

清华大学计算机系列教材

计算机网络 学习辅导

清
华
大
学
计
算
机
系
列
教
材

胡道元 编著



清华大学出版社

清华大学计算机系列教材

计算机网络学习辅导

胡道元 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《计算机网络》一书的学习辅导用书,帮助读者更深入地理解计算机网络的基本概念、基本原理、主要技术和方法。每章分4部分:第1部分是知识要点,对主要概念、原理和相关知识作了简要的总结和叙述;第2部分是例题解析;第3部分是习题及参考答案;第4部分是补充知识。最后一章给出了测试题库。

本书可作为高等院校计算机专业、通信专业“计算机网络”课程的学习辅助用书,也可供从事计算机网络设计、建设、管理和应用的专业人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络学习辅导/胡道元编著. —北京:清华大学出版社,2005.3

(清华大学计算机系列教材)

ISBN 7-302-10377-1

I. 计… II. 胡… III. 计算机网络—高等学校—教学参考资料 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 004952 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:张 龙

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市化甲屯小学装订二厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:14.25 字数:334 千字

版 次:2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-10377-1/TP·7060

印 数:1~5000

定 价:19.00 元

作者简历



胡道元 清华大学教授，博士生导师，计算机网络和计算机网络安全专家，国际信息处理联合会（IFIP）通信系统专委会中国代表，第一、二届国家信息化办公室专家委员会委员。

为我国教育科研网的奠基者和开拓者。清华大学校园网的主要规划者，中关村地区教育科研示范网的发起人和主要创建人，中国教育科研计算机网的发起人和主要创建人。在教育科研网的技术路线制定、体系结构设计和若干关键技术的解决等方面起到了十分重要作用。

为我国最早从事 Internet 研究和建设并在 Internet 年会上发表论文的学者。最先倡导采用 Internet 体系结构和标准建网，对中国 Internet 建设发挥了重要作用。主持了第一个由中国学者提出的 Internet 报文汉字编码规范——RFC1922 文本。对中国 Internet 建设的贡献受到国内外很多好评，被原加州大学伯克利分校校长、知名学者田长霖博士称为中国 Internet 之父。

在高科技 863 项目——国家 CIMS 实验工程的研究和建设中，主持研究和建设了我国第一个计算机集成制造系统网，提出的技术策略对 CIMS 实验工程集成环境建设起了关键作用。主持完成了 5 项有关 CIMS 网络的研究课题，成果突出，达到国际先进水平。

为我国最早从事计算机网络安全研究的学术带头人，主持完成了多项有关网络基础研究、网络关键技术及应用的国家重点科研项目。主持起草了《计算机信息系统安全保护等级划分准则》（GB17859—1999）国家标准。为建立我国网络安全产业作出了重要贡献。

为国家培养了一批信息网络和网络安全方面的高级人才，这些人才在信息网络和网络安全的研究、建设和产业化方面发挥了重要作用。已发表著作十余本、论文近百篇，在社会上影响甚广。

由于在研究方面的突出贡献，先后获国家教委科技进步一等奖、国家科委科技进步二等奖以及美国工程师学会颁发的 CIMS 大学领先奖。

序

清华大学计算机系列教材已经出版发行了近 30 种,包括计算机专业的基础数学、专业技术基础和专业等课程的教材,覆盖了计算机专业大学本科和研究生的主要教学内容。这是一批至今发行数量很大并赢得广大读者赞誉的书籍,是近年来出版的大学计算机教材中影响比较大的一批精品。

本系列教材的作者都是我熟悉的教授与同事,他们长期在第一线担任相关课程的教学工作,是一批很受大学生和研究生欢迎的任课教师。编写高质量的大学(研究生)计算机教材,不仅需要作者具备丰富的教学经验和科研实践,还需要对相关领域科技发展前沿的正确把握和了解。正因为本系列教材的作者们具备了这些条件,才有了这批高质量优秀教材的出版。可以说,教材是他们长期辛勤工作的结晶。本系列教材出版发行以来,从其发行的数量、读者的反映、已经获得的许多国家级与省部级的奖励,以及在各个高等院校教学中所发挥的作用上,都可以看出本系列教材所产生的社会影响与效益。

计算机科技发展异常迅速,内容更新很快。作为教材,一方面要反映本领域基础性、普遍性的知识,保持内容的相对稳定性;另一方面,又需要跟踪科技的发展,及时地调整和更新内容。本系列教材都能按照自身的需要做到这一点,如《计算机组成与结构》一书十年中共出版了三版,其他如《数据结构》等也都已出版了第二版,使教材既保持了稳定性,又达到了先进性的要求。本系列教材内容丰富、体系结构严谨、概念清晰、易学易懂,符合学生的认识规律,适合于教学与自学,深受广大读者的欢迎。系列教材中多数配有丰富的习题集和实验,有的还配备多媒体电子教案,便于学生理论联系实际地学习相关课程。

随着我国进一步的开放,我们需要扩大国际交流,加强学习国外的先进经验。在大学教材建设上,我们也应该注意学习和引进国外的先进教材。但是,计算机系列教材的出版发行实践以及它所取得的效果告诉我们,在当前形势下,编写符合国情的具有自主版权的高质量教材仍具有重大意义和价值。它与前者不仅不矛盾,而且是相辅相成的。本系列教材的出版还表明,针对某个学科培养的要求,在教育部等上级部门的指导下,有计划地组织任课教师编写系列教材,还能促进对该学科科学、合理的教学体系和内容的研究。

我希望今后有更多、更好的我国优秀教材出版。

清华大学计算机系教授,中科院院士

张钹

2002 年 6 月 28 日

前 言

本书是《计算机网络》一书的学习辅导用书,帮助读者更深入地理解计算机网络的基本概念、基本原理、主要技术和方法。

全书共分 15 章,基本上和《计算机网络》一书的章节相对应,每章分 4 部分。第 1 部分是知识要点,对该章的主要概念、原理和相关知识作了简要的总结和叙述。第 2 部分是例题解析,帮助读者更好地消化所学的知识,并掌握解决问题的思路和方法。第 3 部分是习题及参考答案,可供读者进行练习。第 4 部分是补充知识,对《计算机网络》一书中某些内容作了进一步的深入讲述,或拓展了一些知识面,这部分不是所有章节都有的。第 15 章给出了测试题库,既可供读者练习使用,也可供教师在教学过程中选用。

本书可作为高等院校计算机专业、通信专业“计算机网络”课程的学习辅助用书,也可供从事计算机网络设计、建设、管理和应用的专业人员参考。

本书部分材料摘自郭学理主编的《网络设计师教程同步辅导》,赵青参加了本书的编写。

作 者

2005 年 1 月

目 录

第 1 章 引论	1
1.1 知识要点	1
1.1.1 计算机网络的产生和发展	1
1.1.2 计算机网络定义	1
1.1.3 计算机网络连网需求	2
1.1.4 计算机网络分类	3
1.1.5 网络体系结构	3
1.1.6 计算机网络发展趋势	3
1.2 例题解析	4
1.3 习题及参考答案	4
1.4 补充知识	6
1.4.1 什么是国家信息基础设施	6
1.4.2 中国互联网发展状况	7
第 2 章 开放系统互连参考模型	11
2.1 知识要点	11
2.1.1 OSI 参考模型简述	11
2.1.2 OSI 参考模型实现机制	11
2.1.3 TCP/IP 体系结构	12
2.2 例题解析	13
2.3 习题及参考答案	15
2.4 补充知识：网络协议工程	18
第 3 章 数据传输	21
3.1 知识要点	21
3.1.1 数据通信模型	21
3.1.2 时域和频域概念	21
3.1.3 数据调制与编码	22
3.1.4 数字数据传输方式	22
3.1.5 数字数据传输接口	22
3.1.6 传输介质	23
3.1.7 多路复用	23
3.1.8 铜环接入技术	24
3.2 例题解析	24
3.3 习题及参考答案	30

第 4 章 数据链路控制	39
4.1 知识要点	39
4.1.1 流控技术	39
4.1.2 差错检测	39
4.1.3 差错控制	39
4.1.4 高级数据链路控制规程	40
4.1.5 其他数据链路控制协议	40
4.2 例题解析	40
4.3 习题及参考答案	41
第 5 章 数据交换	44
5.1 知识要点	44
5.1.1 线路交换	44
5.1.2 分组交换	44
5.1.3 帧中继交换	45
5.1.4 信元交换	45
5.2 例题解析	45
5.3 习题及参考答案	47
第 6 章 局域网技术	50
6.1 知识要点	50
6.1.1 局域网定义及特性	50
6.1.2 局域网参考模型	50
6.1.3 局域网协议标准	50
6.1.4 介质访问控制	51
6.1.5 争用协议	51
6.1.6 交换式局域网	51
6.1.7 虚拟局域网	51
6.1.8 无线局域网	52
6.2 例题解析	52
6.3 习题及参考答案	54
第 7 章 共享传输介质的局域网	60
7.1 知识要点	60
7.1.1 传统以太网	60
7.1.2 快速以太网	60
7.1.3 千兆位以太网	61
7.1.4 标记环网	61

7.1.5	FDDI 网	61
7.2	例题解析	62
7.3	习题及参考答案	63
第 8 章	低速广域网	68
8.1	知识要点	68
8.1.1	电话网	68
8.1.2	点到点通信	68
8.1.3	综合业务数字网	68
8.1.4	分组交换数据网	69
8.2	例题解析	69
8.3	习题及参考答案	72
第 9 章	高速广域网及无线广域网	76
9.1	知识要点	76
9.1.1	帧中继网	76
9.1.2	ATM 网	76
9.1.3	同步光纤网	77
9.1.4	移动通信	78
9.1.5	个人通信业务/个人通信网	78
9.1.6	卫星通信系统	78
9.2	例题解析	79
9.3	习题及参考答案	83
第 10 章	网络互连	90
10.1	知识要点	90
10.1.1	网络互连方式	90
10.1.2	网络互连原理	90
10.1.3	网间协议	90
10.1.4	Internet 地址	91
10.1.5	差错与控制报文协议	91
10.1.6	路由器体系结构	91
10.1.7	路由选择算法	92
10.1.8	内部网关协议	92
10.1.9	外部网关协议	92
10.1.10	边界网关协议	92
10.2	例题解析	93
10.3	习题及参考答案	96
10.4	补充知识: X.75 建议	102

第 11 章 传输层	104
11.1 知识要点	104
11.1.1 OSI 传输层服务及协议	104
11.1.2 用户数据报协议	105
11.1.3 可靠的数据流传输	105
11.1.4 传输控制协议	105
11.2 例题解析	106
11.3 习题及参考答案	107
第 12 章 应用层	110
12.1 知识要点	110
12.1.1 网络计算模式	110
12.1.2 客户机/服务器计算模式	110
12.1.3 基于套接字的进程之间通信	110
12.1.4 动态主机配置协议	111
12.1.5 Internet 域名系统	111
12.1.6 文件传送协议	111
12.1.7 远程登录	111
12.1.8 电子邮件	111
12.1.9 环球信息网	112
12.1.10 动态 Web 文档与 CGI	112
12.1.11 活动文档与 Java 技术	113
12.2 例题解析	113
12.3 习题及参考答案	120
12.4 补充知识：基于套接字的进程之间通信	124
第 13 章 网络管理	132
13.1 知识要点	132
13.1.1 网络管理功能	132
13.1.2 网络管理模式与体系	132
13.1.3 网络管理协议标准	132
13.1.4 简单网络管理协议	133
13.1.5 网络日常管理和维护	134
13.2 例题解析	134
13.3 习题及参考答案	138
13.4 补充知识	142
13.4.1 抽象语法表示 (ASN.1)	142
13.4.2 OSI 管理体系结构	152

13.4.3	公共管理信息协议.....	153
第 14 章	网络信息安全	154
14.1	知识要点.....	154
14.1.1	网络信息安全基本概念.....	154
14.1.2	密码学.....	154
14.1.3	鉴别.....	154
14.1.4	访问控制.....	155
14.1.5	网络安全层次模型.....	155
14.1.6	防火墙.....	155
14.1.7	VPN	156
14.1.8	IPSec	156
14.1.9	入侵检测.....	156
14.1.10	计算机病毒	157
14.2	例题解析.....	157
14.3	习题及参考答案.....	159
14.4	补充知识.....	164
14.4.1	分组密码 DES	164
14.4.2	ISO 7498-2 安全服务与安全机制	170
14.4.3	信息系统安全评估准则.....	172
14.4.4	防火墙的体系结构.....	174
第 15 章	测试题库	178
参考文献		214

第 1 章 引 论

1.1 知 识 要 点

1.1.1 计算机网络的产生和发展

(1) 历史的回顾

- 1946 年 第一台计算机问世(ENIAC)
冯·诺依曼计算机(EDVAC)
- 1969 年 第 1 个分组交换计算机网 ARPANET 问世
网络就是计算机
- 1971 年 第一台微型机问世(MCS-4)

(2) Internet 发展的阶段

- 研究试验阶段
- 实用阶段
- 商业化阶段

(3) 推动网络发展的两大动力

- 日益增长的社会需求
使远程资源的使用成为可能
共享程序、数据和信息资源
网络用户的通信和合作
- 推动网络发展的物质基础
微电子、光电子技术的发展
计算机技术和通信技术的发展及融合

(4) 计算机及数据网的重大发明

- 异步数据传输(RS-232-C)
- 同步数据传输(SDLC, HDLC)
- 存储转发分组交换
- 互联网协议(TCP/IP)
- 多路访问方法(以太网、标记环网)
- 异步传输模式(ATM)

1.1.2 计算机网络定义

计算机网络是地理上分散的多台自主计算机互连的集合。计算机互连必需遵循约定的通信(网络)协议,由通信设备、通信链路及网络软件实现。计算机网络可实现信息交互、资源共享、协同工作及在线处理等功能。

1.1.3 计算机网络连网需求

(1) 连接性

- 物理连接
- 寻址
- 路由
- 不同层次的连接

(2) 有效的资源共享

- 多路复用
- 服务质量的支持
- 合理的为不同数据流分配链路容量
- 有效的手段处理拥塞

(3) 公共服务的支持

- 提供逻辑信道,支持应用进程间通信
- 公共通信模式的确定
 - 请求/响应信道(文件传输,数据库检索,万维网 WWW)
 - 报文流信道(视频播放,视频会议)

(4) 计算机网络的重要特性准则

• 性能

• 带宽与延时

单位时间内网络上可以传输数据位的数目称为带宽

报文从网络的一端传输到另一端所需花费的时间称延时

• 延时带宽乘积

带宽和延时共同决定了某个给定链路或信道的性能特性

带宽和延时的相对重要性依赖于应用程序

• 可靠性

- 发生故障的频度
- 恢复故障所需时间
- 对突发性故障的网络健壮性

• 安全性

• 通信安全

解决数据传输的安全

密码技术

• 计算机安全

解决计算机信息载体及其运行的安全

正确实施主体对客体的访问控制

• 网络安全

解决在分布网络环境中对信息载体及其运行提供安全保护

完整的信息安全保障体系

1.1.4 计算机网络分类

(1) 按地域范围

可分为局域网、城域网和广域网 3 类。

(2) 按拓扑结构

可分为总线、星状、环状、网状网等。

(3) 按交换方式

可分为电路交换网、分组交换网、帧中继交换网、信元交换网等。

(4) 按网络协议

可分为采用 TCP/IP、SNA、SPX/IPX、AppleTALK 等协议的网络。

(5) 按应用规模

可分为 Intranet、Extranet、Internet。

1.1.5 网络体系结构

(1) 定义

网络体系结构是计算机之间相互通信的层次,以及各层中的协议和层次之间接口的集合。

(2) 网络协议

网络协议是计算机网络和分布系统中互相通信的对等实体间交换信息时所必须遵守的规则集合。

(3) 网络协议关键成分

- 语法
- 语义
- 定时

1.1.6 计算机网络发展趋势

(1) 一个目标

建立完善的信息基础设施

(2) 两个支持

- 微电子技术
- 光电子技术

(3) 三个融合

- 计算机、通信、信息内容的融合
- 电信、电视、计算机的三网合一

(4) 四个热点

- 多媒体
- 宽带网
- 移动通信
- 信息安全

1.2 例题解析

1. PSTN 是()。

- A. 分组交换网 B. 电路交换网 C. 报文交换网 D. 存储交换网

答案: B

解析: 公共服务电话网(PSTN)是电路交换网,在需要提供端到端的连接。由于 PSTN 主要是为语音传输设计的拨号线路,不具有进行安全的数据通信所需要的稳定的质量。如果需求不是很频繁,那么拨号线路就是很好的选择;如果需要高度可靠的连接,而且使用也相当频繁,那么最好使用专用线路。

2. 目前使用最为普遍的局域网是()。

- A. 以太网 B. 标记环网 C. FDDI 网 D. 标记总线网

答案: A

解析: 目前使用最为普遍的局域网是以太网。从传统的 10Mbps 以太网、100Mbps 快速以太网发展到目前的千兆以太网,都在被广泛使用,其他局域网没有以太网这样得到普遍的应用。

3. 在 OSI 模型的 7 层结构中,能进行直接通信的是()。

- A. 非同等层间 B. 物理层间 C. 数据链路层间 D. 网络层间

答案: B

解析: 在 OSI 模型中,物理层以上的各层把数据传到下一层,最终由物理层通过物理介质发送出去,另一方的物理层收到信息后,物理层以上的各层从下一层获得数据。所以,除物理层外,其余各层在同等层间不进行直接通信。

1.3 习题及参考答案

一、选择题

1. 公用分组交换网的协议是()。

- A. TCP B. IP C. CSMA/CD D. X.25

2. 三网合一中的三网不包括()。

- A. 电信网 B. 电力网 C. 有线电视网 D. 计算机网

3. ATM 采用的交换方式是()。

- A. 电路交换 B. 分组交换 C. 帧中继交换 D. 信元交换

4. 关于局域网,下列说法不正确的有()。

- A. 局域网速度比广域网高
B. 局域网传输的距离比广域网短,通常小于 25km
C. 局域网均采用 CSMA/CD 介质访问控制方法
D. 局域网延时小,可以进行视频、声音等多媒体传输

5. 局域网中数据传输的误码率较低,一般约在()。

- A. 10^{-1} 至 10^{-10} B. 10^{-1} 至 10^{-5} C. 10^1 至 10^{10} D. 10^{-8} 至 10^{-11}

6. Internet 起源于()网络。
A. BITNET B. NSFNET C. ARPANET D. CSNET
7. 线路交换使用固定的()。
A. 带宽 B. 频道 C. 路径 D. 时间
8. 世界上第一个分组交换网是()。
A. ARPANET B. 电信网 C. 以太网 D. Internet
9. 计算机网络是地理上分散的多台()遵循约定的通信协议,通过软硬件互联的系统。
A. 计算机 B. 主从计算机 C. 自主计算机 D. 数字设备
10. 计算机网络的重要特性准则是()。
A. 吞吐率、响应时间、可靠性 B. 功能、可靠性、安全性
C. 性能、可靠性、安全性 D. 安全性、响应时间、吞吐率
11. ()是控制通信交换的规则。
A. 介质 B. 准则 C. 协议 D. 以上 3 项都是
12. ()是报文经过的物理通路。
A. 协议 B. 介质 C. 信号 D. 以上 3 项都是
13. 数据通信网络的性能依赖于()。
A. 用户数 B. 传输介质 C. 硬件和软件 D. 以上 3 项都是
14. 数据通信系统中传输的信息称()。
A. 介质 B. 协议 C. 报文 D. 传输
15. 假如网络协议定义数据的传输率是 100Mbps,这是()问题。
A. 语法 B. 语义 C. 定时 D. 上面 3 项都不是
16. 假如网络协议定义发送者的地址必须占用报文中的头 4 个字节,这是()问题。
A. 语法 B. 语义 C. 定时 D. 上面 3 项都不是
17. 一个报文的端到端传递由 OSI 模型的()层负责处理。
A. 网络 B. 传输 C. 会话 D. 表示
18. 数据单元的结点对结点的传递由 OSI 模型的()层负责处理。
A. 物理 B. 数据链路 C. 传输 D. 网络

二、问答题

1. 影响计算机网络性能的因素是什么?
2. 影响计算机网络可靠性的因素是什么?
3. 影响计算机网络安全性的因素是什么?
4. 协议的关键成分是什么?
5. 什么是网络可靠性的评价标准?
6. 假如一个 LAN 的最大距离为 2km,当传送 100 字节的分组时,传播延时(速度为 $2 \times 10^8 \text{ m/s}$)正好等于传输延时,试问该 LAN 的频宽是多少?如换成 512 字节,则该 LAN 的频宽是多少?
7. 在 1Gbps 链路上 1 位的宽度是多少?在铜线链路上 1 位的宽度是多少?(传播速度为 $2.3 \times 10^8 \text{ m/s}$)。

8. 在下列不同情况下,计算传送 1000k 字节文件所需的时间。假定一个 RTT 为 100ms,一个分组大小为 1k 字节,数据传送前需要初始握手时间为 2RTT。

(1) 频宽是 1.5Mbps,数据分组能连续发送。

(2) 频宽是 1.5Mbps,每个数据分组发送后,在下一个分组发送前,需等待一个 RTT。

(3) 频宽是无限宽,即发送时间为 0,每个 RTT 最多能传送 20 个分组。

(4) 频宽是无限宽,当第 1 个 RTT 能送 1 个分组(2^{1-1}),当第 2 个 RTT 能送 2 个分组(2^{2-1}),当第 3 个 RTT 能送 4 个分组(2^{3-1}),依此类推。

参考答案

一、选择题

1. D 2. B 3. D 4. C 5. D 6. C 7. A 8. A
9. C 10. C 11. C 12. B 13. D 14. C 15. C 16. A
17. B 18. B

1.4 补充知识

1.4.1 什么是国家信息基础设施

国家信息基础设施(national information infrastructure, NII)是指一个国家的信息网络,能使任何人在任何地点、任何时间,将文本、声音、图像、电视信息传递给在任何地点的任何人。

NII 是全国范围的系统,使全体公民能从丰富的信息资源、计算机和通信技术中受益,将学校、研究机构、企业、图书馆、实验室的各种资源连在一起,并被人们共享。

NII 可超越地理界限,用全新的、革命的方法使人们一起工作,相互合作,存取和生成信息,改变人们的生活方式。

已有的交通、电话、电力、供水等传统的基础设施仍将发挥重要作用。但是,仅仅这些系统已不能满足需要,必须形成一个先进的信息基础设施,使每个人都可方便地获取信息。

1. NII 的基本组成

(1) 通信网

① 这是一个互联的网络,能和各种公用网和专用网互操作,在任何地点、任何时间可提供从低速到高速的各种应用。

② 要有公共的技术标准,能保证相互工作。

③ 通信速率有从低速到高速的多种选择,传递信息的形式是多种多样的,包括文本、声音、图像和电视信息。

④ 具有各种服务机制,例如支持电子汇款服务的数字签名等。

(2) 计算机

① 常驻在通信网上的高性能计算机,以提供智能交换以及增强网络服务。

② 功能强的个人计算机和 workstation,能用手写体输入或语音输入,有手提、移动功能,用户可以如同打电话一样方便地使用。