



高等学校电子信息类“十二五”规划教材

# 计算机网络 及工程实践

武奇生 李艳波 李光 巨永锋 编著



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高等学校电子信息类“十二五”规划教材

# 计算机网络及工程实践

武奇生 李艳波 李 光 巨永锋 编著

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书的内容涵盖了计算机网络的基本概念、原理、技术和应用,反映了计算机网络技术的最新进展。全书主要包括计算机网络概述、网络体系结构、局域网、通信网与广域网、网络互联技术、Internet 及应用、网络管理及安全技术、互联网与物联网、计算机网络实验等内容。

本书论述严谨、内容新颖、图文并茂,注重基本原理和基本概念的阐述,强调理论联系实际,突出应用技术和实践,可作为高等院校计算机及相关专业大学本科高年级学生和研究生教材或参考教材,也可作为从事计算机网络工作的广大科技人员及工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络及工程实践/武奇生等编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2013.10

高等学校电子信息类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3156-1

I. ① 计… II. ① 武… III. ① 计算机网络—高等学校—教材 IV. ① TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 235560 号



策 划 刘玉芳

责任编辑 毛红兵 赵 彦

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 24

字 数 572千字

印 数 1~3000册

定 价 41.00元

ISBN 978-7-5606-3156-1/TP

**XDUP 3448001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

# 前 言

计算机网络是紧密结合计算机技术和通信技术，正在迅速发展并获得广泛应用的一门综合性学科。网络建设的规模和应用水平是衡量一个国家综合国力、科技水平和社会信息化的重要标志，如何推动信息产业的发展，培养计算机网络与通信学科的专业人才，已经成为各国政府高度重视的战略问题。

目前，计算机网络技术发展迅速，新的技术、新的网络标准不断推出。编者依据多年来从事本科生和研究生计算机网络教学及相关科研工作的实践经验，在征求了计算机专业相关教师和高年级学生及计算机网络工程技术人员意见的基础上，从工程实践和应用的角度出发，编写了本书。

本书在介绍网络体系结构等理论的基础上，从工程和实际应用角度全面介绍最新网络技术。全书共分9章。第1章是计算机网络概述，对计算机网络的概念、功能、组成、分类及应用前景做了简单介绍。第2章是网络体系结构，着重介绍了ISO的OSI体系结构、OSI与TCP/IP体系结构的对比。第3章是局域网，着重介绍了IEEE 802标准、交换式以太网、全双工以太网、快速以太网、VLAN、WLAN以及当前流行的WiFi和3G技术。第4章是通信网与广域网，着重介绍了通信网的概念、结构与分类及常用的广域网技术、当前流行的ADSL技术。第5章是网络互联技术，着重介绍了网络互联的基本方法及网络接入技术。第6章是Internet及应用，着重介绍了因特网接入技术、IP协议、传输协议及应用、网络操作系统。第7章是网络管理及安全技术，着重介绍了网络管理的一般概念、简单网络管理协议以及数据加密技术、网络安全策略和安全机制。第8章是互联网与物联网，着重介绍了物联网的发展及国内外研究状况、物联网的关键技术等。第9章是计算机网络实验，可为教学实施提供实践。前8章每章均附有习题。本书参考学时为32~48学时，可根据具体情况酌情选择讲解或学习。

本书由武奇生负责统稿，全书编写具体分工为：武奇生(第1、8章)、李艳波(第2、3、4章)、李光(第6、7、9章)、巨永锋(第5章)。本书在编写过程中得到了作者单位的支持和其他同事的帮助，在此深表谢意，同时对编写本书时所参考书籍的作者也一并表示诚挚的感谢。

2012年夏，恰逢长安大学自动化专业“卓越工程师培养计划”试点班成立，课程整合和教材建设是本次教学改革的关键之一，也是作者所在学院的教学改革重点工作。本书的完成获得了长安大学中央高校创新团队(CHD2011TD018)各位老师的帮助，并获得了长安大学国家级自动化特色专业建设点专项经费及长安大学专业综合改革专项经费的资助。

鉴于计算机网络技术的迅速发展，加之编者水平和时间有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

2013年6月

# 目 录

<b>第 1 章 计算机网络概述</b> .....1	2.2.3 数据链路层.....26
1.1 计算机网络的产生和发展.....1	2.2.4 网络层.....31
1.1.1 面向终端的远程联机系统.....1	2.2.5 传输层.....35
1.1.2 共享资源的计算机网络.....3	2.2.6 会话层.....37
1.1.3 标准化网络.....4	2.2.7 表示层.....38
1.1.4 互联网与物联网.....5	2.2.8 应用层.....39
1.1.5 局域网的发展.....5	2.2.9 OSI 参考模型中的数据传输.....40
1.1.6 计算机网络的发展趋势.....6	2.3 TCP/IP 参考模型.....41
1.2 计算机网络的概念、功能及组成.....7	2.3.1 网络接口层.....41
1.2.1 计算机网络的概念.....7	2.3.2 网络互联层.....42
1.2.2 计算机网络的主要功能.....7	2.3.3 传输层.....42
1.2.3 计算机网络的基本组成.....8	2.3.4 应用层.....42
1.3 计算机网络的分类.....10	2.4 数据传输介质.....42
1.3.1 按网络覆盖的范围分类.....10	2.4.1 同轴电缆.....43
1.3.2 按通信介质分类.....11	2.4.2 双绞线.....44
1.3.3 按通信方式分类.....11	2.4.3 光纤.....47
1.3.4 按使用范围分类.....12	2.4.4 无线传输介质.....51
1.3.5 按拓扑结构分类.....12	2.5 小结.....56
1.3.6 按其他方式分类.....15	习题.....56
1.4 小结.....15	
习题.....15	
<b>第 2 章 网络体系结构</b> .....16	<b>第 3 章 局域网</b> .....57
2.1 网络体系结构.....16	3.1 局域网基础.....57
2.1.1 协议.....16	3.1.1 局域网的产生与发展.....57
2.1.2 分层原则.....17	3.1.2 局域网体系结构与 IEEE 802 标准.....58
2.2 开放系统互连参考模型.....18	3.1.3 局域网的基本组成与特点.....60
2.2.1 概述.....18	3.1.4 局域网的分类.....63
2.2.2 物理层.....21	3.1.5 介质访问控制方法.....64
	3.2 交换式局域网.....69
	3.2.1 交换式局域网概述.....70

3.2.2	交换式局域网的体系结构	70	5.1.4	网络互联的基本要求	143
3.2.3	交换式局域网的技术特点	72	5.2	网络互联设备	144
3.2.4	局域网交换机	73	5.2.1	网络互联传输介质的比较和选择	145
3.3	虚拟局域网	74	5.2.2	物理层互联设备	146
3.3.1	虚拟局域网概述	74	5.2.3	数据链路层互联设备	148
3.3.2	虚拟局域网的分类	76	5.2.4	网络层互联设备	152
3.3.3	虚拟局域网的技术特点	78	5.2.5	应用层互联设备	157
3.3.4	虚拟局域网的应用	79	5.3	网络接入技术	160
3.4	无线局域网	80	5.3.1	拨号接入	161
3.4.1	无线局域网简介	80	5.3.2	专线接入	163
3.4.2	无线局域网的体系结构	82	5.3.3	无线接入	166
3.4.3	无线局域网的协议标准	84	5.4	小结	167
3.4.4	无线局域网的基本组成	88	习题		167
3.4.5	无线局域网的安全机制	91	<b>第 6 章</b>	<b>Internet 及应用</b>	168
3.4.6	WiFi 与 3G 无线网络	94	6.1	Internet 概述	168
3.5	小结	100	6.1.1	Internet 的产生与发展	169
习题		101	6.1.2	Internet 的结构	171
<b>第 4 章</b>	<b>通信网与广域网</b>	102	6.1.3	Internet 的管理机构	172
4.1	通信网概述	102	6.2	Internet 的网际协议	174
4.1.1	通信网的产生与发展	102	6.2.1	IP 协议概述	175
4.1.2	通信网的基本结构与分类	102	6.2.2	IP 地址的表示与分类	176
4.2	广域网概述	103	6.2.3	子网与掩码	183
4.2.1	广域网的产生与发展	103	6.2.4	网关配置	186
4.2.2	广域网的构成	104	6.2.5	特殊的 IP 地址	187
4.2.3	广域网所提供的服务	106	6.2.6	IPv6 概述	190
4.3	广域网技术	108	6.3	地址解析协议与逆地址解析协议	205
4.3.1	X.25 网	108	6.3.1	地址解析协议	205
4.3.2	帧中继网	113	6.3.2	逆地址解析协议	211
4.3.3	B-ISDN 和 ATM 网	117	6.4	Internet 控制报文协议	212
4.3.4	xDSL	125	6.5	Internet 的传输协议	216
4.4	小结	128	6.5.1	TCP 协议	217
习题		129	6.5.2	UDP 协议	230
<b>第 5 章</b>	<b>网络互联技术</b>	130	6.5.3	协议端口与套接字	236
5.1	网络互联基础	130	6.5.4	基于 TCP/UDP 的网络 应用程序的编写	240
5.1.1	网络互联概述	130	6.6	常见的 Internet 服务及应用	247
5.1.2	网络互联模型	130	6.6.1	域名服务 DNS	247
5.1.3	网络互联形式	132	6.6.2	万维网 WWW	252

6.6.3 电子邮件 E-mail.....	255	8.1 物联网概述.....	315
6.6.4 文件传输 FTP.....	259	8.1.1 物联网的概念.....	315
6.6.5 电子公告板 BBS.....	261	8.1.2 物联网的定义.....	315
6.6.6 博客.....	261	8.1.3 物联网发展的国内外状况.....	316
6.6.7 即时通信.....	263	8.2 从互联网到物联网.....	317
6.6.8 电子商务.....	264	8.2.1 互联网和物联网的关系.....	321
6.6.9 微博.....	267	8.2.2 互联网与物联网的融合.....	322
6.7 网络操作系统.....	269	8.2.3 物联网的传输通信保障 ——互联网.....	323
6.8 小结.....	272	8.3 支持物联网发展的技术.....	324
习题.....	273	8.3.1 RFID 技术.....	324
<b>第 7 章 网络管理及安全技术.....</b>	<b>274</b>	8.3.2 无线传感器网络.....	324
7.1 网络管理.....	274	8.3.3 纳米技术.....	326
7.1.1 网络管理概述.....	274	8.3.4 感知技术.....	326
7.1.2 OSI 网络管理标准.....	274	8.3.5 通信技术.....	326
7.1.3 网络管理协议.....	277	8.3.6 普适计算技术.....	327
7.2 网络安全.....	279	8.3.7 云计算技术.....	327
7.2.1 网络安全概述.....	279	8.4 物联网的应用及发展.....	329
7.2.2 网络不安全因素的产生.....	280	8.4.1 国内的发展.....	329
7.2.3 网络安全策略.....	281	8.4.2 物联网未来趋势——网络融合.....	330
7.3 常见的网络安全技术.....	282	8.4.3 车辆自动识别管理系统的应用.....	331
7.3.1 加密技术.....	282	8.4.4 在其他方面的应用.....	333
7.3.2 数字签名.....	288	8.5 小结.....	338
7.3.3 数字证书.....	289	习题.....	339
7.3.4 防火墙技术.....	290	<b>第 9 章 计算机网络实验.....</b>	<b>340</b>
7.3.5 入侵检测技术.....	296	9.1 网线的制作.....	340
7.3.6 网络隔离技术.....	299	9.2 网络设置与 DNS 配置.....	345
7.4 数据的备份与恢复.....	301	9.3 TCP/IP 协议常用网络工具的使用.....	349
7.5 网络防病毒技术.....	307	9.4 对等网络配置及网络资源共享.....	353
7.5.1 网络病毒概述.....	308	9.5 电子教室.....	358
7.5.2 网络病毒的防治.....	310	9.6 构建无线局域网.....	365
7.6 小结.....	314	9.7 小结.....	375
习题.....	314	<b>参考文献.....</b>	<b>376</b>
<b>第 8 章 互联网与物联网.....</b>	<b>315</b>		

# 第 1 章 计算机网络概述

计算机网络发端于 20 世纪 50 年代，是 20 世纪最伟大的科学技术成就之一。计算机网络是计算机与通信技术结合的产物，它促进了整个社会的发展，从根本上改变了人们的生活与工作方式，甚至改变了人们的思想意识和思维方式。进入 21 世纪，随着物联网技术的发展，人与人、人与物、物与物的多种信息可以通过网络互换，进一步促进了社会的进步和发展。本章主要介绍计算机网络的产生与发展、计算机网络的基本组成部分以及计算机网络的分类和应用等基本内容。

## 1.1 计算机网络的产生和发展

计算机网络是伴随着计算机技术与通信技术的发展，并在二者日益结合紧密、相互渗透促进的前提下产生的。通信技术为多台计算机之间进行数据传输、信息交流和资源共享提供了必要的传输通道和通信手段；计算机技术反过来又应用于通信领域，极大地提高了通信系统的性能。这宗“联姻”使得新生的计算机网络技术很快在 IT 领域占据重要地位，并对信息产业的发展产生了深远的影响。现在，计算机网络技术已然成为了衡量一个国家现代化水平的重要标志之一。

回顾计算机网络产生和发展的历史，大致经历了早期面向终端的远程联机系统、共享资源的计算机网络、标准化网络以及现代的互联网、物联网等几个阶段。另外，在计算机网络发展的过程中，局域网技术也随之产生并发挥了特有的重要作用。

### 1.1.1 面向终端的远程联机系统

早期的计算机制造成本高、主机昂贵且数量很少，一台计算机只能供一个人使用。使用计算机时用户必须进入特定的计算机机房，在计算机的控制台上进行操作。这种方式不但不能充分利用计算机资源，而且用户使用起来也极为不便。后来，随着计算机软、硬件的发展，出现了高速大容量存储器系统，开发了多道程序和分时操作系统，使计算机能够同时处理多个应用程序，并允许多个用户通过终端同时访问一台主计算机。但是，由于此时的终端是直接通过异步串行口与主计算机相连的，因此要使用计算机仍然需要到计算机机房的终端上操作。

为了实现计算机远程操作，提高对计算机资源的充分利用，科学家利用各种通信手段，将终端和计算机进行远程连接，使用户在自己的办公室通过终端就可以使用远程计算机。终端可以处于不同的地理位置，通过传输介质及相应的通信设备与一台远程计算机相连，用户可以通过本地终端或远程终端登录并使用远程计算机系统。远程用户可以在本地方便



地使用远程计算机，这就产生了通信技术与计算机技术的结合。

这种以单个计算机为中心的计算机系统称为面向终端的远程联机系统，如图 1-1 所示，可以称为第一代计算机网络。20 世纪 50 年代建立于美国的半自动地面防空系统 SAGE (Semi-Automatic Ground Environment)就属于这类网络，它把远距离雷达和其他测量设备的信息通过通信线路送到一台旋风型计算机上进行处理和控制在，首次实现了计算机技术和通信技术的结合。

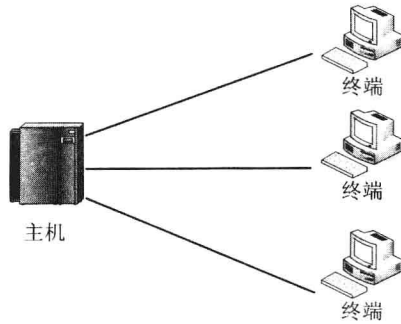


图 1-1 面向终端的计算机网络

虽然从形式上看，远程联机系统将通信技术引入到计算机系统，实现了资源共享和用户间的信息交流，但它的全部信息资源却都集中在一台主计算机内，用户终端没有自主处理数据的能力，实质上这只是一实现了“终端—计算机”通信的系统。

计算机专业人员对终端—计算机网络进行了改进，在主计算机的外围增加一台计算机，专门用于处理终端的通信信息及控制通信线路，并能对用户的作业进行某些预处理操作，通常称这台计算机为通信控制处理机(Communication Control Processor, CCP), 也称前置处理机。同时，在终端设备较集中的地方设置一台集中器，终端通过低速线路先汇集到集中器上，然后再用高速线路将集中器连到主机上，这样就形成了多机系统，其结构如图 1-2 所示。由于前端机和集中器在当时一般选用小型计算机担任，因此这种结构也称为具有通信功能的多计算机系统。

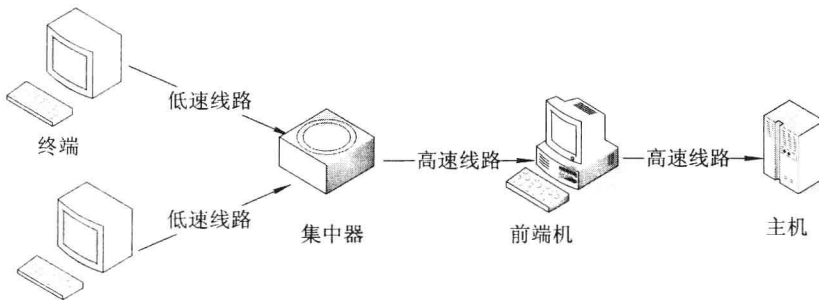


图 1-2 使用集中器的终端—计算机网络

20 世纪 60 年代初，美国航空公司建成的航空订票系统 SABRE-1 就是这种改进型网络的最好例子。该系统以一台大型计算机为中心计算机，与分散在全美国的 2000 多个终端连接。此外，美国通用电气公司的 GE 网也是这种形式的网络，其主计算机与 7 个中心集中器连接，每个集中器又分别与分布在 23 个地区的 75 个远程集中器相连，形成了当时世界

上最大的商业数据处理网。

第一代计算机网络存在以下明显的缺点：

- (1) 以主机为中心，联机系统上的终端没有独立的数据处理能力。
- (2) 由于主机系统通过串行接口 RS-232 与多用户系统相连接，它既要承担数据处理任务，又要承担数据通信任务，致使主机系统负担较重。
- (3) 终端设备运行速度慢，操作时间长，每个用户都要独占一条长距离的通信线路，线路利用率较低。
- (4) 这种结构属于集中控制方式，可靠性低。

### 1.1.2 共享资源的计算机网络

从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期，计算机性能的不断提高和价格的持续下降，使得在多台具有独立功能的计算机之间实现互相通信，充分利用本地资源和共享远程系统的软件、硬件及信息资源成为可能。人们提出利用通信线路将多个计算机连接起来，形成了多计算机互连的网络，为用户提供服务。同时，数据处理与通信不再采用集中模式，而是由分散在不同地理位置的计算机共同完成，这就是以共享资源为目的的第二代计算机网络。

第二代计算机网络在逻辑上可分为两大部分：资源子网和通信子网。资源子网由主机、终端、终端控制器、联网外设、各种软件资源与信息资源组成，它负责全网的数据处理并向网络用户提供各种网络资源与服务。通信子网由通信控制处理机、通信线路和其他通信设备组成，负责网络数据传输与转发等通信处理任务。在这种计算机—计算机网络中，计算机彼此独立又相互连接，它们之间没有主从关系，其功能比第一代面向终端的计算机网络扩大了许多。

现代意义上的计算机网络是 1969 年美国国防部高级研究计划署 DARPA 建成的 ARPANET(Advanced Research Projects Agency Network)实验网,如图 1-3 所示。图中,H(Host)是计算机主机,IMP(Interface Message Processor)是接口信息处理机。

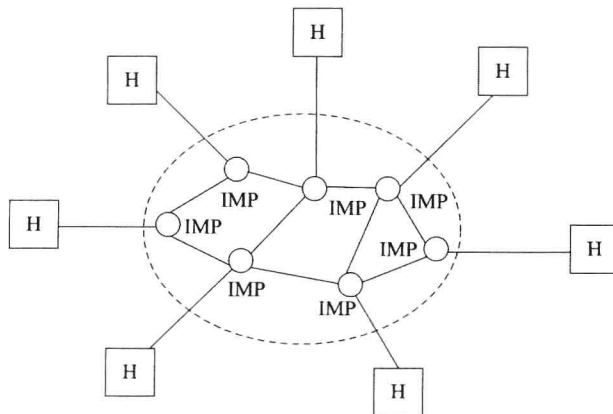


图 1-3 ARPANET 结构示意图

ARPANET 当时只有 4 个节点，以电话线路作为主干网络，到 1975 年已经有 100 多台不同型号的大型计算机，网络节点超过 60 个。地域范围跨越了美国东西部地区，连通了美

国东部和西部的许多大学和研究机构，具有现代网络的众多特征，例如分组交换、分层次的网络体系和较为完善的通信协议，并通过通信卫星与其他国家实现了网络互联。ARPANET 首先把分布在美国各地的通信处理机连接起来，构成通信子网，专门负责全网的通信工作；然后把各种资源包括主机系统、软硬件、数据库、集中器以及终端设备等与通信子网相连，构成了资源子网，专门承担各种数据处理的任务。这样，既提高了通信线路的利用率，又保证了主机系统的效率，充分发挥了网络中各种资源的利用效率。ARPANET 成为了第一个实现分布式资源共享的网络，同时它还实现了报文分组交换的数据交换方法，采用了层次结构的网络体系结构模型及协议体系，促进了 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)的发展，为今天计算机网络的发展奠定了基础。ARPANET 显示了计算机网络的优越性，促使许多国家组建了规模较大的网络，如美国的 CYBERNET、欧洲的 EIN 情报网和英国国家物理研究所的 NPL 网络等。

第二代计算机网络的特点是：

- (1) 实现了分布式的资源共享。
- (2) 具有分组交换的数据交换方式。
- (3) 采用专门的通信控制处理机。
- (4) 使用分层的网络协议。

以上几点也是计算机网络的一般特征。

### 1.1.3 标准化网络

以共享资源为目的的第二代计算机网络，大多是由研究部门、大学或计算机公司自行开发研制的，例如 IBM 公司于 1974 年率先提出了完整的计算机网络体系结构(System Network Architecture, SNA)，DEC 公司于 1975 年提出了面向分布式网络的数字网络体系结构(Digital Network Architecture, DNA)，Univac 公司于 1976 年公布了分布式控制体系结构(Distributed Computer Architecture, DCA)等。

这些网络技术标准使得同一体系结构的网络产品容易实现互联，但是不同体系结构的产品很难实现互联，这种局面严重阻碍了计算机网络的发展，令用户在投资方向上无所适从，并可能造成重大的投资损失，同时也不利于多厂商之间的公平竞争，于是制定统一的计算机网络技术标准成为必然。

20 世纪 70 年代后期，许多国际组织诸如国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)、国际电气电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)、国际电报电话咨询委员会(Consultative Committee of International Telegraph and Telephone, CCITT)等都成立了专门的研究机构来研究计算机系统的互连、计算机网络协议标准化等问题。1979 年，ISO 公布了开放系统互连参考模型(Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM)。1984 年，ISO 正式公布了著名的国际标准 ISO7498，通常称它为开放系统互连参考模型。作为国际标准，OSI/RM 规定了互连的计算机系统之间的通信协议，并规定了凡是遵从 ISO 提出的 OSI 协议的网络通信产品都是开放的网络系统。OSI/RM 极大地推动了网络标准化的进程，使人类步入了第三代计算机网络的年代。

### 1.1.4 互联网与物联网

随着计算机网络的飞速发展，人们在全球范围内建立了不计其数的局域网和广域网。为了扩充网络规模以实现更大范围的资源共享，人们迫切需要将这此网络互联在一起，于是国际互联网 Internet 应运而生。

Internet 是全球规模最大的、最开放的，由众多广域网和局域网通过多个路由器互连而成的巨型计算机网络。Internet 的网络体系结构采用 TCP/IP 协议集。TCP/IP 协议集由传输控制协议 TCP 和网络互联协议 IP 构成，采用分层结构，它简单实用，既可提供高效的数据传输，又能满足不同服务的网络传输要求。同时，使用 TCP/IP 协议集还可方便地将不同类型的主机和网络互联，原则上任何计算机只要遵守 TCP/IP 协议，都能按一定的规则接入 Internet。Internet 的发展大致经历了五个阶段：

(1) 从 1969 年 ARPANET 诞生到 1983 年，这期间属于研究试验阶段，主要进行网络技术的研究和试验。到 1984 年，ARPANET 分解为两个网络，一个仍称为 ARPANET，是民用科研网，另一个是军用计算机网络 MILNET。

(2) 1986 年美国国家科学基金会在美国政府的资助下，租用电信公司的通信线路组建了一个全新的 Internet 骨干网——国家科学基金会网络 NSFNET(National Science Foundation Network)，用以连接当时六大超级计算机中心和美国的大专院校及学术机构。

(3) 1989 年 APRANET 解散，同时 NSFNET 对公众开放，从而成为 Internet 最重要的通信骨干网络。

(4) 1992 年，Internet 不再归美国政府管辖，而成立了一个国际组织 Internet 协会(Internet Society, ISCO)负责对 Internet 进行全面的管埋，并以制定 Internet 相关标准和推广 Internet 为目标。

(5) 1994 年以后，Internet 进入商业化阶段，各政府部门、商业企业以及个人广泛使用 Internet。目前全世界绝大部分国家都已纷纷接入 Internet。

进入 21 世纪，一大批网络新技术已经产生，如 10 Gb/s 以太网技术、全光网络、多层交换技术、物联网技术等，促使计算机网络进入了一个新的发展时代，而且以 Internet 为核心的计算机网络已经形成。Internet 已成为世界范围的信息资源库，极大地推动着世界科学、文化、经济和社会的发展。可以说 Internet 的应用与普及，是人类社会由工业社会向信息社会发展的重要标志。

第四代计算机网络的特点是：

- (1) 广泛的资源共享。
- (2) 高速的数据传输。
- (3) 综合的业务服务。

物联网的相关内容将在第 8 章介绍。

### 1.1.5 局域网的发展

早期的计算机网络大多为广域网，而局域网的出现与发展是在 20 世纪 70 年代个人计算机(Personal Computer, PC)推出以后。到 80 年代，由于 PC 和小型机的性能不断提高、

价格不断降低,计算机也开始步入寻常百姓家,网络应用也从科学计算走入日常事务处理。

由于个人计算机的大量涌现,以信息交换和资源共享为目的的要求开始凸显。人们开始把一个办公室、一栋楼或一个园区的计算机连接起来,相互之间交换信息,交互工作,共享硬件资源(如贵重仪器设备)和软件资源,于是就产生了局域网技术。局域网技术的发展速度极为迅速,标准化的进程也非常快。自1980年9月,由DEC、Intel和Xerox三家公司联合研制并公布了以太网的标准规范后,一系列的局域网标准应运而生。其中以太网技术最为活跃,应用最为广泛。从1980年公布了标准以太网(传输速率为10 Mb/s)以来,很快又制定了百兆快速以太网标准、千兆高速以太网及万兆以太网的标准。近二十几年中,以太网技术的传输速率从十兆提高到万兆,传输速率整整提高了1000多倍。交换局域网技术的问世,是局域网技术的一次革命性的发展。交换局域网具有独占传输通道和带宽等特性,它给用户提供足够的带宽,彻底解决了带宽的需求问题。

进入20世纪90年代以来,在局域网领域又出现了无线局域网技术。利用无线局域网技术,可将网络延伸到移动用户较多和布线困难的公共区域,使局域网实现全方位的Internet连接,达到网络无处不在的标准。

局域网的出现与迅猛发展,直接影响着计算机网络和计算机互联网的发展。局域网技术的不断更新,为计算机网络的发展史书写了新篇章。

### 1.1.6 计算机网络的发展趋势

计算机网络技术的进步,促进了网络应用的普及。而网络应用需求的不断扩大,又推动了计算机网络进一步的发展。进入21世纪,计算机网络正在向高速化、综合化、宽带化、智能化、标准化、通信的可移动性及安全性等方向发展。信息高速公路概念的提出为人们展示了信息化社会的美好前景——为用户提供声音、图像、图形、数据和文本的综合服务,实现用户之间的多媒体通信。

国际电联ITU-T下一代网络标准化小组提出:下一代网络应该是公共交换电话网(Public Switched Telephone Network, PSTN)、移动通信网和分组网(ATM/IP)的融合,未来的网络应该在统一分组网上支持各种业务,是一个真正实现宽带窄带一体化、有线无线一体化、有源无源一体化、传输接入一体化的综合业务网络。分组化的、开放的、分层的网络架构体系是下一代网络的显著特征。下一代网络基本上划分为业务层、控制层、传输层(媒体层)与接入层四层,各层之间通过标准的开放接口互连。

业务层是由一系列的业务应用服务器组成,提供各种各样的业务控制逻辑,完成增值业务处理,同时提供开放的第三方接口,易于引入新型业务。

控制层主要指网络为完成端到端的数据传输进行的路由判决和数据转发功能,它是网络的交换核心,目的是在传输层基础上构建端到端的通信过程。

传输层面向用户端,支持透明的时分复用(Time Division Multiplexing, TDM)线路的接入,在网络核心提供大带宽的数据传输能力,并替代传统的配线架,构建灵活的长途传输网络,一般为基于密集波分复用(Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM)技术的全光网。

接入层在用户端支持多种业务的接入,提供各种宽窄带、移动或固定用户接入。接入

设备能向上连接高速传输线路，向下支持多种业务的接口。

下一代网络除了能向用户提供语音、高速数据与视频信息业务外，还能向用户方便地提供视频会议与电话会议功能，而且能像广播网一样，向有此项要求的用户提供统一的消息、时事新闻等，并逐步走向与电视、通信等网络的融合，用户使用一个统一的数据传输网络。

## 1.2 计算机网络的定义、功能及组成

### 1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络比较通用的定义是：将地理位置不同，并具有独立功能的多台计算机系统通过通信设备和线路按不同的形式连接起来，以功能完善的网络软件实现在网络中资源共享和信息传递的系统。另外，如果以不同的角度看待计算机网络，还可以有其他的定义方式，如从物理结构看，计算机网络是在网络协议的控制下，由多台主计算机、若干台终端、数据传输设备以及其他相关设备所组成的计算机复合系统。

从以上定义中可以看出，一个计算机网络系统应包括如下三个部分：

- (1) 多个计算机系统，为用户提供服务和共享的资源。
- (2) 由各种通信设备和通信线路组成的通信子网。
- (3) 网络软件，为用户共享网络资源和信息传递提供管理和服务。

### 1.2.2 计算机网络的主要功能

计算机网络具有丰富的资源和多种功能，可以将其归纳为以下五点。

#### 1. 数据通信

数据通信是指在计算机之间传送数据，包括数字、文字、声音、图像与视频信号等。计算机网络使得各种信息通过通信线路从发送端传送到接收端。利用数据通信功能，人们可以进行各种远程通信，实现网络上的应用，如收发电子邮件、视频点播、视频会议、远程教学、远程医疗与网上消息发布等。数据通信是计算机网络各种功能的基础，有了数据通信，才会有资源共享，才会有其他的各种功能。

#### 2. 资源共享

在计算机网络中有许多昂贵的资源，如大型数据库、巨型计算机等，不能为一个用户所拥有，所以必须实现资源共享。这里的资源可包括硬件资源、软件资源和数据资源。硬件资源包括各种大型的处理机、存储设备、输入/输出设备等，如打印机和大容量磁盘，用户可以通过计算机网络实现这些硬件的共享，如共享打印机、共享硬盘空间。软件资源包括操作系统、应用软件和驱动程序等，通过计算机网络可以实现这些软件的共享，如多用户的网络操作系统和应用程序服务器。数据资源包括用户文件、配置文件、数据文件等，用户可以通过计算机网络实现这些数据的共享，如通过网络邻居复制文件、网络数据库。网络上的资源可以为接入网络的所有用户所共享，任何被授权的用户都可以从另外一台计算机得到自己所需要的

资源，从而使这些资源发挥最大的作用，节省成本、提高效率、避免重复。

### 3. 提高系统可靠性

在单个系统中，一个部件或计算机的暂时失效必须通过替换资源的方法来维持原来系统的继续运行。但在网络中，一种资源可以存放在多个地点，并且用户可以通过多种途径访问网络的某种资源。因此，当某一节点发生故障，可以转到其他系统中代为处理或通过别的路径传送信息，从而避免了单点失效对用户的影响，增加了系统的可靠性。

### 4. 促进分布式数据处理和分布式数据库的发展

由于计算机价格的快速下降，在计算机网络内计算机和通信装置的性能比发生了显著的变化，因此可在获得数据和需要进行数据处理的地方设置计算机，把数据处理的功能分散到各个计算机上，利用网络环境来实现分布式处理以及建立性能优良、可靠性高的分布式数据库系统。普适计算技术会在商务应用中大力发展。

### 5. 提高系统处理能力

在网络中，由于每台计算机需要处理的业务不同，那么就可能出现忙闲不均，甚至个别计算机负担过重的现象。这时，计算机网络具有均衡负载的功能，可以通过网络调度来协调工作，把负担过重的计算机上的部分工作交给“闲”的计算机去做。而有一些科学计算题目非常大，致使一台计算机难以完成，这时可以通过计算机网络，在网络操作系统或应用软件的统一管理下，让多台计算机协同工作，共同完成计算，以提高系统的性能。计算机网络均衡了网络中各个机器的负担，提高了系统的利用率及整个系统的处理能力，随着大型云计算中心的建设，网络的处理能力会大大加强。

## 1.2.3 计算机网络的基本组成

计算机网络由硬件和软件两大部分组成。负责数据处理和数据转发的网络硬件为数据的传输提供可靠的传输通道，包括计算机系统、通信链路和通信设备等。网络软件控制数据通信并实现各种网络应用，包括网络协议及网络软件。网络软件各种功能的实现离不开硬件，而没有软件的硬件系统也无法完成真正端到端的数据通信。对于一个计算机网络系统而言，二者都是不可或缺的。一般一个计算机网络由计算机系统、通信链路和通信设备、网络协议及网络软件四个部分组成。这四部分就是计算机网络的基本组成部分，也常被称为计算机网络的四大要素。

### 1. 计算机系统

计算机网络的第一个要素是具备两台或两台以上拥有独立功能的计算机系统。计算机系统是网络的基本单元，是计算机网络的主体，属于被连接的对象。它主要负责数据信息的收集、处理、存储和传播，还可以提供资源共享和各种信息服务。因此，计算机系统是计算机网络的一个重要组成部分，是计算机网络中不可缺少的硬件元素。

计算机网络连接的计算机系统可以是巨型机、大型机、小型机、工作站或微机，以及笔记本电脑或其他数据终端设备。

### 2. 通信链路和通信设备

除了计算机系统外，计算机网络的硬件部分还包括用于连接计算机系统的通信链路和

通信设备,即数据通信系统。其中,通信链路指的是传输介质及其连接部件,包括光缆、同轴电缆和双绞线等。通信设备指网络连接设备和网络互联设备,包括以下几个部分:

### 1) 调制解调器(Modem)

调制解调器是一种把要传输的信号调制到载波上或从载波上把信号分离出来的设备。ITU-T V 系列建议的调制解调器,大体上采用频移键控调制、差分移相键控调制、调相调幅相结合的调制和高速调制解调四种调制方式。目前较为流行的 Modem 从速率上可分为 33.6 kb/s 和 56 kb/s 两种,随着网络技术的发展,它的应用领域正在逐渐缩小。

### 2) 网络接口卡(Network Interface Card)

网络接口卡简称网卡,又称网络适配器,是插在计算机总线插槽内或某个外部接口上的扩展卡,它与网络程序(网络操作系统)配合工作,负责把将要发送的数据转换为网络上其他设备能够识别的格式,通过网络介质传输,或从网络介质接收信息,转换成网络程序能够识别的数据格式。

网卡实现了如下功能:数据缓存、帧的封装和解封装、介质访问控制、串/并转换、数据编解码以及数据发送和接收等。目前,常用的网卡有 16 位或 32 位。

### 3) 各种网络互联设备

网络互联设备包括集线器(Hub)、中继器(Repeater)、交换机(Switch)、网桥(Bridge)、路由器(Router)与网关(Gateway)等。这些设备将在后面章节详细介绍。

通信线路和通信设备负责控制数据的发出、传送、接收或转发,包括信号转换、路径选择、编码与解码、差错校验、通信控制管理等,以便完成信息交换。它们在计算机之间建立起一条物理通道,实现数据传输。

## 3. 网络协议

网络协议是指通信双方就通信如何进行所必须共同遵守的约定和通信规则的集合。例如采用何种格式表达、组织和传输数据,采用何种方式检查和纠正传输过程中出现的错误,以及传输信息的时序组织与控制机制等。现代网络采用层次结构,协议规定了分层规则、层间关系和执行信息传递过程的方向、分解与重组等。

在网络上通信的双方必须遵守相同的协议,才能正确地交流信息,就像人们交谈要说同一种语言一样,如果使用不同的语言,就会造成双方都不知所云,交流被迫中断的现象。因此,协议在计算机网络中是至关重要的。一般来说,协议的实现是由软件和硬件分别或相互协作完成的,有的实现也可由网络设备来承担。典型的网络协议有:TCP/IP 协议、IPX/SPX 协议、IEEE 802 标准协议系列和 X.25 协议等。

## 4. 网络软件

在网络系统中,网络上的每个用户都可共享系统中的各种资源,所以,系统必须对用户进行控制,否则,就会造成系统混乱、信息数据的破坏和丢失。为了协调系统资源,系统需要通过网络软件对网络资源进行全面管理、合理调度和适当分配,并采取一系列安全措施,防止用户对数据与信息的不合理访问造成数据与信息的破坏及丢失。网络软件是实现网络功能所不可缺少的软环境。

通常网络软件包括:

(1) 网络协议软件。通过网络协议软件可实现网络计算机之间的通信,它是网络软件



中最重要、最核心的部分。计算机网络体系结构等都要通过网络协议软件才能发生作用。网络协议软件的种类很多,不同体系结构的网络系统都有支持自身系统的协议,体系结构中不同层次上又有不同的协议。

(2) 网络操作系统。网络操作系统是为计算机网络配置的操作系统,它是网络软件系统的基础,与网络的硬件结构相联系。网络中各计算机都有自己的操作系统,而网络操作系统可把它们有机地联系起来。除了具有常规操作系统所具有的功能外,网络操作系统还具有网络通信功能、网络范围内的资源管理功能和网络服务功能等。现在常用的网络操作系统有 Unix、NetWare、Windows XP 等。

(3) 网络管理及网络应用软件。网络管理软件是用来对网络资源进行监控管理,对网络进行维护的软件,它具有性能管理、配置管理、故障管理、计费管理、安全管理和网络运行状态监视与统计等功能。网络应用软件为用户访问网络提供服务。

## 1.3 计算机网络的分类

由于计算机网络的广泛使用,目前世界上已出现了多种形式的计算机网络,对网络的分类方法也很多。从不同角度观察网络和划分网络,有利于全面了解计算机网络的各种特性。

### 1.3.1 按网络覆盖的范围分类

按网络覆盖的地理范围可将计算机网络划分为局域网、广域网和城域网三种。

#### 1. 局域网

局域网(Local Area Network, LAN)是将较小地理区域内的各种数据通信设备连在一起的通信网络,也就是在一个较小区域范围内,将分散的计算机系统或数据终端互连起来为实现资源共享而构成的网络。连入局域网的计算机及其网络设备,通常局限在一个房间、一栋楼宇、一个园区或一所校园内,为本单位使用,所以局域网一般称为园区网或校园网。局域网与广域网和城域网相比,具有以下特点:

(1) 网络覆盖的地理范围比较小,一般在几十米到几十千米。

(2) 传输速率较高,通常在 10 Mb/s 以上,目前可达到 10 Gb/s,响应时间为百微秒。

(3) 误码率低,通常为  $10^{-8} \sim 10^{-11}$ 。

(4) 局域网拓扑结构简单,大多采用总线结构、星型、环型等拓扑结构,系统容易配置和管理,一般采用多路控制访问技术或令牌技术访问信道。

(5) 按照采用的技术、应用范围和协议标准的不同,可分为共享局域网和交换局域网。

(6) 网络控制趋向分布式,由于局域网采用了分布式控制方法,因而减少了对某个节点的依赖性,减小并避免了一个节点故障对整个网络的影响。同时由于地理范围小,传输时间有限,并且可以预先知道传输时间,局域网出现故障的概率比较小。

(7) 局域网通常归属一个单位的组织管理,不对外提供公共服务,管理方便,安全和保密性好。

常见的局域网有以太网(Ethernet)、光纤分布式数据接口(Fiber Distributed-Data Interface,