角度来看，“交换”就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。在使用电路交换打电话之前，必须先拨号建立连接。当拨号的信令通过许多交换机到达被叫用户所连接的交换机时，该交换机就向用户的电话机振铃。在被叫用户摘机且摘机信令传送到主叫用户所连接的交换机后，呼叫即完成。这时，从主叫端到被叫端就建立了一条连接（物理通路）。此后主叫和被叫双方才能互相通电话。通话完毕挂机后，挂机信令告诉这些交换机，使交换机释放刚才使用的这条物理通路。这种必须经过“建立连接→通信→释放连接”三个步骤的连网方式称为面向连接的(connection-oriented)。电路交换必定是面向连接的。

图 1-2 为电路交换的示意图。为简单起见，图中没有区分市话交换机和长途电话交换机。应当注意的是，用户线归电话用户专用，而对交换机之间拥有大量话路的中继线则是许多用户共享的，正在通话的用户只占用了其中的一个话路，而在通话的全部时间内，通话的两个用户始终占用端到端的固定传输带宽。图中电话机 A 和 B 之间的通路共经过了四个交换机，而电话机 C 和 D 是属于同一个交换机的地理覆盖范围内的用户，因此这两个电话机之间建立的连接就不需要再经过其他的交换机。

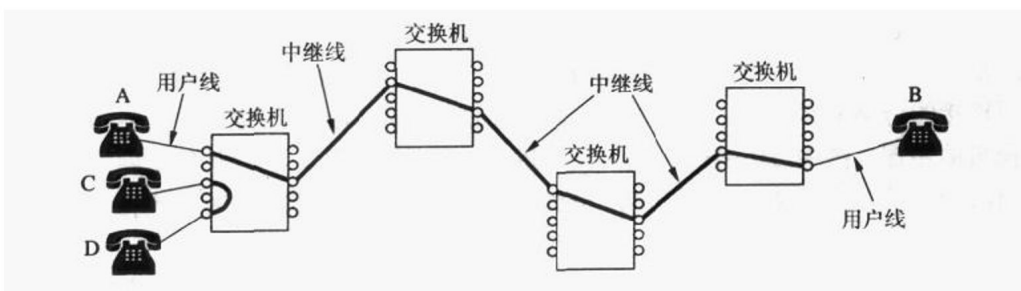


图 1-2 电路交换的示意图

当使用电路交换来传送计算机数据时，其线路的传输效率往往很低。这是因为计算机数

<sup>①</sup> 注：电路交换的特征是基于位置(position-based)。对于已数字化的网络，电路交换就是在某一位置的比特经交换后变更到另一个位置上。电路交换有多种形式。空分交换是交换比特流所经过的交换机的端口号，时分交换是交换比特所在的时隙，而波分交换则是交换荷载比特的光的波长。