

# 全国计算机等级 考试四级教程



教育部考试中心

## —— 计算机网络 (2013年版)



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

# 全国计算机等级考试四级教程

## ——计算机网络

### (2013 年版)

Quanguo Jisuanji Dengji Kaoshi Siji Jiaocheng  
——Jisuanji Wangluo

教育部考试中心

张建忠 金志刚 吴 英 编



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

TP3-43  
612  
V4  
2012

## 内容提要

本书根据教育部考试中心最新颁布的《全国计算机等级考试计算机网络考试大纲(2013年版)》的要求编写而成,主要内容包括网络技术基础、局域网基础、Internet基础、Internet基本服务、新型网络应用、网络管理与网络安全,书后附有最新版的考试大纲及考试样题。本书的编写目标是使计算机网络的考生具有计算机网络基础知识,掌握局域网、Internet的基础原理,熟悉计算机网络系统的组建方法和技术,从而能够运用掌握的知识进行简单网络应用系统的使用与维护。

本书可供报考全国计算机等级考试计算机网络科目的考生使用,也可作为普通高等学校网络课程的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

全国计算机等级考试四级教程:2013年版. 计算机网络/教育部考试中心编. --北京:高等教育出版社, 2013.5

ISBN 978-7-04-036946-5

I. ①全… II. ①教… III. ①电子计算机-水平考试-教材②计算机网络-水平考试-教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第025264号

策划编辑 何新权 责任编辑 何新权 封面设计 李树龙 版式设计 于婕  
插图绘制 尹莉 责任校对 王雨 责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印刷 北京市密东印刷有限公司  
开本 787mm×1092mm 1/16  
印张 17.5  
字数 410千字  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版次 2013年5月第1版  
印次 2013年5月第1次印刷  
定 价 35.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 36946-00

# 积极发展全国计算机等级考试 为培养计算机应用专门人才、促进信息 产业发展作出贡献 (序)

中国科协副主席 中国系统仿真学会理事长  
第五届全国计算机等级考试委员会主任委员  
赵沁平

当今,人类正在步入一个以智力资源的占有和配置,知识生产、分配和使用为最重要因素的知识经济时代,也就是小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的时代。世界各国的竞争已成为以经济为基础、以科技(特别是高科技)为先导的综合国力的竞争。在高科技中,信息科学技术是知识高度密集、学科高度综合、具有科学与技术融合特征的学科。它直接渗透到经济、文化和社会的各个领域,迅速改变着人们的工作、生活和社会的结构,是当代发展知识经济的支柱之一。

在信息科学技术中,计算机硬件及通信设施是载体,计算机软件是核心。软件是人类知识的固化,是知识经济的基本表征,软件已成为信息时代的新型“物理设施”。人类抽象的经验、知识正逐步由软件予以精确地体现。在信息时代,软件是信息化的核心,国民经济和国防建设、社会发展、人民生活都离不开软件,软件无处不在。软件产业是增长快速的朝阳产业,是具有高附加值、高投入高产出、无污染、低能耗的绿色产业。软件产业的发展将推动知识经济的进程,促进从注重量的增长向注重质的提高方向发展。软件产业是关系到国家经济安全和文化安全,体现国家综合实力,决定 21 世纪国际竞争地位的战略产业。

为了适应知识经济发展的需要,大力促进信息产业的发展,需要在全民中普及计算机的基本知识,培养一批又一批能熟练运用计算机和软件技术的各行各业的应用型人才。

1994 年,国家教委(现教育部)推出了全国计算机等级考试,这是一种专门评价应试人员对计算机软硬件实际掌握能力的考试。它不限制报考人员的学历和年龄,从而为培养各行业计算机应用人才开辟了一条广阔的道路。

1994 年是推出全国计算机等级考试的第一年,当年参加考试的有 1 万余人,2012 年报考人数已达 549 万人。截至 2012 年年底,全国计算机等级考试共开考 36 次,考生人数累计达 4 933 万人,有 1 876 万人获得了各级计算机等级证书。

事实说明,鼓励社会各阶层人士通过各种途径掌握计算机应用技术,并通过等级考试对他们的能力予以科学、公正、权威性的认证,是一种比较好的、有效的计算机应用人才培养途径,符合我国的具体国情。等级考试同时也为用人单位录用和考核人员提供了一种测评手段。从有关公司对等级考试所作的社会抽样调查结果看,不论是管理人员还是应试人员,对该项考试的内容和

形式都给予了充分肯定。

计算机技术日新月异。全国计算机等级考试大纲顺应技术发展和社会需求的变化,从2010年开始对新版考试大纲进行调研和修订,在考试体系、考试内容、考试形式等方面都做了较大调整,希望等级考试更能反映当前计算机技术的应用实际,使培养计算机应用人才的工作更健康地向前发展。

全国计算机等级考试取得了良好的效果,这有赖于各有关单位专家在等级考试的大纲编写、试题设计、阅卷评分及效果分析等多项工作中付出的大量心血和辛勤劳动,他们为这项工作的开展作出了重要的贡献。我们在此向他们表示衷心的感谢!

我们相信,在21世纪知识经济和加快发展信息产业的形势下,在教育部考试中心的精心组织领导下,在全国各有关专家的大力配合下,全国计算机等级考试一定会以“激励引导成才,科学评价用才,服务社会选材”为目标,服务考生和社会,为我国培养计算机应用专门人才的事业作出更大的贡献。

2013年3月

# 前 言

本书是根据教育部考试中心颁布的最新《全国计算机等级考试计算机网络考试大纲(2013年版)》编写的。

为了贯彻教育部考试中心关于等级考试新的改革精神,我们按照《全国计算机等级考试四级计算机网络考试大纲(2013年版)》对原教程进行了修订。由于原书中计算机基础和网络操作系统部分与等级考试其他科目有一定重复,因此本书删除了相关的章节和内容。同时,我们对其他章节进行了进一步的条理化和修订,删除了一些目前不常用的内容,增加了一些目前流行的新技术和新应用。

修订后的本书包括6章,其中第1章介绍网络技术基础,讨论计算机网络的基本概念、分组交换与包交换、网络体系结构与协议等内容;第2章给出了局域网的基础知识,介绍了局域网的基本概念、共享式和交换式局域网、虚拟局域网和无线局域网等内容;第3章为Internet基础,讨论了Internet的构成、TCP/IP协议等具体内容;第4章讨论Internet基本服务,包括DNS、FTP、Web、E-mail等Internet提供的基本服务;第5章介绍新型网络应用,包括即时通信、文件共享、IPTV、VoIP、网络搜索、社交网络等应用系统;第6章为网络管理与网络安全,介绍网络管理协议、加密技术、认证技术、入侵检测与防火墙技术、病毒防范技术等内容。

本书由张建忠、金志刚和吴英负责编写完成,由张建忠负责统稿。参与本次修订的人员有吴英、刘立新(第1章、第2章)、张建忠、徐敬东(第3章、第4章)、金志刚、罗咏梅(第5章、第6章)。

由于年龄原因,刘瑞挺教授不再参与本书的主编和编写工作。在此,我们向为全国计算机等级考试四级计算机网络教程做出巨大贡献的刘瑞挺教授、吴功宜教授表示衷心的感谢。

由于网络技术更新很快,加之作者的水平所限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正,以便今后修订时改正。

编 者  
2013年3月

# 目 录

<b>第 1 章 网络技术基础</b> .....	1
1.1 计算机网络的形成与发展 .....	1
1.1.1 计算机网络的发展阶段 .....	1
1.1.2 计算机网络的形成 .....	2
1.1.3 网络体系结构与协议标准化 .....	3
1.1.4 互联网应用与高速网络技术发展 .....	4
1.1.5 宽带城域网的发展 .....	6
1.1.6 无线网络的发展 .....	8
1.1.7 操作系统的发展 .....	10
1.1.8 我国互联网的发展 .....	13
1.2 计算机网络的基本概念 .....	14
1.2.1 计算机网络的定义 .....	14
1.2.2 计算机网络的分类 .....	14
1.2.3 计算机网络的拓扑结构 .....	16
1.2.4 描述计算机网络传输特性的参数 .....	17
1.3 分组交换与包交换 .....	19
1.3.1 线路交换的基本概念 .....	19
1.3.2 存储转发交换的特点 .....	20
1.3.3 数据报方式与虚电路方式 .....	21
1.4 网络体系结构与网络协议 .....	23
1.4.1 网络体系结构的概念 .....	23
1.4.2 ISO/OSI 参考模型 .....	24
1.4.3 TCP/IP 参考模型与协议 .....	26
1.4.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较 .....	28
1.5 互联网应用的发展 .....	29
1.5.1 基于 Web 应用的发展 .....	29
1.5.2 搜索引擎技术的发展 .....	30
1.5.3 播客技术的应用 .....	31
1.5.4 博客技术的应用 .....	32
1.5.5 网络电视的应用 .....	33
1.5.6 P2P 技术的应用 .....	33
小结 .....	36
<b>第 2 章 局域网基础</b> .....	37
2.1 局域网与城域网的基本概念 .....	37
2.1.1 决定局域网与城域网特点的三要素 .....	37
2.1.2 局域网拓扑结构类型 .....	37
2.1.3 传输介质类型与介质访问控制方法 .....	39
2.1.4 IEEE 802 参考模型 .....	39
2.2 共享式以太网 .....	41
2.2.1 Ethernet 技术的发展 .....	41
2.2.2 Ethernet 工作流程 .....	42
2.2.3 Ethernet 帧结构 .....	47
2.2.4 Ethernet 实现方法 .....	48
2.2.5 Ethernet 物理地址 .....	49
2.3 高速局域网的工作原理 .....	50
2.3.1 高速局域网的研究方法 .....	50
2.3.2 Fast Ethernet .....	51
2.3.3 Gigabit Ethernet .....	52
2.3.4 10 Gigabit Ethernet .....	53
2.3.5 40/100 Gigabit Ethernet .....	54
2.4 交换式局域网与虚拟局域网 .....	55
2.4.1 交换式局域网的基本结构 .....	55
2.4.2 局域网交换机的工作原理 .....	56
2.4.3 虚拟局域网的工作原理 .....	58
2.5 无线局域网 .....	60
2.5.1 无线局域网的应用 .....	60
2.5.2 无线局域网的分类 .....	61

2.5.3 无线局域网标准	
IEEE 802.11	64
小结	70
<b>第3章 Internet 基础</b>	<b>71</b>
3.1 Internet 的构成	71
3.1.1 Internet 的主要组成部分	72
3.1.2 Internet 的接入方式	74
3.2 IP 协议与 IP 层服务	76
3.2.1 IP 互联网的工作机理	76
3.2.2 IP 服务	77
3.2.3 IP 互联网的特点	77
3.3 IP 地址	78
3.3.1 IP 地址的作用	78
3.3.2 IP 地址的层次结构	79
3.3.3 IP 地址的分类	80
3.3.4 IP 地址的直观表示法	81
3.3.5 特殊的 IP 地址形式	82
3.3.6 子网编址	82
3.3.7 地址解析协议 ARP	84
3.4 IP 数据报	85
3.4.1 IP 数据报的格式	85
3.4.2 IP 封装、分片与重组	87
3.4.3 IP 数据报选项	89
3.5 差错与控制报文	90
3.5.1 ICMP 差错控制	90
3.5.2 ICMP 控制报文	91
3.5.3 ICMP 请求/应答报文对	92
3.6 路由器与路由选择	92
3.6.1 表驱动 IP 选路	92
3.6.2 路由表的建立与刷新	96
3.6.3 RIP 协议与向量-距离算法	97
3.6.4 OSPF 协议与链路-状态算法	100
3.6.5 部署和选择路由协议	102
3.7 组播技术	103
3.7.1 IP 组播的概念和特点	103
3.7.2 组播技术基础	105
3.8 IPv6 协议	108
3.8.1 IPv4 协议的局限性	108
3.8.2 IPv6 地址	108
3.8.3 IPv6 数据报	110
3.8.4 IPv6 地址自动配置	111
3.9 TCP 与 UDP	111
3.9.1 端对端通信	112
3.9.2 传输控制协议 TCP	112
3.9.3 用户数据报协议 UDP	117
3.10 NAT 的基本工作原理	118
3.10.1 为何使用网络地址转换?	118
3.10.2 NAT 的主要技术类型	118
小结	122
<b>第4章 Internet 基本服务</b>	<b>125</b>
4.1 应用进程通信模型	125
4.1.1 客户机/服务器模型	125
4.1.2 对等计算模型	128
4.2 域名系统	134
4.2.1 互联网的命名机制	134
4.2.2 域名解析	138
4.2.3 对象类型与资源记录	141
4.3 远程登录服务	142
4.3.1 远程登录协议	143
4.3.2 远程登录的工作原理	143
4.3.3 使用远程登录	143
4.4 FTP 服务	144
4.4.1 FTP 客户机/服务器模型	144
4.4.2 FTP 命令与响应	145
4.4.3 文件格式	146
4.4.4 用户接口	146
4.4.5 FTP 访问控制	148
4.5 电子邮件系统	148
4.5.1 电子邮件系统的基本知识	149
4.5.2 电子邮件传递协议	151
4.5.3 电子邮件的报文格式	153
4.6 Web 服务	155
4.6.1 Web 的基本概念	155
4.6.2 Web 系统的传输协议	159



4.6.3	Web 系统的页面表示方式	161	6.2	信息安全技术概述	218
4.6.4	Web 的安全性	162	6.2.1	信息安全的概念	219
小结		165	6.2.2	信息安全策略	219
<b>第 5 章</b>	<b>新型网络应用</b>	167	6.2.3	信息安全等级	219
5.1	即时通信系统	167	6.3	网络安全问题与安全策略	220
5.1.1	即时通信系统的概述	167	6.3.1	网络安全的基本概念	221
5.1.2	即时通信系统的基础通信模式	168	6.3.2	OSI 安全框架	222
5.1.3	即时通信实例	170	6.3.3	网络安全模型	225
5.1.4	即时通信系统的通信协议	171	6.4	加密技术	226
5.2	文件共享	178	6.4.1	密码学基本术语	227
5.2.1	网络文件系统 NFS	178	6.4.2	对称密码	229
5.2.2	Windows LAN 文件共享	179	6.4.3	公钥密码	231
5.2.3	P2P 文件共享	181	6.4.4	密钥管理	234
5.3	IPTV	185	6.5	认证技术	236
5.3.1	IPTV 系统	185	6.5.1	消息认证	236
5.3.2	IPTV 系统关键技术	189	6.5.2	数字签名	238
5.4	VoIP	191	6.5.3	身份认证	240
5.4.1	VoIP 实现方法	191	6.5.4	常用的身份认证协议	241
5.4.2	VoIP 系统组成	192	6.6	安全技术应用	242
5.4.3	Skype	195	6.6.1	安全电子邮件	242
5.5	网络搜索技术	198	6.6.2	网络层安全:IPSec	245
5.5.1	网络搜索引擎	198	6.6.3	Web 安全	246
5.5.2	搜索引擎的原理和组成	198	6.7	入侵检测技术与防火墙	248
5.5.3	Google 和百度搜索引擎	202	6.7.1	入侵者	248
5.6	社交网络	205	6.7.2	入侵检测技术	248
5.6.1	社交网络的概念与历史	205	6.7.3	防火墙的特性	252
5.6.2	社会网络的基本模型	206	6.7.4	防火墙的分类	252
5.6.3	社会网络应用实例	207	6.8	计算机病毒问题与防护	255
小结		210	6.8.1	计算机病毒	255
<b>第 6 章</b>	<b>网络管理与网络安全</b>	212	6.8.2	计算机病毒的防治策略	258
6.1	网络管理	212	小结		259
6.1.1	网络管理的基本概念	212	<b>附录 1</b>	<b>全国计算机等级考试四级</b>	
6.1.2	网络管理的功能	213		<b>计算机网络考试大纲</b>	
6.1.3	网络管理模型	215		<b>(2013 年版)</b>	262
6.1.4	网络管理协议	217	<b>附录 2</b>	<b>全国计算机等级考试四级</b>	
				<b>计算机网络样卷及参考</b>	
				<b>答案</b>	264

# 第1章 网络技术基础

本章在介绍计算机网络的形成与发展的基础上,对计算机网络的基本概念、分组交换与包交换、网络体系结构与网络协议等内容进行系统地讨论,并对互联网应用的发展进行了探讨,以帮助读者对计算机网络有一个全面和准确的认识。

## 学习目标:

- 了解计算机网络的形成与发展
- 掌握计算机网络的基本概念
- 掌握分组交换与包交换技术的基本原理
- 掌握网络体系结构与网络协议的基本概念
- 了解互联网应用的发展

## 1.1 计算机网络的形成与发展

### 1.1.1 计算机网络的发展阶段

计算机网络是计算机技术与通信技术高度发展、紧密结合的产物,计算机网络技术的进步正在对当代社会发展产生重要的影响。纵观计算机网络的形成与发展历史,大致可以将它划分为4个阶段:

第一阶段可以追溯到20世纪50年代。那时,人们将彼此独立发展的计算机技术与通信技术结合起来,完成数据通信技术与计算机通信网络的研究,为计算机网络的产生做好理论与技术方面的准备。

第二阶段从20世纪60年代美国的ARPANET与分组交换技术开始。ARPANET是计算机网络技术发展中的一个里程碑,它的研究成果对促进计算机网络技术发展和理论体系研究产生重要作用,并为互联网的形成奠定了基础。

第三阶段可以从20世纪70年代中期算起。当时,国际上的各种广域网、局域网与公用分组交换网发展迅速,各计算机厂商纷纷发展各自的计算机网络系统,随之而来的是网络体系结构与网络协议的标准化问题。国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)在推动开放系统参考模型与网络协议的研究方面做了大量的工作,对网络理论体系的形成起了重要的作用。

第四阶段从20世纪90年代开始。这个阶段最有挑战性的是互联网(Internet)、高速通信网络、无线网络与网络安全技术。互联网作为国际性的网际网与大型信息系统,在经济、文化、科研、教育与社会生活等各方面发挥越来越重要的作用。宽带城域网技术为社会信息化提供技术

支持,网络安全技术为网络应用提供安全保障。基于 P2P 的网络应用正成为互联网产业与信息服务业的新增长点。

### 1.1.2 计算机网络的形成

任何一种新技术的出现都必须具备两个条件:一是强烈的社会需求,二是前期技术的成熟。计算机网络技术的形成与发展也遵循这样的技术发展轨迹。

1946 年世界第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生时,计算机技术与通信技术并没有直接的联系。20 世纪 50 年代初,由于美国军方的需要,美国半自动地面防空系统(SAGE)开始计算机与通信技术相结合的尝试。SAGE 系统将远程雷达与其他测量设施通过电话线路、无线通信信道连接,使得观测到的防空信息通过总长度达 2 410 000 km 的通信线路传输到一台位于美国本土的 IBM 计算机,以实现分布的防空信息的集中处理与控制。

为了实现这个目标,首先要开展数据通信技术的基础研究。在完成这个项目研究的基础上,人们很快意识到可以通过数据通信系统将地理位置分散的多个终端,通过通信线路连接到一台中心计算机上,由一台计算机以集中方式处理不同地理位置用户的数据。用户可以在办公室内的终端键入程序,通过通信线路传输到中心计算机,分时访问和使用其资源进行信息处理,处理结果再由通信线路回送到用户终端。人们把这种以单个计算机为中心的联机系统称为面向终端的远程联机系统。很多大型与中、小型计算机系统基本都采用这种方式。20 世纪 60 年代初,美国航空公司建成由一台计算机与分布在全国 2 000 多个订票终端组成的航空订票系统(SABRE-1),这是一种典型的计算机与数据通信相结合的产物。

随着计算机应用的快速发展,出现了多台计算机互联的需求。这种需求主要来自军事、科学研究、大型企业经营管理、地区与国家经济信息分析决策。他们希望将分布在不同地点的计算机通过通信线路互联成为计算机网络。网络用户可以通过本地终端使用本地计算机的软件、硬件与数据资源,也可以使用联网的其他地方的计算机的软件、硬件与数据资源,以达到计算机资源共享的目的。

这个阶段的典型代表是美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)的 ARPANET(通常称为 ARPA 网)。1969 年,ARPA 提出将多个大学、公司和研究所的多台计算机互联的课题。1969 年,ARPANET 只有 4 个结点;1973 年,ARPANET 发展到 40 个结点;1983 年,已经达到 100 多个结点。ARPANET 通过有线、无线与卫星通信线路,使网络覆盖从美国本土到欧洲的广阔地域。

ARPANET 研究成果对计算机网络发展的意义深远。20 世纪 70 和 80 年代,计算机网络发展迅速并出现大量的计算机网络,仅美国国防部就资助建立了多个计算机网络。同时,还出现了一些研究性的网络、公共服务网络与校园网,例如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所的 OCTOPUS、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES、国际气象监测网 WWWN、欧洲情报网 EIN 等。

当时的计算机网络还只是广域网。广域网的结构可以分成资源子网与通信子网两个部分,通信子网可以由电信部门统一组建,用户在通信子网的基础上组建自己的资源子网。20 世纪 70 年代中期,世界上出现由通信公司组建和管理的通信子网,即公用数据网(public data network, PDN)。早期的公用数据网是采用模拟通信的电话交换网,新型的公用数据网采用数字传输技术

与分组交换方法。典型的公用分组交换网包括美国的 TELENET、加拿大的 DATAPAC、法国的 TRANSPAC、英国的 PSS、日本的 DDX 等。公用分组交换网的组建为计算机网络发展提供良好的外部通信条件,它可以为更多的用户提供数据通信服务。

以上介绍的是利用远程通信线路组建的广域网(或远程网)。

随着小型机和个人计算机的出现与广泛应用,小范围内的多台计算机联网的需求日益强烈。20 世纪 70 年代初期,一些大学和研究为实现局部范围内的多台计算机共同完成科学计算与资源共享的目的,开始进行局域计算机网络的研究。1972 年,美国加州大学研制 Newhall 环网;1976 年,美国 Xerox 公司研制总线拓扑的 Ethernet;1974 年,英国剑桥大学研制 Cambridge Ring 环网。这些成果对局域网技术的发展起到重要的作用。

### 1.1.3 网络体系结构与协议标准化

随着网络技术的发展与计算机网络的广泛应用,很多计算机公司开展计算机网络的研究与产品的开发,同时提出了各种网络体系结构与网络协议。例如,IBM 公司的系统网络体系结构(System Network Architecture, SNA)、DEC 公司的数字网络体系结构(Digital Network Architecture, DNA)与 UNIVAC 公司的分布式计算机体系结构(Distributed Computer Architecture, DCA)。这些研究成果为网络理论体系的形成提供了重要经验,很多网络系统经过适当修改后仍在使用。20 世纪 70 年代后期,人们看到了计算机网络发展中的问题,网络体系结构与协议标准的不统一将限制计算机网络的发展和应用。因此,网络体系结构与网络协议必须走国际化的道路。

在计算机网络发展的第三阶段,网络体系结构与协议标准化的研究取得重大进展。国际标准化组织成立计算机与信息处理标准化技术委员会(TC97),该委员会专门成立了一个分委员会(SC16),从事网络体系结构与网络协议的国际化研究。经过多年的努力,ISO 正式制定了开放系统互联(Open System Interconnection, OSI)参考模型,即 ISO/IEC 7498 国际标准。20 世纪 80 年代,ISO 与 CCITT 等组织分别为参考模型的各个层次制定了一系列的协议标准,形成了一个庞大的 OSI 基本协议集。尽管人们对 OSI 参考模型的评价褒贬不一,但是 OSI 参考模型与协议的研究成果对推动网络体系结构理论的发展有很大作用。

在肯定 OSI 参考模型与协议的历史作用同时,人们注意到 TCP/IP 协议与体系结构的发展。1969 年,ARPANET 仍处于实验性阶段,研究人员就开始 TCP/IP 协议雏形的研究。1979 年,越来越多的研究人员投入 TCP/IP 协议的研究。1980 年,ARPANET 上所有主机都转向 TCP/IP 协议。1983 年 1 月,ARPANET 向 TCP/IP 的转换结束。在 OSI 参考模型的制定过程中,TCP/IP 协议已经成熟并开始应用,并且赢得了大量的用户和投资。TCP/IP 协议的成功促进了互联网的发展,而互联网的发展又进一步扩大了 TCP/IP 协议的影响。IBM、DEC 等公司纷纷宣布支持 TCP/IP 协议,操作系统与数据库产品也开始支持 TCP/IP 协议。相比之下,符合 OSI 参考模型与协议标准的产品迟迟没有推出,这妨碍了其他厂家开发相应的硬件和软件,从而影响了 OSI 研究成果的市场占有率。随着互联网的高速发展,TCP/IP 协议已成为业内公认的标准。

如果说广域网的作用是扩大资源共享的范围,局域网的作用则是进一步增强资源共享的深度。广域网与微型机的广泛应用推动了局域网技术的发展。20 世纪 70 年代是大型计算机占主导地位的时期,数据通信主要是解决主机与终端之间,以及大型机与大型机构成的网络之间的通信问题。通信链路通常使用低速和异步传输模式。20 世纪 80 年代,微型机的出现为计算机技

术带来重大的变革。随着个人计算机技术的发展和广泛应用,用户共享数据、软件与硬件等资源的愿望日益强烈。这种社会需求导致局域网技术出现突破性的进展。在局域网技术领域,从最初的以太网(Ethernet)、令牌总线(Token Bus)和令牌环(Token Ring)三足鼎立,逐步发展到以太网一枝独秀的局面。

20世纪90年代,局域网技术在传输介质、操作系统与客户机/服务器计算模式等方面取得重要的进展。在以太网中,采用非屏蔽双绞线实现10 Mbps的数据传输,并在此基础上形成网络结构化布线技术,使局域网在办公自动化环境中得到广泛的应用。NetWare、Windows NT Server与UNIX等带有网络功能的操作系统的应用,使局域网技术进入成熟的阶段;客户机/服务器模式的应用,使网络服务功能达到更高的水平;TCP/IP协议的广泛应用,使网络互联技术发展到一个崭新的阶段。

随着计算机网络的快速发展与广泛应用,网络管理问题日益突出,导致了网络管理技术、协议标准与产品研究的发展。在这种背景下,常见的简单网络管理协议(SNMP)出现。

#### 1.1.4 互联网应用与高速网络技术发展

目前,计算机网络的发展正处于第四阶段。在这个阶段,互联网已开始得到广泛应用,高速网络技术与基于Web的互联网应用得到快速发展。

##### 1. 互联网高速发展

随着互联网规模和用户的不断增加,互联网上的各种应用也进一步得到发展。互联网不仅是一种资源共享、数据通信和信息查询的手段,还逐渐成为人们了解世界、讨论问题、购物休闲,乃至从事学术研究、商贸活动、教育服务,甚至是政治、军事活动的重要领域。互联网的全球性与开放性,使人们愿意在互联网上发布和获取信息。浏览器、超文本标记语言、搜索引擎、Java跨平台编程技术的产生,对互联网的发展产生重要的作用,使互联网中的信息更丰富和使用更便捷。

在过去的近40年中,一些奇妙的互联网应用的出现为互联网的发展注入活力。这些网络应用主要包括:20世纪80年代开始流行的基于文本的应用,例如远程登录Telnet、电子邮件E-mail、文件传输服务FTP、电子公告牌BBS与网络新闻组Usenet等;同期出现的Web与多种多媒体应用,例如网络会议、网络电话、网络电视,以及电子商务、电子政务、远程教育、远程医疗等;20世纪末开始流行的应用,例如搜索引擎、P2P文件共享、即时通信、博客、播客、网络游戏、网络广告等。

##### 2. 信息高速公路建设

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,信息技术与网络应用已成为衡量21世纪综合国力与企业竞争力的重要标准。1993年9月,美国公布国家信息基础设施(National Information Infrastructure, NII)计划,它被形象地称为信息高速公路计划。美国建设信息高速公路的计划触动世界各国,人们认识到信息技术应用与信息产业发展将对各国经济发展的重要作用,很多国家开始制定各自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(Global Information Infrastructure Committee, 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不可逆转。

未来的计算机网络将覆盖所有的企业、学校、科研部门、政府及家庭,其覆盖范围可能要超过

现有的电话通信网。为了支持各种信息的传输,网上电话、视频会议等应用对网络传输的实时性要求很高,未来的网络必须具有足够的带宽、很好的服务质量与完善的安全机制,以满足电子政务、电子商务、远程教育、远程医疗、分布式计算、数字图书馆与视频点播等不同应用的需求。

在互联网飞速发展与广泛应用的同时,高速网络的发展也引起人们越来越多的注意。高速网络技术发展主要表现在:宽带综合业务数据网 B-ISDN、异步传输模式 ATM、高速局域网、交换局域网、虚拟局域网与无线网络。以高速局域网和 ATM 为代表的高速网络技术发展迅速。目前,在传输速率为 10 Mbps 的 Ethernet、100 Mbps 的 Fast Ethernet、1 Gbps 的 Gigabit Ethernet 已广泛应用的基础上,传输速率为 10 Gbps 的 Ethernet 也开始进入实用阶段,而传输速率为 40/100 Gbps 的 Ethernet 仍处于研究阶段。同时,交换式局域网与虚拟局域网技术发展迅速。基于光纤通信技术的宽带城域网、宽带接入网技术和无线网络技术已成为当前研究、应用与产业发展的热点问题之一。

### 3. 基于 Web 技术的互联网应用的发展

Web 技术的出现,使互联网从最初主要由计算机专家和大学生使用,变为一种广泛使用的信息交互工具。Web 出现使网站数量和网络通信量呈指数规律增长。Web 服务是最方便与最受用户欢迎的互联网服务,它的影响力也远远超出了专业技术的范畴,广泛应用于电子商务、远程教育、远程医疗与信息服务等领域,并且呈现继续扩大的趋势。

搜索引擎是一种运行在 Web 上的应用软件系统,它可以接受用户提出的信息检索需求,并在有限时间内为用户提供与需求最相关的信息。作为运行在 Web 上的应用软件,搜索引擎已成为继电子邮件之后的第二大 Web 应用。

### 4. 基于 P2P 技术的网络应用发展

与传统的互联网应用系统基于客户机/服务器(Client/Server)工作模式不同,对等(Peer-to-Peer, P2P)网络淡化了服务提供者与服务使用者的界限,以“非中心化”方式使更多的用户同时身兼客户机与服务器的双重身份,从而达到进一步扩大网络资源共享范围和深度、提高网络资源利用率,并达到信息共享最大化的目标,因此受到了学术界与产业界的高度重视,被评价为“改变互联网的新一代网络技术”。各种基于 P2P 的新型网络应用不断出现,成为 21 世纪网络应用重要的研究方向之一。

### 5. 网络安全技术的发展

在看到计算机网络对社会发展作用的同时,也必须注意到它的负面影响。计算机网络使经济、文化、社会、科学、教育等领域的信息获取、传输、处理与利用更迅速和有效,那么也必然会有个别不法分子可以利用计算机网络,非法获取重要的经济、政治、军事、科技情报,进行信息欺诈、破坏与网络攻击等犯罪活动,或利用网络发表不负责任或损害他人利益、涉及个人隐私的言论等。

计算机犯罪正在引起社会的普遍关注,而计算机网络是犯罪分子攻击的重点。计算机犯罪是一种高技术型犯罪,因其隐蔽性而对网络安全构成很大威胁。黑客(hacker)在世界各地四处出击,寻找袭击网络的机会,他们的活动几乎到了无孔不入的地步。网络攻击、计算机病毒、垃圾邮件与灰色软件成为了当前网络中的三大公害。目前,网络攻击与病毒危害已开始从显示能力和恶作剧转向有组织的犯罪。

为了有效地保护金融、贸易等商业秘密,保护政府机要信息与个人隐私,计算机网络必须具



有足够的机制,以防止信息被非法窃取、破坏与损失。随着整个社会对网络技术与基于网络的信息系统的依赖程度越来越高,人们对网络与信息安全的的需求越来越强烈。网络与信息安全的研究正在成为研究、应用和产业发展的重点问题,并且引起了社会的高度重视。

### 1.1.5 宽带城域网的发展

互联网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。2000年,北美电信市场上出现了长途线路带宽过剩的局面,很多长途电话公司和广域网运营公司倒闭。造成这种现象的主要原因是使用低速的调制解调器 Modem 和电话线路接入互联网的方式已不能满足人们的要求。调制解调器的速度和电话线路的带宽已成为用户接入的瓶颈,使希望享受互联网服务的用户无法有效接入互联网。很多电信运营商虽然拥有大量的广域网带宽,却无法有效地将大量用户接入进来。人们最终发现,制约互联网大规模接入的瓶颈在城域网。

如果要满足大规模互联网接入和提供多种互联网服务,电信运营商必须提供全程、全网、端到端、可灵活配置的宽带城域网。在这种社会需求的驱动下,电信运营商纷纷将发展焦点和大量资金从广域网骨干网,转移到支持大量用户接入和支持多种业务的城域网建设中,并导致世界性的信息高速公路建设的高潮。各国信息高速公路建设促进电信产业的结构调整,出现了大规模的企业重组和业务转移。这是20世纪后期出现的信息产业高速发展的一个缩影。

20世纪80年代后期,在计算机网络类型划分中,以计算机网络覆盖的地理范围为依据,人们提出了城域网(Metropolitan Area Network, MAN)的概念,同时将城域网的业务定位在城市范围内大量局域网的互联。根据IEEE 802委员会的最初表述,城域网是以光纤为传输介质,能提供45 Mbps到150 Mbps高传输速率,支持数据、语音、图形与视频综合业务数据传输,可以覆盖50~100 km的城市范围,实现高速宽带传输的数据通信网络。

早期的城域网的首选技术是光纤环网,主要产品是光纤分布式数据接口FDDI。设计FDDI的目的是为了实现高速、高可靠性和大范围的局域网互联。FDDI与IEEE 802.5令牌环网在基本技术上有很多相同点。FDDI使用光纤作为传输介质,采用双环结构,具有快速自愈能力,传输速率为100 Mbps,可用于100 km范围内的局域网互联,能够适应城域网主干网的建设需求。

现在看来,IEEE 802委员会对城域网的最初表述有一点是准确的,那就是光纤一定会成为城域网的主要传输介质,但是它对传输速率的估计相对保守。IEEE 802委员会对城域网的定义是在总结FDDI技术特点的基础上,相对于广域网与局域网而产生的。计算机网络按覆盖范围来划分,城域网是能够覆盖一个城市范围的计算机网络,主要用于局域网互联。但是,随着互联网的应用、新服务的不断出现和三网融合的发展,城域网的业务扩展到几乎所有的信息服务领域,城域网的概念也相应发生了变化。

从当前城域网技术与应用现状来看,城域网的概念泛指网络运营商在城市范围内提供各种信息服务业务的所有网络,它是以宽带光传输网为开放性平台,以TCP/IP协议为基础,通过各种网络互联设备,实现语音、数据、图像、视频、IP电话、IP接入和各种增值业务服务与智能业务,并与各种运营商的广域网、广播电视网、电话交换网等互联互通的本地综合业务网络。为了满足语音、数据、图像、多媒体应用的需求,现实意义上的城域网一定是能提供高传输速率和保证服务质量的网络系统,因此人们已经自然地将传统意义上的城域网扩展到宽带城域网。

应用需求与技术发展总是相互促进、协调发展的。互联网应用的快速增长要求通信网满足用户的新需求,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突出。宽带城域网的建设给整个世界电信业的传输网络和服务业务都带来重大影响。宽带城域网的出现使传统的通信网在概念与技术上都发生很大变化。这些变化主要表现在:

- (1) 传统的局域网、城域网与广域网在技术上的界限越来越模糊。
- (2) 传统的电信通信网技术与计算机网络技术的界限越来越模糊。
- (3) 传统的电信服务业务与互联网应用的界限越来越模糊。
- (4) 计算机网络、电信通信网与广播电视网的技术与业务界限越来越模糊。

宽带城域网的建设与应用引起世界范围内的大规模产业结构调整和企业重组,宽带城域网已成为现代化城市建设的重要基础设施之一。

宽带城域网应该包括核心交换网与接入网。如果将国家级大型主干网比作国家级公路,各个城市和地区的高速城域网比作地区级公路,接入网就相当于最终将家庭、机关、企业用户接到地区级公路的道路。国家需要设计和建设覆盖全国的国家级高速主干网,各个城市、地区需要设计与建设覆盖一个城市和地区的主干网。但是,最后人们还是需要解决用户计算机的接入问题。

任何一个家庭、机关、企业的计算机都必须首先连接到本地区的主干网中,才能通过地区主干网、国家级主干网与互联网连接。就像一个大学需要将校内道路就近与城市公路连接,以便学校的车辆可以方便地行驶出去一样,这样学校就需要解决连接城市公路的“最后一公里”问题。同样,可以形象地将家庭、机关、企业的计算机接入地区主干网的问题也称为信息高速公路的“最后一公里”问题。接入网技术解决的是最终用户接入地区性网络的问题。由于互联网的应用越来越广泛,整个社会对接入网技术的需求也越来越强烈,接入网技术有广阔的市场前景,它已成为当前网络技术研究、应用与产业发展的热点问题。

目前,可作为用户接入网的主要有三类:计算机网络、电信通信网与广播电视网。长期以来,我国的这三种网络是由不同部门来管理,按照各自的需求和采用不同的体制发展的。电信部门经营的通信网最初主要是电话交换网,用于传输模拟的语音信息。广电部门经营的广播电视网用于模拟的图像、语音信息的传输。计算机网络出现得比较晚,不同的计算机网络由不同的部门各自建设与管理,主要用来传输计算机产生的数字信号。

尽管这三种网络之间有很多区别,但是它们目前都在朝着一个共同的方向发展。数字技术可以将各种信息都变成数字信号来处理、存储与传输。三种网络使用的传输介质与传输机制不同,并且按自己的体制经历数字化的进程。电话交换网正从模拟通信方式向数字通信方式发展。广播电视网同样也在向数字化方向发展。在文本、语音、图像与视频信息实现数字化后,三种网络在传输数字信号这个基本点上一致。同时,它们在完成自己原来的传统业务之外,还有可能经营原本属于其他网络的业务。数字化技术使三种网络的服务业务相互交叉,三种网络之间的界限越来越模糊,人们希望能够选择一种最简单、费用最低的方式将自己的计算机接入互联网。

从技术的角度来看,互联网的用户接入方式主要分为五类:地面有线通信系统、无线通信和移动通信网、卫星通信网、有线电视网和地面广播电视网。这里,计算机网络被归为地面有线通信系统。人们将它们形象地称为用户连入信息高速公路的五条车道。它们在早期是属于不同的部门,但是数字化使得它们都有可能提供语音、数据与视频的综合业务,这就造成通信、计算机、



广播电视等产业的会聚,出现经营业务相互融合,进而促进这些产业的重组,同时会开辟大量新的信息服务市场,这就是所谓的“数字会聚”现象。“数字会聚”将对未来通信体制产生重大的影响。这种应用需求导致接入网技术的发展与变化,最终将导致计算机网络、电信通信网与电视传输网的“三网融合”。

接入网技术关系到如何将成千上万的家庭、办公室的计算机接入互联网的方法,关系到这些用户获得的网络服务类型、服务质量、资费等切身利益,因此它是城市网络基础设施建设中的一个重要问题。

### 1.1.6 无线网络的发展

在互联网技术发展的同时,无线网络技术一直在默默发展中。由于早期的无线技术研究主要集中在军事领域,其技术成熟度、应用广泛性和影响力不如互联网。但是,随着近年来无线技术的成熟与广泛应用,社会对无线网络的应用需求增加,无线网络技术的研究与应用发展迅猛,为网络技术和产业发展提供了非常大的空间。

#### 1. 无线局域网

无线局域网(Wireless LAN, WLAN)以微波、激光与红外线等无线电波作为传输介质,部分或全部代替传统局域网中的同轴电缆、双绞线与光纤,实现移动网络中的结点之间的无线通信。1990年,IEEE 802委员会决定成立802.11工作组,专门从事WLAN标准的研究。WLAN属于有基础设施的无线网络,网络结点需要连接到接入点(Access Point, AP)。WLAN技术的发展速度非常快,目前,WLAN产品支持的传输速率已从最初的2 Mbps,逐步发展到11 Mbps、54 Mbps、108 Mbps和300 Mbps,更高传输速率的WLAN产品正在研究中。

无线局域网主要有四个应用领域:传统局域网的扩充、建筑物之间的互联、漫游访问与特殊网络。无线局域网使用无线传输介质,按传输技术可以分为三类:红外线局域网、扩频局域网和窄带微波局域网。同时,为了推动IEEE 802.11标准的实施,改善基于IEEE 802.11的WLAN产品之间的互通性,无线网络设备生产商共同发起成立了Wi-Fi联盟。

#### 2. 无线自组网

无线自组网(Ad hoc)是一种自组织、对等式、多跳的无线移动网络,它是在无线分组网(PRNET)的基础上发展起来的。Ad hoc网络是由一组用户群构成、不需要基站的移动通信模式。在这种方式中,没有固定的路由器,所有用户都可能移动,每个系统都具备动态搜索、定位和恢复连接的能力。这些特征可以用“移动分布式多跳无线网络”或“移动的网络”描述。

Ad hoc网络在军事上的应用十分重要,它可以支持野外联络、独立战斗群通信和舰队战斗群通信、临时通信要求和无人侦察与情报传输。在民用领域中,它支持会议、紧急状态、临时交互式通信等应用。这种技术在未来移动通信市场上将扮演重要的角色。图1.1给出了Ad hoc网络的基本结构。

目前,无线自组网技术的发展趋势有两个方向:一是向军事和特定行业发展的无线传感器网络;二是向民用的接入网领域发展的无线网状网。

#### 3. 无线传感器网

无线传感器网(Wireless Sensor Network, WSN)的研究起步于20世纪90年代末。微电子、无线通信、计算机与网络技术的进步,推动低功耗、多功能传感器的发展,在微小体积内能集成信息