

“十三五”高等学校规划教材

# 计算机网络技术

JISUANJI WANGLUO JISHU

张继成 主编

张路 申文杰 杜松江 副主编



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

“十三五”高等学校规划教材

# 计算机网络技术

张继成 主 编

张 路 申文杰 杜松江 副主编

**中国铁道出版社**  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

---

## 内 容 简 介

为进一步适应高等院校培养高质量人才的需要,编者借鉴近年来国外计算机科学技术领域的教育成果,结合计算机网络技术的应用现状和发展趋势,以及近几年的教学改革实践,精心编写了本书。

本书深入浅出地介绍了计算机网络的基本理论与工作原理及应用、计算机数据通信的基础知识、计算机网络体系结构、物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层等,还有一章典型的实验,包括详尽的实验操作步骤及内容。通过加强实践环节,使读者对计算机网络技术的理解进一步深化。每章最后都附有丰富的习题。

本书既可以作为高等院校计算机类、信息技术类相关专业的教材,也可以作为从事相关专业工作科研和工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术/张继成主编. —北京:中国铁道出版社,2019.2

“十三五”高等学校规划教材

ISBN 978-7-113-25157-4

I. ①计… II. ①张… 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(2018)第284155号

书 名: 计算机网络技术  
作 者: 张继成 主编

策 划: 徐海英  
责任编辑: 王春霞 贾淑媛  
封面设计: 付 巍  
封面制作: 刘 颖  
责任校对: 张玉华  
责任印制: 郭向伟

读者热线:(010) 63550836

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>

印 刷: 三河市宏盛印务有限公司

版 次: 2019年2月第1版 2019年2月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 19.25 字数: 478 千

印 数: 1~2 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-25157-4

定 价: 52.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

计算机网络是 20 世纪对人类社会产生最深远影响的科技成就之一。随着 Internet 技术的发展和信息基础设施的完善, 计算机网络正在改变人们的生活、学习和工作方式, 推动社会文明的进步。计算机网络已经成为人们获取和交流信息的一种十分重要、便捷的手段。计算机网络是计算机技术和通信技术密切结合形成的一个新技术领域, 是当今计算机界公认的主流技术之一, 也是迅速发展并在信息社会中得到广泛应用的一门综合性学科。

尽管计算机网络技术与应用的发展十分迅猛, 但是当我们深入网络技术体系中系统地研究和总结就会发现, 计算机网络技术经过几十年的发展, 已经形成了相对成熟的知识体系与处理问题的思维方式, 这是学习计算机网络技术体系、掌握系统原理以及网络分析设计的基础。本书从计算机网络技术的应用、分析与设计角度去介绍网络系统原理和体系结构, 采用从物理层到应用层的“自底向上”的内容组织形式, 结合未来计算机网络新的技术和潮流, 循序渐进, 内容上突出新技术和实用性。

全书内容分为 8 章, 第 1~7 章为理论知识, 第 8 章为实验内容。

第 1 章主要介绍计算机网络的定义、功能、发展历程, 互联网的构成, 计算机网络领域的新技术。第 2 章主要介绍计算机网络的分类、性能, OSI 七层参考模型和 TCP/IP 四层参考模型。第 3 章主要介绍计算机网络中用到的通信基础知识, 包括数据编码与调制、数据传输方式、多路复用技术等, 以及常用的传输媒体、宽带接入技术。第 4 章主要介绍数据链路层概念, 如 PPP 协议、数据链路层相关技术以及以太网扩展方式。第 5 章主要介绍网络层提供的服务、功能, IP 协议, ICMP 协议, 子网划分, 无分类编制 CIDR, 路由协议, 网络地址转换 NAT 以及虚拟专用网 VPN 等。第 6 章主要介绍传输层的功能及 TCP、UDP 协议的原理和工作流程, TCP 流量控制、拥塞控制机制。第 7 章主要介绍应用层的功能及常见的应用层服务: DNS 服务、FTP 服务、远程登录服务、WWW 服务、电子邮件服务、DHCP 服务以及 SNMP 协议。第 8 章主要介绍一些经典的实验, 主要有网络拓扑图的绘制, 网线的制作, 交换机的连接、基本配置和 VLAN 之间的通信, 路由器的连接、静态路由、RIP 路由协议的配置、DHCP 服务器的安装与配置等。

本书内容选取上遵循了“必要、适度、够用”的应用型人才教育原则,

按照计算机网络的体系结构进行讲解,同时注意在介绍计算机网络的最新成果、最新技术方面做到突出应用、内容适度、叙述简明。每章的案例丰富,既注重基本知识、基本原理,又密切联系实际,突出实践技能的培养。还有一章实验,进一步把理论和实践相结合,进一步锻炼、提高学生的实践动手能力、创新能力。

本书由张继成担任主编,张路、申文杰、杜松江担任副主编。张继成负责全书的策划、大纲的制定与统稿。各章编写分工如下:张继成编写第5、7、8章;张路编写第4、6章;申文杰编写第1、2、3章;杜松江参与编写第8章。

本书适合于作为普通高等院校计算机网络的教材和主要教学参考书,建议学时为56学时左右(含实验),各个院校可以根据实际情况进行删减,选择部分章节内容进行讲解。

本书是编者结合多年讲授计算机网络课程的工作经验编写而成。编者张继成目前正在主持长江大学工程技术学院的院级“计算机网络技术”精品课程建设项目,得到了学校“计算机网络技术”精品课程建设项目资助,本书是该精品课程建设项目的成果之一。在本书编写过程中,参考了国内外许多公开发表的相关资料,在此对所涉及的各位专家、学者表示诚挚的感谢,同时也得到了学院领导的大力支持和帮助,特别感谢课程组老师对本书提出的建设性意见。由于时间仓促,编者水平有限,本书不妥之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

2018年11月

# 目 录

CONTENTS

第 1 章 计算机网络概论 .....	1	本章小结 .....	49
1.1 计算机网络的定义 .....	1	习 题 .....	50
1.2 计算机网络的功能 .....	2	第 3 章 物 理 层 .....	51
1.3 计算机网络的发展历程 .....	3	3.1 物理层的基本概念 .....	51
1.3.1 网络的发展历程 .....	3	3.2 数据通信的理论基础 .....	52
1.3.2 网络在我国的发展 .....	6	3.2.1 模拟数据和数字数据 .....	52
1.4 互联网的概念和构成 .....	7	3.2.2 信道的基本概念 .....	54
1.4.1 网络 .....	7	3.3 常用的传输媒体 .....	57
1.4.2 互联网的发展 .....	8	3.3.1 双绞线 .....	57
1.4.3 互联网的标准化 .....	9	3.3.2 同轴电缆 .....	60
1.4.4 互联网的组成 .....	13	3.3.3 光缆 .....	61
1.5 计算机网络领域的新技术 .....	14	3.3.4 无线与卫星通信技术 .....	64
1.5.1 云计算 .....	14	3.3.5 传输媒体的选择 .....	68
1.5.2 大数据 .....	16	3.4 数据传输技术 .....	68
1.5.3 物联网 .....	19	3.4.1 频分复用 .....	69
1.5.4 互联网+ .....	21	3.4.2 时分复用 .....	70
1.5.5 区块链 .....	23	3.4.3 波分复用 .....	71
本章小结 .....	26	3.4.4 码分复用 .....	71
习 题 .....	26	3.5 宽带接入技术 .....	73
第 2 章 计算机网络的性能		3.5.1 ADSL .....	73
及体系结构 .....	27	3.5.2 HFC .....	75
2.1 计算机网络的分类 .....	27	3.5.3 光纤接入技术 .....	76
2.2 计算机网络的性能 .....	35	3.5.4 宽带无线接入	
2.2.1 计算机网络的性能指标 .....	35	技术的趋势 .....	77
2.2.2 计算机网络的		本章小结 .....	78
非性能特征 .....	38	习 题 .....	79
2.3 OSI 七层参考模型 .....	39	第 4 章 数据链路层 .....	80
2.3.1 网络协议的分层 .....	39	4.1 数据链路层的基本概念及功能 .....	81
2.3.2 分层的问题 .....	40	4.1.1 基本概念 .....	81
2.3.3 面向连接与无连接服务 .....	41	4.1.2 四个基本功能 .....	82
2.3.4 七层参考模型 .....	43	4.2 点对点协议 PPP .....	86
2.4 TCP/IP 四层参考模型 .....	46	4.2.1 PPP 的特点 .....	86
2.5 五层参考模型 .....	48	4.2.2 帧的格式 .....	88
2.6 OSI 与 TCP/IP 参考模型的比较 .....	49		

4.2.3	PPP 协议的工作过程	90	5.4.1	CIDR 的概念	145
4.3	局域网与广播信道	90	5.4.2	CIDR 的应用	146
4.3.1	局域网技术简介	90	5.4.3	最长前缀匹配与 二叉线索	151
4.3.2	局域网的拓扑结构	92	5.5	ICMP 协议	152
4.3.3	CSMA/CD 协议	95	5.5.1	ICMP 的作用与特点	152
4.3.4	使用集线器的星形网	101	5.5.2	ICMP 报文的分类	152
4.3.5	以太网的信道利用率	102	5.5.3	ICMP 报文的封装	156
4.3.6	以太网的 MAC 层	103	5.5.4	ICMP 的应用举例	156
4.4	以太网的扩展	107	5.6	路由协议	158
4.4.1	在物理层扩展以太网	107	5.6.1	路由算法	158
4.4.2	在数据链路层扩展 以太网	108	5.6.2	分层次的路由选择协议	162
4.4.3	虚拟局域网 VLAN	111	5.6.3	RIP 协议	163
4.5	高速以太网技术	113	5.6.4	OSPF 协议	166
4.5.1	100BASE-T 以太网	113	5.6.5	BGP 协议	170
4.5.2	吉比特以太网	113	5.6.6	路由器的组成	173
4.5.3	10 吉比特以太网及更快 以太网	114	5.7	虚拟专用网 VPN	179
本章小结		115	5.7.1	虚拟专用网技术概述	179
习 题		115	5.7.2	隧道技术	180
第 5 章 网络层		118	5.7.3	VPN 的应用类型	181
5.1	网络层概述	119	5.8	网络地址转换 NAT	183
5.1.1	提供给传输层的服务	119	5.8.1	相关概念	183
5.1.2	两种服务的比较	120	5.8.2	网络地址转换的 工作过程	184
5.1.3	网络层功能	121	5.8.3	网络地址端口 转换 NAPT	184
5.2	IP 协议	122	5.9	IPv6 简介	186
5.2.1	IP 协议的主要特点	122	5.9.1	IPv6 对 IPv4 的改进	186
5.2.2	IP 地址及其表示方法	123	5.9.2	IPv6 的首部	186
5.2.3	IP 地址的特点	125	5.9.3	IPv6 的编址	187
5.2.4	IP 地址与硬件地址的 关系	127	5.9.4	IPv6 过渡技术	188
5.2.5	IPv4 数据报格式	129	5.9.5	ICMPv6	189
5.2.6	地址解析协议 ARP	133	5.9.6	IPv6 地址配置协议	190
5.3	子网划分	135	本章小结		191
5.3.1	子网掩码	136	习 题		191
5.3.2	子网划分	138	第 6 章 传输层		193
5.3.3	IP 层转发分组的过程	142	6.1	传输层服务	194
5.3.4	使用子网时的分组 转发过程	143	6.1.1	传输层提供的服务	194
5.4	无分类编址 CIDR	145	6.1.2	传输层协议	195
			6.1.3	端口号	196

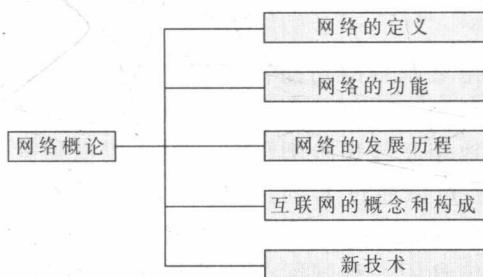
6.2	UDP 协议	199	7.4	FTP 服务	248
6.2.1	UDP 的特点	199	7.4.1	基本概念	248
6.2.2	UDP 的格式	200	7.4.2	FTP 协议特点与 交互命令	249
6.3	TCP 协议	201	7.4.3	FTP 协议的工作原理	249
6.3.1	TCP 协议的特点	201	7.5	WWW 服务	250
6.3.2	套接字	202	7.5.1	Web 的基本概念	250
6.3.3	TCP 的首部格式	203	7.5.2	URL	251
6.4	可靠传输协议	206	7.5.3	超文本传输协议 HTTP	252
6.4.1	停止等待协议	206	7.5.4	超文本标记语言 HTML	255
6.4.2	连续 ARQ 协议	210	7.5.5	万维网搜索引擎应用	258
6.5	TCP 可靠传输的实现	211	7.6	电子邮件服务	259
6.5.1	TCP 的滑动窗口	212	7.6.1	电子邮件服务的基本 概念及功能	259
6.5.2	超时重传时间的计算	216	7.6.2	基于万维网的电子 邮件及信息格式	260
6.5.3	选择确认 SACK	218	7.6.3	SMTP 协议	260
6.5.4	TCP 的流量控制	218	7.6.4	POP3 和 IMAP 协议	261
6.6	TCP 的拥塞控制	219	7.6.5	MIME 协议	262
6.6.1	拥塞控制的概念	219	7.7	DHCP 服务	263
6.6.2	拥塞控制的算法	222	7.7.1	DHCP 服务功能	263
6.6.3	主动队列管理 AQM	227	7.7.2	DHCP 客户与服务器的 交互过程	263
6.7	TCP 的连接管理	228	7.8	SNMP 协议	264
6.7.1	TCP 连接的建立	229	7.8.1	网络管理的基本概念	264
6.7.2	TCP 连接的释放	230	7.8.2	SNMP 协议	265
6.7.3	TCP 的有限状态机	231	本章小结		265
本章小结		232	习 题		266
习 题		233	第 8 章 实 验		267
第 7 章 应用层		235	8.1	网络拓扑结构图的绘制	268
7.1	应用层概述	236	8.2	网线的制作	270
7.1.1	提供服务	236	8.3	交换机的连接和基本配置	272
7.1.2	应用层协议模式	237	8.4	交换机 VLAN 之间的通信	278
7.2	DNS 服务	238	8.5	路由器连接与静态路由配置	282
7.2.1	DNS 的引入背景	239	8.6	RIP 路由协议的应用	289
7.2.2	域名的结构组成	239	8.7	网络地址转换技术的应用	292
7.2.3	域名服务器的分类	241	8.8	DHCP 服务器的安装与配置	295
7.2.4	域名解析过程	242	本章小结		299
7.2.5	DNS 服务器的安装	243	参考文献		300
7.3	远程登录服务	246			
7.3.1	Telnet 的基本概念	246			
7.3.2	Telnet 的基本原理	246			
7.3.3	Windows 下使用 远程登录	247			

# 第1章

## 计算机网络概论

本章作为全书的第一章，从计算机网络的定义谈起，简要介绍了网络的功能、发展历程和网络在我国的发展，以及互联网的概念和构成，最后介绍了几种计算机网络领域的新技术。

### 内容结构图



### 学习目标

通过对本章内容的学习，学生应该能够做到：

- 熟悉：计算机网络的概念、功能及在我国的发展历程。
- 理解：计算机网络的功能特点。
- 掌握：互联网的组成。
- 了解：计算机网络的几种新技术。

## 1.1 计算机网络的定义

计算机网络（computer network）没有一个统一的定义。

关于计算机网络的最简单定义是：一些相互连接的、以共享资源为目的的、自治的计算机的集合。

据《中华人民共和国网络安全法》<sup>①</sup>中关于网络的表述：网络，是指由计算机或者其他信息终端及相关设备组成的按照一定的规则和程序对信息进行收集、存储、传输、交换、处理的系统。

这里需要说明的是：①计算机网络的目的是通过信息传递，实现资源共享。②计算机网络连接的设备，包括但不限于计算机，还可以是智能手机、智能电器等。这里强调智能，是因为随着硬件价格的下降，能够接入网络的终端跟计算机没有太大区别，它们都具有 CPU 和操作系统，因此“终端”和“自治的计算机”逐渐失去了严格的界限。

总的来说，计算机网络的组成基本上包括：计算机、网络操作系统、传输介质（包括有线的，如同轴电缆、双绞线和光纤等；无线的，如通信卫星和微波等）以及相应的应用软件四部分。

## 1.2 计算机网络的功能

计算机网络（简称网络）是计算机技术和通信技术紧密结合的产物。它使得不同地理位置的计算机连接起来，实现数据信息的快速传递，这样大大加强了计算机本身的处理能力。计算机网络具有单个计算机所不具备的功能：

### 1. 数据交换和通信

通信功能是计算机网络最基本的功能，也是网络其他各种功能的基础，所以通信功能是计算机网络最重要的功能。这里的数据交换是指计算机网络中的计算机之间或计算机与终端之间，可以快速地相互传递各类信息，包括数据信息、图形、图像、声音和视频流等多媒体信息。如我们可以通过 E-mail 向远在千里之外的朋友发送电子邮件；通过微信、QQ 等工具实现聊天、传送文件资料等功能；电子数据交换（EDI）将贸易、运输、保险、银行、海关等行业信息用一种国际公认的标准格式，通过计算机网络，实现各企业之间的数据交换，并完成以贸易为中心的业务全过程。

### 2. 资源共享

资源是指构成系统的所有要素，包括硬件资源、软件资源和数据资源等。之所以提出共享这一概念，是因为计算机的许多资源十分昂贵，如高速打印机、大容量磁盘、数据库、通信线路、文件及其他计算机上的有关信息。为了减少用户投资，提高计算机资源的利用率，用户通过接入计算机网络共享这些资源是计算机网络的目标之一。

- 硬件资源：包括各种类型的计算机、大容量存储设备、计算机外围设备，如网络打印机、绘图仪等。
- 软件资源：包括各种应用软件、工具软件、系统开发所用的支撑软件、语言处理程序、数据库管理系统等。
- 数据资源：包括数据库文件、数据库、办公文档资料等。

① 《中华人民共和国网络安全法》是我国第一部全面规范网络空间安全管理方面问题的基础性法律，是我国网络空间法治建设的重要里程碑，是依法治网、化解网络风险的法治利器，是让互联网在法治轨道上健康运行的重要保障。由全国人民代表大会常务委员会于 2016 年 11 月 7 日发布，自 2017 年 6 月 1 日起施行。

- 信道资源：通信信道可以理解为电信号的传输介质。通信信道的共享是计算机网络中最重要的共享资源之一。

### 3. 提高系统的可靠性

在一个系统中，当某台计算机、某个部件或某个程序出现故障时，必须通过替换资源的办法来维持系统的继续运行，以避免系统瘫痪。而在计算机网络中，各计算机可以通过网络互为备份，当某一处计算机发生故障时，可由别处的计算机代为处理，还可以在网络的一些结点上设置一定的备用设备，作为全网络的公用后备，这样极大地提高了计算机网络的可靠性和可用性。

### 4. 网络分布式处理与均衡负载

网络分布式处理，是指利用网络技术将许多小型机或微型机连成具有高性能的分布式计算机系统，通过采用合适的算法，把要处理的任务分配到网络中地理上分散的计算机上运行，使得它具有解决复杂问题的能力。这样，不仅可以降低软件设计的复杂性，而且还可以大大提高工作效率和降低成本。

当网络中某台计算机的任务负载太重时，通过网络和应用程序的控制和管理，将任务分配到较空闲的计算机上去处理，或由网络中比较空闲的计算机分担负荷，保证整个网络资源相互协作，充分利用计算机资源，就叫作均衡负载。

### 5. 集中管理

计算机单机使用时，每台计算机都是一个“信息孤岛”。在管理这些计算机时，必须分别管理。而在计算机网络中，可以在某个中心位置实现对整个网络的管理，如军事指挥系统、交通指挥平台等。

### 6. 综合信息服务

将分散在网络系统中各计算机上的数据资料信息收集起来，从而达到对分散的数据资料进行综合分析处理，并把正确的分析结果反馈给各相关用户的目的。

## 1.3 计算机网络的发展历程

### 1.3.1 网络的发展历程

计算机网络同其他事物的发展一样，也经历了从无到有、从简单到复杂的发展，大致经历了四个阶段：

① 第一代计算机网络——远程终端联机阶段。20世纪50年代中后期出现了第一代计算机网络，它是单个计算机为中心的远程联机系统。在当时，人们把计算机网络定义为：以传输信息为目的而连接起来，实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统。该系统可以说是网络的雏形，标志着计算机网络的诞生。其典型应用是美国航空公司与IBM在20世纪50年代初开始联合研究，20世纪60年代投入使用的飞机订票系统SABRE-I，它由一台计算机和全美范围内2000个终端组成。终端是一台包括显示器和键盘、无CPU和内存的计算机外围设备。图1-1是计算机通过线路控制器(Line Controller)与远程终端相连，图中的M表示调制解调器(Modem)，用于将来自于计算机的数字信

号转化为能够通过电话系统传输的模拟信号，同时也把来自电话系统的模拟信号转化为计算机能够理解的数字信号。T 表示终端，是一种收发器（Transceiver），它的首次使用实现了将穿孔卡片上的数据通过电话线路传输到远地的计算机。

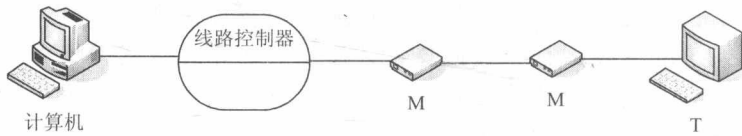


图 1-1 计算机通过线路控制器（Line Controller）与远程终端相连

20 世纪 60 年代初期，随着远程终端数量的增加，为了避免一台计算机使用多个线路控制器，出现了多重线路控制器（Multiple Line Controller），它可以和多个远程终端相连接，构成面向终端的计算机通信网，如图 1-2 所示。人们将这种简单的通信网叫作第一代计算机网络。此网络是以计算机为控制中心，计算机负责进行批处理。终端围绕着中心分布在各处。计算机和终端之间通过公用电话网进行通信，这样做主要从节约资源考虑，方便连接，避免了为每一个用户架设直达的通信线路。

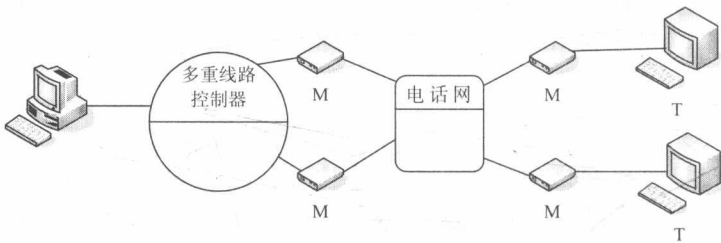


图 1-2 第一代计算机网络

② 第二代计算机网络——计算机网络阶段。20 世纪 60 年代末，出现了第二代计算机网络，它是多个自主功能的主机通过通信线路互联，形成资源共享的计算机网络。这一阶段比较典型的代表是 1969 年美国国防部创建的 ARPANET 分组交换网络。该网络是基于分组交换的网络技术。分组交换（packet switching）也称为包交换，它是现代计算机网络的技术基础。在分组交换网中，计算机不是直接通过通信线路互连，而是通过进行接口信息处理的计算机相互连接。结点和连接这些结点的链路组成了分组交换网，通常称为通信子网。通信子网负责资源子网的数据传输、转接和变换等通信处理工作，由各种通信设备和线路组成。资源子网负责全网的数据处理和向网络用户（工作站和终端）提供网络资源和服务，由网络中的所有主机、终端、终端控制器、外设（如网络打印机、磁盘阵列等）和各种软件资源组成。网络用户对网络的访问可以分为两类：一是本地访问，即对本地主机访问，不经过通信子网，只在资源子网内部进行；二是网络访问，即通过通信子网访问远程主机上的资源。图 1-3 表示计算机互联网络的逻辑结构。

③ 第三代计算机网络——计算机网络互联阶段，也有人称为网络体系结构标准化阶段。20 世纪 70 年代末至 90 年代初，出现了第三代计算机网络，它形成统一的网络体系结构和遵循国际标准化协议。在 ARPANET 应用之后，计算机网络得到快速的发展，但由于计算机网络没有统一的标准和规则，导致不同的厂商生产的产品很难实现互联，因此人们迫切希望制定一种开放性的国际标准来约束计算机网络，到了 20 世纪 70 年代末，国际标准化组织（International Organization for Standardization, ISO）的计算机与信息处

理标准化技术委员会成立了一个专门机构，研究和制定网络通信标准，以实现体系结构的国际标准。1984年，ISO正式颁布了一个称为“开放系统互连基本参考模型”的国际标准ISO 7498，简称OSI/RM (Open System Interconnection Basic Reference Model)，即著名的OSI七层模型，但该模型并没有在实际中运用，目前网络所使用的体系结构工业标准是TCP/IP RM (TCP/IP参考模型，四层协议体系结构)，这两种体系结构，后面的章节会专门介绍。

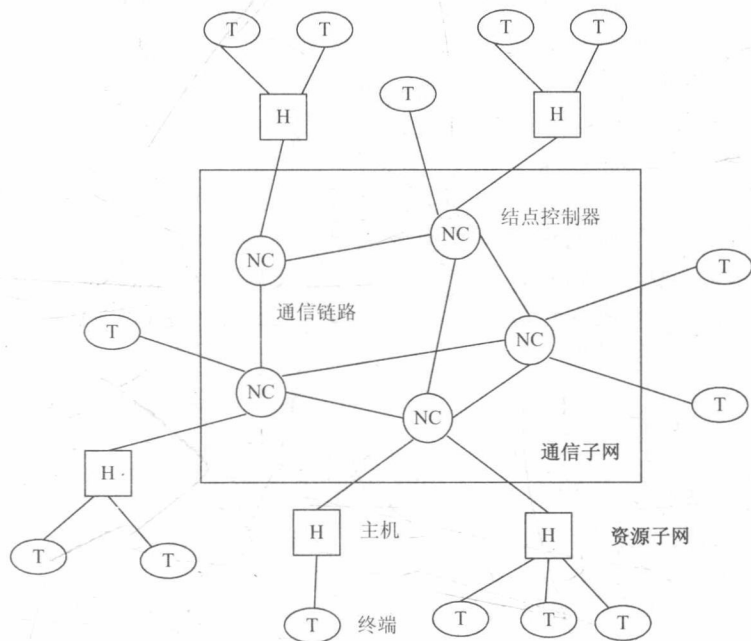


图 1-3 计算机互联网络的逻辑结构

这里“开放”的含义是：遵循国际标准化协议的计算机网络具有统一的网络体系结构，网络设备厂商需按照共同认可的国际标准开发自己的网络产品，从而可保证不同厂商的产品可以在同一个网络中进行通信。

④ 第四代计算机网络——互联网与信息高速公路阶段。20世纪90年代初至今，出现了第四代计算机网络，这一阶段，由于局域网技术的成熟和发展，出现了光纤、高速网络等新技术，使得各种网络可以互联，形成更大规模的互联网络。典型代表是互联网 (Internet)，特点是互联、高速、智能化与更为广泛的应用。关于互联网的概念在1.4节专门介绍。

发展高速网络、网络互联和高速计算机网络正成为最新一代计算机网络的发展方向。1993年，美国政府公布了“国家信息基础设施”行动计划 (National Information Infrastructure, NII)，即信息高速公路计划。所谓的“信息高速公路”是指利用数字化大容量的光纤通信网络，把政府机构、企业、大学、科研机构 and 家庭的计算机联网，形成一个高速度、大容量、多媒体的信息传输网络。美国政府又分别于1996年和1997年开始研究发展更加快速可靠的第2代互联网和下一代互联网 (Next Generation Internet, NGI)。

研究智能网络。随着网络规模的增大与网络服务功能的增多，各国正在开展智能网络 (Intelligent Network, IN) 的研究。Internet 将从一个单纯的大型数据中心发展成为一个更加聪明的高智商网络，以提高通信网络开发业务的能力，并更加合理地进行网络各

种业务的管理,真正以分布和开放的形式向用户提供服务。比如,计算机网络可以预测人们对于信息的需求和喜好,用户将通过网站复制功能筛选网站,过滤掉与自己无关的信息网络,并将所需信息以最佳格式展现出来。

智能网络的概念是美国于1984年提出的,这里的“智能”并不是人们通常所理解的含义,它仅仅是一种“业务网”,目的是提高通信网络开发业务的能力,即在原有通信网络的基础上为快速提供新业务而设置的附加网络结构。它的出现引起了各国的极大兴趣并投入研究,1988年,国际电联(ITU-T)开始研究智能网络的标准。1992年,ITU-T陆续公布有关智能网络的建议,制定了一个能快速、方便、灵活、经济、有效地生成和实现各种新业务的体系。该体系的目标是应用于所有的通信网络,即不仅可应用于现有的电话网、N-ISDN网和分组网,同样适用于移动通信网和B-ISDN网。随着时间的推移,智能网络的应用将向更高层次发展。

网络可移动性的增强。随着4G、5G移动通信技术的快速发展,以及无线网络技术的演进,计算机网络已摆脱地理环境和距离条件的束缚,几乎在任何时间、任何地点都能实现网络信息的互通,达到一种网络无处不在、无时不有的状态。特别是智能手机的发展,使得网络可移动性成为计算机网络追求的一个重要目标。因此,计算机网络可移动性的增强是历史发展的必然。

### 1.3.2 网络在我国的发展

我国计算机网络起步于20世纪80年代。其大致可分为三个阶段:

① 第一阶段为研究试验阶段(1986—1993)。1986年进行联网试验,并组建各单位的局域网。1989年11月,第一个公用分组交换网(CNPAC)建成运行,由3个分组结点交换机、8个集中器和一个双机组成的网络管理中心组成。由于该网络的覆盖面不大,端口数较少,无法满足信息量较大、分布较广的企业和部门的需求,当时的邮电部决定扩建此公用分组交换网,1993年建成新公用分组交换网CHINANET,它是中国公用Internet骨干网,通过Chinanet的灵活接入方式,用户可以方便地接入全球Internet,享用Chinanet及全球Internet上的丰富资源和各种服务,是Internet的一部分。

② 第二阶段为起步阶段(1994—1996)。1994年4月,由中国科学院主持,联合北大、清华共同完成中国国家计算与网络设施NCFC工程,它通过美国Sprint公司进入Internet的64kbit/s国际专线,实现了与Internet的全功能连接,真正实现了TCP/IP连接,标志着我国正式加入互联网。

1994年5月,在钱天白教授和德国卡尔斯鲁厄大学的协助下,中国科学院计算机网络中心完成了中国国家顶级域名(CN)服务器的设置,改变了中国的CN顶级域名服务器一直放在国外的历史,设立第一个WWW服务器。

1994年9月,中国电信与美国商务部布朗部长签订中美双方关于互联网的协议,按规定中国电信将通过美国Sprint公司开通2条64kbit/s专线(一条在北京,另一条在上海)。1995年1月,通过电话网、DDN专线以及X.25网方式开始向社会提供Internet接入服务,这标志着中国公用计算机互联网启动。

1996年底,建成4个基于Internet技术并可以和Internet互联的全国性公用计算机网络,即:中国公用计算机互联网CHINANET、中国金桥信息网CHINAGBN、中国教育和科研计算机网CERNET和中国科学技术网CSTNET。

③ 第三阶段为快速增长阶段(1997年至今)。国内互联网用户数1997年以后基本

保持每半年翻一番的增长速度。根据 2004 年 1 月中国互联网络信息中心 CNNIC 发布的第 13 次《中国互联网络发展状况统计报告》，已经建成和正在建设中的基于 Internet 技术的公用计算机网络有：

- 中国科技网 (CSTNET)
- 中国公用计算机互联网 (CHINANET)
- 中国教育和科研计算机网 (CERNET)
- 中国联通互联网 (UNINET)
- 中国网通公用互联网 (CNCNET)(网通控股)
- 宽带中国 CHINA169 网 (网通集团)
- 中国国际经济贸易互联网 (CIETNET)
- 中国移动互联网 (CMNET)
- 中国长城互联网 (CGWNET)(建设中)
- 中国卫星集团互联网 (CSNET)(建设中)

2004 年 2 月,我国下一代互联网 CNGI 主干试验网 CERNET2 开通并提供服务(2.5~10 Gbit/s),是目前所知世界上规模最大的采用纯 IPv6 技术的下一代互联网主干网,此项目的启动,标志着我国的 IPv6 进入了实质性发展阶段。

中国互联网已经形成规模,互联网应用走向多元化。2015 年 7 月,《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》正式公开公布,提出了“互联网+”创业创新、“互联网+”协同制造、“互联网+”普惠金融等 11 项重点。“互联网+”是互联网思维的进一步实践成果,它代表一种先进的生产力,推动经济形态不断地发生演变。

2018 年中国互联网络信息中心 (CNNIC) 在京发布第 41 次《中国互联网络发展状况统计报告》。截至 2017 年 12 月,我国网民规模达 7.72 亿,普及率达到 55.8%,超过全球平均水平 (51.7%) 4.1 个百分点,超过亚洲平均水平 (46.7%) 9.1 个百分点。我国手机网民规模达 7.53 亿,网民中使用手机上网人群的占比由 2016 年的 95.1% 提升至 97.5%,说明以手机为中心的智能设备成为“万物互联”的基础,车联网、智能家电促进“住行”体验升级,构筑个性化、智能化应用场景。移动互联网服务场景不断丰富、移动终端规模加速提升、移动数据量持续扩大,为移动互联网产业创造更多价值挖掘空间。

中国上市互联网企业超百家,市值接近 9 万亿元。截至 2017 年 12 月,我国境内外上市互联网企业数量达到 102 家,总体市值为 8.97 万亿人民币。其中腾讯、阿里巴巴和百度公司的市值之和占总体市值的 73.9%。

## 1.4 互联网的概念和构成

### 1.4.1 网络

目前,大家熟悉的网络有:电信网络、有线电视网络和计算机网络。电信网络向用户提供电话、电报和传真等服务,有线电视网络向用户提供电视节目,计算机网络主要用途是传送信息和资源共享。随着技术的发展,计算机网络功能越来越强大,现也能够向用户提供 IP 电话、视频通信以及视频点播等服务。需要说明的是,本书主要讨论计算

机网络，因此下面提到的“网络”就是指“计算机网络”，而不是表示电信网络或有线电视网络。

讲解互联网概念之前，先来学习一下网络的概念。

网络（network）是由一组具有通信能力的设备相互连接而形成的。需要说明的是，设备可以是主机（host）或称为端系统（end system），如大型服务器、PC、工作站、手机、安全系统等，也可以是集线器、交换机或路由器等网络连接设备，如家庭中，通过无线路由器将智能家电、手机、笔记本式计算机和摄像头等连接起来，就构成了一个无线局域网。无线网的传输介质是空气。图 1-4 表示家庭网络结构图。

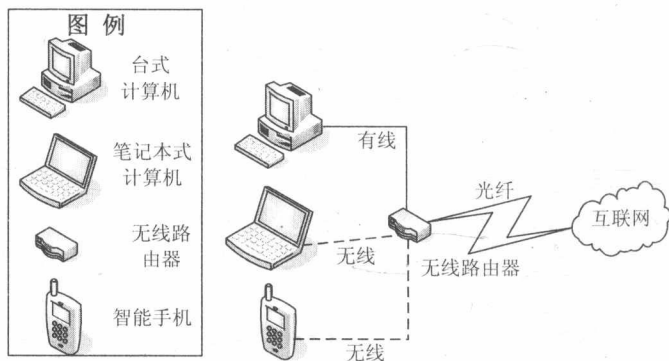


图 1-4 家庭网络结构图

因特网（Internet，又称互联网）：是一个专用名词，指世界上最大的覆盖全球的计算机网络，即广域网、局域网及单机按照一定的通信协议（TCP/IP 协议）组成的国际计算机网络，且其前身是美国的 ARPANET。因特网并不等同万维网（World Wide Web），万维网只是一个基于超文本相互链接而成的全球性系统，通过互联网访问。在这个系统中，WWW 可以让 Web 客户端（常用浏览器）访问 Web 服务器上的页面。之所以浏览器里输入网址时能看见某网站提供的网页，就是因为浏览器和网站的服务器之间使用的是 HTTP 协议，因此也有人这样定义，只要应用层采用 HTTP 协议，就称为万维网。出于行业习惯，后面我们仍称因特网为互联网。

Intranet 是一个非开放的、专属的，通常建设在私有网络之上，只是其结构和服务方式和设计都参考 Internet 的模式。

Extranet 是针对 Intranet 而提出的，如果说 Intranet 是一个内部网络，那么 Extranet 则是指外部的网络。它通常是企业和 Internet 连接，以向用户提供服务的网络，可以理解为 Extranet 是 Intranet 内部网与公用的 Internet 之间的桥梁，也可以被看作是一个能被企业成员访问或其他企业合作的企业 Intranet 的一部分。

## 1.4.2 互联网的发展

互联网（Internet）是在计算机网 ARPANET 的基础上不断发展而形成。Internet 的发展可分为 3 个阶段。

第一个阶段是 Internet 的雏形阶段。20 世纪 60 年代，美国与苏联之间的冷战不断升级，当时人们逐渐认识到，能否保持科学技术上的领先地位，将决定战争的胜负。美国国防部（DOD）认为，如果仅有一个集中的军事指挥中心，假如这个中心被摧毁，全国

的军事指挥将处于瘫痪状态，其后果将不堪设想。为了避免此类事件的发生，美国国防部高级研究计划署（Advanced Research Projects Agency, ARPA）对寻找连接计算机的方法产生了兴趣，想设计一套由一个个分散的指挥点组成的指挥系统，当部分指挥点被摧毁后其他点仍能正常工作，而且这些分散的点又能通过某种形式的通信网取得联系。

1967年美国计算机协会（Association for Computing Machinery, ACM）的一次会议上，ARPA提出了组建一个连接计算机的小型网络——高级研究计划署网络（Advanced Research Projects Agency Network, ARPANET）的想法。到了1969年，ARPANET变成了现实，但只有4个结点，分布在洛杉矶的加利福尼亚州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学、犹他州大学四所大学的4台大型计算机。ARPANET采用了包交换机制，是一个单个的分组交换网，通信软件采用网络控制协议（Network Control Protocol, NCP）提供主机之间的通信。20世纪70年代中期，研究人员开始了第二代网络协议的设计工作，这个阶段的重点是网络互连问题，开始出现TCP/IP协议，这就是互联网（Internet）的雏形。到了1983年，ARPA和美国国防部通信局研制成功了用于异构网络的TCP/IP协议，使得所有使用TCP/IP协议的计算机都能利用互联网相互通信，因而人们就把1983年作为互联网的诞生时间。

第二个阶段是Internet的发展阶段。1983年，ARPANET分裂为两个网络：军队用户使用的军用网络（Military Network, MILNET）和非军用网络ARPANET。

1986年，美国国家科学基金会（National Science Foundation, NSF）利用ARPANET发展出来的IP通信，在5个科研教育服务超级计算机中心的基础上建立了NSFNET广域网。NSF规划建立了15个超级计算机中心及国家教育科研网，用于支持科研和教育的全国性规模的NSFNET，覆盖了全美国主要的大学和研究所，并以此作为基础，实现同其他网络的连接。NSFNET成为Internet上主要用于科研和教育的主干部分，代替了ARPANET的骨干地位。它是一个三级计算机网络，分为主干网、地区网和校园网（或企业网）。

1989年，MILNET实现和NSFNET连接后，就开始采用Internet这个名称。自此以后，其他部门的计算机网络相继并入Internet，ARPANET宣告解散。

第三个阶段是Internet的商业化阶段。20世纪90年代初，NSF和美国的其它政府机构开始认识到，互联网必将扩大其使用范围，不少商业机构开始进入Internet，网络上的通信量急剧增大，为了满足用户对互联网的需求，美国政府决定将互联网的主干网由私人公司来经营，这使Internet开始了商业化的新进程。这成为Internet大发展的强大推动力，1992年互联网上的主机超过100万台。1993年互联网主干网的速率提高到45 Mbit/s。1995年，NSFNET停止运作，被若干个商用的互联网主干网替换，Internet彻底商业化，逐渐形成了多层次ISP结构的互联网，政府机构不再负责互联网的运营。这里的ISP（Internet Service Provider）是指互联网服务提供者，如我国的ISP主要有中国联通、中国电信和中国移动等公司。

### 1.4.3 互联网的标准化

互联网的发展过程中，为了能支持各种网络的互连及其管理，必须要遵从国际性的标准与协议。互联网在制定其标准上不同于其他标准的制定，它的最大特点是面向公众开放，所有RFC（Request for Comment，请求评论）文档都可以从互联网上下载<sup>①</sup>，并且

<sup>①</sup> RFC文档可以通过网站 <http://www.rfc-editor.org> 免费下载。