

浙江省精品课程教材



高等院校规划教材  
计算机科学与技术系列

# 计算机网络

## ——原理、技术与应用

### 第2版

王相林 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



浙江省精品课程教材  
高等院校规划教材·计算机科学与技术系列

# 计算机网络

## ——原理、技术与应用

### 第2版

王相林 编著



浙江工业大学图书馆



7 2014370

机械工业出版社



本书采用“自顶向下”方法讲解计算机网络的体系结构，介绍计算机网络的理论、技术和应用。结合生活知识辅助计算机网络理论讲解，深入浅出地介绍计算机网络的关键知识点。内容涵盖：计算机网络基础知识，自顶向下的5层计算机网络体系结构与网络协议，计算机网络管理与安全基础，IPv6技术。

本书知识讲解循序渐进，内容清晰易懂，可作为计算机类专业、电子类、通信类等理工专业和经管类专业本科生的计算机网络课程教材，还可作为计算机类专业研究生入学考试的参考书，也适合从事计算机网络研究和应用的科技人员阅读。

需要与本书配套的授课电子课件的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册、审核通过后免费下载，或联系编辑索取（QQ：2399929378，电话：010-88379753）。

### 图书在版编目（CIP）数据

计算机网络：原理、技术与应用 / 王相林编著. —2版. —北京：机械工业出版社，2013.10  
高等院校规划教材·计算机科学与技术系列  
ISBN 978-7-111-44520-3

I. ①计… II. ①王… 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（2013）第 251675 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：郝建伟

责任印制：李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2014 年 1 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·25 印张·621 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-44520-3

定价：49.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 出版说明

计算机技术在科学研究、生产制造、文化传媒、社交网络等领域的广泛应用，极大地促进了现代科学技术的发展，加速了社会发展的进程，同时带动了社会对计算机专业应用人才的需求持续升温。高等院校为顺应这一需求变化，纷纷加大了对计算机专业应用型人才的培养力度，并深入开展了教学改革研究。

为了进一步满足高等院校计算机教学的需求，机械工业出版社聘请多所高校的计算机专家、教师及教务部门针对计算机教材建设进行了充分的研讨，达成了许多共识，并由此形成了教材的体系架构与编写原则，策划开发了“高等院校规划教材”。

本套教材具有以下特点：

- 1) 涵盖面广，包括计算机教育的多个学科领域。
- 2) 融合高校先进教学理念，包含计算机领域的核心理论与最新应用技术。
- 3) 符合高等院校计算机及相关专业人才培养目标及课程体系的设置，注重理论与实践相结合。
- 4) 实现教材“立体化”建设，为主干课程配备电子教案、教材和实验实训项目等内容，并及时吸纳新兴课程和特色课程教材。
- 5) 可作为高等院校计算机及相关专业的教材，也可作为从事信息类工作人员的参考书。

对于本套教材的组织出版工作，希望计算机教育界的专家和老师们能提出宝贵的意见和建议。衷心感谢广大读者的支持与帮助！

机械工业出版社



# 前言

计算机网络的应用已经渗透到人们生活、工作、学习的各个领域。对计算机网络理论、技术和应用的了解、学习和掌握成为人们的基本需求。计算机网络课程亦成为高等学校计算机类专业的核心专业基础课，以及理工类和经管类专业的必修课。

本书采用“自顶向下”的方法介绍计算机网络的原理、技术与应用，符合计算机知识从应用开始接受、学习的规律。结合因特网和身边的网络，阐述计算机网络的理论基础、核心技术和应用方法，让读者知道计算机网络就在人们身边，知道所学网络知识用在哪里和怎样用。这对提高读者的阅读和学习兴趣是十分重要的。

计算机网络技术发展很快，理论知识也在不断更新，写出一本易读、易懂的有关计算机网络方面的书，不是一件容易的事。本书在编写内容、编写形式和实用性方面做了以下努力：

1. 采用深入浅出的方法把计算机网络的理论、技术与应用融合在一起讲解。
2. 给出相关网络理论和技术产生的背景知识，介绍网络技术发展的里程碑事件。
3. 尝试提出一些基本问题，启发读者结合身边的网络应用进行思考。
4. 针对计算机网络知识的教和学，努力达到“学思结合、知行统一、融会贯通”。
5. 采用网络协议分析的方法介绍计算机网络体系结构层次和协议。
6. 采用问答的方式讲解计算机网络关键理论和技术问题。
7. 结合生活中的知识，辅助计算机网络理论的学习。

把计算机网络的原理、技术与应用融合在一起讲述网络知识是一种新的尝试。结合生活知识辅助计算机网络理论的学习，在讲述理论知识过程中，类比生活中人们之间的通信过程和询问路由的活动，目的是让读者明白所学、所用。同时，指明相关知识应用时需要注意的地方，以及知识结构的前后衔接关系。

尽早告诉读者怎样验证所学计算机网络知识的方法，例如，可以通过操作系统所带的网络命令行程序测试网络连通性、跟踪网络协议包（PDU）所经过的路由路径，可以通过网络协议分析工具捕获真实网络中的协议包，并进行协议包字段的分析，查看网络协议各层次的PDU的结构，在协议层次框中查看网络协议层次的封装，在协议代码框中查看用十六进制显示的网络协议字段代码值。

在讲述计算机网络发展历史时，强调技术发展是连续的，是符合社会发展需要的，重点介绍对计算机网络发展产生重大影响的里程碑事件、涉及的人物、时间和原因等，目的是让读者知其然，更知其所以然，更容易理解技术发展的原因，提高读者阅读、学习的兴趣。

力求用清晰易懂的语言讲述计算机网络理论、技术和应用知识，帮助读者理解所学知识的来龙去脉，用在哪里，结合人们身边正在应用的网络，例如，以太网、无线网络、因特网，有针对性地与网络应用结合，学习、理解和掌握所学知识。

计算机网络知识内容十分丰富，涉及多门学科，书中对主要的概念以及重点、难点，指出主要的、需要深刻理解的、容易混淆的内容，方便读者进一步归纳和深入理解所学的知识。本书在进行一段理论的介绍、一些例子的分析之后，采用让读者试着回答问题、画出图示、进

一步分析的方法，目的是让读者掌握进行归纳、总结和应用知识的方法。

尽管计算机网络还处在不断的发展和变化过程中，但是计算机网络的基本概念和知识是相对稳定的。在写作中，尽量避免过多的数学公式描述，便于读者理解基础的网络知识内容，知道怎样与身边的计算机网络应用相联系。本书清楚地告诉读者网络协议在哪里、网络协议层次的位置，使读者能感受到网络协议，查看到网络协议的格式。目的是让读者“看得见”、“摸得着”计算机网络和网络协议。

计算机网络是一个复杂的系统，网络协议状态处在动态的变化过程中，书中描述了网络协议状态的工具——有限状态机（FSM）。通过 FSM，可以帮助读者理解网络协议在事件驱动下，执行相应的动作，发生跃迁，从一种状态跃迁到另一种状态的过程。

IPv6 协议是 NGI、NGN 中采用的技术，现有网络向 IPv6 过渡已是势在必行，本书介绍 IPv6 技术的基础知识，目的是告诉读者 IPv6 对 IPv4 做了哪些改进，IPv6 有哪些新的特征，为读者今后进一步学习 IPv6 知识打下基础。

本书内容是作者多年在计算机网络教学和科研实践中的经验总结，注重反映最新的计算机网络理论、技术和应用知识，包括对等网络、无线与移动通信基础、网络应用编程、多播选路协议、移动 IP、万兆位以太网、IPv6 技术等，并在本科生、研究生相关课程中进行了不断的修改和补充，书中的内容和例子均经过了验证，力求知识讲授循序渐进、内容结构脉络清晰。

本书给出使用本书的教学建议，以适合不同专业和层次计算机网络课程教学内容和教学时数的需求；附录给出了书中英文缩写词和网络协议层次与网络拓扑中网络节点的对应位置。

在本书的编写过程中，徐明、董云耀、姜明、徐向华、徐建、胡昔祥对书稿内容提出了许多宝贵意见，给作者提供很多支持和帮助。王曦明参加了书稿插图的绘制工作。朱晨、沈清姿、卢庆菲、李蓓蕾、刘立朋、陈国峰、王慧娟、江宜为、李明月、孙东梅参加了资料整理工作。在此一并表示诚挚的谢意。

本书得到国家自然科学基金（No.61172133，No.61273075，No.61333011）资助。

由于作者水平有限，书中难免存在有疏漏或不妥之处，恳请读者批评指正，并对阅读和使用本书的任课教师、学生和读者表示感谢。作者的电子邮件地址是：[wangedu@163.com](mailto:wangedu@163.com)。

作者

# 教学建议

## 教学建议

针对不同本科专业对计算机网络课程教学内容的需求,需要采用“分层次”的计算机网络课程教学内容和实施方法。根据计算机类专业、理工类专业、经管类专业和其他文科类本科生对计算机网络知识的要求,给出教学时数分别为 64、48~54、32~48、16~32 的理论教学内容建议。并对教学内容建议给出说明。

教学内容安排为 10 个教学单元,可以对应 10 个章节,内容涉及计算机网络基本理论、原理、核心技术、技术实现、实际应用、网络新技术等。计算机网络理论教学内容建议如下表所示。

计算机网络理论教学内容建议表

教学单元与教学内容	计算机类专业	理工类专业	经管类专业	其他文科类专业
1 计算机网络概述 (4)				
1.1 计算机网络技术的发展历程	√	√	√	√
1.2 计算机网络的组成和结构	√	√	√	√
1.3 与计算机网络有关的技术标准	√	√		√
2 计算机网络协议和体系结构 (4)				
2.1 计算机网络协议	√	√	√	√
2.2 计算机网络体系结构	√	√	√	
2.3 开放系统互连 OSI 参考模型	√	√	√	
2.4 TCP/IP 协议参考模型	√	√	√	
2.5 局域网体系结构参考模型	√	√	√	√
2.6 计算机网络实例	√	√		
3 数据通信技术基础 (4)				
3.1 数据通信基本知识	√	√	√	
3.2 传输介质	√	√	√	√
3.3 信道复用技术	√	√	√	
3.4 数据编码技术	√	√		
3.5 交换技术	√	√	√	
3.6 差错控制技术	√	√	√	√
3.7 无线与移动通信基础	√	√	√	
4 应用层 (8)				
4.1 应用层协议原理	√	√	√	
4.2 域名系统 DNS	√	√		
4.3 万维网和 HTTP	√	√	√	√
4.4 文件传输协议 (FTP)	√	√		
4.5 电子邮件	√	√	√	√
4.6 对等网络	√			
4.7 客户机/服务器应用编程	√			



(续)

教学单元与教学内容	计算机类专业	理工类专业	经管类专业	其他文科类专业
5 运输层 (12)				
5.1 运输层概述	√	√	√	√
5.2 运输层协议的要素	√	√	√	
5.3 基本的网络协议设计与分析	√	√		
5.4 拥塞控制	√	√		
5.5 因特网中的运输层协议	√	√	√	
5.6 用户数据报协议 (UDP)	√	√	√	
5.7 传输控制协议 (TCP)	√	√	√	√
5.8 网络服务质量	√			
6 章 网络层 (12)				
6.1 网络层涉及的问题	√	√	√	√
6.2 路由选择	√	√	√	
6.3 动态路由选择	√	√	√	
6.4 层次路由选择	√	√		
6.5 广播和多播路由选择	√			
6.6 因特网的路由选择协议	√	√		
6.7 网络互连	√	√	√	√
6.8 因特网上的网络层协议	√	√	√	
6.9 移动 IP 网络	√	√	√	
7 数据链路层和局网络 (10)				
7.1 数据链路层的基本概念	√	√	√	√
7.2 数据链路层协议	√	√	√	
7.3 局域计算机网络	√	√	√	√
7.4 信道访问协议	√			
7.5 MAC 地址与地址解析协议	√	√		
7.6 以太网原理与技术	√	√	√	√
7.7 令牌环型局域网	√			
7.8 交换式局域网	√	√		
7.9 虚拟局域网 (VLAN)	√			
7.10 无线局域网	√	√	√	√
8 物理层 (4)				
8.1 物理层协议	√	√	√	√
8.2 物理层标准举例	√	√		
8.3 宽带接入技术	√	√	√	√
8.4 同步数字体系 SDH	√			
9 网络管理与网络安全 (4)				
9.1 网络管理	√	√	√	
9.2 网络安全	√	√		
9.3 数据加密技术	√			
9.4 公钥密码体制	√			
10 IPv6 技术基础 (2)				
10.1 IPv6 协议概述	√	√	√	√
10.2 IPv6 协议格式	√	√		

(续)

教学单元与教学内容	计算机类专业	理工类专业	经管类专业	其他文科类专业
10.3 IPv6 地址	√			
10.4 ICMPv6	√			
10.5 IPv6 过渡技术	√	√		
教学总学时建议	64	48~54	32~48	16~32

### 教学内容建议的说明

上述给出的是计算机网络理论教学内容和教学时数的建议, 不包括实践和实验教学内容和教学时数。实践教学根据不同专业需求, 给出另外的建议。

1) 用“√”标识各专业教学内容选择的建议。每一教学单元名称后面圆括号中的数字标识该部分内容需要教学时数的建议, 例如(8)表示教学时数为8学时。

2) 计算机类专业(计算机科学与技术、软件工程、网络工程、信息安全、物联网工程)建议理论教学时数为64学时, 包括: 理论教学、习题课、课堂讨论、课堂测验等课堂教学环节。计算机网路实验或计算机网络课程设计另行安排为实践教学环节。

3) 理工类专业建议教学时数为48~54学时, 包括: 理论教学和实践教学环节。实践教学内容可以包括: 基本组网技术、网络命令行程序、Ethereal网络协议分析、网络应用编程。

4) 经管类专业建议教学时数为32~48学时, 包括: 理论教学和实践教学环节。实践教学内容建议以网络命令行程序、Ethereal网络协议分析为主。

5) 其他文科类专业建议教学时数为16~32学时, 包括: 理论教学和实践教学环节。实践教学内容建议以网络命令行程序、因特网应用为主。

6) 课程内容的重点在第1、第2、第4、第5、第6、第7和第8教学单元。涉及计算机网络理论知识、自顶向下的5层计算机网络体系结构、有线局域网和无线局域网, 涵盖到计算机网络理论、技术和应用的核心知识。

7) 如果已经学过数据通信的相关课程, 可以跳过第3教学单元内容。

8) 第9、第10教学单元相对独立, 可以单独安排进度和选择讲述的内容。网络安全越来越引起人们的重视, 网络管理已经成为日常网络应用的主要组成部分, 了解怎样进行网络管理, 了解一些基本的安全机制对使用计算机网络是很有用的。

9) 若后续课程安排有网络管理、网络安全技术, 则第9教学单元可以跳过。

10) 第10教学单元IPv6技术, 是下一代因特网NGI和下一代电信网NGN采用的技术, 已经成为业界的共识, IPv6技术的过渡和应用正在加快, 建议所有专业均给出适当的介绍。

11) 计算机网络的新理论、新技术内容可以补充到对应的教学单元中, 也可以单独介绍。

# 目 录

出版说明	1	2.2 计算机网络体系结构	27
前言	1	2.2.1 计算机网络体系结构的定义	27
教学建议	1	2.2.2 网络体系结构分层的原则	28
第 1 章 计算机网络概述	1	2.2.3 网络体系结构中的服务	29
1.1 计算机网络技术的发展历程	1	2.2.4 网络协议层次接口和数据单元	31
1.1.1 计算机网络的形成	1	2.2.5 网络协议和网络服务的关系	31
1.1.2 计算机网络发展的阶段	4	2.2.6 对等协议的通信过程	32
1.1.3 计算机网络的定义	5	2.3 OSI 参考模型	33
1.1.4 计算机网络技术的特征	6	2.3.1 OSI 参考模型概述	33
1.1.5 计算机网络在信息时代的作用	7	2.3.2 OSI 参考模型的结构	33
1.1.6 计算机网络在中国的发展	8	2.3.3 OSI 参考模型各层的功能	34
1.2 计算机网络的组成和结构	10	2.4 TCP/IP 协议簇	36
1.2.1 计算机网络的物理结构	10	2.4.1 TCP/IP 协议的产生背景	36
1.2.2 计算机网络的拓扑结构	11	2.4.2 TCP/IP 协议的层次结构	38
1.2.3 计算机网络的协议体系结构	12	2.4.3 网络层次协议的捆绑	40
1.2.4 计算机网络的分类	13	2.4.4 TCP/IP 与 OSI 的比较	41
1.2.5 计算机网络的硬件和软件	14	2.4.5 TCP/IP 与其他低层网络技术的 关系	41
1.2.6 计算机网络的性能指标	14	2.5 局域网络体系结构参考模型	42
1.3 计算机网络知识的验证方法	15	2.5.1 局域网络体系结构的层次	42
1.3.1 学习计算机网络知识常用的 验证方法	15	2.5.2 局域网络体系结构各层的功能	43
1.3.2 网络命令行程序	16	2.5.3 局域网络体系结构的特点	43
1.3.3 网络协议分析方法	18	2.6 计算机网络实例	44
1.4 与计算机网络有关的技术标准	19	2.6.1 ARPANET	44
1.4.1 国际组织与有关的标准	19	2.6.2 X.25 网络	46
1.4.2 Internet 标准及制定组织	21	2.7 Internet 与 Internet 2	47
1.4.3 RFC 文档	21	2.7.1 Internet 的由来	47
1.5 小结	22	2.7.2 万维网要解决的关键问题	48
1.6 思考题与习题	23	2.7.3 Internet 的基础结构经历的推进	49
第 2 章 计算机网络协议和体系结构	25	2.7.4 Internet 研制过程中的贡献	50
2.1 计算机网络协议	25	2.7.5 Internet 2	50
2.1.1 计算机网络协议的作用	25	2.7.6 中国下一代网络示范工程 (CNGI)	51
2.1.2 计算机网络协议的要素	26	2.7.7 目前对 Internet 的批评	51
2.1.3 计算机网络协议的格式	27		



2.8	小结	51	3.7.2	蜂窝移动通信	86
2.9	思考题与习题	52	3.7.3	全球移动通信系统	87
<b>第3章</b>	<b>数据通信技术基础</b>	<b>54</b>	3.7.4	码分多址访问	88
3.1	数据通信基本知识	54	3.7.5	第4代移动通信及其技术	90
3.1.1	信息、数据与信号	54	3.8	小结	90
3.1.2	通信的基本要求	55	3.9	思考题与习题	91
3.1.3	数据通信传输系统模型	55	<b>第4章</b>	<b>应用层</b>	<b>93</b>
3.1.4	信道的最大容量	56	4.1	应用层协议原理	93
3.1.5	计算机网络中的速率	57	4.1.1	应用层协议及描述	93
3.1.6	基带传输和频带传输	58	4.1.2	应用层需要的服务	94
3.1.7	通信双方的交互方向	59	4.1.3	网络应用的计算模式	94
3.1.8	计算机网络中的时延及计算	59	4.1.4	应用层协议与运输层协议的关系	95
3.1.9	异步传输和同步传输	60	4.2	域名系统 DNS	96
3.2	传输介质	62	4.2.1	域名系统概述	96
3.2.1	传输介质的分类	62	4.2.2	域名地址空间结构	97
3.2.2	有线传输介质	62	4.2.3	DNS 域名解析过程	101
3.2.3	无线传输介质	67	4.2.4	DNS 记录格式和报文	102
3.2.4	卫星传输	70	4.3	万维网和 HTTP	104
3.3	信道复用技术	72	4.3.1	万维网概述	104
3.3.1	频分复用和时分复用	72	4.3.2	超文本标记语言 (HTML)	105
3.3.2	波分复用 WDM	73	4.3.3	统一资源定位符	106
3.3.3	统计复用	74	4.3.4	超文本传输协议	108
3.4	数据编码技术	74	4.4	文件传输协议	110
3.4.1	数字数据编码为模拟信号	74	4.4.1	FTP 概述	110
3.4.2	数字数据编码为数字信号	75	4.4.2	FTP 的工作原理	111
3.4.3	模拟数据编码为数字信号	76	4.4.3	客户端应用程序	112
3.4.4	模拟数据编码为模拟信号	78	4.4.4	匿名 FTP 服务	113
3.5	交换技术	78	4.4.5	FTP 交互工作过程的例子	114
3.5.1	交换技术的用途	78	4.4.6	FTP 与 HTTP 协议的比较	115
3.5.2	电路交换和报文交换	78	4.5	电子邮件	116
3.5.3	分组交换	78	4.5.1	电子邮件概述	116
3.5.4	交换技术的比较	79	4.5.2	电子邮件协议	117
3.5.5	信元交换	80	4.5.3	电子邮件报文格式	118
3.6	差错控制技术	80	4.5.4	SMTP 的工作过程	119
3.6.1	差错产生的原因	80	4.5.5	POP3 的工作过程	121
3.6.2	差错控制方法	80	4.5.6	通用 Internet 邮件扩展 (MIME)	122
3.6.3	海明校验	81	4.5.7	SMTP 与 HTTP 协议的比较	124
3.6.4	循环冗余校验编码	83	4.6	对等网络	125
3.7	无线与移动通信基础	85	4.6.1	对等网络概述	125
3.7.1	无线通信基础知识	85			

4.6.2	P2P 网络的结构	126	5.6.2	UDP 的协议格式	167
4.6.3	P2P 网络和 C/S 网络的比较	127	5.6.3	UDP 的校验和	167
4.7	客户机/服务器应用编程	128	5.7	传输控制协议 (TCP)	168
4.7.1	网络应用编程概述	128	5.7.1	TCP 协议的功能描述	168
4.7.2	TCP 套接字应用编程	130	5.7.2	TCP 报文段的格式	169
4.7.3	UDP 套接字应用编程	133	5.7.3	TCP 连接与控制管理	171
4.8	小结	136	5.7.4	TCP 流量控制和拥塞控制	172
4.9	思考题与习题	137	5.7.5	TCP 的重传机制	175
<b>第 5 章</b>	<b>运输层</b>	<b>139</b>	5.8	网络服务质量	175
5.1	运输层概述	139	5.8.1	网络服务质量概述	175
5.1.1	运输层提供的服务	139	5.8.2	调度和管制机制	176
5.1.2	运输层与相邻层的关系	140	5.8.3	综合服务 (IntServ)	176
5.1.3	运输服务质量和运输层协议	141	5.8.4	区分服务 (DiffServ)	177
	数据单元	141	5.8.5	多协议标记交换 (MPLS)	178
5.2	运输层协议的要素	142	5.9	小结	179
5.2.1	网络中的寻址	142	5.10	思考题与习题	180
5.2.2	运输层的复用与分用	144	<b>第 6 章</b>	<b>网络层</b>	<b>183</b>
5.2.3	运输连接的建立与释放	145	6.1	网络层涉及的问题	183
5.2.4	运输协议实现的控制	147	6.1.1	网络层实现的功能	183
5.3	实现可靠数据传输的网络	148	6.1.2	虚电路服务和数据报服务	185
	协议设计	148	6.1.3	通信子网的内部结构	187
5.3.1	可靠数据传输协议设计的	148	6.2	路由选择	189
	基本概念	148	6.2.1	路由选择概述	189
5.3.2	滑动窗口协议机制描述	149	6.2.2	网络分组的交付	191
5.3.3	理想的网络协议	150	6.2.3	路由选择模块与路由表	192
5.3.4	停-等协议	150	6.2.4	路由技术要素	193
5.3.5	回退 N 协议	153	6.3	静态路由选择	193
5.3.6	选择重传协议	155	6.3.1	静态路由选择的基本概念	193
5.3.7	3 种可靠数据传输协议的比较	156	6.3.2	静态路由选择算法	194
5.4	拥塞控制	157	6.4	动态路由选择	195
5.4.1	拥塞控制概述	157	6.4.1	动态路由选择的基本概念	195
5.4.2	与拥塞控制有关的因素	158	6.4.2	孤立式自适应路由选择	196
5.4.3	流量控制与拥塞控制	159	6.4.3	距离矢量路由选择	196
5.4.4	拥塞控制原理	160	6.4.4	链路状态路由选择	200
5.4.5	网络拥塞控制机制	161	6.5	层次路由选择	206
5.5	因特网中的运输层协议	165	6.5.1	层次路由选择概述	206
5.5.1	因特网运输层协议概述	165	6.5.2	自治系统	206
5.5.2	运输层的端口	166	6.5.3	默认路由和层次路由	207
5.6	用户数据报协议 (UDP)	166	6.6	因特网上的网络层协议	208
5.6.1	UDP 的特点与作用	166	6.6.1	IP 协议概述	208

6.6.2	IP 分组的分片	211	7.1	数据链路层基础知识	259
6.6.3	IP 地址及应用方法	212	7.1.1	数据链路层的基本概念	259
6.6.4	专用 IP 地址及用途	215	7.1.2	数据链路层的用途	260
6.6.5	IP 地址的一些要点	216	7.1.3	帧边界的确定及成帧方法	262
6.6.6	IP 层转发分组的过程	216	7.1.4	数据链路层的流量控制	264
6.6.7	子网划分技术	217	7.2	数据链路层协议	264
6.6.8	子网划分的分组转发过程	221	7.2.1	二进制同步通信协议 (BSC)	264
6.6.9	无分类编址 (CIDR)	222	7.2.2	高级数据链路控制协议 (HDLC)	265
6.7	因特网控制报文协议 (ICMP)	225	7.2.3	因特网中的数据链路层协议 PPP	269
6.7.1	ICMP 的基本概念	225	7.3	局域网	271
6.7.2	ICMP 报文格式	226	7.3.1	局域网概述	271
6.7.3	ICMP 报文的应用例子	227	7.3.2	局域网涉及的问题	272
6.8	广播和多播路由选择	227	7.3.3	局域网标准 IEEE 802	272
6.8.1	广播和多播路由选择概述	227	7.3.4	局域网技术的研究与发展	273
6.8.2	广播路由选择	228	7.4	信道访问协议	273
6.8.3	多播路由选择	228	7.4.1	信道访问协议概述	273
6.8.4	IGMP	230	7.4.2	固定信道划分协议	274
6.8.5	IP 多播地址和范围	231	7.4.3	随机访问协议	274
6.9	因特网的路由选择协议	232	7.4.4	轮流访问协议	277
6.9.1	内部路由协议 1——RIP	232	7.5	MAC 地址与地址解析协议 (ARP)	278
6.9.2	内部路由协议 2——OSPF	234	7.5.1	MAC 地址	278
6.9.3	外部路由协议——BGP4	238	7.5.2	地址解析协议 (ARP)	279
6.10	网络互连	244	7.5.3	地址解析协议应用分析	283
6.10.1	网络互连概述	244	7.5.4	反向地址解析协议 RARP	285
6.10.2	网络互连模型及互连规则	245	7.6	以太网原理与技术	285
6.10.3	网络互连设备	246	7.6.1	以太网概述	285
6.10.4	网络互连设备实现功能的包含关系	247	7.6.2	快速以太网	288
6.11	移动 IP 网络	248	7.6.3	千兆位以太网	290
6.11.1	移动 IP 概述	248	7.6.4	万兆位以太网	292
6.11.2	移动 IP 技术的要点及需要解决的问题	249	7.7	令牌环型局域网	293
6.11.3	移动 IP 技术涉及的术语	250	7.7.1	令牌环型局域网概述	293
6.11.4	移动 IP 的组成和结构	251	7.7.2	IEEE 802.5 帧结构	294
6.11.5	移动节点的功能	252	7.8	交换式局域网	295
6.11.6	移动 IP 的工作原理	252	7.8.1	交换式局域网的结构和工作原理	295
6.12	小结	254	7.8.2	交换机的交换方式	296
6.13	思考题与习题	255	7.8.3	三层交换的概念	297
第 7 章	数据链路层和局域网	259			



7.8.4	局域网采用的三层交换技术	298	8.4	同步数字体系 (SDH)	330
7.8.5	三层交换机与传统路由器的比较	299	8.4.1	同步数字体系的基本概念	330
7.9	虚拟局域网	300	8.4.2	同步数字体系的速率体系	331
7.9.1	使用虚拟局域网的原因	300	8.4.3	SONET 的体系结构	333
7.9.2	虚拟局域网概述	301	8.5	小结	333
7.9.3	VLAN 使用的帧格式	302	8.6	思考题与习题	334
7.9.4	静态 VLAN 和动态 VLAN 划分	302	<b>第 9 章 网络管理与网络安全</b>	<b>335</b>	
7.9.5	VLAN 主干连接标准协议	303	9.1	网络管理	335
7.10	无线局域网	304	9.1.1	网络管理概述	335
7.10.1	无线局域网概述	304	9.1.2	网络管理协议	336
7.10.2	无线局域网的发展历程	305	9.1.3	网络管理的三种方式	336
7.10.3	无线传输技术	307	9.1.4	SNMP 网络管理模型	337
7.10.4	IEEE 802.11 概述	309	9.1.5	简单网络管理协议 (SNMP)	338
7.10.5	有固定基础设施的无线局域网	310	9.1.6	ASN.1	340
7.10.6	无固定基础设施的自组网络	311	9.1.7	管理信息结构	343
7.10.7	IEEE 802.11 的协议体系结构	312	9.2	网络安全	344
7.10.8	IEEE 802.11 的 MAC 层	313	9.2.1	网络安全概述	344
7.10.9	IEEE 802.11 的物理层	317	9.2.2	网络安全面临的威胁	345
7.10.10	其他无线计算机网络	318	9.2.3	网络安全评价标准	347
7.11	小结	319	9.3	数据加密技术	347
7.12	思考题与习题	320	9.3.1	网络安全模型	347
<b>第 8 章 物理层</b>	<b>323</b>		9.3.2	对称密钥密码体制	349
8.1	物理层协议	323	9.3.3	数据加密标准 (DES)	350
8.1.1	物理层涉及的问题	323	9.4	公钥密码体制	352
8.1.2	物理层协议描述	324	9.4.1	公钥密码体制的概念	352
8.1.3	物理层的物理连接	324	9.4.2	公钥密码体制 RSA	354
8.2	物理层标准举例	325	9.4.3	数字签名技术	355
8.2.1	EIA-RS-232 标准概述	325	9.4.4	报文鉴别技术	356
8.2.2	EIA-RS-232 标准的 4 个特性描述	325	9.4.5	密钥分配技术	357
8.2.3	两台计算机直接连接	327	9.4.6	链路加密与端到端加密	358
8.3	宽带接入技术	327	9.5	小结	360
8.3.1	xDSL 技术	327	9.6	思考题与习题	360
8.3.2	光纤同轴混合技术	328	<b>第 10 章 IPv6 网络</b>	<b>362</b>	
8.3.3	光纤接入技术	329	10.1	IPv6 协议概述	362
8.3.4	以太网接入技术	329	10.1.1	IPv4 协议存在的问题	362
8.3.5	无线接入技术	329	10.1.2	IPv6 协议的发展历程	363
			10.2	IPv6 协议格式	364
			10.2.1	IPv6 协议数据单元	364
			10.2.2	IPv6 协议与 IPv4 协议的比较	365
			10.2.3	IPv6 协议的扩展首部	366

10.3 IPv6 地址	368
10.3.1 IPv6 地址标识方法	368
10.3.2 IPv6 地址空间和 IPv6 前缀	369
10.3.3 IPv6 地址的分类	370
10.3.4 IPv6 地址的一般格式	370
10.4 ICMPv6	371
10.4.1 ICMPv6 概述	371
10.4.2 ICMPv6 对 ICMPv4 的改进	372
10.4.3 ICMPv6 报文的一般格式	373
10.5 IPv6 过渡技术	373
10.5.1 IPv6 过渡技术概述	373

10.5.2 双栈技术	374
10.5.3 隧道技术	375
10.5.4 转换(翻译)技术	376
10.6 小结	377
10.7 思考题与习题	377

附录

附录 A 书中英文缩写词及其含义 (按英文字母顺序排列)	378
---------------------------------	-----

附录 B 网络协议层次与网络拓扑 中网络节点的对应位置	385
--------------------------------	-----

参考文献

1.1 计算机网络的发展	386
1.2 计算机网络的组成	386
1.3 计算机网络的分类	386
1.4 计算机网络的组成要素	386
1.5 计算机网络的组成要素	386
1.6 计算机网络的组成要素	386
1.7 计算机网络的组成要素	386
1.8 计算机网络的组成要素	386
1.9 计算机网络的组成要素	386
1.10 计算机网络的组成要素	386
1.11 小结	386
1.12 思考题与习题	386
第 2 章 物理层	386
2.1 物理层协议	386
2.1.1 物理层协议的问题	386
2.1.2 物理层协议概述	386
2.1.3 物理层的物理层	386
2.2 物理层标准举例	386
2.2.1 EIA-RS-232 标准	386
2.2.2 EIA-RS-232 标准的问题	386
2.3 物理层接入技术	386
2.3.1 xDSL 技术	386
2.3.2 光接入技术	386
2.3.3 光接入技术	386
2.3.4 以太网接入技术	386
2.3.5 无线接入技术	386

# 第1章 计算机网络概述

计算机网络是信息社会的基础设施，计算机网络已经改变了人们学习、工作和生活的方 式。对计算机网络知识的学习和掌握程度，已经成为衡量一个人知识水平的重要依据之一。人们会问计算机网络的内部组成和结构是怎样的，计算机网络中计算机之间是通过什么进行通信的，人们通过计算机网络还能够获得哪些应用，计算机网络的发展趋势是怎样的，学到的计算机网络知识怎样与人们身边的网络相联系。

计算机网络知识涉及计算机网络的理论、技术与应用。学习知识要知其然，更要知其所以然，需要了解计算机网络的发展和历史，计算机网络发展过程中有哪些重要的里程碑事件。进一步了解计算机网络的组成涉及哪些网络硬件和网络软件，有哪些结构形式和描述方法，涉及哪些技术术语，这些术语又怎样理解。此外，还有计算机网络的分类方法，计算机网络的定义和描述方法，计算机网络体系结构层次和网络协议与人们的日常工作和生活中通信怎样类比等。

计算机网络的发展离不开标准化，需要了解国际上有哪些与计算机网络有关的标准组织，这些组织制定了哪些与计算机网络有关的标准。尤其是 Internet 标准是什么，以及怎样得到这些标准内容。

通过本章的学习，要求了解计算机网络的形成和历史、典型的计算机网络、与计算机网络有关的国际组织和国际标准，以及计算机网络应用和研究的热点问题。熟悉计算机网络的常用术语。掌握计算机网络的定义、计算机网络的组成和结构、计算机网络的分类方法和常用的拓扑结构。

## 1.1 计算机网络技术的发展历程

### 1.1.1 计算机网络的形成

计算机网络技术是计算机技术和通信技术相结合的技术，计算机技术和通信技术又离不开微电子技术的支撑。计算机网络 20 世纪 60 年代出现，经历了 20 世纪 70 年代、80 年代和 90 年代的发展，进入 21 世纪以后，计算机网络已经成为信息社会的基础设施，深入到人类社会的方方面面，与人们的工作、学习和生活息息相关。

任何一门科学技术发展的动力都是来自社会的需要，以及已有技术的支持。回顾人类社会通信技术、计算机技术和计算机网络技术发展的历程，以及涉及的其他技术，对理解计算机网络技术的形成和发展很有帮助。

1837 年发明了电报，1876 年出现电话，两者都采用电磁技术，人类社会进入近代电信时代。

1906 年发明了电子管，1912 年研制成功电子管放大器，揭开现代电子技术的序幕。

1930 年，微波通信开始应用，无线传输介质逐渐广泛运用于通信。



1936年，英国人图灵发表《论应用于决定问题的可计算数字》，提出了图灵机的理论和思想。

1939年，世界上第一台电子数字计算机 ABC 研制成功，计算机技术开始应用。

1946年，冯·诺依曼提出存储程序式计算机。美国宾夕法尼亚大学研制成功电子数字计算机 ENIAC。

1947年12月23日，研制成功世界上第一个晶体管，半导体技术即微电子技术开始应用。

1949年提出 PN 结理论，1950年研制出具有 PN 结的晶体管，1959年研制出硅平面管，发明了集成电路，之后根据摩尔定律，集成电路的集成度每18个月翻一番。

1954年远程终端出现，通过电话网络与远程的计算机主机实现数据传输。

1962年，第一颗人造地球通信卫星发射成功，卫星上的转发器使用微波与地面通信站进行通信，卫星通信开始应用。

1966年，英国国家物理实验室完成第一个分组交换实验网。

1968年，美国夏威夷大学无线分组交换网络（ALOHA）投入使用。

1969年，美国国防部高级研究规划署（Advanced Research Project Agency, ARPA）建成 ARPANET，ARPANET 的建成是计算机网络技术发展的里程碑。

1972年，美国施乐公司开发出以太网技术（Ethernet），用于组建局域网，揭开了组建局域网计算机网络的序幕。

1974年，TCP/IP 协议正式发表。1983年 TCP/IP 协议成为 ARPANET 上正式的网络协议。1985年和1988年对 TCP/IP 协议进行了修改和补充。

1974年，IBM 公司提出系统网络体系结构（System Network Architecture, SNA）

1975年，DEC 公司发布自己的数字网络体系结构（Digital Network Architecture, DNA）。

1976年，CCITT 制定 X.25 建议书，该建议书是用于传输计算机数据的分组交换网的第一个标准。CCITT 目前由 ITU-T 替代。

1977年，国际标准化组织 ISO 的 SC16 分技术委员会开始着手制定开放系统互连参考模型（Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM）。

1980年2月，美国 IEEE 制定出局域网网络的标准，称为 IEEE 802 标准。之后，IEEE 802 标准成为系列标准，包括城域网、无线局域网等的标准。

1980年，Novell 公司开发成功局域网操作系统 Netware，局域网络逐渐普及。

1981年，美国 IBM 公司个人计算机（PC）问世。IBM 公司采取开放微机操作系统 PC-DOS 源代码的措施，使得各计算机厂商生产出与之兼容的计算机产品。

1981年，国际学术网络（Because It's Time Network, BITNET）启用。

1982年，定义出电子邮件格式。1990年以后，电子邮件成为计算机网络中最广泛的应用之一。

1982年，UNIX 操作系统和微型计算机开始广泛应用于学术界和教育界。

1982年，令牌总线网（ARCnet）应用于微机工业控制中。

1983年，国际标准化组织（ISO）给出开放系统互连（OSI）基本参考模型的正式文件，国际标准号为 ISO 7498，用于提供研制计算机网络体系结构的框架。

1983年，ARPANET 分为两部分，即军事用途的 MILNET 和一般用途的 Internet。

1983年，AT&T 发明综合布线系统，照明、监控、网络数据线的逐渐应用于建筑设计。

1984年，美国苹果计算机公司研制出用于苹果微型计算机的图形用户界面（GUI）操作