



普通高等教育  
“十一五”规划教材

Computer  
Networks and Communications

计算机网络与通信

张曾科 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”规划教材

# 计算机网络与通信

张曾科 编著

吴秋峰 主审



机械工业出版社

本书讲述计算机网络技术。首先介绍计算机网络的体系结构,接着以物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层五层体系结构层为主线讲述计算机网络的基本原理和核心技术,然后介绍网络管理与网络安全,最后讲述网络通信技术。

本书注重讲述网络的基本概念和原理,同时也力图反映计算机网络发展的新技术。

本书可作为高等院校理工科专业计算机网络课程的教学用书,也可以作为工程技术人员的参考用书。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册下载或发邮件到 [wbj@cmpbook.com](mailto:wbj@cmpbook.com) 索取。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络与通信/张曾科编著. —北京:机械工业出版社, 2008. 11  
普通高等教育“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-111-25385-3

I. 计… II. 张… III. ①计算机网络-高等学校-教材②计算机网络-计算机通信-高等学校-教材 IV. TP393 TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 162355 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
策划编辑:王保家 责任编辑:王保家 常建丽  
责任校对:李秋荣 封面设计:王洪流 责任印制:乔宇  
北京机工印刷厂印刷 (兴文装订厂装订)  
2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷  
184mm × 260mm · 21 印张 · 516 千字  
标准书号: ISBN 978-7-111-25385-3  
定价: 35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010) 68326294  
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643  
编辑热线电话:(010) 88379711  
封面无防伪标均为盗版

# 全国高等学校电气工程与自动化系列教材 编审委员会

主任委员 汪樾生 浙江大学

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

王兆安 西安交通大学

王孝武 合肥工业大学

田作华 上海交通大学

刘 丁 西安理工大学

陈伯时 上海大学

郑大钟 清华大学

赵光宙 浙江大学

赵 曜 四川大学

韩雪清 机械工业出版社

委 员 (按姓氏笔画排序)

戈宝军 哈尔滨理工大学

王钦若 广东工业大学

吴 刚 中国科技大学

张纯江 燕山大学

张晓华 哈尔滨工业大学

邹积岩 大连理工大学

陈庆伟 南京理工大学

夏长亮 天津大学

萧蕴诗 同济大学

韩 力 重庆大学

熊 蕊 华中科技大学

方 敏 合肥工业大学

白保东 沈阳工业大学

张化光 东北大学

张 波 华南理工大学

杨 耕 清华大学

陈 冲 福州大学

范 瑜 北京交通大学

章 兢 湖南大学

程 明 东南大学

雷银照 北京航空航天大学

# 序

随着科学技术的不断进步，电气工程与自动化技术正以令人瞩目的发展速度，改变着我国工业的整体面貌。同时，对社会的生产方式、人们的生活方式和思想观念也产生了重大的影响，并在现代化建设中发挥着越来越重要的作用。随着与信息科学、计算机科学和能源科学等相关学科的交叉融合，它正在向智能化、网络化和集成化的方向发展。

教育是培养人才和增强民族创新能力的基础，高等学校作为国家培养人才的主要基地，肩负着教书育人的神圣使命。在实际教学中，根据社会需求，构建具有时代特征、反映最新科技成果的知识体系是每个教育工作者义不容辞的光荣任务。

教书育人，教材先行。机械工业出版社几十年来出版了大量的电气工程与自动化类教材，有些教材十几年、几十年长盛不衰，有着很好的基础。为了适应我国目前高等学校电气工程与自动化类专业人才培养的需要，配合各高等学校的教学改革进程，满足不同类型、不同层次的学校在课程设置上的需求，由中国机械工业教育协会电气工程及自动化学科教育委员会、中国电工技术学会高校工业自动化教育专业委员会、机械工业出版社共同发起成立了“全国高等学校电气工程与自动化系列教材编审委员会”，组织出版新的电气工程与自动化类系列教材。这类教材基于“**加强基础，削枝强干，循序渐进，力求创新**”的原则，通过对传统课程内容的整合、交融和改革，以不同的模块组合来满足各类学校特色办学的需要。并力求做到：

**1. 适用性：**结合电气工程与自动化类专业的培养目标、专业定位，按技术基础课、专业基础课、专业课和教学实践等环节，进行选材组稿。对有的具有特色的教材采取一纲多本的方法。注重课程之间的交叉与衔接，在满足系统性的前提下，尽量减少内容上的重复。

**2. 示范性：**力求教材中展现的教学理念、知识体系、知识点和实施方案在本领域中具有广泛的辐射性和示范性，代表并引导教学发展的趋势和方向。

**3. 创新性：**在教材编写中强调与时俱进，对原有的知识体系进行实质性的改革和发展，鼓励教材涵盖新体系、新内容、新技术，注重教学理论创新和实践创新，以适应新形势下的教学规律。

**4. 权威性：**本系列教材的编委由长期工作在教学第一线的知名教授和学者组成。他们知识渊博，经验丰富。组稿过程严谨细致，对书目确定、主编征集、资料申报和专家评审等都有明确的规范和要求，为确保教材的高质量提供了有

力保障。

此套教材的顺利出版,先后得到全国数十所高校相关领导的大力支持和广大骨干教师的积极参与,在此谨表示衷心的感谢,并欢迎广大师生提出宝贵的意见和建议。

此套教材的出版如能在转变教学思想、推动教学改革、更新专业知识体系、创造适应学生个性和多样化发展的学习环境、培养学生的创新能力等方面收到成效,我们将会感到莫大的欣慰。

### 全国高等学校电气工程与自动化系列教材编审委员会

汪植生 陈永时 郑大钟

# 前 言

计算机网络的产生和发展在现代科学技术史上具有划时代的意义。计算机和 Internet 彻底改变了人们的工作和生活方式,改变了企事业单位的运营和管理方式。电子邮件、IP 电话成为人们重要的交流方式,Web 浏览成为人们获取信息的主要渠道,网上办公、电子商务、网络银行、网络会议、远程教育、远程生产监控等迅速进入现代社会,成为人们日常的工作和生活方式。

计算机网络教学越来越受到教育部门的高度重视。本书列入普通高等教育“十一五”规划教材,根据教材编审委员会审定的大纲,围绕计算机网络的原理、技术和应用,组织安排了本书的内容:

第 1 章介绍计算机网络的基本概念和发展历程。第 2 章介绍计算机网络的体系结构,使读者对计算机网络的基本概念有一个初步的了解,对计算机网络系统的总体层次结构和各层的功能划分有一个全局性的了解,以便进一步深入学习。

第 3~9 章以物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层五层体系结构为主线讲述计算机网络的基本原理和核心技术,这是目前国际上计算机网络教材编排的主流层次架构。第 3、4 章分别讲述五层体系结构的下两层,即物理层和数据链路层的各种通用技术;第 5、6 章分别介绍局域网和广域网,从互联网的角度看,它们处于五层体系结构的下两层;第 7~9 章则分别讲述五层体系结构的上三层,即网络层、传输层和应用层的协议和技术,它们包含了 Internet 的核心技术。

随着网络经济时代的到来,目前网络安全和管理倍受关注,第 10、11 章分别介绍网络安全和网络管理技术。网络通信是非常重要的网络应用,第 12、13 章讲述网络通信技术,分别涉及多媒体通信技术和基于套接字 Socket 的网络通信技术,后者是网络通信应用程序的一个主要开发平台。

本书是作者在清华大学讲授计算机网络、企业网等课程的基础上编写的,融入了多年的教学体验。本书注重讲述计算机网络的基本概念和原理。虽然网络技术发展迅速,各种技术层出不穷,但是其基本概念和原理是学习网络技术的最重要的知识点和基础。与此同时,本书也力图反映计算机网络发展的新技术,跟随网络技术飞速发展的潮流。

本书的目录中标示出了基本部分(打“\*”),教学中可以根据授课对象的层次、专业和学时等具体情况,对教学内容进行适当组合。本书每章均配有思考题,供读者练习思考。

书中重要的专业术语,一般依据全国科学技术名词审查委员会公布的《计算机科学技术名词(第 2 版)》给出中文,并注明英文。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册下载或发邮件到 [wbj@cmpbook.com](mailto:wbj@cmpbook.com) 索取。

由于作者的学识和水平有限,书中难免存在错误和疏漏,殷切期盼广大读者不吝指正,在此表示由衷感谢。

作 者



**普通高等教育“十一五”国家级规划教材**  
**普通高等教育电气工程与自动化类“十一五”规划教材**

书 名	主 编
★电路基础	东南大学 黄学良
电路实验教程	燕山大学 毕卫红
工程电磁场基础及应用	山东大学 刘淑琴
数字电子技术	中国计量学院 王秀敏
电子技术实验	天津大学 王萍
★计算机软件技术基础	哈尔滨工程大学 李金
通信技术基础（非通信类）	重庆邮电大学 鲜继清
★微型计算机原理及应用	西安交通大学 张彦斌
计算机网络与通信	清华大学 张曾科
★自动控制理论	合肥工业大学 王孝武 方敏 葛锁良
★自动控制理论	西安理工大学 刘丁
★现代控制理论基础（第2版）	合肥工业大学 王孝武
现代控制理论	浙江大学 赵光宙
控制工程基础	浙江工业大学 王万良
信号分析与处理（第2版）	浙江大学 赵光宙
自动化概论	四川大学 赵曜
★电力电子技术（第5版）	西安交通大学 王兆安 刘进军
电力电子技术（少学时）	华南理工大学 张波
Power Electronics	吴斌
★电机及拖动基础（第4版）（上下册）	合肥工业大学 顾绳谷
电力拖动基础	四川大学 张代润
★电力拖动自动控制系统——运动控制系统（第4版）	上海大学 阮毅 陈伯时
电力拖动自动控制系统——运动控制系统（少学时）	上海海运大学 汤天浩
控制系统数字仿真与CAD（第2版）	哈尔滨工业大学 张晓华
★过程控制与自动化仪表（第2版）	西安理工大学 潘永湘



(续)

书 名	主 编	
过程控制与自动化仪表	浙江大学	张宏建
过程控制系统	华东理工大学	俞金寿
传感器与检测技术	清华大学	赵勇
自动检测技术与系统设计	东南大学	周杏鹏
计算机控制技术	沈阳大学	范立南
现场总线技术及应用	哈尔滨工业大学	佟为明
电磁兼容原理及应用	华中科技大学	熊蕊
★电气绝缘技术基础 (第4版)	西安交通大学	曹晓琬
★电机学	重庆大学	韩力
电力工程基础	河海大学	鞠平
★供电技术 (第4版)	西安理工大学	余健明
智能控制理论及应用	湖南大学	王耀南 孙炜
智能电器	大连理工大学	邹积岩
建筑智能化系统	东北大学	吴成东
控制电机	山东大学	李光友
智能机器人引论	中国科学技术大学	关胜晓
机器人引论	清华大学	张涛
嵌入式系统原理与应用	青岛大学	范延滨
数字图像处理与应用基础	西安理工大学	朱虹
电网络理论	浙江大学	周庭阳
非线性电路理论	北京机械工业学院	刘小河
非线性系统理论	上海大学	康惠骏
最优控制理论与应用	西安交通大学	吴受章
系统建模理论与方法	东南大学	夏安邦
高等数字信号处理	海军工程技术大学	吴正国
高等电力电子技术	合肥工业大学	张兴
现代电机控制技术	沈阳工业大学	王成元

1. 本套教材全部配有免费电子课件, 欢迎选用本套教材的老师登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册下载或发邮件到 [wbj@cmpbook.com](mailto:wbj@cmpbook.com) 索取

2. 书名前标“★”号的为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”

# 目 录

(注:打“\*”的为基本部分,其余根据具体教学要求扩展)

序	
前言	
第1章 概述	1
*1.1 计算机网络及其分类	1
1.1.1 什么是计算机网络	1
1.1.2 计算机网络的分类	3
*1.2 计算机网络的发展	8
1.2.1 早期的计算机网络	8
1.2.2 分组交换网的产生	8
1.2.3 计算机网络体系结构的形成	9
1.2.4 局域网的产生与发展	10
1.2.5 Internet时代	11
1.2.6 计算机网络在我国的发展	12
1.3 计算机网络的标准化工作	13
1.3.1 标准化组织	13
1.3.2 RFC文档	14
思考题	14
第2章 计算机网络体系结构	16
*2.1 概述	16
*2.2 OSI体系结构	17
2.2.1 开放系统互连参考模型	17
2.2.2 OSI的一些基本概念	19
*2.3 TCP/IP体系结构	20
*2.4 五层体系结构	21
思考题	23
第3章 数据通信技术	25
*3.1 概述	25
*3.2 数据通信系统的性能指标	26
3.2.1 数据传输速率和码元传输速率	26
3.2.2 时延和时延带宽积	27
3.2.3 误码率和比特误码率	28
3.2.4 奈奎斯特准则和香农定理	29
*3.3 数据传输方式	30
3.3.1 单工、全双工和半双工传输	30
3.3.2 异步传输和同步传输	30
3.3.3 频带传输和基带传输	32
*3.4 调制解调技术	33
3.4.1 幅移键控	33
3.4.2 频移键控	33
3.4.3 相移键控	33
3.4.4 多级调制和幅相键控	34
*3.5 编码技术	34
3.5.1 不归零制编码	34
3.5.2 曼彻斯特编码与差分曼彻斯特编码	35
3.5.3 mB/nB编码	35
3.5.4 多级编码	36
*3.6 信道复用技术	36
3.6.1 频分复用	37
3.6.2 时分复用和统计时分复用	37
3.6.3 准同步数字系列	38
3.6.4 同步数字系列	40
3.6.5 波分复用	42
3.7 宽带接入技术	43
3.7.1 宽带接入简介	43
3.7.2 xDSL接入	44
3.7.3 HFC接入	46
*3.8 传输媒体	48
3.8.1 双绞线	48
3.8.2 同轴电缆	49
3.8.3 光纤	49
3.8.4 无线传输	51
思考题	53
第4章 数据链路控制	55
*4.1 概述	55
*4.2 数据链路控制的基本机制	56
4.2.1 滑动窗口	56
4.2.2 反馈重传	57
*4.3 自动请求重传	58
4.3.1 停等自动请求重传	58
4.3.2 回退-N ARQ	60
4.3.3 选择重传 ARQ	62

* 4.4 差错校验 .....	62	5.7.3 IEEE 802.11 MAC 层 .....	116
4.4.1 奇偶校验 .....	62	5.7.4 WLAN 管理 .....	123
4.4.2 循环冗余校验 .....	63	5.8 非主流局域网 .....	125
4.4.3 校验和 .....	64	5.8.1 令牌环 .....	125
4.5 高级数据链路控制规程 .....	65	5.8.2 令牌总线 .....	128
4.6 因特网数据链路控制协议 PPP .....	66	5.8.3 光纤分布数据接口 .....	129
4.6.1 PPP 及其帧格式 .....	66	思考题 .....	129
4.6.2 PPP 运行状态图 .....	67	<b>第 6 章 广域网</b> .....	132
思考题 .....	68	* 6.1 概述 .....	132
<b>第 5 章 局域网</b> .....	70	* 6.2 广域网传输控制机制 .....	132
* 5.1 IEEE802 局域网体系结构 .....	70	6.2.1 数据交换技术 .....	132
5.1.1 IEEE802 局域网参考模型 .....	70	6.2.2 分组转发和动态路由 .....	135
5.1.2 媒体接入控制子层 .....	71	6.2.3 拥塞控制 .....	137
5.1.3 逻辑链路控制子层 .....	73	6.3 X.25 和帧中继 .....	140
5.2 以太网工作原理 .....	75	6.4 异步传输模式 .....	140
* 5.2.1 以太网技术的发展 .....	75	* 6.4.1 信元交换 .....	141
* 5.2.2 以太网媒体接入控制方式		* 6.4.2 ATM 体系结构 .....	141
CSMA/CD .....	76	6.4.3 ATM 服务质量和服务类型 .....	146
* 5.2.3 以太网传输特点 .....	83	6.4.4 ATM 通信量控制 .....	148
5.2.4 以太网信道利用率 .....	84	思考题 .....	149
* 5.2.5 以太网帧格式和数据封装 .....	86	<b>第 7 章 网络互连</b> .....	150
5.3 传统以太网 .....	89	* 7.1 概述 .....	150
* 5.3.1 物理层 .....	89	7.1.1 Internet 构造基础——网络	
* 5.3.2 网络接口卡 .....	90	互连 .....	150
* 5.3.3 中继器和集线器 .....	91	7.1.2 网络互连的关键设备——路由	
5.3.4 传统以太网及其联网方式 .....	91	路 .....	151
* 5.4 高速以太网 .....	93	7.1.3 网际层的服务和协议 .....	152
5.4.1 100BaseT .....	93	7.2 网际协议 .....	153
5.4.2 千兆以太网 .....	97	* 7.2.1 分类 IPv4 地址及子网划分 .....	153
5.4.3 万兆以太网 .....	100	* 7.2.2 IP 数据报格式 .....	156
* 5.5 交换式以太网 .....	102	* 7.2.3 IP 数据报分片与重组 .....	157
5.5.1 简介 .....	102	* 7.2.4 IP 数据报转发 .....	159
5.5.2 网桥 .....	102	7.2.5 IP 数据报选项 .....	163
5.5.3 交换机 .....	104	* 7.3 地址解析协议 .....	164
5.5.4 交换式以太网及其特点 .....	105	7.3.1 IP 地址与物理地址 .....	164
5.6 虚拟局域网 .....	106	7.3.2 ARP 地址解析机制 .....	166
* 5.6.1 VLAN 及其特点 .....	106	* 7.4 因特网控制报文协议 .....	167
5.6.2 VLAN 的划分 .....	107	7.4.1 因特网控制报文协议及其报文	
5.6.3 VLAN 的帧格式 .....	108	格式 .....	167
5.6.4 VLAN 的运行 .....	108	7.4.2 ICMP 报文 .....	168
5.7 无线局域网 .....	111	* 7.5 无类别域间路由 .....	170
* 5.7.1 IEEE 802.11 WLAN .....	111	7.5.1 无类别域间路由编址 .....	170
5.7.2 IEEE 802.11 物理层 .....	113	7.5.2 路由聚合 .....	172

7.5.3 最长前缀匹配 .....	172	9.4.1 电子邮件简介 .....	239
7.6 路由协议 .....	172	9.4.2 电子邮件系统 .....	239
*7.6.1 路由协议简介 .....	172	9.4.3 电子邮件的信息格式 .....	241
7.6.2 路由信息协议 .....	173	9.4.4 简单电子邮件传送协议 .....	243
7.6.3 开放最短路径优先协议 .....	177	9.4.5 邮局协议 .....	244
7.6.4 边界网关协议 .....	183	9.5 万维网 .....	245
7.7 IP 多播 .....	187	*9.5.1 万维网简介 .....	245
*7.7.1 IP 多播简介 .....	187	*9.5.2 万维网工作原理 .....	245
7.7.2 因特网组管理协议 .....	189	*9.5.3 统一资源定位符 .....	247
7.7.3 距离矢量多播路由协议 .....	190	*9.5.4 超文本传送协议 .....	248
7.8 下一代网际协议 IPv6 .....	195	*9.5.5 超文本标记语言 .....	249
*7.8.1 IPv6 简介 .....	195	9.5.6 动态网页技术 .....	252
7.8.2 IPv6 数据报格式 .....	195	9.6 动态主机配置协议 .....	253
7.8.3 IPv6 地址 .....	198	思考题 .....	255
7.8.4 IPv4 向 IPv6 过渡 .....	199	<b>第 10 章 网络安全</b> .....	257
7.9 IP 主干网 .....	201	*10.1 概述 .....	257
7.9.1 IP over ATM .....	202	*10.2 两种密码体制 .....	258
7.9.2 多协议标记交换 .....	203	10.2.1 密码学基础 .....	258
7.9.3 IP over SDH .....	204	10.2.2 对称密钥密码体制与 DES 算 法 .....	259
7.9.4 IP over WDM .....	205	10.2.3 公开密钥密码体制与 RSA 算 法 .....	263
思考题 .....	206	*10.3 数字签名和报文摘要 .....	266
<b>第 8 章 传输控制</b> .....	210	10.3.1 数字签名 .....	266
*8.1 概述 .....	210	10.3.2 报文摘要 .....	267
*8.2 传输层端口 .....	211	10.4 身份认证和密钥分发 .....	268
*8.3 用户数据报协议 .....	212	10.4.1 身份认证简介 .....	268
8.3.1 UDP 用户数据报 .....	212	10.4.2 基于对称密钥的身份认证和 密钥分发 .....	269
8.3.2 UDP 伪报头 .....	213	10.4.3 基于公钥的身份认证和公钥 分发 .....	270
8.3.3 UDP 的特点 .....	213	10.5 Internet 网络安全技术 .....	272
*8.4 传输控制协议 .....	214	*10.5.1 防火墙技术 .....	272
8.4.1 TCP 的编号与确认 .....	214	10.5.2 网际层安全技术 .....	276
8.4.2 TCP 报文段 .....	215	10.5.3 传输层安全技术 .....	280
8.4.3 TCP 连接管理 .....	218	10.5.4 应用层安全技术 .....	281
8.4.4 TCP 重传机制 .....	220	思考题 .....	282
8.4.5 TCP 流量控制 .....	223	<b>第 11 章 网络管理</b> .....	284
8.4.6 TCP 拥塞控制 .....	226	*11.1 概述 .....	284
思考题 .....	230	*11.2 SNMP 网络管理系统 .....	284
<b>第 9 章 网络应用</b> .....	231	11.2.1 SNMP 网络管理系统结构 .....	284
*9.1 网络应用模式 .....	231	11.2.2 SNMP 网络管理系统规范 .....	285
*9.2 域名系统 .....	232	11.3 SNMP 协议 .....	286
9.2.1 Internet 域名结构 .....	232		
9.2.2 域名解析 .....	233		
9.3 文件传送协议 .....	238		
*9.4 电子邮件 .....	239		

11.3.1	SNMPv1 报文及其传输	286	12.3.2	H.323 建议书	302
11.3.2	SNMPv1 报文格式	287	12.3.3	会话发起协议	304
11.3.3	SNMPv2 和 SNMPv3	288	思考题		306
11.4	管理信息结构	288	<b>第 13 章 基于 Socket 的网络通信</b>		307
11.5	管理信息库	292	* 13.1	概述	307
思考题		293	* 13.2	套接字 Socket	308
<b>第 12 章 多媒体通信</b>		295	13.3	基于 Socket 的网络通信程序设计	308
* 12.1	概述	295	13.3.1	Socket 的创建与关闭	308
12.2	多媒体传输	296	13.3.2	绑定本地地址	310
* 12.2.1	一个多媒体传输的例子	296	13.3.3	建立连接	311
* 12.2.2	实时传输协议	297	13.3.4	数据发送与接收	314
* 12.2.3	实时传输控制协议	299	13.3.5	基于 Socket 的网络通信程序实现 框架	316
12.2.4	实时流式协议	301	思考题		318
12.3	IP 电话	301	<b>参考文献</b>		320
* 12.3.1	IP 电话简介	301			

# 第1章 概述

## 1.1 计算机网络及其分类

### 1.1.1 什么是计算机网络

计算机网络 (Computer Network) 是计算机技术和通信技术相结合的产物。

世界上第一台电子数字计算机于 1946 年诞生, 称为电子数字集成器和计算器 (Electronic Numerical Integrator And Computer, ENIAC), 由 18 000 个真空管组成, 占地面积 170 m<sup>2</sup>, 重量达 28t, 如图 1-1 所示。比起现在便携式的笔记本电脑, 可谓庞然大物, 但其性能却逊色得多。

1971 年问世的第一块集成电路处理器 4004, 就集成了 2 300 个晶体管, 而可以放在手心里的奔腾 4 芯片, 已经集成了 4 200 万个晶体管。计算机技术的发展真是异常神速。Intel 公司的创始人之一 Gordon Moore 在 1964 年曾预言: 芯片的能力每 18 个月提高一倍, 而其价格降低一半。摩尔本人当初也未曾料到, 这一预言至今仍然成立, 这就是著名的摩尔定律 (Moore's Law)。

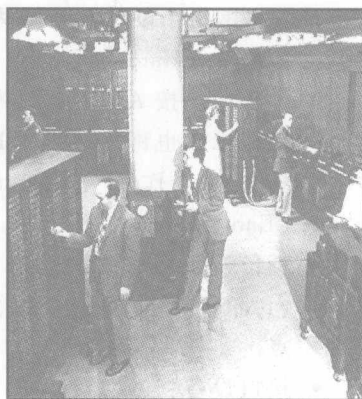


图 1-1 世界上第一台电子数字计算机 ENIAC

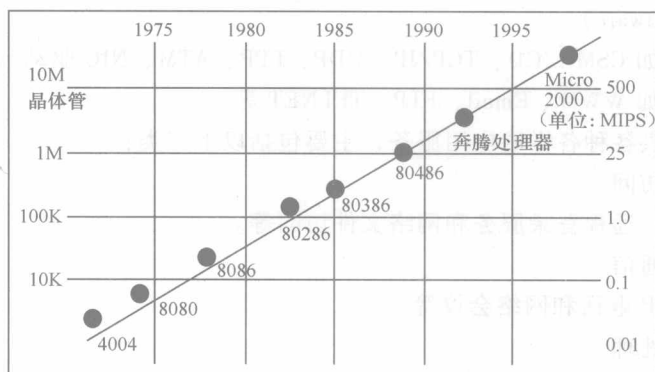


图 1-2 摩尔定律

通信技术是一门发展更早的技术, 1838 年摩尔斯发明了有线电报, 开创了通信技术时代, 1876 年贝尔发明了电话, 1896 年马可尼发明了无线电报, 1927 年 AT&T 启动了跨越大西洋的电话业务, 1966 年研究人员首次使用光纤传输电话信号。

计算机技术和通信技术的结合是最近几十年的事。20 世纪 50 年代中期, 人们开始进行

计算机技术与通信技术相结合的尝试,一些系统通过电话线路将多个远程终端连接到一台中心计算机上,共享其资源。短短几十年,计算机网络得到飞速发展,人类已经构建了覆盖全球的 Internet,铺设了四通八达的信息高速公路。

什么是计算机网络?目前还没有一个权威的定义。荷兰阿姆斯特丹 Vrije 大学计算机科学系教授、荷兰皇家艺术与科学院院士 Andrew S. Tanenbaum 言简意赅的提法得到了广泛的认同:计算机网络是指自治的计算机互连起来的集合 (An Interconnected Collection of Autonomous Computers)。计算机之间如果能相互交换信息则称为互连,自治是指计算机是能够独立进行处理的设备,而不是无自行处理能力的附属设备(如终端等)。

上述定义概括地给出计算机网络的概念,要具体地说明它的内涵,可以从计算机网络的组成和应用两个方面去描述。

计算机网络由硬件和软件两部分组成:

### (1) 硬件 (Hardware)

- 计算机:按 ARPANET 网(美国国防部高级研究计划局建立的计算机网络)沿用下来的术语也称为主机 (Host),可以是个人计算机 PC、大型计算机、客户机 (Client) 或工作站 (Workstation)、服务器 (Server) 等,在网络中它们称为端系统 (End Systems, ES)。
- 通信设备:即中间系统 (Intermediate Systems, IS),如交换机 (Switch) 和路由器 (Router) 等,为主机转发数据。端系统和中间系统在网络中称为结点 (Node) 或节点。
- 接口设备:网络接口卡 (Network Interface Card, NIC)、调制解调器 (Modem) 等,作为计算机与网络的接口。
- 传输媒体或称传输介质 (Medium):双绞线、同轴电缆、光纤、无线电和卫星链路等。

### (2) 软件 (Software)

- 通信协议:如 CSMA/CD、TCP/IP、UDP、PPP、ATM、NIC 驱动 (Driver) 等。
- 应用软件:如 WWW、Email、FTP、TELNET 等。

计算机网络提供各种各样的应用服务,主要包括以下三类:

#### (1) 共享资源访问

如万维网访问、远程登录服务和网络文件访问等。

#### (2) 远程用户通信

如电子邮件、IP 电话和网络会议等。

#### (3) 网上事务处理

如电子商务、电子政务、电子金融、远程教育和远程医疗等。

以上从计算机网络的组成和应用两个方面进行了描述,我们进而对计算机网络有了一个更具体的认识。

计算机网络已经有近半个世纪的发展历史。随着计算机技术和网络技术的发展,继摩尔定律之后,一些专家又提出了 IT 时代的一些著名论断和预言:

- 贝尔定律 (Bell's Law) 作为对摩尔定律的补充:如果保持计算能力不变,微处理器的价格和体积每 18 个月缩减一半。



- 20世纪90年代初,以太网的发明人鲍勃·麦特卡尔夫(Bob Metcalfe)说:网络的价值同网络用户数量的平方成正比。网络上的 $n$ 个用户,每一个人都可以看到其他人的内容, $n$ 个人每一个人都可以看到 $n$ 个人的内容,所以网络的价值与 $n^2$ 成正比。
- 被称为数字时代三大思想家之一的乔治·吉尔德(George Gilder)预测:在未来25年,主干网的带宽将每6个月增加1倍,其增长速率超过摩尔定律,是芯片增长速率的3倍。

有人将以上三个论断和预言及摩尔定律称为IT时代的四大定律,它们揭示了计算机和计算机网络技术惊人的发展速度和无限美好的前景。计算机和计算机网络技术已经改写了历史,它们也必将创造人类历史更加辉煌的篇章!

### 1.1.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类也有多种分类方法,可以从不同的角度和特征进行划分。如:

- 根据网络覆盖的地域范围(跨越的距离),可以分为局域网、城域网和广域网。
- 根据网络的拓扑结构,可以分为总线网、环形网、星形网、树形网、网形网和混合网。
- 根据使用的网络的通信协议,可以分为TCP/IP网、ATM网、X.25网和FDDI网等。
- 根据数据的交换方式,可以分为电路交换网、分组交换网、帧中继网和信元交换,即ATM网等。
- 根据网络的传输媒体,可以分为光纤网、卫星网、有线网和无线网等。
- 根据网络使用单位的性质,可以分为企业网、校园网、园区网和政府网等。
- 根据网络服务的对象,可以分为专用网和公共网。
- 根据网络的应用性质,可以分为远程教育网、证券业务网、税务网和工业控制网等。

还可以有其他的分类,但最常用最有意义的还是按网络覆盖的地域范围划分,因为网络覆盖的地域范围大小影响到网络诸多方面的特性,如传输速度、拓扑结构、使用的技术和网络设备等等。

按网络覆盖的地域范围,计算机网络可以分为三类,即局域网(Local Area Network, LAN)、城域网(Metropolitan Area Network, MAN)和广域网(Wide Area Network, WAN)。

另外,若干个LAN、MAN或WAN互连在一起就构成互联网(Internet, internet)互联网是网络的集合。目前全世界绝大多数网络都互连在一起,形成了因特网,即Internet。为了将不同的网络互连在一起,互联网使用了专门的技术。

以下对LAN、MAN、WAN、互联网和Internet的概念和特点进行简要说明。

#### 1. 局域网(LAN)

顾名思义,LAN是局部范围内的小规模的计算机网络,一般地理范围在10km以内。

对于LAN,电气电子工程师协会(IEEE)的LAN标准委员会曾提出如下定义:“LAN在以下方面与其他类型的数据网络不同,通信一般被限制在中等规模的地理区域内,例如,一座办公楼、一个仓库或一所学校;能依靠具有从中等到较高数据传输速率的物理通信信道,而且这种信道具有始终一致的低误码率;LAN是专用的,由单一组织机构所使用。”

LAN的一个重要特点是短距离工作,LAN的其他特点大都是由这一特点带来的,主要有:

- 数据传输速率高，一般为  $10 \sim 100\text{Mbit/s}$ ，随着技术的发展，数据传输速率也在不断提高。
- 数据传输可靠，误码率低，通常为  $10^{-12} \sim 10^{-7}$ 。
- 大多数 LAN 采用总线（Bus）、环形（Ring）及星形（Star）拓扑，结构简单，易于实现。图 1-3 表示了 LAN 主要的拓扑结构。

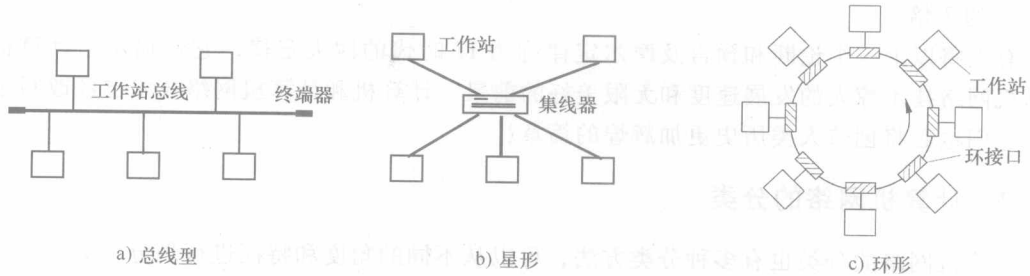


图 1-3 LAN 主要拓扑结构

- 一般为广播网络（Broadcast Network）。广播网络上的多台主机共享一条信道（Channel），一台主机发送信息，所有主机都能收到。多台主机同时访问信道时就可能产生冲突（Collision）亦称碰撞，因此共享信道的接入控制是 LAN 要解决的重要问题。
- 通常是由单一组织所拥有和使用，不受公共网络所属机构的规定约束，容易进行设备的更新和使用最新技术不断增强网络的功能。

LAN 应用非常广泛。目前，世界上绝大部分的计算机都连接在 LAN 上，进而接入 Internet。

LAN 有以太网（Ethernet）、令牌环网（Token Ring Network）、令牌总线网（Token Bus Network）和无线局域网（Wireless LAN, WLAN）等。

LAN 的发展始于 20 世纪 70 年代。1975 年 Xerox 公司研制了第一个总线结构的实验性的以太网，1974 年英国剑桥大学建立了剑桥环（Cambridge Ring）。20 世纪 80 年代后，微型计算机技术的兴起和飞速发展，极大地推动了 LAN 的发展和应用。目前，以太网一枝独秀，是 LAN 的主流网络形式。

## 2. 广域网（WAN）

WAN 覆盖的地域可达 100km 以上，可以覆盖一个地区、一个国家、一个洲，甚至更大，因此 WAN 又称远程网（Long Haul Network）。

除跨距远之外，与 LAN 相比，WAN 在技术上还有着下述特点：

- WAN 一般由主机和通信子网组成，通信子网（Communication Subnet）由通信线路连接交换结点（交换机）组成，往往是电信部门提供的公共通信网。
- WAN 网络拓扑一般比 LAN 复杂、不规整，多为网形（Mesh）、树形（Tree）或它们的混合。
- WAN 大多是交换式网络（Switched Network），使用数据交换技术，交换即数据在结点间的转发。WAN 多使用分组交换（Packet Switching），把数据分割为若干个分组或称包（Packet），以分组为单位进行转发。
- WAN 常常采用信道复用技术，提高传输线路的利用率。