



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪大学本科  
计算机专业系列教材

吴功宜 吴英 编著

# 计算机网络教师用书(第3版)

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

- 根据教育部“高等学校计算机科学与技术专业规范”组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE CS *Computing Curricula* 最新进展同步
- 国家级精品教材配套用书



清华大学出版社

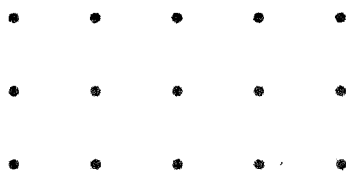


普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
普通高等教育精品教材配套用书

21世纪大学本科计算机专业系列教材

# 计算机网络教师用书 (第3版)

吴功宜 吴英 编著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

《计算机网络教师用书(第3版)》对主教材的知识体系、每一章的知识点结构,以及内容前后衔接关系均做出了分析,以帮助任课教师对全局与局部内容有一个准确的把握。作者总结了20多年来教学科研工作中遇到的问题,按照主教材章节顺序,提出了300个“为什么”,并逐一做了回答。教师用书对主教材每一章较难的练习题都做出了解析,供任课教师参考。

本书可以作为计算机、软件工程、网络工程信息安全、物联网工程、传感网技术、通信工程与电子信息等专业的计算机网络、数据通信技术及相关课程教学的教师的教学参考书,也可以作为计算机专业的本科生以及电子信息类专业本科、研究生与工程技术人员的参考书。

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

计算机网络教师用书 / 吴功宜, 吴英编著. —3版. —北京: 清华大学出版社, 2011.6  
(21世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-27192-5

I. ①计… II. ①吴… ②吴… III. ①计算机网络—高等学校—教学参考资料  
IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 221562 号

责任编辑: 张瑞庆 薛 阳

责任校对: 焦丽丽

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62795954, [jsjic@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:jsjic@tup.tsinghua.edu.cn)

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

印 装 者: 三河市金元印装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260

印 张: 20.25

字 数: 503 千字

版 次: 2011 年 6 月第 3 版

印 次: 2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 36.00 元

---

产品编号: 042631-01

## 21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会

**主 任：**李晓明

**副 主 任：**蒋宗礼 卢先和

**委 员：**(按姓氏笔画为序)

马华东 马殿富 王志英 王晓东 宁 洪

刘 辰 孙茂松 李仁发 李文新 杨 波

吴朝辉 何炎祥 宋方敏 张 莉 金 海

周兴社 孟祥旭 袁晓洁 钱乐秋 黄国兴

曾 明 廖明宏

**秘 书：**张瑞庆

**本书主审：**钱德沛

# 前言

## FOREWORD

作者在40年前大学毕业留校参加工作时,曾经向一位老先生请教如何教好一门课。老先生送给作者的一句话是:“你要给学生一勺水,那么你自己就需要准备一桶水。”多年的教学实践让作者深刻地体会到:要教好一门课,教师需要通过教学研究,深入理解课程的精髓,掌握教学规律;通过科研来提高自身的学术水平,提高理论联系实际的能力。有以上两点还不够,还需要在教学的过程中,不断地向学生学习,了解初学者对某一些问题的认识过程与规律,搞懂初学者对哪些问题不容易掌握,以及为什么不容易掌握。

作者在规划教材体系建设时,注意到理论知识学习和实际能力培养的关系问题。主教材内容定位与网络技术发展的总体水平,力求做到知识体系设计合理,难易程度适中,配套教材齐全,能够适应我国不同地区、不同学校和专业网络课程教学的基本要求。经过十多年的努力,基本形成了由“一本主教材、四本辅助教材和一个电子教案”构成的教材体系,为计算机网络课程教学改革提供了一个良好的平台。

主教材《计算机网络(第3版)》的特点是:结构清晰,章节内容环环相扣,逐步递进;语言流畅,图文并茂,易读易懂。作为配套教材之一的《计算机网络教师用书(第3版)》有3个主要特点。

第一,教师用书对整个课程的知识体系,每一章的知识点结构、内容的前后衔接均做出了分析,帮助任课教师对全局与局部内容的关系有一个准确的把握。

第二,作者总结了20多年来在计算机网络教学、科研工作中遇到的问题,学生提出的问题,以及同行之间交流的问题,针对主教材各章节重要的知识点、难点,按照章节顺序,提出了300个“为什么”,并逐一做了回答;通过对重要和容易混淆技术术语的“辨析”,展开分析和比较,希望引起更深入的讨论。书中提出的300个问题需要有一个日积月累的过程。把这些问题积累起来,再整理出来,确实经历了漫长和多次反复的过程。

第三,为了帮助老师组织好理论教学,教师用书对主教材每一章之后较难的练习题都做了解析,供任课教师参考。

作者认为,教师一辈子最主要的任务是尽自己最大的努力,把承担的每一门课程教好,不能误人子弟。作为一名好的教师,他在教授这门课程时最重要的是知道学生在哪些知识的学习时,可能有哪些知识点不容易掌握,以及为什么不容易掌握。教师最大的贡献是教出一批好学生。要达到这个目的,教师需要对自己所教的课程开展教学研究。作者选择了国际上流行的教材 *Computer Networks* (Andrew S. Tanenbaum), 结合计算机网络与 Internet 技术发展背景,对第1版到第5版的各个版本的特点进行了分析。作者重点比较和分析了

第3版到第5版的每一章节的具体内容,对每一章节内容的变化,以及变化的原因进行了解释。从对5个版本教材内容的比较、分析中,作者研究计算机网络教学体系中“变”与“不变”的关系,并结合对技术与教学内容的理解,提出主教材的整体结构。作者希望将这些教学研究成果奉献给同行,同时引起讨论。作者希望从讨论中获取大家更加宝贵的教学经验,共同提高我国计算机网络课程的教学水平。从这个角度看,《计算机网络教师用书(第3版)》只能起到“抛砖引玉”的作用。

本书的第一部分与第二部分的第1~7章由吴功宜编写,第二部分的第8、9章由吴英副教授编写。第1~9章的习题解析由吴英执笔完成,全书由吴功宜统编。

本书的写作过程中得到南开大学徐敬东与张建忠教授、清华大学出版社张瑞庆编辑的帮助与指导,在此表示感谢。同时要感谢这些年与作者交流,并提出很多问题的老师和同学们。书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评和指正。

吴功宜 wgy@nankai.edu.cn

南开大学信息技术科学学院

2011年6月

|              |                                               |          |
|--------------|-----------------------------------------------|----------|
| <b>第 0 章</b> | <b>计算机网络课程知识点组织的总体说明</b>                      | <b>1</b> |
| 0.1          | 从科研工作角度探讨计算机网络课程改革的定位                         | 1        |
| 0.1.1        | 计算机网络技术在新一代信息技术发展中的作用                         | 1        |
| 0.1.2        | 计算机网络技术发展对网络课程教学的影响                           | 3        |
| 0.1.3        | 计算机网络技术发展三条主线的分类方法                            | 4        |
| 0.2          | 从教学研究角度认识计算机网络课程改革的方向                         | 5        |
| 0.2.1        | 以教学研究指导教学与教材体系建设                              | 5        |
| 0.2.2        | 研究计算机网络课程内容“变”与“不变”的关系                        | 5        |
| 0.3          | 对 <i>Computer Networks</i> 第 3 版~第 5 版内容变化的分析 | 6        |
| 0.3.1        | 第 1 章“概论”内容的变化                                | 6        |
| 0.3.2        | 第 2 章“物理层”内容的变化                               | 7        |
| 0.3.3        | 第 3 章“数据链路层”内容的变化                             | 9        |
| 0.3.4        | 第 4 章“介质访问控制子层”内容的变化                          | 9        |
| 0.3.5        | 第 5 章“网络层”内容的变化                               | 10       |
| 0.3.7        | 第 7 章“应用层”内容的变化                               | 13       |
| 0.3.8        | 第 8 章“网络安全”内容的变化                              | 13       |
| 0.4          | 本科网络课程教学定位与教材体系建设方案的设计                        | 15       |
| 0.4.1        | 本科网络课程教学定位                                    | 15       |
| 0.4.2        | 计算机网络课程教学与教材体系建设                              | 15       |
| 0.4.3        | 网络课程内容先进性与系统性的关系                              | 16       |
| 0.4.4        | 网络理论教学与能力培养并重的关系                              | 16       |
| 0.4.5        | 教材体系适用的范围                                     | 17       |
| 0.5          | 计算机网络课程教学内容                                   | 17       |
| 0.5.1        | 主教材《计算机网络(第 3 版)》知识点结构                        | 17       |
| 0.5.2        | 《计算机网络教师用书(第 3 版)》编写的指导思想                     | 21       |
| 0.5.3        | 《计算机网络实验指导书》编写的指导思想                           | 21       |
| 0.5.4        | 《计算机网络软件编程指导书》编写的指导思想                         | 22       |
| 0.5.5        | 《计算机网络习题解析与同步练习》编写的指导思想                       | 23       |

|            |                                   |           |
|------------|-----------------------------------|-----------|
| 0.5.6      | 网络课程教材的使用与教学方法的讨论 .....           | 24        |
| 0.6        | 教材内容与研究生入学统考(网络技术)大纲内容要求的关系 ..... | 25        |
| 0.6.1      | 对研究生入学统考(网络技术)大纲内容的分析 .....       | 25        |
| 0.6.2      | 计算机网络体系结构 .....                   | 27        |
| 0.6.3      | 物理层 .....                         | 28        |
| 0.6.4      | 数据链路层 .....                       | 29        |
| 0.6.5      | 网络层 .....                         | 30        |
| 0.6.6      | 传输层 .....                         | 31        |
| 0.6.7      | 应用层 .....                         | 32        |
| 0.6.8      | 对于复习、备考的建议 .....                  | 33        |
| <b>第1章</b> | <b>计算机网络概论 .....</b>              | <b>35</b> |
| 第一部分       | 学习目的、要求与知识点结构 .....               | 35        |
| 第二部分       | 教学内容问答 .....                      | 36        |
| 1.1        | 计算机网络的形成与发展 .....                 | 36        |
| 1.2        | 计算机网络技术发展的三条主线 .....              | 41        |
| 1.3        | 计算机网络定义与分类 .....                  | 42        |
| 1.4        | 计算机网络的组成与结构 .....                 | 49        |
| 1.5        | 计算机网络拓扑结构 .....                   | 52        |
| 1.6        | 分组交换技术的基本概念 .....                 | 54        |
| 第三部分       | 习题参考答案与解析 .....                   | 56        |
| <b>第2章</b> | <b>网络体系结构与网络协议 .....</b>          | <b>61</b> |
| 第一部分       | 学习目的、要求与知识点结构 .....               | 61        |
| 第二部分       | 教学内容问答 .....                      | 63        |
| 2.1        | 网络体系结构的基本概念 .....                 | 63        |
| 2.2        | OSI 参考模型 .....                    | 64        |
| 2.3        | TCP/IP 参考模型 .....                 | 66        |
| 2.4        | OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较 .....    | 68        |
| 2.5        | 网络与 Internet 协议标准化组织与管理机构 .....   | 68        |
| 2.6        | 一种建议的参考模型 .....                   | 69        |
| 第三部分       | 习题参考答案与解析 .....                   | 70        |
| <b>第3章</b> | <b>物理层 .....</b>                  | <b>73</b> |
| 第一部分       | 学习目的、要求与知识点结构 .....               | 73        |
| 第二部分       | 教学内容问答 .....                      | 75        |
| 3.1        | 物理层与物理层协议基本概念 .....               | 75        |
| 3.2        | 数据通信的基本概念 .....                   | 76        |
| 3.3        | 频带传输技术 .....                      | 82        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 3.4 基带传输技术.....                   | 88         |
| 3.5 多路复用技术.....                   | 97         |
| 3.6 同步光纤网 SONET 与同步数字体系 SDH ..... | 98         |
| 3.7 接入技术 .....                    | 101        |
| 第三部分 习题参考答案与解析.....               | 109        |
| <b>第 4 章 数据链路层 .....</b>          | <b>113</b> |
| 第一部分 学习目的、要求与知识点结构 .....          | 113        |
| 第二部分 教学内容问答.....                  | 114        |
| 4.1 差错产生与差错控制方法 .....             | 114        |
| 4.2 数据链路层的基本概念 .....              | 116        |
| 4.3 面向比特型数据链路层协议——HDLC 协议 .....   | 118        |
| 4.4 数据链路层滑动窗口协议与帧传输效率分析 .....     | 122        |
| 4.5 PPP 协议 .....                  | 124        |
| 第三部分 习题参考答案与解析.....               | 125        |
| <b>第 5 章 介质访问控制子层 .....</b>       | <b>130</b> |
| 第一部分 学习目的、要求与知识点结构 .....          | 130        |
| 第二部分 教学内容问答.....                  | 131        |
| 5.1 局域网技术的发展与演变 .....             | 131        |
| 5.2 Ethernet 基本工作原理 .....         | 139        |
| 5.3 交换式局域网与虚拟局域网技术 .....          | 150        |
| 5.4 高速 Ethernet 的研究与发展 .....      | 153        |
| 5.5 Ethernet 组网设备与组网方法 .....      | 160        |
| 5.6 局域网互联与网桥 .....                | 163        |
| 5.7 无线局域网 .....                   | 170        |
| 第三部分 习题参考答案与解析.....               | 173        |
| <b>第 6 章 网络层 .....</b>            | <b>179</b> |
| 第一部分 学习目的、要求与知识点结构 .....          | 179        |
| 第二部分 教学内容问答.....                  | 180        |
| 6.1 网络层与 IP 协议.....               | 180        |
| 6.2 IPv4 协议的基本内容 .....            | 183        |
| 6.3 IPv4 地址 .....                 | 188        |
| 6.4 路由选择算法与分组交付 .....             | 195        |
| 6.5 Internet 控制报文协议——ICMP .....   | 198        |
| 6.6 IP 多播与 IGMP 协议 .....          | 201        |
| 6.7 MPLS 协议 .....                 | 203        |
| 6.8 地址解析协议 ARP .....              | 205        |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 6.9 移动 IP 协议 .....   | 209 |
| 6.10 IPv6 协议 .....   | 212 |
| 第三部分 习题参考答案与解析 ..... | 216 |

## 第7章 传输层 .....

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一部分 学习目的、要求与知识点结构 ..... | 226 |
| 第二部分 教学内容问答 .....        | 227 |
| 7.1 传输层与传输层协议 .....      | 227 |
| 7.2 UDP 协议 .....         | 232 |
| 7.3 TCP 协议 .....         | 237 |
| 第三部分 习题参考答案与解析 .....     | 242 |

## 第8章 应用层 .....

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第一部分 学习目的、要求与知识点结构 .....         | 249 |
| 第二部分 教学内容问答 .....                | 250 |
| 8.1 Internet 应用发展与应用层协议的分类 ..... | 250 |
| 8.2 域名系统 DNS .....               | 253 |
| 8.3 远程登录服务与 TELNET 协议 .....      | 256 |
| 8.4 电子邮件服务与 SMTP 协议 .....        | 257 |
| 8.5 Web 与基于 Web 的网络应用 .....      | 258 |
| 8.6 即时通信与 SIP 协议 .....           | 263 |
| 8.7 主机配置与动态主机配置协议 DHCP .....     | 265 |
| 8.8 网络管理与 SNMP 协议 .....          | 267 |
| 8.9 典型应用层协议——FTP 的分析 .....       | 269 |
| 第三部分 习题参考答案与解析 .....             | 271 |

## 第9章 网络安全 .....

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一部分 学习目的、要求与知识点结构 ..... | 278 |
| 第二部分 教学内容问答 .....        | 279 |
| 9.1 网络安全的基本概念 .....      | 279 |
| 9.2 加密与认证技术 .....        | 283 |
| 9.3 网络安全协议 .....         | 285 |
| 9.4 防火墙技术 .....          | 291 |
| 9.5 入侵检测技术 .....         | 295 |
| 9.6 网络业务持续性规划技术 .....    | 301 |
| 9.7 恶意代码与网络防病毒技术 .....   | 302 |
| 第三部分 习题参考答案与解析 .....     | 306 |

## 参考文献 .....

# 第 0 章

## 计算机网络课程知识点 组织的总体说明

### 0.1 从科研工作角度探讨计算机 网络课程改革的定位

#### 0.1.1 计算机网络技术在新一代信息技术发展中的作用

计算机网络是当今计算机科学与技术学科中发展最为迅速的技术之一,也是计算机应用中一个空前活跃的领域。计算机网络技术对新一代信息技术与战略性新兴产业发展将会产生重要的推动作用。

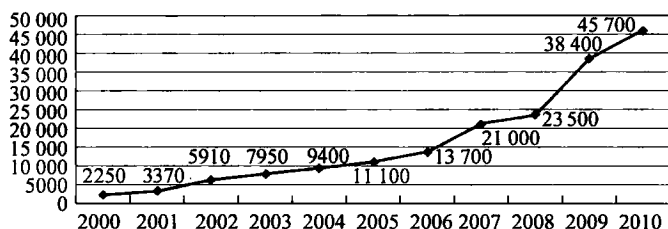
20 世纪 90 年代,世界经济进入一个全新的发展阶段。世界经济的发展推动信息产业的发展。1993 年 9 月,美国公布国家信息基础设施(NII)建设计划,NII 被形象地称为信息高速公路。美国建设信息高速公路计划触动世界各国,各国开始认识到信息产业发展对经济发展的重要作用,很多国家开始制定自己的信息高速公路建设计划。1995 年 2 月全球信息基础设施委员会(GIIC)成立,目的是推动与协调各国信息技术与信息服务业的发展与应用。在这种情况下,全球信息化的发展趋势已经不可逆转。基于 Web 的电子商务、电子政务、远程医疗、远程教育,以及基于对等结构的 P2P 网络、3G/4G 与移动 Internet、物联网的应用,使得 Internet 以超常规的速度发展。

从 1995 年开始的“九五”、“十五”与“十一五”等 3 个五年计划的建设,我国社会信息化建设已经取得了重大的进展。截止到 2011 年 3 月底,我国的网民规模已经达到 4.77 亿,普及率达到 34.3%。其中,手机网民规模达到 3.03 亿,占网民总数的 66.2%(如图 0-1 所示)。尽管我国的互联网应用水平与普及率已经有了很大的提高,但是与 Internet 应用发达国家相比,差距还是很大的。我国政府的“十二五”发展规划为物联网、三网融合、下一代互联网技术的发展描绘了宏伟的发展蓝图。随着我国经济的快速发展,我国 Internet 应用规模与水平将会以更快的速度发展,我国社会的经济、政治、文化、科技与教育对计算机网络与 Internet 技术水平要求将会越来越高,计算机网络与 Internet 应用发展的空间还是很大的,这也给计算机网络课程教学的改革提出了更高的要求。

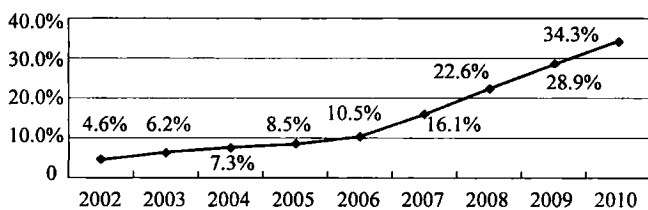
Internet 的广泛应用推动计算机网络与电信网络技术的迅猛发展,引起电信业从传输网技术到服务业务类型的巨大变化。应用的需求与技术的发展总是相互促进、协调发展的。Internet 应用的快速增长要求通信网络满足用户新的需求,而新技术的出现又促进新的网

络应用的产生与发展。这点在宽带城域网的建设与应用中表现得更为突出。宽带城域网的建设与应用导致 Internet、电信通信网与有线电视网的“三网融合”,引起世界范围内的大规模的产业结构的调整和企业重组,宽带城域网已成为现代化城市建设的重要基础设施之一。

国际电信联盟(ITU)从 1997 年开始每一年出版一本世界 Internet 发展年度报告,其中 2005 年度报告的题目是《物联网(Internet of Things, IOT)》。ITU 发布的报告系统地介绍了“物联网时代”的构想。世界上的万事万物,小到钥匙、手表、手机,大到汽车、楼房,只要嵌入一个微型的射频标签 RFID 芯片或传感器芯片,通过 Internet 就能够实现物与物之间的信息交互,从而形成一个无所不在的“物联网”。世界上所有的人和物在任何时间、任何地点,都可以方便地实现人与人、人与物、物与物之间的信息交互。



(a) 我国的网民规模的发展



(b) 我国Internet普及率的变化

图 0-1 我国 Internet 网民规模与普及率的发展

理解物联网的基本概念,需要注意以下几个问题。

(1) 物联网是 Internet 的接入方式的延伸与功能的扩展。

物联网是在 Internet 技术与应用的基础上,利用射频标签 RFID 与无线传感器网络 WSN 技术,自动获取物理世界的各种信息,利用三网融合形成的下一代网络系统,构建一个覆盖世界上所有人与人、人与物、物与物的网络信息系统。物联网是 Internet 接入方式与端系统的延伸,是 Internet 服务功能的扩展。

(2) 物联网实现物理世界与信息世界的无缝连接。

IBM 公司也在智慧地球概念的基础上提出了他们对物联网的理解。IBM 的专家认为:智慧地球将感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中,并通过超级计算机和云计算组成物联网,实现人类社会与物理系统的整合。智慧地球的概念从根本上说,就是希望通过在基础设施和制造业上大量嵌入传感器,捕捉运行过程中的各种信息,然后通过无线传感器网接入 Internet,通过计算机分析处理发出指令,反馈给传感器,远程执行指令,以达到提高效率,获取更大效益的目的。这种技术控制的对象小到一个开关、一个可编程控制器、一台发电机,大到一个行业的运行过程。

(3) 物联网使得计算机网络从信息共享走向智能服务。

如果说 Internet 实现了人与人、人与信息、人与信息系统的融合,促进了信息的共享,那么物联网将进一步实现人与物、物与物的融合,使人类对客观世界具有更透彻的感知能力,更全面的认识能力,更为智慧的处理能力。这种新的思维模式可以在提高人类的生产力、效率、效益的同时,改善人类社会发展与地球生态的和谐性、可持续发展的关系,“互联化”、“物联化”与“智能化”的融合最终会形成“智慧地球”。

物联网是一种集成创新类的技术,它预示着计算机与网络技术将会在更多的领域、更深层次的应用,信息技术将会在人类社会发展中发挥更为重要的作用。物联网的发展将会给计算机网络与信息安全技术提出更多富有挑战性的研究课题,创造更加广阔的产业发展前景。我国政府制定的中长期科技发展规划中有相当一部分内容涉及计算机网络技术。

### 0.1.2 计算机网络技术发展对网络课程教学的影响

目前我国政府提出的战略性新兴产业、新一代信息技术、物联网、三网融合与云计算技术都是建立在计算机网络和 Internet 发展的基础之上。随着计算机网络技术的广泛应用,网络教育也开始由普及阶段向“扁平化”、“多层次”与“专门化”方向发展。

#### 1. 扁平化

计算机网络本身是一门交叉学科,同时它也正在与其他学科相结合,促进着新的交叉学科的形成与发展。新一代信息技术、云计算、三网融合与物联网技术的发展,给计算机网络教育提出了重大的研究课题,网络课程的教学正在从计算机专业向相关专业发展,正在促进新的学科与课程的交叉。计算机网络已经成为软件编程的基本环境,所有学习计算机科学与技术、软件工程专业、网络工程、物联网专业的学生都需要学习和掌握网络环境中编程技术。计算机网络已经成为计算机及相关专业学生学习的—门基础性的课程。

#### 2. 多层次

现代信息服务业、软件产业,以及物联网、三网融合与云计算技术与产业的发展,急需大量网络系统建设、应用软件研发、网络系统运维与管理的人才。无论是工科、理科,甚至是文科和艺术类,如网络工程、物联网、软件工程、电子商务、电子政务、物流、媒体传播、游戏制作、平面设计、广告等专业,很多课程的学习都是建立在掌握网络知识和应用技术的基础上的。因此,不同学校、不同专业的教师都需要认真结合本专业的培养要求、办学特色,认真研究适用本专业教学要求的计算机网络课程的教学问题。

#### 3. 专门化

我国信息技术的发展和社会信息化程度的提升,使得社会对网络的依赖程度越来越高,这也导致了社会对网络人才需求的增加。目前各个单位急需大量网络系统组建、管理和维护人才。同时,Internet 应用技术、无线网络技术、物联网与网络安全技术领域也都离不开网络软件编程技术。即使是硬件系统的设计与实现,也会涉及大量的应用软件与嵌入式软件问题,这些都需要研发人员具备网络软件编程能力。社会急需大量网络应用软件与网络安全技术研发的专门人才。

图 0-2 给出了社会对计算机网络教学要求变化的示意图。

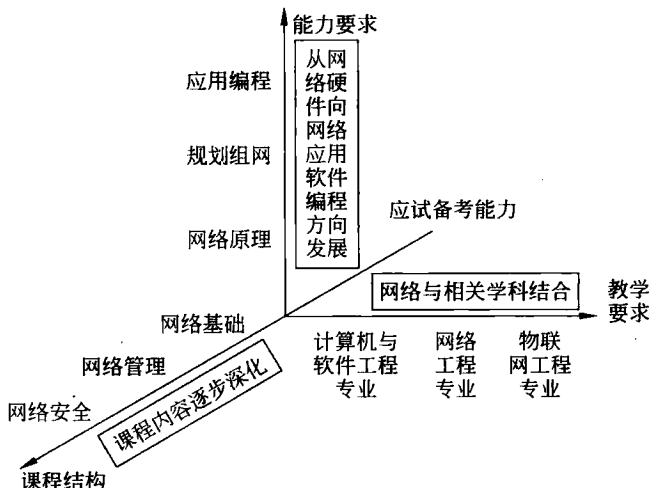


图 0-2 社会对网络教学要求的变化

### 0.1.3 计算机网络技术发展三条主线的分类方法

网络技术发展迅速,应用广泛,知识更新快。要规划出适合 21 世纪技术发展要求的、高质量的网络课程体系,必须跟进技术的发展,不断优化课程结构,精炼教学内容。要做到这一点就需要对新技术做出深入、准确的判断,找准发展轨迹,总结研究方法,恰当地选择和确定教学内容,形成合理的教学体系,以科学研究支持高质量的教学与教材体系的建设。

如何在复杂的网络发展过程中找出主流技术、掌握发展趋势是构建网络教学体系的基础。本书提出了网络技术发展三条主线的思想。这三条主线是: ARPANET-TCP/IP-

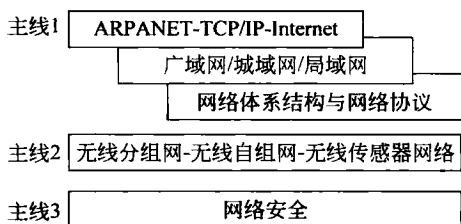


图 0-3 计算机网络发展的三条主线

Internet 技术,PRNET-Ad hoc-WSN/WMN 的无线网络技术与网络安全技术(如图 0-3 所示)。

从第一条主线看,在 ARPANET 发展到 Internet 的过程中,强烈的社会需求促进了广域网(WAN)、城域网(MAN)与局域网(LAN)技术的研究与产业的发展;而广域网、城域网与局域网技术的成熟,又加速了 Internet 的应用进程。

第二条主线无线网络技术是从无线分组网(PRNET)到无线自组网(Ad hoc),发展到目前正处于研究阶段的无线传感器网络(WSN)。随着近年来无线技术的成熟与广泛应用,社会对无线网络应用的需求剧增,无线网络技术发展迅速,为网络技术和产业提供了一个非常大的发展空间。

第三条主线网络安全技术是伴随着前两条主线的发展而发展,并且逐渐为人们所认识。社会对网络技术依赖的程度越高,网络安全技术就越显得更为重要。网络安全技术已经成为当前研究与应用的又一个热点问题。

从计算机网络发展三条主线的思路出发,我们可以比较容易地分析出哪些技术是网络研究的基础性技术和标志性的技术,哪些属于过渡性的技术,哪些是未来需要重点研究与发展的技术。这种从科研工作基础上总结出来的技术分类方法可以帮助我们对技术研究与应

用的现状、趋势有一个比较全面和准确的把握,为构建高质量的教学与教材体系打下坚实的理论基础。

## 0.2 从教学研究角度认识计算机网络课程改革的方向

### 0.2.1 以教学研究指导教学与教材体系建设

科学研究可以使我们从更高的角度、全局的视野去认识和把握技术的发展趋势,而教学研究对高质量的教学与教材体系建设能够起到重要的指导作用。

教学研究需要完成的工作任务是:与国内外同行专家进行学术交流,共同探讨提高网络课程教学质量的方法;浏览和跟踪各个学校的教学网站,研究和了解国内外知名大学网络课程教学内容、教材与主要参考书,以及作业与实验、教学方法与教学过程控制改革的动向;选择国际上最流行的教材,了解这些教材是如何处理新的技术发展与教学内容的关系。

有了国际知名大学的课程教学安排与教材作为参照物,借鉴美国 ACM 和 IEEE/CS 最新制定的计算机学科课程体系,才能够使得我们研究的网络教学与教材体系的内容、质量有可比性和评价依据。同时,通过对大型网络设备制造商与软件公司在员工培训、认证考试内容的变化情况的跟踪,了解产业界对人才需求的变化,结合作者在科研预研工作中对当前热点问题的研究、技术发展的了解,以及跟踪国内外知名大学每年教学内容与课程训练的更新情况,借鉴美国 ACM 和 IEEE/CS 最新制定的计算机学科课程体系,同时作者也认真分析了计算机专业硕士研究生入学统考大纲,不断调整、完善课程教学教材体系的总体设计思路与方案。这些工作成果为设计网络课程教学与教材体系提供了重要的决策依据。

### 0.2.2 研究计算机网络课程内容“变”与“不变”的关系

我们分析和比较的国际知名大学使用的教材主要有 Andrew S. Tanenbaum 的 *Computer Networks*、Douglas E. Comer 的 *Computer Networks and Internets with Internet applications*、James F. Kurose Keith W. Ross 的 *Computer Networking A Top-Down Approach Featuring the Internet* 等。

我们在细致地分析了 3 种教材的内容选取、章节组织、课程体系、作业与练习、参考文献等内容之后,对照图 0-4 所示的 Internet 发展的趋势图,图中的横坐标是时间,纵坐标是接入 Internet 的主机数量。对照 Internet 的发展,我们可以清晰地看出 Internet 技术发展对网络教学的影响。*Computer Networks* 的 5 个版本分别出版于 1980 年、1988 年、1996 年、2003 年与 2011 年。在比对计算机网络与 Internet 技术发展过程的大背景之下,重点研究了 Andrew S. Tanenbaum 的 *Computer Networks* 第 1 版到第 5 版的内容更新过程。

*Computer Networks* 的第 1 版出版于 1980 年,当时网络技术研究处于开始阶段,因此教材的主要内容仅仅只是讨论了网络的一些基本概念。第 2 版出版于 1988 年,当时网络的使用还只限于大学与大公司,计算机网络在理论体系上处于形成阶段,OSI 参考模型与 TCP/IP 两大体系竞争激烈,因此教材的主要内容形成以介绍 OSI 参考模型为主的格局是很自然的事。第 3 版出版于 1996 年,当时正处于 Internet 开始广泛应用的阶段,因此教材以大量的篇幅讨论 TCP/IP 协议与 Internet 是符合当时技术发展水平的。第 4 版出版于 2003 年,当时的网络技术主要讨论的是 Internet 应用、高速局域网、无线局域网、网络安全,

以及接入网技术,因此教材的第4版在概念与内容选取上一定会做比较大的调整。第5版出版于2011年。从第4版到第5版经历了8年。在这一段时间内,Internet在大规模接入的背景下,促进了无线网络、移动IP、高速网络、三网融合技术的发展;在Internet广泛应用的背景下出现了基于C/S、B/S与P2P应用模式的演变,网络电话、网络视频、网络游戏、博客、即时通信、搜索引擎技术快速发展;在人与人交互技术日趋成熟的背景下,基于RFID、各种传感技术的人与物、物与物的物联网技术快速发展。这些应用背景带动了第5版内容的改变。为了解决Internet在IPTV等大型网络应用的QoS问题,出现了容迟网络(Delay-Tolerant Networking,DTN)与内容分发网络(Content Delivery Networks,CDN)等新的研究方向。

认真研究 *Computer Networks* 第3版~第5版主要内容的演变,结合我们多年的教学经验以及对计算机网络技术的理解,对我们把握计算机网络教学体系的设计、教材内容的选取具有重要的指导作用。

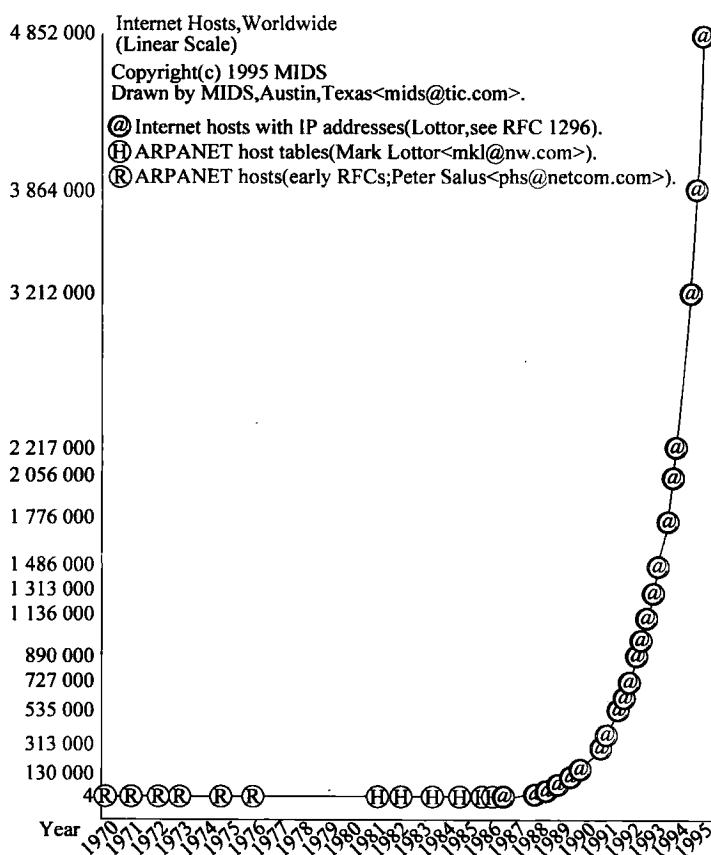


图 0-4 Internet 发展的趋势图

## 0.3 对 *Computer Networks* 第3版~第5版内容变化的分析

### 0.3.1 第1章“概论”内容的变化

“概论”是对计算机网络技术的一个综述。研究“概论”内容的变化可以帮助我们我们从宏观

的角度,了解计算机网络技术总的发展趋势。表 0-1 给出了第 3 版~第 5 版“概论”内容变化的比较。表中+号表示增加的内容,一号表示删减的内容,黑体字表示比较重要的内容。

表 0-1 第 3 版~第 5 版“概论”内容变化的比较

| 版 次          |                     | 第 3 版                                        | 第 4 版                                        | 第 5 版                                        |
|--------------|---------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 内 容          |                     |                                              |                                              |                                              |
| 第 1 章<br>概 论 | 1.1 计 算 机 网 络 的 应 用 | 服务于企业的网络、服务于公众的网络、社会问题                       | 商业应用、家庭应用、移动应用、社会问题                          | 商业应用、家庭应用、移动应用、社会问题                          |
|              | 1.2 网络硬件            | 局域网、城域网、广域网、无线网络、互联网                         | 局域网、城域网、广域网、无线网络、+家庭网络、互联网                   | +十个人区域网、局域网、城域网、广域网、无线网络、家庭网络                |
|              | 1.3 网络软件            | 协议层次、各层的设计、接口与服务、面向连接的服务与无连接服务、服务原语、服务与协议的关系 | 协议层次、各层的设计、接口与服务、面向连接的服务与无连接服务、服务原语、服务与协议的关系 | 协议层次、各层的设计、接口与服务、面向连接的服务与无连接服务、服务原语、服务与协议的关系 |
|              | 1.4 参考模型            | OSI 参考模型、TCP/IP 参考模型、参考模型的比较、参考模型的特点         | OSI 参考模型、TCP/IP 参考模型、参考模型的比较、参考模型的特点         | OSI 参考模型、TCP/IP 参考模型、参考模型的比较、参考模型的特点         |
|              | 1.5 网络实例            | NetWare、ARPANET、NSFNET、Internet、Gb/s 试验台     | Internet、X.25、FR、ATM、Ethernet、WLAN           | Internet、WLAN、+3G、+RFID、+传感网                 |
|              | 1.6 网络标准化           | 电信界组织、国际标准界组织、Internet 标准领域最有影响的组织           | 电信界组织、国际标准界组织、Internet 标准领域最有影响的组织           | 电信界组织、国际标准界组织、Internet 标准领域最有影响的组织           |

#### 1. 第 4 版与第 3 版的比较

- (1) 网络应用: 第 4 版增加了商务应用、家庭应用、移动应用等内容。
- (2) 网络硬件: 第 4 版增加了家庭网络等内容。
- (3) 网络软件: 基本相同, 没有很大的变化。
- (4) 参考模型: 基本相同, 没有很大的变化。
- (5) 网络实例: 第 4 版减少了 NetWare、ARPANET 与 NSFNET 等内容, 而增加了 X.25、FR、ATM 与 WLAN 等内容。
- (6) 网络标准化: 基本相同, 没有很大的变化。

#### 2. 第 5 版与第 4 版的比较

- (1) 在计算机网络分类中, 第 5 版在保持广域网、城域网与局域网不变的前提下, 增加了个人区域网(PAN), 这一点正反映出近年来计算机网络技术的一个重要的变化。
- (2) 在网络实例中, 第 5 版增加了 3G、RFID 与 Sensor Networks 的内容, 这一点与物联网(Internet of Things)技术研究的发展是同步的。

### 0.3.2 第 2 章“物理层”内容的变化

表 0-2 给出了第 3 版~第 5 版“物理层”内容变化的比较。