



“十二五”江苏省高等学校重点教材

国家精品课程配套教材  
高等院校信息技术规划教材

# 计算机通信与 网络（第2版）

杨庚 主编  
章韵 成卫青 胡素君 沈金龙 编著



清华大学出版社



2013-1-151

“十二五”江苏省高等学校重点教材

国家精品课程配套教材

高等院校信息技术规划教材

# 计算机通信与 网络（第2版）

杨庚 主编

章韵 成卫青 胡素君 沈金龙 编著

清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机通信与网络的基本概念和基本理论与技术,内容包括计算机网络的基本概念、发展历史、体系结构、数据通信技术基础,以及物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层等层次的基本概念与功能,同时还包含了计算机网络新技术、网络管理和网络安全等相关的内容。各章后面附有练习题。

本书注重基本概念,从实际应用出发,突出重点,叙述清楚,深入浅出,论述详尽,通过较多的例题来说明概念和理论,便于教和学,是国家精品课程“计算机通信与网络”的配套教材。本书内容覆盖了研究生入学考试课程——“计算机学科专业基础综合考试”中“计算机网络”课程的大纲范围。

本书可作为高等学校计算机及相关专业的计算机网络等课程的教材,也可作为其他专业和科技工作者的参考用书。

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

计算机通信与网络/杨庚主编. --2版. --北京:清华大学出版社,2015

高等院校信息技术规划教材

ISBN 978-7-302-41531-2

I. ①计… II. ①杨… III. ①计算机通信网—高等学校—教材 IV. ①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 204404 号

责任编辑:焦虹 柴文强

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

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 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.25 字 数:502千字

版 次:2009年8月第1版 2015年10月第2版 印 次:2015年10月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.50元

产品编号:048723-01

# 前言

## Foreword

以因特网(互联网)为标志的计算机网络的发展,改变了人们的生活方式,引起了巨大的社会变革。而计算机网络与通信技术的融合为我们展示了更宽广的应用前景。基于 IP 技术的网络互连与通信使其理论和技术研究面临新的挑战,各类层次的人才培养需求不断增大。本书正是紧紧抓住计算机网络与通信技术的结合点,以 TCP/IP 协议为基础,深入浅出、全面系统地阐述了计算机通信与网络所涉及的基本概念和基本内容。

本书是国家精品课程“计算机通信与网络”的配套教材,总结了 we 近 30 年来讲授该课程的经验 and 体会,并参照了美国 ACM (Association for Computing Machinery, 美国计算机协会)、AIS (Association for Information Systems, 信息系统协会)和 IEEE CS (美国电子与电气工程师协会计算机学会)于 2004 年联合公布的计算学科教程 CC2004 (Computing Curricula 2004),以及中国计算机学会公布的 CCC2004 (China Computing Curricula 2004, 中国计算机科学与技术学科教程 2004),教材内容覆盖了研究生入学考试课程——“计算机学科专业基础综合考试”中“计算机网络”课程的大纲范围。

全书共分 9 章。第 1 章主要介绍计算机通信与网络的基本概念和发展历史;第 2 章侧重通信技术基础以及物理层的概念和功能;第 3 章描述了数据链路层的基本概念和功能;第 4 章是关于局域网与广域网技术;第 5 章介绍网络层与网络互连技术,包括基本概念和路由协议;第 6 章为传输层,重点讲述 TCP 和 UDP 这两种传输协议;第 7 章涉及应用层的基本内容,重点介绍了常用的应用协议,如 DNS、FTP、WWW 和电子邮件等;第 8 章介绍了网络管理的内容与相关协议,以及网络安全相关的知识等;第 9 章侧重计算机网络的新技术,特别是基于 IPv6 的下一代网络、无线网络与多媒体网络等技术。

该教材的第一版于 2009 年 8 月第一次印刷并开始使用。虽然该教材无论是设计理念,还是内容编排,在当时国内同类教材中都



属于比较先进的,并且在第二次印刷的时候,也修改了一些错别字或者其他小错误,但是为了体现网络技术新发展带来的新问题、新动向,我们于2013年对该教材展开了修订工作,并获得“十二五”江苏省高等学校重点规划教材立项。

此次修订在不增加教材篇幅的基础上,重新调整了知识体系与教学内容。为了满足工科类院校网络课程的教学需求,对教学内容的取舍做了重新规划和分布,去除了各课程之间的交叉重叠,加强或新增部分适合工科类大学生专业水平的教学内容。

全书每章附有大量例题和练习题,供教学选用,以便巩固所学内容。电子教案等教学辅助材料可在清华大学出版社的相关网址下载,或向 yangg@njupt.edu.cn 垂询。

本书由国家精品课程组杨庚、章韵、胡素君、叶晓国、成卫青、李鹏、倪晓军、沈金龙等老师编写,由杨庚老师负责统稿。南京邮电大学教务处对教材的编写给予了帮助,本书中引用了其他同行的工作成果,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2015年5月

# 目录

# Contents

<b>第 1 章 概论</b> .....	1
1.1 计算机通信与网络发展过程 .....	1
1.1.1 主要发展过程 .....	1
1.1.2 我国的网络发展现状 .....	3
1.2 计算机通信与网络基本概念 .....	5
1.2.1 计算机网络的定义 .....	6
1.2.2 计算机网络的组成 .....	6
1.3 网络的类型及其特征 .....	7
1.3.1 根据网络拓扑结构分类 .....	7
1.3.2 根据网络覆盖的范围分类 .....	8
1.3.3 无线网络 .....	9
1.4 计算机通信协议与网络体系结构 .....	10
1.4.1 通信协议与分层体系结构 .....	10
1.4.2 OSI-RM 体系结构 .....	12
1.4.3 TCP/IP 体系结构 .....	15
1.4.4 OSI-RM 和 TCP/IP 体系结构的比较 .....	17
1.4.5 网络通信标准化组织 .....	17
本章小结 .....	18
练习题 .....	19
<b>第 2 章 数据通信技术基础</b> .....	21
2.1 数据通信的基本概念 .....	21
2.1.1 数据、信息和信号 .....	21
2.1.2 数据通信系统 .....	22
2.1.3 传输媒体 .....	24
2.1.4 数据通信系统的技术指标 .....	28

2.2	数据传输方式 .....	31
2.2.1	并行传输与串行传输 .....	32
2.2.2	异步传输与同步传输 .....	32
2.2.3	单工、半双工和全双工传输 .....	34
2.2.4	模拟传输和数字传输 .....	34
2.3	数据传送技术 .....	35
2.3.1	数据序列的电信号表示 .....	35
2.3.2	信道容量的概念 .....	38
2.3.3	基带传输 .....	39
2.3.4	频带传输 .....	39
2.3.5	数字数据传输 .....	40
2.4	多路复用技术 .....	41
2.4.1	频分复用 .....	42
2.4.2	时分复用 .....	42
2.4.3	码分复用 .....	44
2.4.4	波分复用 .....	45
2.5	数据交换技术 .....	45
2.5.1	电路交换 .....	45
2.5.2	报文交换 .....	47
2.5.3	分组交换 .....	47
2.6	差错控制技术 .....	49
2.6.1	差错控制的基本原理 .....	49
2.6.2	差错控制的方式 .....	50
2.6.3	奇偶校验码 .....	51
2.6.4	汉明码 .....	51
2.6.5	循环冗余校验码 .....	53
2.7	数据通信接口特性 .....	55
	本章小结 .....	58
	练习题 .....	59
<b>第3章</b>	<b>数据链路层 .....</b>	<b>61</b>
3.1	数据链路层的基本概念 .....	61
3.1.1	数据电路和数据链路 .....	61
3.1.2	链路的结构 .....	62
3.1.3	数据链路层的功能 .....	63
3.2	流量控制和差错控制 .....	64
3.2.1	流量控制的作用 .....	64
3.2.2	停止-等待方式流量控制 .....	66

3.2.3	滑动窗口协议 .....	72
3.2.4	连续 ARQ 协议 .....	75
3.2.5	选择 ARQ 协议 .....	77
3.2.6	差错控制 .....	79
3.3	点对点信道的数据链路层协议 .....	79
3.3.1	数据链路层协议概述 .....	79
3.3.2	面向比特的传输控制规程 .....	80
3.3.3	Internet 中的点对点协议 .....	85
3.4	多路访问信道的数据链路层 .....	89
3.4.1	信道共享技术 .....	90
3.4.2	竞争系统的介质访问控制技术 .....	91
3.4.3	环型网介质访问方法 .....	94
3.4.4	令牌总线介质访问方法 .....	97
3.4.5	无线局域网介质访问控制方法 .....	98
	本章小结 .....	98
	练习题 .....	100
<b>第 4 章</b>	<b>局域网与广域网 .....</b>	<b>102</b>
4.1	局域网的基本概念 .....	102
4.1.1	局域网的定义 .....	102
4.1.2	局域网的技术特性 .....	103
4.1.3	局域网的相关标准 .....	105
4.2	以太网技术 .....	106
4.2.1	以太网概述 .....	106
4.2.2	以太网的 MAC 层 .....	107
4.2.3	以太网的工作参数 .....	110
4.2.4	以太网的信道利用率 .....	110
4.2.5	以太网的连接方法 .....	112
4.3	局域网的扩展 .....	113
4.3.1	在物理层扩展局域网 .....	113
4.3.2	在数据链路层扩展局域网 .....	113
4.4	高速以太网 .....	117
4.4.1	100BASE-T 以太网 .....	117
4.4.2	千兆以太网 .....	118
4.4.3	万兆以太网 .....	119
4.5	虚拟局域网 .....	120
4.5.1	虚拟局域网的概念 .....	120
4.5.2	虚拟局域网的工作原理 .....	120



4.6	无线局域网 .....	122
4.6.1	无线局域网的概念 .....	122
4.6.2	无线局域网的物理层 .....	124
4.6.3	无线局域网的 MAC 层 .....	124
4.7	广域网 .....	128
4.7.1	广域网的基本概念 .....	128
4.7.2	广域网中的分组交换 .....	129
4.7.3	X.25 分组交换网 .....	131
4.7.4	帧中继 .....	132
4.7.5	异步传递方式 .....	133
	本章小结 .....	135
	练习题 .....	136
<b>第 5 章</b>	<b>网络层与网络互连 .....</b>	<b>137</b>
5.1	网络层概念 .....	137
5.2	网络互连 .....	139
5.2.1	分类的 IP 地址 .....	139
5.2.2	IP 地址的分配与使用 .....	140
5.2.3	因特网地址到物理地址的映射 .....	142
5.2.4	逆地址解析协议 .....	144
5.2.5	IP 数据报 .....	144
5.2.6	无连接的数据报传送 .....	149
5.3	差错与控制报文协议(ICMP) .....	152
5.3.1	ICMP 报文 .....	152
5.3.2	目的不可达报文 .....	153
5.3.3	超时报文 .....	154
5.3.4	源抑制报文 .....	154
5.3.5	回应请求与应答报文 .....	155
5.4	子网编址及无分类编址与 CIDR .....	155
5.4.1	子网编址 .....	156
5.4.2	子网转发 .....	158
5.4.3	代理 ARP .....	159
5.4.4	无编号的点对点网络 .....	160
5.4.5	无分类编址与 CIDR .....	161
5.4.6	使用 CIDR 时的路由查找算法 .....	162
5.4.7	专用 IP 地址 .....	163
5.5	因特网的路由选择协议 .....	164
5.5.1	自治系统与路由选择协议分类 .....	164

5.5.2	内部网关协议 RIP	166
5.5.3	内部网关协议 OSPF	169
5.5.4	外部网关协议 BGP	176
5.6	IP 组播	180
5.6.1	IP 组播基本概念	180
5.6.2	IP 组播地址和 IP 协议对组播的处理	181
5.6.3	IP 组管理协议	183
5.6.4	组播转发和路由选择	184
5.7	移动 IP	186
5.7.1	移动 IP 的概念	186
5.7.2	移动 IP 的通信过程	187
5.8	专用网络互连(VPN 和 NAT)	189
5.8.1	虚拟专用网	189
5.8.2	网络地址转换	190
	本章小结	192
	练习题	193

## 第 6 章 传输层 195

6.1	传输服务	195
6.1.1	传输层的功能	195
6.1.2	传输层编址	197
6.1.3	无连接服务和面向连接服务	197
6.2	无连接的传输层协议 UDP	198
6.2.1	UDP 概述	198
6.2.2	UDP 首部格式	198
6.2.3	UDP 实例	199
6.3	面向连接的传输层协议 TCP	200
6.3.1	TCP 概述	200
6.3.2	TCP 首部格式	200
6.3.3	TCP 连接管理	202
6.3.4	TCP 可靠传输	205
6.3.5	TCP 流量控制	208
6.3.6	TCP 拥塞控制	209
6.3.7	TCP 实例	211
6.4	套接字	212
6.4.1	套接字的概念	212
6.4.2	套接字编程	213
	本章小结	214

练习题 .....	215
<b>第7章 应用层 .....</b>	<b>217</b>
7.1 网络应用模式 .....	217
7.1.1 以大型机为中心的应用模式 .....	218
7.1.2 以服务器为中心的应用模式 .....	218
7.1.3 客户机/服务器应用模式 .....	218
7.1.4 基于 Web 的客户机/服务器应用模式 .....	219
7.1.5 P2P 模式 .....	221
7.2 网络基本服务 .....	221
7.2.1 域名系统 .....	221
7.2.2 远程登录 .....	226
7.2.3 文件传输协议 .....	226
7.2.4 简单文件传输协议 .....	228
7.2.5 引导程序协议与动态主机配置协议 .....	229
7.3 电子邮件系统与 SMTP .....	230
7.3.1 电子邮件系统的组成 .....	230
7.3.2 SMTP .....	231
7.3.3 POP3 和 IMAP4 .....	232
7.3.4 MIME .....	233
7.4 万维网与 HTTP .....	238
7.4.1 超文本传输协议 .....	239
7.4.2 超文本标记语言 .....	242
本章小结 .....	244
练习题 .....	245
<b>第8章 网络管理和网络安全 .....</b>	<b>247</b>
8.1 网络管理的基本概念 .....	247
8.1.1 网络管理的发展及逻辑结构 .....	247
8.1.2 网络管理标准化 .....	250
8.2 网络管理的主要功能 .....	250
8.3 网络管理协议 .....	253
8.3.1 网络管理协议的产生与发展 .....	253
8.3.2 公共管理信息协议(CMIP) .....	254
8.3.3 简单网络管理协议(SNMP) .....	257
8.4 网络安全概述 .....	262
8.4.1 网络安全性的威胁因素 .....	262

8.4.2	网络安全的目标 .....	263
8.4.3	安全服务与安全机制 .....	265
8.5	数据加密技术 .....	267
8.5.1	对称密钥密码技术 .....	267
8.5.2	非对称密钥密码技术 .....	269
8.6	用户身份认证 .....	270
8.6.1	基于共享密钥的用户认证协议 .....	271
8.6.2	基于公开密钥算法的用户认证协议 .....	271
8.6.3	基于密钥分发中心的用户认证协议 .....	272
8.6.4	数字签名 .....	273
8.6.5	报文摘要 .....	274
8.7	IPSec 与虚拟专用网 .....	274
8.8	高层安全 .....	278
8.9	其他安全技术 .....	280
8.9.1	防火墙技术 .....	280
8.9.2	入侵检测系统 .....	281
	本章小结 .....	282
	练习题 .....	282
<b>第 9 章</b>	<b>网络技术发展动态 .....</b>	<b>284</b>
9.1	基于 IPv6 的下一代因特网 .....	284
9.1.1	IP 网的 QoS 技术 .....	284
9.1.2	基于 IPv6 的 NGI .....	288
9.2	基于软交换/IMS 的下一代网络 .....	291
9.2.1	软交换技术 .....	291
9.2.2	软交换相关协议 .....	294
9.2.3	IMS .....	298
9.3	可信网络和普适服务 .....	302
9.3.1	可信网络 .....	302
9.3.2	普适服务 .....	305
	本章小结 .....	307
	练习题 .....	307
	<b>主要参考文献 .....</b>	<b>309</b>

## 概 论

人类社会正经历着一场信息革命,特别是进入 20 世纪 90 年代以后,以因特网为代表的计算机通信与网络得到了飞速的发展,改变了人们生活的方式,引起了社会、经济、工业生产、传媒等多方面的变革,它们的重要特征就是数字化、网络化和信息化,它们的技术基础是通信技术与计算机技术的融合,而计算机网络就是这些信息交流共享的载体。

计算机通信与网络技术始于 20 世纪 50 年代中期,它的诞生和发展的动力是人们对信息交换和资源共享的需求。计算机网络中的数据通信是个复杂的过程,需要解决信息从发送端到接收端的一系列问题,包括信息的生成、表示、处理、传输、保密等过程,这也是本教材所要讨论的问题。

本章主要讨论计算机通信与网络的发展过程、基本概念、网络的类型及其特征和计算机通信协议与网络体系结构等内容。

### 1.1 计算机通信与网络发展过程

1946 年,世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生,随着计算机性能与应用需求的不断发展,计算机技术与通信技术的融合使计算机通信与网络经历了从简单到复杂、从低级到高级、从地区到全球的发展过程。从为解决远程计算信息的收集和处理而形成的联机系统开始,发展到以资源共享为目的而互连起来的计算机群,使之渗透到社会生活的各个领域。

#### 1.1.1 主要发展过程

从应用领域上看,这个过程大致可划分为四个阶段:

第一阶段:面向终端的计算机网络。这个阶段主要从 20 世纪 50 年代中期到 60 年代中期,这种网络实际上就是以单个计算机为中心的远程联机系统,在地理上分散的终端不具备自主计算与处理功能,它们通过通信线路连接到中心计算机上,实现对中心计算机资源的访问和使用。这样的系统除了一台中心计算机外,其余的终端设备都没有自主处理的功能,所以,严格地讲还不能算一个计算机网络。但现在为了更明确地区别于

后来发展的多个计算机互连的计算机网络,称之为面向终端的计算机网络。随着连接的终端数目的增多,为了使承担数据处理的中心计算机减轻负载,在通信线路和中心计算机之间设置了一个前端处理机(Front End Processor, FEP),专门负责与终端之间的通信控制,出现了数据处理的通信控制分工,从而更好地发挥中心计算机的数据处理能力。另外,在终端较集中的地区,设置集中器和多路复用器,它首先通过低速线路将附近群集的终端连至集中器或复用器,然后通过高速通信线路、调制解调器与远程中心计算机的前端处理机相连。图 1-1 为一典型的远程连机系统。因此,这种系统的特点是系统由主机和终端构成的,所有数据处理的通信处理都是由主机完成的。



图 1-1 一典型的远程连机系统

第二阶段:多个计算机互连的计算机网络。这个阶段主要从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代末,在第一阶段的基础上,发展形成了若干个计算机互连的系统,开创了从计算机到计算机通信的时代。第二阶段的典型代表是 ARPA 网(ARPANET),它标志着我们目前常见的计算机网络的兴起。20 世纪 60 年代后期,由美国国防部高级研究计划局 ARPA(目前称为 DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency)提供经费,由计算机公司和大学共同研制了 ARPANET,其主要目标是借助于通信系统,使网内各计算机系统间能够相互共享资源。

ARPANET 的研制对计算机通信与网络的发展起到了重要的推动作用,它在概念、结构和网络设计等方面的研究为后继的计算机通信与网络打下了基础。此阶段的计算机网络的特点是建立了计算机与计算机的互连与通信,实现了计算机资源的共享。但缺点是没有形成统一的互连标准,使网络在规模与应用等方面受到了限制。

第三阶段:面向标准化的计算机网络。这个阶段主要从 20 世纪 80 年代开始到 90 年代初期,是开放式标准化的计算机网络阶段。国际标准化组织(International Standards Organization, ISO)于 1984 年正式颁布了一个称为开发式系统互连基本参考模型(Open System Interconnection Basic Reference Model, OSI-RM)的国际标准 ISO7498,该模型按层次结构划分为七个子层,OSI-RM 模型目前已被国际社会普遍接受,是目前计算机网络系统结构的基础。

20 世纪 80 年代中期,以 OSI-RM 模型为基础,ISO 以及当时的国际电话电报咨询委员会 CCITT 等为各个层次开发了一系列的协议标准,组成了庞大的 OSI 基本标准集,CCITT 是联合国国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)下属的一个组织,目前已经撤销,更名为电信标准化部(Telecommunications Standardization Sector, ITU-TSS),也称为 ITU-T。CCITT 颁布的建议在数据通信与网络方面最著名的就是 X 系列建议,如在公用数据网中广泛采用的 X. 25、X. 3、X. 28、X. 29 和 X. 75 等。

在此阶段,以 ARPANET 为基础,形成了基于 TCP/IP 协议族的因特网(Internet)。

即任何一台计算机只要遵循 TCP/IP 协议族标准,并有一个合法的 IP 地址,就可以接入到 Internet。TCP 和 IP 是 Internet 所采用的协议族中最核心的两个协议,分别称为传输控制协议(Transmission Control Protocol, TCP)和互联网协议(Internet Protocol, IP)。它们尽管不是某个国际官方组织制定的标准,但由于被广泛采用,已成为事实上的标准。基于 TCP/IP 协议族的因特网是当今计算机网络互连的基础。

第四阶段:面向全球互连的计算机网络。这个阶段主要从 20 世纪 90 年代中期开始。1993 年美国政府发布了名为“国家信息基础设施行动计划”(National Information Infrastructure, NII)的文件,其核心是构建国家信息高速公路,即建设一个覆盖全美的高速宽带通信与计算机网络。此计划的实施在全世界引起了巨大的反响,许多国家和地区纷纷效仿,制定各自的建设计划,我国也在这个阶段快速推进了国家信息网络的建设。所有这一切在全球范围内极大地推动了计算机网络及其应用的发展,使计算机网络进入了一个新的发展阶段。

这一时期在计算机通信与网络技术方面以高速率、高服务质量、高可靠性等为指标,出现了高速以太网、VPN、无线网络、P2P 网络、NGN 等技术,计算机网络的发展与应用渗入了人们生活的各个方面,进入一个多层次的发展阶段。

必须指出的是,随着移动终端接入的需求增加,移动互联网进入了快速发展阶段。其业务特点不仅体现在移动性上,可以“随时、随地、随心”地享受互联网业务带来的便捷,还表现在更丰富的业务种类、个性化的服务和更高服务质量的保证,当然,目前移动互联网在网络和终端方面也受到了一定的限制。

### 1.1.2 我国的网络发展现状

我国的信息网络与计算机网络的大规模发展始于 20 世纪 90 年代初。在公用数据通信网络建设方面,1993 年底国家有关部门决定兴建“金桥”、“金卡”、“金关”工程,简称“三金”工程。“金桥”工程是以卫星综合数字网为基础,以光纤、微波、无线移动等方式,形成空地一体的网络结构。可传输数据、话音、图像等,以电子邮件、电子数据交换(Electronic Data Interexchange, EDI)为信息交换平台,为各类信息的流通提供物理通道。“金卡”工程即电子货币工程。它的目标是用 10 年多的时间,在 3 亿城市人口推广普及金融交易卡和信用卡。“金关”工程是用 EDI 实现国际贸易信息化,进一步与国际贸易接轨。

随后中国的公用数据通信网建设速度加快。电信部门建立了中国公用分组交换数据网(ChinaPAC)、中国公用数字数据网(ChinaDDN)和中国公用帧中继网(ChinaFRN)等数字通信网络,形成了我国的公用数据通信网。ChinaPAC 由国家骨干网和各省(市、区)的省内网组成。目前骨干网之间覆盖所有省会城市,省内网覆盖到有业务要求的所有城市和发达乡镇。通过和电话网的互连,ChinaPAC 可以覆盖到电话网通达的所有地区。ChinaPAC 设有一级交换中心和二级交换中心,一级交换中心之间采用不完全网状结构,一级交换中心到所属二级交换中心之间采用星状结构。ChinaDDN 由于协议简单,速率较高,这几年在我国得到迅速发展。1994 年开始组建 ChinaDDN 一级干线网。目前一级干线网已通达所有省会城市,各省、直辖市、自治区都在积极建设经营 DDN 网,至

1996年底,ChinaDDN已经覆盖到2100个县级以上城市,发达地区已覆盖到乡镇,端口总数达18万个。ChinaFRN是我国第一个将向公众提供服务的宽带数据通信网络,ChinaFRN主要提供64K以上的中高速数据通信服务。

在因特网建设方面,中国的发展历史分为三个阶段。

第一阶段是1986至1994年。这个阶段主要是通过中科院高能物理研究所的网络线路,实现了与欧洲及北美地区的E-mail通信。中国科技界从1986年开始使用Internet。从1990年开始,国内的北京市计算机应用研究所、中科院高能物理研究所、信首产业部华北计算所、石家庄第54研究所等科研单位,先后将自己的计算机以X.28或X.25与ChinaPAC相连接。同时,利用欧洲国家的计算机作为网关,在X.25网与Internet之间进行转接,使得中国的ChinaPAC科技用户可以与Internet用户进行E-mail通信。

第二阶段是1994至1995年。这一阶段是教育科研网的发展阶段。北京中关村地区及清华、北大的科研人员组成了NCFC(The National Computing and Networking Facility of China,中国国家计算机与网络设施)联合设计组,于1994年4月20日中国正式开通了接入Internet的64kb/s专线连接,同时还建设了中国最高域名服务器,从此真正加入到了国际Internet的行列;此后又建成了中国教育和科研计算机网(CERNET)。

CERNET是国家批准立项、原国家教委主持建设和管理的全国性教育和科研网络,目的是要把全国大部分高等学校连接起来,推动这些学校校园网的建设和信息资源的交流,并与现有的国际学术计算机网互连。

第三阶段是1995至2007年。该阶段开始了商业应用的快速发展。1995年5月邮电部开通了中国公用Internet,即ChinaNET。1996年9月信息产业部的ChinaGBN开通。1997年6月3日组建了中国互联网管理和服务机构:中国互联网信息中心(China Internet Network Information Center,CNNIC)。1997年公布了第一次中国互联网发展状况统计报告,当时以cn注册的域名数为4066个。

2001年5月25日中国互联网协会成立,它由国内从事互联网行业的网络运营商、服务提供商、设备制造商、系统集成商以及科研、教育机构等70多家互联网从业者共同发起成立,是由中国互联网行业及与互联网相关的企事业单位自愿结成的、行业性的、全国性的、非营利性的社会组织。2006年1月1日中华人民共和国人民政府门户网站(www.gov.cn)正式开通,中国网络用户规模继续呈现持续快速发展的趋势。基于计算机网络的应用渗透到了国民经济的各个领域,如政府办公、媒体宣传、教育培训、金融证券、医疗保险、企业生产与管理等。

第四阶段是2008年以后。该阶段以规模等多项指标位居国际前列为标志。到2008年6月底,中国互联网网民数量达到了2.53亿,首次大幅度超过美国,跃居世界第一位,到2008年12月,达到2.98亿人,较2007年增长8800万人,年增长率为41.9%。中国互联网普及率达到22.6%,首次超过全球平均水平(21.9%)。据CNNIC报告,截至2012年2月中国网民规模为5.23亿人,互联网普及率为39.0%(见图1-2)。cn域名总数为3319776个。中国大陆IPv4地址数量约为3.30亿个,



居全球第二位(见表 1-1)。

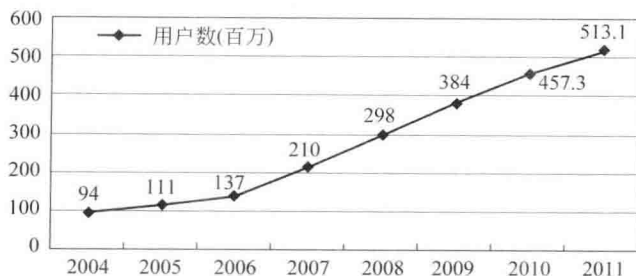


图 1-2 中国互联网用户发展情况

表 1-1 全球部分国家与地区的 IPv4 地址数

序号	国家或地区	IPv4 地址数	序号	国家或地区	IPv4 地址数
1	美国	1 538 945 280	11	意大利	40 252 320
2	中国	330 317 056	12	俄罗斯	39 249 704
3	日本	202 108 416	13	中国台湾	35 383 040
4	韩国	112 237 056	14	印度	34 675 968
5	德国	97 977 224	15	西班牙	26 181 248
6	法国	85 453 936	16	荷兰	25 333 256
7	英国	85 004 800	17	墨西哥	25 326 336
8	加拿大	80 516 864	18	瑞典	23 436 200
9	巴西	48 563 712	19	南非	20 379 392
10	澳大利亚	47 559 936	20	波兰	18 837 736

另一方面,截至 2011 年 12 月底,中国手机网民规模达到 3.56 亿,同比增长 17.5%,与前两年相比,虽然增长速度开始放缓,但仍高于整体网民 13.5% 的增长率。从发展趋势看,手机将逐步成为中国网民最主要的上网设备,移动互联网进入快速发展时期。

移动互联网是移动通信和互联网结合的产物,它将互联网业务移动化,并且能够在移动互联网环境中提供新的应用,以满足移动互联网的特性。随着移动互联网业务的不断扩展与丰富,特别是国家“宽带中国”工程的启动,将从基础设施、系统集成、业务开发、系统监控与管理等多方面提升我国信息网络的水平。

## 1.2 计算机通信与网络基本概念

在后面的学习中将涉及一些计算机通信与网络的概念,尽管有一些概念目前还没有严格的定义,但我们将力图从不同的角度解释这些概念。