

四川省“十二五”普通高等教育本科规划教材

21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

# 计算机网络 (第2版)

## —— 原理与实验

李成忠 靳桅 刘捷 白海峰 王萱 樊林 编著



清华大学出版社

21 世纪高等学  规划教材

# 计算机网络 (第2版)

## —— 原理与实验

李成忠 靳桅 刘捷 白海峰 王萱 樊林 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书介绍计算机网络的基本原理,体系结构与协议,网络各层次的主要问题、解决办法和相关技术,网络设备和网络设计及建网等问题。通过本书的学习,可使读者对上述问题有一个基本的掌握,为进一步的学习、应用及研究打下较为坚实的基础。各章均安排有一定数量的实验和习题,所有习题的参考答案均以电子版的形式提供。

本书适合作为理工类高年级本科生的教材,也可作为电子信息、机械、电气、土木工程、管理工程、交通运输和财经等领域的广大科技人员的参考书和自学教材。

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。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络:原理与实验/李成忠等编著.--2版.--北京:清华大学出版社,2016  
21世纪高等学校计算机专业实用规划教材

ISBN 978-7-302-43818-2

I. ①计… II. ①李… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 100166 号

责任编辑:付弘宇 王冰飞

封面设计:何凤霞

责任校对:焦丽丽

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:23

字 数:557千字

版 次:2010年7月第1版

2016年10月第2版

印 次:2016年10月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00元

产品编号:065220-01

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

本系列教材立足于计算机专业课程领域,以专业基础课为主、专业课为辅,横向满足高校多层次教学的需要。在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 反映计算机学科的最新发展,总结近年来计算机专业教学的最新成果。内容先进,充分吸收国外先进成果和理念。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,融合先进的教学思想、方法和手段,体现科学性、先进性和系统性,强调对学生实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现教学质量和教学改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业课教材配套,同一门课程有针对不同层次、面向不同应用的多本具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选用。在制定教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主题。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平教材编写梯队才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校计算机专业实用规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

# 第2版前言

本书是“新世纪四川省高等教育教学改革工程”的“高等教育人才培养方案及课程体系和教学内容的改革项目”之“‘计算机网络’课程教学内容体系改革与实验环境建设研究”项目的成果,2005年11月立项为西南交通大学重点教材研究课题,2010年7月由清华大学出版社出版。2014年四川省教育厅组织开展的推荐遴选工作确定本书为第二批四川省“十二五”普通高等教育本科规划教材,要求其再版工作应在“十二五”期间顺利、高质量完成。

为适应教学需求进行了一些修改。首先,根据教学的需要,特别考虑到提高学生实践和动手能力的需要,在各章开始和结束处,分别安排了教学提示、本章小结、实验及推荐阅读的文献;其次,鉴于多数高等学校开设的“计算机网络”课程为48学时,本书第1版篇幅较大,内容偏多,故对其内容进行了适当压缩。再版定名为《计算机网络(第2版)——原理与实验》。

本书的特点是:①重基本概念,既覆盖计算机网络的基本内容,又突出重点;②既反映计算机网络的发展趋势,又让读者集中关注于计算机网络最基本的内容;③具有适当深度的理论内容,有助于帮助读者理解计算机网络资源共享、链路容量优化及网络性能等问题;④实验内容的安排有利于提高学生实践和动手能力。

在本书的编写过程中参考了国内外有关论著(见本书参考文献和各章推荐阅读的文献),谨向论著的作者们致以深切的谢意。

感谢四川省教育厅和西南交通大学及其专家们的鼓励与支持。

我们也从采用本书第1版的教师和学生中获得了很多宝贵建议,谨致谢意。

限于编著者的水平和视野,书中定有错误和不妥之处,敬请读者指教。

本书由李成忠(第2章)、靳桅(第3~4章)、刘捷(1.1~1.3节,第5章,第7章)、白海峰(1.4节,6.1节,第8章)、王萱(6.2节,第9章)、樊林(6.3节,第10章)编著。

本书实验部分按作者如下分工协作编写:李成忠(第2章实验)、刘捷(实验1.2,第5章实验,实验7.3)、白海峰(实验1.1,第3~4章实验、第8章实验)、王萱(第9章实验)、樊林(第6章实验,实验7.1、7.2,第10章实验)。

参与本书电子教案制作的有刘文慧、谢廷、胡一泉、王宇、潘玲、沈熠、何跃、肖丽和刘辉。

本书既可供学生使用,也可供技术人员作为参考书自学使用。作为教材,本书适用于理工类本科生使用。对教学内容加以适当的选择并对教学计划加以合适的调整后,本教材也可供专科生使用。通过本书的学习,读者应对计算机网络的体系结构和基本技术有一个初步的掌握,为进一步的学习和研究打下较为坚实的基础,这是我们所期望的。

读者可在清华大学出版社网站 [www.tup.com.cn](http://www.tup.com.cn) 免费下载与本书配套的电子课件、书

中全部习题的参考答案和详细的实验指导书。关于本书资源下载中的问题,请联系责任编辑付弘宇(fuhy@tup.tsinghua.edu.cn),或联系本书作者白海峰(717539074@qq.com)。

教学建议

根据突出重点的原则,从对学生要求的角度考虑,可把“计算机网络”课程的教学内容分成三部分:要求学生了解的内容,要求学生理解的内容,要求学生掌握的内容。

(1)“了解”。“了解”指学生应能辨认的科学事实、概念、原则、术语,知道事物的分类、过程及变化倾向,包括必要的记忆。例如,排队论是网络设计、网络性能分析、评价、配置及网络业务建模的主要理论基础,为此要求学生了解网络性能指标、M/M/1模型的报文到达及发送过程等内容。

(2)“理解”。“理解”指学生能用自己的语言把学过的知识加以叙述、解释、归纳,并能把某一事实或概念分解为若干部分,指出它们之间的内在联系或与其他事物的相互关系。例如,学生应理解计算机网络体系结构与协议(协议与服务,实体,服务访问点,服务原语,连接和无连接服务)等内容。

(3)“掌握”。“掌握”指学生能根据不同情况对某些概念、定律、原理、方法等在正确理解的基础上结合事例加以运用,包括分析和综合。例如,互连网路由选择、Internet的网络层(IP及其配套协议)、Internet的基本概念(IP地址、IP数据报寻径、子网编址)等内容就要求学生掌握。

本书用于教学的建议如表1所示。

表1 本书用于教学的建议

|                               |                                                                                     |                                                    |                                                                             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 课程名<br>(授课对象)                 | 计算机网络<br>(理工类四年制本科) 48学时<br>注:三年制专科可参考此计划适当修改(例如,学时可延长到64,难度适当调低)                   |                                                    |                                                                             |
| 教学目的和要求                       | 要求学生基本掌握计算机网络的体系结构,各层涉及的技术问题及解决方法,为进一步学习和参与网络设计、建设、运行以及网络的应用奠定基础                    |                                                    |                                                                             |
| 必要的先修课程                       | 计算机原理、操作系统、概率论、通信原理                                                                 |                                                    |                                                                             |
| 可开设的后续课程                      | 计算机网络实验、网络工程与设计、计算机网络安全、计算机网络管理、TCP/IP与网络编程、计算机网络系统性能分析与优化、工业控制网络、铁路信息网络、电子商务与网站建设等 |                                                    |                                                                             |
| 章次<br>(学时)                    | 要求学生<br>了解的内容                                                                       | 要求学生<br>理解的内容                                      | 要求学生<br>掌握的内容                                                               |
| 第1章<br>计算机网络<br>技术概论<br>(3学时) | 计算机网络的一般概念;<br>计算机网络定义、功能、分类及组成;<br>计算机网络发展简况;<br>互连网的扩展。                           | 计算机网络体系结构与协议;<br>协议与服务,实体,服务访问点;<br>服务原语,连接和无连接服务。 | ISO/OSI RM;<br>TCP/IP协议族;<br>OSI模型和TCP/IP的比较;<br>五层协议的体系结构;<br>Internet的结构。 |
| 第2章<br>网络排队模型及其应用<br>(4学时)    | 网络性能指标;<br>M/M/1模型的报文到达及发送过程。                                                       | 分组交换网中的延迟;<br>M/M/1模型排队系统参数分析;<br>规模经济性。           | 利特尔(Little)定律;<br>计算机网络链路容量优化设计。                                            |

续表

| 章次<br>(学时)               | 要求学生<br>了解的内容                                                                                                                                                          | 要求学生<br>理解的内容                                                                                                                      | 要求学生<br>掌握的内容                                                                                                    |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第 3 章<br>物理层<br>(3 学时)   | 数据传输系统组成;<br>传输介质;<br>常见的宽带接入技术及原理。                                                                                                                                    | 模拟传输与数字传输;<br>物理层接口(DTE/DCE)特性。                                                                                                    | 信道的极限容量;<br>EIA-232-E 接口标准。                                                                                      |
| 第 4 章<br>数据链路层<br>(5 学时) | 数据链路层的基本概念;<br>数据链路连接与物理连接的区别;<br>HDLC 产生的背景。                                                                                                                          | 停止等待协议;<br>连续 ARQ 协议;<br>信道利用率;<br>选择重传 ARQ 协议。                                                                                    | 滑动窗口概念;<br>HDLC;<br>两种配置和 3 种数据传送方式;<br>HDLC 的帧结构;<br>Internet 中的数据链路层(PPP)。                                     |
| 第 5 章<br>网络层<br>(6 学时)   | 广域网(WAN)的基本概念;<br>存储转发;<br>广域网的构成;<br>包交换机;<br>局域网经广域网互连;<br>路由算法分类;<br>非自适应路由选择;<br>X.25;<br>X.25 功能概述;<br>分组级报文格式与流量控制;<br>拥塞控制;<br>拥塞控制的一般原理;<br>开环拥塞控制;<br>闭环拥塞控制。 | 网络层的服务;<br>路径选择;<br>下一站转发;<br>层次地址与路由的关系;<br>广域网中的路由;<br>缺省路由的使用;<br>分级路由选择;<br>服务质量;<br>通信量整形(漏桶、令牌桶);<br>各种广域网技术在 Internet 中的位置。 | 虚电路和数据报;<br>广域网的物理编址;<br>源地址独立性;<br>自适应路由选择(重点是 V-D 算法)。                                                         |
| 第 6 章<br>网络互连<br>(6 学时)  | 网络互连基本概念;<br>IPv6 的网络元素、IPv6 首部、IPv6 地址记法、IPv6 地址空间分配、IPv6 的扩展首部、ICMPv6、IPv4 向 IPv6 的过渡。                                                                               | 隧道;<br>分段;<br>互连网路由选择;<br>IP 及其配套协议;<br>无类型编址和无类别域间选路。                                                                             | Internet 的网络层;<br>Internet 的基本概念(IP 地址、IP 数据报寻径、子网编址);<br>IP 数据报检验和的计算;<br>路由聚合。                                 |
| 第 7 章<br>运输层<br>(5 学时)   | 运输层概述;<br>运输层服务;<br>运输层功能;<br>运输服务原语;<br>TCP 的有限状态机。                                                                                                                   | 运输协议的要素;<br>寻址;<br>建立连接;<br>连接释放;<br>多路复用;<br>TCP/IP 体系中运输层中的两个协议;<br>用户数据报协议(UDP);<br>TCP 的运输连接管理;<br>TCP 的重发机制。                  | 流量控制和缓冲策略;<br>端口的概念;<br>传输控制协议 TCP;<br>TCP 的编号与确认;<br>TCP 的流量控制;<br>TCP 的拥塞控制;<br>TCP 报文段的格式;<br>性能问题(重点是带宽时延积)。 |

续表

| 章次<br>(学时)               | 要求学生<br>了解的内容                                                                                               | 要求学生<br>理解的内容                                                                                                                                                            | 要求学生<br>掌握的内容                                                                                      |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第8章<br>局域网<br>(5学时)      | 通道访问控制方法分类;<br>频分复用、时分复用和码分复用;<br>弹性分组环;<br>IEEE 802 系列标准间的关系;<br>局域网的参考模型、层次、局域网的数据链路层和帧格式;<br>快速以太网。      | IEEE 802 标准系列间的关系;<br>LAN 的参考模型(RM);<br>LAN 的层次;<br>10Mbps 以太网;<br>CSMA/CD 在以太网中的工作机制;<br>WLAN 组成及 CSMA/CA 协议;<br>IEEE 802.11 的体系结构;<br>IEEE 802.11 标准的发展;<br>其他无线接入网协议。 | 局域网的数据链路层;<br>IEEE 802.3 CSMA/CD;<br>IEEE 802.3 与以太网帧结构的区别;<br>以太网的最小帧长度、时间片及冲突域;<br>以太网的覆盖范围(跨距)。 |
| 第9章<br>高层协议<br>(6学时)     | OSI 高层协议的特点,各层协议间的关系,ASN.1;<br>区分网络应用和应用层协议;<br>常用 Internet 应用和协议;<br>常规密钥密码体制和公开密钥密码体制;<br>加密和鉴别;<br>密钥分配。 | 顶级域名;<br>域名服务器;<br>OSI 安全体系结构;<br>Internet 的安全机制;<br>SNMP。                                                                                                               | 递归解析和反复解析;<br>MIB 中的对象是网络元素所维持的变量;<br>由 AH 指定的鉴别协议和由 ESP 指定的加密/鉴别混合协议;<br>防火墙。                     |
| 第10章<br>网络设备和建网<br>(5学时) | 联网设备概述;<br>路由器的作用;<br>路由器对 IP 数据包的处理过程。                                                                     | 交换机的工作原理;<br>交换方式;<br>三层交换;<br>EGP 用于自治系统之间寻径信息的交换;<br>IGP 用于自治系统内部路径信息的交换;<br>虚拟局域网;<br>计算机网络的系统集成。                                                                     | 网桥的基本原理;<br>生成树算法;<br>路由协议(RIP);<br>结构化布线;<br>园区网的示例(联系以太网的冲突域)。                                   |

编 者

2016年6月

于西南交通大学

# 第1版前言

---

“计算机网络”已经成为高等学校普遍开设的学科技术基础课程。“计算机网络”立足于电子信息基础之上,在信息技术其他学科基础课程和专业课程(如操作系统、数据库、通信技术、软件工程、程序设计等)的支持下,直接为电子商务、电子政务、金融、国防和国家安全、远程测控、MIS、远程教育及医疗等应用服务,在电子信息类专业的知识结构中起着承上启下的关键作用。

“计算机网络”课程教学方面存在的问题,从教与学两方面都有所反映。一些研究生,在学过多门计算机网络课程(如“计算机网络”、“计算机网络理论与设计”、“网络工程”、“网络通信基础”、“网络编程”和“Internet 技术”等)之后,才认为真正学懂了计算机网络;一些本科生又从另一极端反映:“计算机网络就是些概念,太简单”,但一接触实际,很多概念又不大清楚,动手能力差。而教师们则深感要在有限时间把计算机网络的概念、原理讲清楚,而又能结合实际,殊非易事。这些情况表明,除了教学方法和设施的改进之外,还迫切需要较好的计算机网络教材。

基于上述认识,在四川省实施的“新世纪四川省高等教育教学改革工程”的“高等教育人才培养方案及课程体系和教学内容的改革项目”中,我们申报并承担了“‘计算机网络’课程教学内容体系改革与实验环境建设研究”项目。本书就是上述研究项目的成果之一。

如何用有限的篇幅系统而又全面地介绍计算机网络技术全貌,使读者能在较短时间内掌握计算机网络的基本原理、体系结构和网络技术的发展趋势,这就是我们编写本书的目的。计算机技术和通信技术的快速发展使计算机网络的新技术和新标准不断面世,用技术爆炸来形容,一点也不过分。在这种技术进步日新月异的情况下,编写教材最难的就是内容的选取。通过对《中国计算机科学与技术学科教程 2002》的深入领会和二十多年来从事计算机网络教学科研的实践,我们认为,重要的是在教材中把基本原理讲清楚,具体地说,就是要把计算机网络的体系结构(包括 ISO/OSI RM 和 TCP/IP 协议族)讲清楚,这是学好计算机网络的关键,这种观点正逐步被越来越多的人士所接受;理论必须与实际相结合,但不应该把教材写成网络产品的说明书;教材不应写成计算机网络标准文档的缩写本;教材要强调严谨,要重视理论分析和应用;内容要贴近教学,应该有利于教师组织课堂教学,容易转变为教师的讲稿,也应有利于学生的复习和自学;适当介绍新的技术发展,以开阔读者的眼界。

**本书的取材原则是:**

(1) 讲清计算机网络的原理。只要有利于读者建立起计算机网络的概念,即使是计算机网络早期的技术,也不必因其“过时”而轻易抛弃,例如,对 X.25 就是这样。

(2) 联系实际,但要掌握好“度”。重点关注在实际中经常用到的知识,例如,局域网的冲突域概念,在网络建设中十分重要,应该重点讨论;又例如,路由选择在 Internet 的建设中也很重要,要把概念讲清楚。

(3) 对协议的介绍,重在原理和概念。面对计算机网络涉及如此广泛的技术问题,唯一

的办法是选材要少而精。例如,路由选择,要讲清关键点:物理编址、下一站转发、源地址独立性、层次地址与路由的关系、缺省路由等。面对大量具体的路由算法,只要把关键的Dijkstra算法和一个典型的VD(矢量距离)算法讲清楚就可以了。而对VD算法又可以分阶段循序渐进逐步深化。例如,可在介绍一个网络内的路由选择时,介绍VD的原理(算法);而在学习Internet时,再从互连网角度介绍;最后,在学习路由器时,总结性地介绍在IP中如何具体使用VD算法。通过这样的安排,学生对路由选择的掌握普遍较好。

**本书在取材方面的一些具体考虑是:**

具有适当深度的理论内容。对计算机网络教学的最大误解是,把它降低为单纯网络产品的介绍和配置、使用以及操作的应用培训课程。本科生和研究生应当掌握适当深度的理论内容,否则,很难说他们真正学懂了计算机网络。为此,本书第2章介绍网络排队模型,以便为计算机网络资源共享及链路容量优化等设计问题准备适当的理论基础。有限状态机和Petri网模型,则用于对协议的理解和验证。

既要覆盖计算机网络的基本内容,但又应重点突出。例如,路由选择和局域网的冲突域就应该是重点,但又要设法将计算机网络技术的全貌展现给读者。

对计算机网络通信技术及发展,如ISDN、帧中继、ATM、MPLS、接入网技术、DWDM、RPR、NGN、软交换、主动网络和网格等进行适当的介绍。

链路容量优化、建网技术和方法等都是网络应用中的重要问题。结合我们的研究工作,对上述问题进行了简要的介绍,希望能对读者有所帮助。

本书的建议学时数为80学时,当教学时数不足时,教师可根据情况适当裁减。

本书由李成忠主编,参加编写的同志及各自完成的工作如下:李成忠编写第1章、第2章、第6章和第8章,编写大部分习题参考答案;靳桅编写第3~4章和第11章;刘捷编写第5章和第7章,制作本书的电子课件;李望编写第9章和第10章,编写部分习题参考答案。

限于编著者的水平和视野,书中定有错误和不妥之处,敬请读者指教。

感谢四川省实施的“新世纪四川省高等教育教学改革工程”的“高等教育人才培养方案及课程体系和教学内容的改革项目”对本书的支持。

在本书的编写过程中参考了国内外有关论著(见参考文献),谨向论著的作者们致以深切的谢意。

本书的主要内容已在多届研究生和本科生的相关课程中进行了讲授,以本书作为教材的本科生和研究生在2000人以上,从学生中获得了许多宝贵建议,在此表示感谢。

向养育我们的父母和所有的亲人、向所有教导培育过我们的师长以及帮助和支持过我们的朋友、向所有的同事和学生致以真挚的谢意。

最后,谨向诸位恩师致谢。他们是何成宣、罗士杰、陈铁风、冯达福、王澄民、陈声扬、蒋南翔、曹建猷、靳蕃。在我心中,他们首先是以其高尚的人格引导我永远热爱祖国的人师,其次,他们才是传道、授业、解惑的经师。可以这样说,如果缺少了他们中间的任何一位,都不会有今天的我,学生我永怀感恩之心。

李成忠

2008年7月

于西南交通大学

## 教学资源支持

### 敬爱的教师：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了配合本课程的教学需要,本教材配有配套的电子教案(素材),有需求的教师请到清华大学出版社主页(<http://www.tup.com.cn>)上查询和下载,也可以拨打电话或发送电子邮件咨询。

如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题,或者有相关教材出版计划,也请您发邮件告诉我们,以便我们更好地为您服务。

### 我们的联系方式：

地 址：北京海淀区双清路学研大厦 A 座 707

邮 编：100084

电 话：010-62770175-4604

课件下载：<http://www.tup.com.cn>

电子邮件：[weijj@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:weijj@tup.tsinghua.edu.cn)

教师交流 QQ 群：136490705

教师服务微信：itbook8

教师服务 QQ：883604

(申请加入时,请写明您的学校名称和姓名)

用微信扫一扫右边的二维码,即可关注计算机教材公众号。



扫一扫

课件下载、样书申请  
教材推荐、技术交流

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第 1 章 计算机网络技术概论 .....           | 1  |
| 1.1 计算机网络的一般概念 .....            | 2  |
| 1.2 计算机网络体系结构与协议 .....          | 3  |
| 1.2.1 协议与服务 .....               | 4  |
| 1.2.2 ISO/OSI RM .....          | 6  |
| 1.2.3 计算机网络发展简况 .....           | 8  |
| 1.2.4 OSI 模型和 TCP/IP 的比较 .....  | 15 |
| 1.3 Internet 概况 .....           | 15 |
| 1.3.1 Internet 的结构 .....        | 15 |
| 1.3.2 中国互连网结构 .....             | 17 |
| 1.3.3 国家互连网交换中心 .....           | 18 |
| 1.4 互连网的扩展 .....                | 18 |
| 1.5 本章小结 .....                  | 20 |
| 习题 1 .....                      | 21 |
| 实验 1 .....                      | 22 |
| 实验 1.1 常用网络测试命令 .....           | 22 |
| 实验 1.2 WireShark 的安装和应用初步 ..... | 22 |
| 推荐阅读 .....                      | 22 |
| 第 2 章 网络排队模型及其应用 .....          | 23 |
| 2.1 排队论概述 .....                 | 24 |
| 2.1.1 网络性能指标 .....              | 24 |
| 2.1.2 排队模型 .....                | 24 |
| 2.2 M/M/1 排队模型 .....            | 28 |
| 2.2.1 报文到达及发送过程 .....           | 28 |
| 2.2.2 排队系统参数分析 .....            | 34 |
| 2.2.3 利特尔定律 .....               | 38 |
| 2.2.4 $\gamma\%$ 时延 .....       | 42 |
| 2.3 M/D/1 排队模型 .....            | 42 |
| 2.4 计算机网络优化设计研究 .....           | 43 |
| 2.4.1 计算机网络设计问题 .....           | 43 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.4.2 计算机网络链路容量优化设计 .....            | 44 |
| 2.5 本章小结 .....                       | 46 |
| 习题 2 .....                           | 47 |
| 实验 2 .....                           | 53 |
| 实验 2.1 计算机网络链路容量优化设计 .....           | 53 |
| <b>第 3 章 物理层</b> .....               | 54 |
| 3.1 数据传输基本原理 .....                   | 54 |
| 3.1.1 数据传输系统组成 .....                 | 55 |
| 3.1.2 数字信号及其编码 .....                 | 56 |
| 3.1.3 传输介质 .....                     | 57 |
| 3.1.4 信道的极限容量 .....                  | 61 |
| 3.1.5 模拟传输与数字传输 .....                | 64 |
| 3.2 一个简单的物理层标准示例 .....               | 67 |
| 3.2.1 物理层接口(DTE/DCE)特性 .....         | 68 |
| 3.2.2 EIA-232-E 接口标准 .....           | 68 |
| 3.3 接入网技术 .....                      | 70 |
| 3.3.1 ADSL 接入技术 .....                | 71 |
| 3.3.2 光纤同轴混合网 .....                  | 74 |
| 3.3.3 FTTx 接入方式 .....                | 77 |
| 3.4 本章小结 .....                       | 78 |
| 习题 3 .....                           | 79 |
| 实验 3 .....                           | 81 |
| 实验 3.1 超级终端 Hyper Terminal 的使用 ..... | 81 |
| 实验 3.2 双绞线制作与测试 .....                | 82 |
| 实验 3.3 计算机 RS-232 通信 C 语言编程 .....    | 82 |
| 推荐阅读 .....                           | 82 |
| <b>第 4 章 数据链路层</b> .....             | 83 |
| 4.1 数据链路层的基本概念 .....                 | 84 |
| 4.1.1 链路 .....                       | 84 |
| 4.1.2 链路层提供的服务和功能 .....              | 86 |
| 4.1.3 数据链路连接与物理连接的区别 .....           | 91 |
| 4.2 停止等待协议 .....                     | 92 |
| 4.3 连续 ARQ 协议 .....                  | 93 |
| 4.3.1 连续 ARQ 协议的工作原理 .....           | 93 |
| 4.3.2 滑动窗口控制 .....                   | 94 |
| 4.4 选择重传 ARQ 协议 .....                | 96 |
| 4.5 HDLC .....                       | 96 |
| 4.5.1 HDLC 的产生 .....                 | 96 |

|              |                                   |            |
|--------------|-----------------------------------|------------|
| 4.5.2        | HDLC 的基本工作方式 .....                | 97         |
| 4.5.3        | HDLC 的主要内容 .....                  | 98         |
| 4.6          | PPP .....                         | 105        |
| 4.6.1        | PPP 的帧格式 .....                    | 105        |
| 4.6.2        | LCP .....                         | 106        |
| 4.6.3        | NCP .....                         | 108        |
| 4.6.4        | 采用 PPP 拨号访问的工作过程 .....            | 108        |
| 4.7          | 本章小结 .....                        | 110        |
|              | 习题 4 .....                        | 111        |
|              | 实验 4 .....                        | 114        |
|              | 实验 4.1 循环冗余编码(CRC) .....          | 114        |
|              | 实验 4.2 WireShark 分析——PPP 协议 ..... | 114        |
|              | 推荐阅读 .....                        | 114        |
| <b>第 5 章</b> | <b>网络层</b> .....                  | <b>115</b> |
| 5.1          | 广域网的基本概念 .....                    | 116        |
| 5.1.1        | 网络层和广域网 .....                     | 116        |
| 5.1.2        | 广域网的构成和存储转发 .....                 | 118        |
| 5.1.3        | 局域网经广域网互连 .....                   | 118        |
| 5.1.4        | 网络层的服务 .....                      | 119        |
| 5.1.5        | 虚电路和数据报 .....                     | 121        |
| 5.2          | 路径选择 .....                        | 124        |
| 5.2.1        | 广域网的地址方案 .....                    | 124        |
| 5.2.2        | 下一站转发和源地址独立性 .....                | 125        |
| 5.2.3        | 层次地址与路由的关系 .....                  | 125        |
| 5.2.4        | 广域网中的路由 .....                     | 126        |
| 5.2.5        | 路由算法分类 .....                      | 127        |
| 5.2.6        | 自适应路由选择 .....                     | 127        |
| 5.2.7        | 分级路由选择 .....                      | 129        |
| 5.3          | 拥塞控制 .....                        | 130        |
| 5.3.1        | 概述 .....                          | 130        |
| 5.3.2        | 拥塞控制的一般原理 .....                   | 132        |
| 5.4          | 服务质量 .....                        | 133        |
| 5.4.1        | 服务质量的需求 .....                     | 133        |
| 5.4.2        | 为保证服务质量可采用的技术 .....               | 134        |
| 5.5          | X.25 .....                        | 135        |
| 5.5.1        | 功能概述 .....                        | 135        |
| 5.5.2        | 分组级报文格式与数据的传输 .....               | 139        |
| 5.5.3        | X.25 分组级逻辑信道状态及变换 .....           | 144        |
| 5.6          | 各种广域网技术在 Internet 中的位置 .....      | 144        |

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 5.7 本章小结 .....                                     | 145 |
| 习题 5 .....                                         | 146 |
| 实验 5 .....                                         | 150 |
| 实验 5.1 利用 Cisco Packet Tracer 进行网络布线和基本路由器配置 ..... | 150 |
| 实验 5.2 利用 Cisco Packet Tracer 进行基本 RIP 配置 .....    | 151 |
| 推荐阅读 .....                                         | 151 |
| <b>第 6 章 网络互连</b> .....                            | 152 |
| 6.1 网络互连的基本概念 .....                                | 152 |
| 6.1.1 网络互连设备 .....                                 | 152 |
| 6.1.2 隧道 .....                                     | 153 |
| 6.1.3 互连网路由选择 .....                                | 153 |
| 6.1.4 分段 .....                                     | 154 |
| 6.2 Internet 上的网络层 .....                           | 155 |
| 6.2.1 Internet 的基本概念 .....                         | 155 |
| 6.2.2 IP 及其配套协议 .....                              | 166 |
| 6.2.3 IPv4 .....                                   | 176 |
| 6.2.4 关于 IP 数据报检验和的讨论 .....                        | 177 |
| 6.3 IPv6 .....                                     | 179 |
| 6.3.1 IPv6 的网络元素 .....                             | 179 |
| 6.3.2 IPv6 首部 .....                                | 180 |
| 6.3.3 IPv6 的地址空间 .....                             | 181 |
| 6.3.4 扩展首部 .....                                   | 185 |
| 6.3.5 ICMPv6 .....                                 | 187 |
| 6.3.6 关于从 IPv4 向 IPv6 的过渡 .....                    | 188 |
| 6.4 本章小结 .....                                     | 189 |
| 习题 6 .....                                         | 190 |
| 实验 6 .....                                         | 194 |
| 实验 6.1 ARP 功能实验 .....                              | 194 |
| 实验 6.2 VLSM 子网划分实验 .....                           | 194 |
| 实验 6.3 NAT 配置实验 .....                              | 195 |
| <b>第 7 章 运输层</b> .....                             | 196 |
| 7.1 运输层概述 .....                                    | 197 |
| 7.1.1 运输层的位置和作用 .....                              | 197 |
| 7.1.2 运输服务和服务原语 .....                              | 199 |
| 7.1.3 运输层的运行环境及其对协议的影响 .....                       | 200 |
| 7.2 TCP/IP 协议族中的运输层 .....                          | 205 |
| 7.2.1 TCP/IP 运输层的两种协议 .....                        | 205 |
| 7.2.2 端口 .....                                     | 205 |

|              |                                       |            |
|--------------|---------------------------------------|------------|
| 7.3          | UDP .....                             | 207        |
| 7.4          | TCP .....                             | 208        |
| 7.4.1        | TCP 数据传送过程简况 .....                    | 208        |
| 7.4.2        | TCP 报文段格式 .....                       | 209        |
| 7.4.3        | TCP 连接管理 .....                        | 210        |
| 7.4.4        | TCP 的有限状态机 .....                      | 213        |
| 7.4.5        | TCP 报文段的序号、传输策略和重发机制 .....            | 216        |
| 7.4.6        | TCP 的流量控制 .....                       | 216        |
| 7.4.7        | TCP 的拥塞控制 .....                       | 218        |
| 7.5          | 性能问题 .....                            | 221        |
| 7.5.1        | 影响计算机网络性能的若干因素 .....                  | 221        |
| 7.5.2        | 千兆网络协议的一些问题 .....                     | 222        |
| 7.6          | 本章小结 .....                            | 223        |
|              | 习题 7 .....                            | 224        |
|              | 实验 7 .....                            | 227        |
|              | 实验 7.1 Netstat 命令测试端口和连接 .....        | 227        |
|              | 实验 7.2 WireShark 分析: TCP/UDP 分析 ..... | 227        |
|              | 实验 7.3 套接字编程 .....                    | 228        |
| <b>第 8 章</b> | <b>局域网 .....</b>                      | <b>229</b> |
| 8.1          | 通道访问方法 .....                          | 230        |
| 8.1.1        | 通道访问方法分类 .....                        | 230        |
| 8.1.2        | 码分多路访问 .....                          | 231        |
| 8.1.3        | 空分技术 .....                            | 232        |
| 8.2          | IEEE 802 标准概述 .....                   | 233        |
| 8.2.1        | IEEE 802 标准系列间的关系 .....               | 233        |
| 8.2.2        | 局域网的参考模型 .....                        | 234        |
| 8.2.3        | LAN 的层次 .....                         | 235        |
| 8.2.4        | 局域网的数据链路层 .....                       | 235        |
| 8.3          | IEEE 802.3 .....                      | 237        |
| 8.3.1        | IEEE 802.3 定义的 CSMA/CD .....          | 237        |
| 8.3.2        | IEEE 802.3 与以太网帧结构的区别 .....           | 237        |
| 8.3.3        | 10Mbps 以太网 .....                      | 238        |
| 8.4          | 快速以太网 .....                           | 242        |
| 8.4.1        | 100Mbps 快速以太网 .....                   | 242        |
| 8.4.2        | 1Gbps 以太网 .....                       | 245        |
| 8.4.3        | 10Gbps 和 100Gbps 以太网 .....            | 247        |
| 8.5          | 弹性分组环 .....                           | 248        |
| 8.5.1        | RPR 帧结构 .....                         | 249        |
| 8.5.2        | RPR 的主要特点 .....                       | 250        |