



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21 世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

计算机网络

Computer Networks

刘克成 郑珂 主编

- 结合多年教学和实践经验
- 紧扣计算机专业考研大纲
- 理论讲解清楚，习题丰富



高校系列



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21 世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

计算机网络

Computer Networks

刘克成 郑珂 主编



高校系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 刘克成, 郑珂主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2011. 9
21世纪高等学校计算机规划教材
ISBN 978-7-115-25625-6

I. ①计… II. ①刘… ②郑… 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(2011)第148338号

内 容 简 介

本书系统讲解了计算机网络的概念和原理以及发展前沿的最新实用技术。本书包括计算机网络的基本内容, 并与国际计算机网络教学最新发展同步, 引入较新的网络技术。本书共9章, 分别介绍了数据通信基础、计算机网络的发展和网络体系结构等基本概念, 以及物理层、数据链路层、局域网、广域网、网络层、传输层、应用层、网络安全等内容。各章后面均附有大量习题供学生巩固所学知识。

本书可作为计算机专业及相关专业本科生的教材, 也可作为计算机专业硕士研究生入学考试参考用书以及网络工程师参考用书。

21 世纪高等学校计算机规划教材

计算机网络

-
- ◆ 主 编 刘克成 郑 珂
责任编辑 李海涛
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.5 2011 年 9 月第 1 版
字数: 536 千字 2011 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-25625-6

定价: 38.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前言

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物，它对人类进步和社会发展产生了深远影响。随着信息技术和产业的发展，迫切需要一大批掌握计算机网络和通信技术的专门人才。计算机网络已经被高等院校多个专业列为必修课程或选修课程。

本书在编写上注重基本原理、基本技术和基本方法,突出计算机网络的核心知识与技术,同时兼顾 Internet 上的应用和最新的网络技术(如无线局域网、广域网接入技术、IPv6 等)。全书共分为 9 章。第 1 章计算机网络概述,主要讲述计算机网络的基础知识、分类和体系结构;第 2 章数据通信和物理层,重点讲述和计算机网络相关的通信专业术语和知识,并讲述物理层相关协议标准和物理设备;第 3 章数据链路层,主要讲述在 OSI 参考模型中的数据链路的主要功能和服务,实际应用中本层协议;第 4 章局域网技术,主要讲解以太网、高速以太网、无线网、交换网和其他常见的网络技术;第 5 章广域网,讲解广域网知识和相关的数据交换技术以及广域网的接入技术;第 6 章网络层,讲述网络层功能和提供的服务,讲解 IPv4 和 IPv6 协议、路由算法和协议、地址解析协议等其他网络层协议,并且介绍了从 IPv4 到 IPv6 过渡技术和网络层的相关设备;第 7 章传输层,主要讲解传输层的功能以及 TCP/UDP;第 8 章应用层,讲解常见的网络应用,Web 应用、DNS 域名系统、邮件系统等;第 9 章网络安全,分析网络现存安全隐患,提供了一些常用的方法。

本书力求讲解简洁、通俗、实用,同时能够较好地保证知识的连贯性、系统性与先进性。本书注重在具体网络环境下讨论网络基本原理、算法、协议及各协议之间的相互作用过程,为学生提供透彻、完整的网络知识。另外本书涵盖了研究生入学考试大纲“计算机网络”的全部内容以及网络工程师考试的部分内容,并在每一章后面都编写大量符合考试大纲的习题。本书可作为计算机专业及相关专业本科生教材,也可作为计算机专业硕士研究生入学考试参考用书以及网络工程师参考用书。

本书由南阳理工学院刘克成和郑珂主编，刘克成编写第1章，马玉军编写第2章，郑珂编写第3章和第8章，黄宪通编写第4章和第5章，吴绍兴编写第6章，马永红编写第7章和第9章，全书统稿工作由刘克成和郑珂负责完成。

在本书的编写过程中,得到人民邮电出版社的热情支持与指导,在此表示衷心感谢。同时,又参阅了大量的网上资源和其他参考文献,在此对它们的作者和提供者一并表示感谢。

由于计算机网络技术发展迅速,加以编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正,以便再版时修改完善。

作者

2011 年 5 月

目 录

第 1 章 概论.....1

1.1 计算机网络概述.....1

1.1.1 计算机网络的基本概念.....1

1.1.2 计算机网络的功能.....2

1.1.3 计算机网络的发展和现状.....3

1.1.4 计算机网络的标准化工作及相关组织.....5

1.1.5 计算机网络的组成.....7

1.2 计算机网络的分类.....8

1.2.1 按网络的覆盖范围分类.....9

1.2.2 按传输媒体分类.....10

1.2.3 按使用范围分类.....10

1.2.4 按拓扑结构分类.....10

1.2.5 根据网络的通信方式分类.....15

1.3 计算机网络的体系结构.....15

1.3.1 基本概念.....15

1.3.2 ISO/OSI 参考模型.....17

1.3.3 OSI 通信原理.....22

1.3.4 OSI/RM 的缺点.....23

1.3.5 TCP/IP 的体系结构.....23

1.3.6 OSI 与 TCP/IP 参考模型的比较.....25

1.3.7 五层协议的体系结构.....26

小结.....26

习题.....27

第 2 章 数据通信和物理层.....30

2.1 数据通信的基本概念.....30

2.1.1 数据通信系统的基本模型.....30

2.1.2 信息、数据与信号.....31

2.1.3 模拟与数字.....32

2.1.4 DTE 和 DCE.....33

2.2 数据通信系统的性能指标.....34

2.2.1 数据传输速率.....34

2.2.2 带宽.....34

2.2.3 波特率.....34

2.2.4 时延.....35

2.2.5 时延带宽积.....36

2.2.6 利用率.....36

2.2.7 误码率.....37

2.3 信道容量.....37

2.3.1 奈奎斯特准则.....37

2.3.2 香农定理.....38

2.4 数据传输方式.....38

2.4.1 单工模式、半双工模式和全双工模式.....38

2.4.2 并行传输和串行传输.....39

2.4.3 同步传输和异步传输.....40

2.4.4 基带传输和频带传输.....41

2.5 数据编码与数据调制.....42

2.5.1 数字数据的数字信号编码.....42

2.5.2 数字数据的模拟信号编码.....45

2.5.3 模拟数据的数字信号编码.....47

2.6 信道复用技术.....48

2.6.1 频分多路复用.....49

2.6.2 时分多路复用.....50

2.6.3 波分多路复用.....51

2.6.4 码分多路复用.....53

2.7 数字传输系统.....54

2.7.1 准同步数字系列.....55

2.7.2 同步光纤网和同步数字系列.....56

2.8 物理层的传输介质.....57

2.8.1 导向传输介质.....58

2.8.2 非导向传输介质.....62

2.9 物理层的功能、模型与特性.....65

2.9.1 物理层的功能.....65

2.9.2 物理层的特性	66	4.4 以太网帧格式和数据封装	111
2.9.3 物理层接口标准举例	67	4.4.1 以太网帧格式	111
2.9.4 RS-232 串行接口标准	67	4.4.2 以太网数据封装	112
小结	70	4.4.3 以太网中地址	113
习题	70	4.5 常见以太网	114
第3章 数据链路层	73	4.5.1 传统以太网	115
3.1 数据链路层概述	73	4.5.2 100Mbit/s Ethernet	117
3.1.1 数据链路层的基本功能	74	4.5.3 Gigabit Ethernet	117
3.1.2 数据链路层的服务	75	4.5.4 10 Gigabit Ethernet	119
3.2 帧同步功能	76	4.6 交换式以太网	119
3.2.1 字符计数法	76	4.6.1 交换机	120
3.2.2 字符填充的首尾定界符法	77	4.6.2 交换式以太网及其特点	123
3.2.3 比特填充的首尾定界符法	78	4.7 虚拟局域网	124
3.3 流量控制功能	78	4.7.1 虚拟局域网的概念	124
3.3.1 停等协议	79	4.7.2 VLAN 对传统局域网的优势	125
3.3.2 后退 N 帧 ARQ 协议	81	4.7.3 虚拟局域网的类型	127
3.3.3 选择重发 ARQ 协议	82	4.7.4 虚拟局域网的协议标准	129
3.3.4 滑动窗口协议	82	4.7.5 虚拟局域网中的链路类型	131
3.4 差错控制功能	85	4.8 其他局域网	132
3.4.1 差错的特性	85	4.8.1 令牌环	132
3.4.2 检错及纠错原理	87	4.8.2 令牌总线	133
3.4.3 检错码	88	4.8.3 FDDI 网	133
3.4.4 纠错码	90	4.9 无线局域网	134
3.5 数据链路层协议	94	4.9.1 无线局域网的概念和特点	134
3.5.1 高级数据链路控制规程	94	4.9.2 主要无线局域网的标准	136
3.5.2 Internet 数据链路控制协议 PPP	97	4.9.3 无线局域网的体系结构	137
小结	99	4.9.4 无线局域网的介质访问控制 方式	139
习题	99	4.9.5 无线局域网的组建	141
第4章 局域网技术	102	4.9.6 无线局域网的安全	141
4.1 局域网概述	102	小结	142
4.2 局域网体系结构	103	习题	142
4.2.1 IEEE 802 局域网参考模型	103	第5章 广域网	144
4.2.2 介质访问控制子层	105	5.1 广域网概述	144
4.2.3 逻辑链路控制子层	106	5.2 计算机网络的数据交换技术	145
4.3 以太网介质访问控制技术	107	5.2.1 电路交换	145
4.3.1 ALOHA	107	5.2.2 存储转发交换	146
4.3.2 CSMA	108	5.3 广域网接入技术	148
4.3.3 CSMA/CD	109	5.3.1 DSL 接入技术	148

5.3.2 帧中继网	150	第 7 章 传输层	212
5.3.3 ATM 网	150	7.1 概述	212
小结	151	7.1.1 传输层功能	213
习题	151	7.1.2 传输层服务	214
第 6 章 网络层	153	7.2 传输协议的要素	215
6.1 网络层概述	153	7.2.1 传输层编址	216
6.1.1 网络层的功能	153	7.2.2 建立传输连接	217
6.1.2 网络层提供的服务	154	7.2.3 释放传输连接	219
6.2 IPv4 协议	157	7.2.4 流量控制和缓存	220
6.2.1 IPv4 协议简介	157	7.3 TCP/IP 的传输层	221
6.2.2 IPv4 地址及子网划分	157	7.3.1 用户数据报协议 UDP	221
6.2.3 IP 数据报格式	164	7.3.2 用户数据报格式	225
6.2.4 IP 数据报分片与重组	166	7.4 传输控制协议 TCP	226
6.2.5 IP 数据报转发	168	7.4.1 TCP 概述	226
6.2.6 无类别域间路由	173	7.4.2 TCP 报文段的首部	230
6.2.7 网络地址转换	176	7.4.3 TCP 数据编号与确认	233
6.3 网络层的协议	177	7.4.4 TCP 可靠性保证	233
6.3.1 ARP 和 RARP	177	7.4.5 TCP 流量控制	234
6.3.2 ICMP	181	7.4.6 TCP 拥塞控制	239
6.4 路由算法和路由协议	184	7.4.7 TCP 运输连接管理	244
6.4.1 路由协议的分类	184	小结	248
6.4.2 路由信息协议	185	习题	248
6.4.3 最短路由优先路由算法 (SPF)	192	第 8 章 应用层	250
6.4.5 开放最短路径优先算法 (OSPF)	194	8.1 应用层的基本概念	250
6.4.6 边界网关协议	198	8.1.1 主要的应用层协议	250
6.5 网络层设备	199	8.1.2 网络应用模式	251
6.5.1 路由器的组成和功能	199	8.2 域名系统	252
6.5.2 路由表	200	8.2.1 Internet 的域名结构	253
6.5.3 路由转发	201	8.2.2 域名服务器	255
6.6 IPv6 协议	202	8.2.3 域名解析过程	256
6.6.1 IPv4 协议的设计缺陷	202	8.2.4 DNS 的报文格式	258
6.6.2 IPv6 数据报格式	204	8.3 文件传送协议	260
6.6.3 IPv6 地址结构	205	8.3.1 FTP 的工作原理	260
6.6.4 IPv4 到 IPv6 的过渡技术	205	8.3.2 FTP 的数据格式	262
小结	207	8.3.3 FTP 的命令和应答	263
习题	207	8.3.4 简单文件传输协议	264
		8.4 远程登录协议 Telnet	264
		8.4.1 Telnet 工作原理	265

8.4.2 Telnet 语法与远程登录实现	266	9.1.1 常见的网络攻击方法	290
8.5 电子邮件	267	9.1.2 网络安全服务	291
8.5.1 电子邮件系统的组成结构	267	9.1.3 网络安全机制	292
8.5.2 电子邮件格式与 MIME	268	9.2 数据加密技术	293
8.5.3 SMTP 与 POP3	270	9.2.1 对称密钥密码体制与 DES 算法	295
8.6 万维网	272	9.2.2 公开密钥密码体制与 RSA 算法	302
8.6.1 万维网工作原理	272	9.3 数字签名和报文摘要	305
8.6.2 统一资源定位符	274	9.3.1 数字签名	305
8.6.3 超文本传送协议	274	9.3.2 报文摘要	307
8.7 动态主机配置协议	276	9.4 计算机病毒	307
8.7.1 DHCP 的常用术语	277	9.4.1 计算机病毒的概念	307
8.7.2 DHCP 的工作过程	277	9.4.2 计算机病毒的特征	307
8.8 简单网络管理协议	278	9.4.3 计算机病毒的分类	308
8.8.1 SNMP 网络管理系统组成	278	9.4.4 计算机病毒的防治	309
8.8.2 SNMP	280	9.5 防火墙技术	310
8.8.3 管理信息结构	282	9.5.1 防火墙基本概念	310
8.8.4 管理信息库	285	9.5.2 防火墙体系结构	310
小结	286	9.5.3 防火墙的局限性	314
习题	286	小结	314
第 9 章 网络安全	289	习题	315
9.1 网络安全概述	289	参考文献	318

第 1 章

概论

1.1 计算机网络概述

1.1.1 计算机网络的基本概念

计算机网络是计算机技术和数据通信技术紧密结合的产物。

美国国防部的高级研究计划局 (ARPA) 于 1968 年提出了一个计算机互联的计划, 于 1969 年建立了具有 4 个节点的以分组交换为基础的实验网络, 于 1971 年 2 月建成了具有 15 个节点、23 台主机的网络, 这就是著名的 ARPANET, 这是世界上最早出现的计算机网络之一。经过了近 40 年的发展, ARPANET 网络已从最初的 4 个节点发展为横跨全世界一百多个国家和地区、挂接有几万个网络、几百万台计算机、几亿用户的因特网 (Internet 是当前世界上最大的国际性计算机互联网络, 而且还在发展之中)。

纵观计算机网络的发展历史可以发现, 它和其他事物的发展一样也经历了从简单到复杂, 从低级到高级的过程。在这一过程中计算机技术与通信技术紧密结合, 相互促进, 共同发展, 最终产生了计算机网络。

1970 年以来在计算机网络的发展过程中, 人们从不同侧面对其提出了不同的定义, 这是受不同发展时期的限制和侧重点不同所致, 但定义的核心内容是一致的。所谓计算机网络包括有 3 个方面的含义。

(1) 必须有两台或两台以上具有独立功能的计算机系统相互连接起来, 以达到共享资源的目的。

(2) 两台或两台以上的计算机连接互相通信交换信息, 必须有一条通道。这条通道的连接是物理的, 由物理介质来实现。

(3) 计算机系统之间的信息交换必须有某种约定和规则, 这就是协议。这些协议可以由硬件也可以由软件来完成。

从以上 3 个方面可以把计算机网络归纳为: 用通信线路将分散在不同地点的、具有独立自主性的计算机系统相互连接, 并按网络协议进行数据通信和实现资源共享的计算机集合, 称为计算机网络。

通信线路——可为双绞线、同轴电缆、光纤、微波、红外线、激光等。

不同地点——给出了各计算机所在地理位置的差异。

独立自主——网络中的计算机无明显的主从关系, 即网上任何一台计算机不能强制性启动、

停止和控制另一台计算机。

相互连接——为的是能够实现网上计算机之间交换信息，并且依连接方式的不同而产生了结构上不同类型的计算机网络。

网络协议——可以简单地说成是“通信过程中全网共同遵守的规范准则”。

数据——可以包括文本、图形、声音、图像等。

资源——指的是在有限时间内为用户提供服务的设备（如大型计算机 CPU 的处理能力、超大容量存储器、高速打印机等）以及数据（数据文件、公共数据库等）。

共享——指的是这些“资源”能被网上所有用户使用，并且用户不必考虑自己在网中的位置和资源在网中的位置。

1.1.2 计算机网络的功能

计算机网络既然是以共享为主要目标，那么它应具备下述几个方面的功能。

1. 数据通信

数据通信是计算机网络最基本的功能。它用来快速传送计算机与计算机之间的各种信息，包括文字信件、新闻消息、咨询信息、图片资料、报纸版面等。利用这一特点可实现将分散在各个地区的单位或部门用计算机网络联系起来，进行统一调配、控制和管理。

典型的例子就是通过 Internet 收发电子邮件，可以很方便地实现异地交流。

2. 资源共享

信息时代的到来，资源共享具有重大的意义，资源共享是构建计算机网络的核心。网络上的计算机彼此之间可以实现文件共享、硬件共享和数据共享。

（1）文件共享

文件共享主要包括程序共享、文件共享等，可以避免软件的重复开发与大型软件的重复购买。例如在局域网中客户机可以调用主机中的应用程序，调看相关的文件。另外现在计算机软件层出不穷，在这些浩如烟海的软件中不少是免费共享的，这是网络上的宝贵财富。任何连入网络的人，都有权利使用它们。网络为用户使用文件提供了方便。

（2）硬件共享

利用计算机网络可以共享网络中的硬件设备，避免重复购置，提高计算机硬件的利用率。可以使用网络上的高速打印机打印文档、报表，使用网络中大容量的存储设备存放用户的资料。

（3）数据共享

数据共享可以避免大型数据库的重复设置，以最大限度地降低成本，提高效率。例如人才市场的人才库系统、学校的毕业生档案系统等。如果人们能够很好地利用计算机网络，做好电子注册，并将相关信息提供共享，能够很好地解决社会上很多问题。

3. 实现分布式处理

网络技术的发展，使得分布式计算成为可能。当某台计算机负担过重时或该计算机正在处理某项工作时，通过网络可将新任务转交给空闲的计算机来完成，这样处理能均衡各计算机的负载，提高处理问题的实时性；对大型综合性问题，可将问题各部分交给不同的计算机分别处理，充分利用网络资源，扩大计算机的处理能力。利用网络进行分布式处理使得多台计算机联合使用并构成高性能的计算机体系，这种协同工作、并行处理要比单独购置高性能的大型计算机便宜得多。

4. 集中管理

计算机网络技术的发展和运用使得现代的办公手段、经营管理等发生了变化。目前，已经有

了许多管理信息系统 (Management Information System, MIS)、办公自动化 (Office Automation, OA) 系统, 通过这些系统可以实现日常工作的集中管理, 提高工作效率, 增加经济效益。

5. 提高可靠性

对比较重要的软件、数据可同时存储在网络中不同计算机中, 这样万一某台计算机出现了故障或是局部地区的天灾和战争等意外, 造成该资源的不可恢复, 仍可在网络中其他计算机中找到副本, 或由其他计算机代替工作。虽然此种情况会导致性能的下降, 但整个系统并没有瘫痪, 这对在某些场合如军事、银行和实时控制是非常必要的。

由此可见计算机网络可以大大扩展计算机系统的功能, 扩大应用范围, 提高可靠性, 为用户提供方便, 同时也减少了费用, 提高了性价比。

1.1.3 计算机网络的发展和现状

计算机网络的诞生使计算机体系结构发生了巨大变化, 在当今社会经济中起着非常重要的作用, 它对人类社会的进步做出了巨大贡献。从某种意义上讲, 计算机网络的发展水平不仅反映了一个国家的计算机科学和通信技术水平, 而且已经成为衡量其国力及现代化程度的重要标志之一。一般来讲计算机网络的发展可分为 4 个阶段。

第一阶段: 计算机网络的诞生阶段。

第二阶段: 计算机网络的形成阶段。

第三阶段: 互联互通阶段。

第四阶段: 高速发展阶段。

1. 计算机网络的诞生阶段

计算机网络是计算机技术和数据通信技术紧密结合的产物。相对于计算机, 通信技术出现得更早一些。1837 年就出现了电报, 1876 年贝尔发明了电话, 到 1927 年, AT&T (美国电报电话公司) 启动了跨大西洋的电话业务, 1966 年研究人员首次使用光纤传输电话信号。而第一台电子计算机是在 1946 年才出现的, 但计算机网络并不是随着计算机的诞生而诞生的, 有近十年, 计算机和通信并没有什么关系, 那时只是单台计算机独立工作。

20 世纪 50 年代中期, 人们开始计算机技术和通信技术相结合的尝试, 一些系统通过电话通信线路将多个终端连接到一台中心计算机上, 用户可以在远离计算机机房的自己的办公室使用中心计算机。用户在自己的办公室内的终端键入程序或命令, 通过通信线路传送到中心计算机, 分时访问和使用中心计算机资源进行信息处理, 处理结果再通过通信线路回送到用户终端显示或打印。20 世纪 60 年代初美国航空公司建成的由一台计算机与分布在全美国的 2000 多个终端组成的航空订票系统 SABRE-1 就是这种计算机通信网络。

早期的计算机网络是计算机和电话通信系统结合的产物, 是以单台计算机为中心的远程联机系统, 有人称之为面向终端的计算机网络。连接到中心计算机的终端并没有自主处理能力, 它们共享中心计算机的处理能力。这与后来发展起来的由多个有自主处理能力的计算机互联起来的计算机网络在概念上有所不同, 所以从技术角度来看, 面向终端的网络并不是计算机网络, 但在谈到计算机网络的发展的时候, 人们不会忘记这个历史性的开端。

2. 计算机网络的形成阶段

随着计算机应用的发展, 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、地区与国家经济信息分析决策、大型企业经营管理。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-计算机的网络。网络用户可以通过计算机使用本地计算机的软件、硬件与

数据资源，也可以使用连网的其他地方计算机软件、硬件与数据资源，以达到计算机资源共享的目的。这一阶段研究的典型代表是美国国防部高级研究计划局（Advanced Research Projects Agency, ARPA）的高级研究计划局网（Advanced Research Projects Agency, ARPANET，通常称为阿帕网）。当时，美国国防部为了保证美国本土防卫力量和海外防御武装在受到前苏联第一次核打击以后仍然具有一定的生存和反击能力，认为有必要设计出一种分散的指挥系统。该系统由一个个分散的指挥点组成，当部分指挥点被摧毁后，其他指挥点仍能正常工作，并且这些指挥点之间，能够绕过那些已被摧毁的指挥点而继续保持联系。

为了对这一构思进行验证，1969年美国国防部高级研究计划局资助建立了 ARPANET。这个网络把位于洛杉矶的加利福尼亚大学、位于圣芭芭拉的加利福尼亚大学、斯坦福大学，以及位于盐湖城的犹它州立大学的计算机主机连接起来，位于各个节点的大型计算机采用分组交换技术，通过专门的接口报文处理机（Interface Message Processor, IMP）和专门的通信线路相互连接。1969年 ARPANET 只有 4 个节点，1973 年发展到 40 个节点，1983 年已经达到 100 多个节点，它通过有线、无线与卫星通信线路，使网络覆盖了从美国本土到欧洲与夏威夷的广阔地域。ARPANET 是计算机网络技术发展的重要的里程碑，它对发展计算机网络技术的主要贡献表现在以下几个方面：

- （1）完成了对计算机网络的定义、分类与子课题研究内容的描述；
- （2）提出了资源子网、通信子网的两级网络结构的概念；
- （3）研究并使用了报文分组交换的数据交换方法；
- （4）采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。

ARPANET 的研究成果对推动计算机网络发展的意义是深远的。在它的基础上，20 世纪七八十年代计算机网络发展十分迅速，全世界出现了大量的计算机网络，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试验性网络、公共服务网络、校园网，例如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究的 OCTOPUS 网、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES 网、国际气象监测网 WWWN、欧洲情报网 EIN 等。

在这一阶段中，公用数据网（Public Data Network, PDN）与局部网络（Local Network, LN）技术发展迅速。

计算机网络对资源子网与通信子网的划分，使网络的数据处理与数据通信有了清晰的功能界面。计算机网络可以分成资源子网与通信子网来组建，资源子网主要负责数据信息的处理，而通信子网主要负责数据信息的传输。通信子网可以是专用的，也可以是公用的。为每一个计算机网络都建立一个专用通信子网的方法显然是不可取的，因为专用通信子网造价很高、线路利用率低，重复组建通信子网投资很大，同时也没有必要。随着计算机网络与通信技术的发展，20 世纪 70 年代中期世界上便出现了由国家邮电部门统一组建和管理的公用通信子网，即公用数据网（PDN）早期的公用数据网采用模拟通信的电话通信网，新型的公用数据网采用数字传输技术和报文分组交换方法。典型的公用分组交换数据网有美国的 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的发展提供了良好的外部通信条件。

前面所讲的是利用远程通信线路组建的远程计算机网络，也称为广域网。随着计算机的广泛应用，局部地区计算机连网的需求日益强烈。20 世纪 70 年代初，一些大学和研究所为实现实验室或校园内多台计算机共同完成科学计算和资源共享的目的，开始了局部计算机网络的研究。1972 年美国加州大学研制了 Newhall 环网；1976 年美国 XEROX 公司研究了总线拓扑的实验性

Ethernet 网；1974 年英国剑桥大学研制了 Cambridge ring 环网。这些都为 20 世纪 80 年代多种局域网产品的出现提供了理论研究与实现技术的基础，对局部网络技术的发展起到了十分重要的作用。

与此同时，一些大的计算机公司纷纷开展了计算机网络研究与产品开发工作，提出了各种网络体系结构与网络协议，如 IBM 公司的 SNA（System Network Architecture）、DEC 公司的 DNA（Digital Network Architecture）与 UNIVAC 公司的 DCA（Distributed Computer Architecture）。

计算机网络发展的第二阶段所取得的成果对推动网络技术的成熟和应用极其重要，它研究的网络体系结构与网络协议的理论成果为以后网络理论的发展奠定了基础。很多网络系统经过适当修改与充实后仍在广泛使用，目前国际上应用广泛的 Internet 就是在 ARPANET 的基础上发展起来的。但是 20 世纪 70 年代后期人们已经看到了计算机网络发展中出现的危机，那就是网络体系结构与协议标准的不统一限制了计算机网络自身的发展和应用。网络体系结构与网络协议标准必须走国际化的道路。

3. 互联互通阶段

20 世纪 70 年代末至 90 年代的第三代计算机网络是具有统一的网络体系结构并遵循国际化的开放式和标准化的网络。

ARPANET 兴起后，计算机网络发展迅猛，各大计算机公司相继推出自己的网络体系结构及实现这些结构的软硬件产品。由于没有统一的标准，不同厂商的产品之间互联很困难，人们迫切需要一种开放性的标准化实用网络环境，这样应运而生了两种国际通用的最重要的体系结构，即 TCP/IP 体系结构和国际标准化组织的 OSI 体系结构。

4. 高速发展阶段

目前计算机网络的发展正处于第四阶段，这一阶段计算机网络发展的特点是：互联、高速、智能与更为广泛的应用。

Internet 是覆盖全球的信息基础设施之一，对于用户来说，它像是一个庞大的远程计算机网络。用户可以利用 Internet 实现全球范围的电子邮件、电子传输、信息查询、语音与图像通信服务功能。实际上 Internet 是一个用路由器（Router）实现多个远程网和局域网互联的网际网（也称为网络的网络），到 1998 年连入 Internet 的计算机数量已达 4000 万台之多。它将对推动世界经济、社会、科学、文化的发展产生不可估量的作用。

在互联网发展的同时，高速与智能网的发展也引起人们越来越多的注意。高速网络技术发展表现在宽带综合业务数据网 B-ISDN、帧中继、异步传输模式 ATM、高速局域网、交换局域网与虚拟网络上。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。

计算机网络技术的迅速发展和广泛应用必将对 21 世纪的经济、教育、科技、文化的发展产生重要影响。

1.1.4 计算机网络的标准化工作及相关组织

1. 计算机网络的标准

标准化是计算机网络发展极为重要的问题，计算机网络的标准可分为合法的标准和既成事实的标准。

（1）合法的标准

由一些权威标准化实体采纳的正式的、合法的标准。例如，OSI/RM（开放系统互联参考模型）

就是 ISO（国际标准化组织）提出的。

（2）既成事实的标准

未曾被相关行业标准化组织认可，但却已广泛应用的标准。例如，Internet 所使用的 TCP/IP 网络体系结构，就是事实上的标准。

所有的因特网标准都以 RFC 的形式在因特网上发表，RFC（Request For Comments）意即“请求评议”，包含了关于 Internet 的几乎所有重要的文字资料，由因特网工程任务组（IETF）管理。所有关于 Internet 的正式标准都以 RFC 文档出版，但不是所有的 RFC 都是正式的标准，很多 RFC 的目的只是为了提供信息。RFC 每一篇都用一个数字来标识，如 RFC2401，数字越大说明 RFC 的内容越新。RFC 是免费公开的，任何人都可以写 RFC 并提交给 IETF，通过之后就可以正式发布。一旦发布，RFC 内容将不能再做任何修改，以后的修改只能通过新的 RFC 文档来处理，因此可以看到有很多新的 RFC 文档废除（obsolete）或更新（update）老的 RFC 文档。一个 RFC 文件在成为官方标准前一般至少要经历 4 个阶段【RFC2026】：草案、建议标准、草案标准、标准。

RFC 文档可在 <http://www.rfc.net> 获取，这是 RFC 的官方站点，在该站点上可以检查 RFC 最及时的更新情况。中文 RFC 文档可以到 <http://www.cnrfc.net/Class/RFC/> 下载。

2. 计算机网络相关标准化组织

电信行业最有影响的组织是国际电信联盟（ITU），国际标准中最有影响的组织是国际标准化组织（ISO）和电器和电子工程师协会（IEEE）。

（1）国际标准化组织（ISO）

ISO 是国际标准化组织的简称，其全称是 International Standards Organization。

ISO 成立于 1946 年，是一个全球性的非政府组织，也是目前世界上最大、最有权威性的国际标准化专门机构。ISO 与 600 多个国际组织保持着协作关系，代表中国参加 ISO 的国家机构是中国国家技术监督局（CSBTS）。ISO 主要活动是制定国际标准，协调世界范围的标准化工作，组织各成员国和技术委员会进行情报交流，以及与其他国际组织进行合作，共同研究有关标准化问题。

通过各种机构，ISO 已制定了 17000 多个国际标准。例如，著名的具有七层协议结构的开放系统互联参考模型（OSI）、ISO 9000 系列质量管理和品质保证标准等。

（2）美国国家标准协会（ANSI）

美国国家标准协会（American National Standards Institute, ANSI）是成立于 1918 年的非赢利性质的民间组织。

ANSI 同时也是国际标准化组织的主要成员，如国际标准化委员会和国际电工委员会（IEC）。ANSI 标准广泛应用于各个领域，典型应用有：美国标准信息交换码（ASCII）和光纤分布式数据接口（FDDI）等。

（3）因特网工程任务组

因特网工程任务组（Internet Engineering Task Force, IETF）隶属于因特网体系结构委员会（Internet Architecture Board, IAB），它是一个国际性团体。其成员包括网络设计者、制造商、研究人员，以及所有对因特网的正常运行和持续发展感兴趣的个人或组织。

IETF 主要负责与因特网有关的协议的开发和标准化工作，它分为若干个工作组（working group），分别处理因特网的应用、实施、管理、路由、安全、传输服务等不同领域的技术问题。这些工作组同时也承担着对各种规范加以改进发展，使之成为因特网标准的任务。

（4）电气与电子工程师协会

电气与电子工程师协会（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）建立于1963年，由从事电气工程、电子和计算机等有关领域的专业人员组成，是世界上最大的专业技术团体。IEEE是一个跨国的学术组织，目前拥有36万会员，近300个地区分会分布在150多个国家。IEEE下设许多专业委员会，其定义或开发的标准在工业界有极大的影响和作用力。1980年成立的IEEE802委员会负责有关局域网标准的制定，前后制定了一系列IEEE802标准，包括IEEE802.3以太网标准、IEEE802.4令牌总线网标准和IEEE802.5令牌环网标准等。

（5）国际电信联盟

1865年5月法、德、俄等20个国家为顺利实现国际电报通信，在巴黎成立了一个国际组织“国际电报联盟”；1932年70个国家的代表在西班牙马德里召开会议，“国际电报联盟”改为“国际电信联盟”；1947年国际电信联盟成为联合国的一个专门机构。国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）是电信界最有影响的组织，也是联合国机构中历史最长的一个国际组织，简称“国际电联”或ITU。联合国的任何一个主权国家都可以成为ITU的成员。

ITU的实质性工作由无线通信部门（ITU-R）、电信标准化部门（ITU-T）和电信发展部门（ITU-D）承担。其中，ITU-T就是原国际电报电话咨询委员会（CCITT），负责制定电话、电报和数据通信接口等电信标准。

ITU-T制定的标准被称为“建议书”，是非强制性的、自愿的协议。由于ITU-T标准可保证各国电信网的互联和运转，所以越来越广泛地被世界各国所采用。

（6）国际电工委员会

国际电工委员会（International Electrotechnical Commission, IEC）成立于1906年，至今已有近百年的历史，它是世界上成立最早的国际性电工标准化机构，负责有关电气工程和电子工程领域的国际标准化工作。ISO正式成立后，IEC曾作为电工部门并入，但是在技术和财务上仍保持独立性。1979年ISO与IEC达成协议：两者在法律上都是独立的组织，IEC负责有关电气工程和电子工程领域中的国际标准化工作，ISO则负责其他领域内的国际标准化工作。

（7）电子工业协会

电子工业协会（Electronic Industries Association, EIA）是美国的一个电子工业制造商组织，成立于1924年。EIA颁布了许多与电信和计算机通信有关的标准。众所周知的RS-232标准，就是由EIA制定的，在该标准中定义了数据终端设备和数据通信设备之间的串行连接。这个标准在今天的通信设备中被广泛采用。在结构化网络布线领域，EIA与美国电信行业协会（TIA）联合制定了商用建筑电信布线标准（如EIA/TIA568标准），提供了统一的布线标准并支持多厂商产品和环境。

1.1.5 计算机网络的组成

计算机网络首先是一个通信网络，各计算机之间通过传输媒体、通信设备进行数据通信。在此基础上各计算机可以通过网络软件共享其他计算机上的硬件资源、软件资源和数据资源。为了简化计算机网络的分析与设计，便于网络的硬件和软件配置，按照计算机网络的系统功能，一个网可分为“资源子网”和“通信子网”两大部分，如图1-1所示。

1. 资源子网

“资源子网”主要负责全网的信息处理，为网络用户提供网络服务和资源共享功能等。它主要包括网络中所有的服务器、客户机、各种网络协议、网络操作系统、网络软件、数据库等。

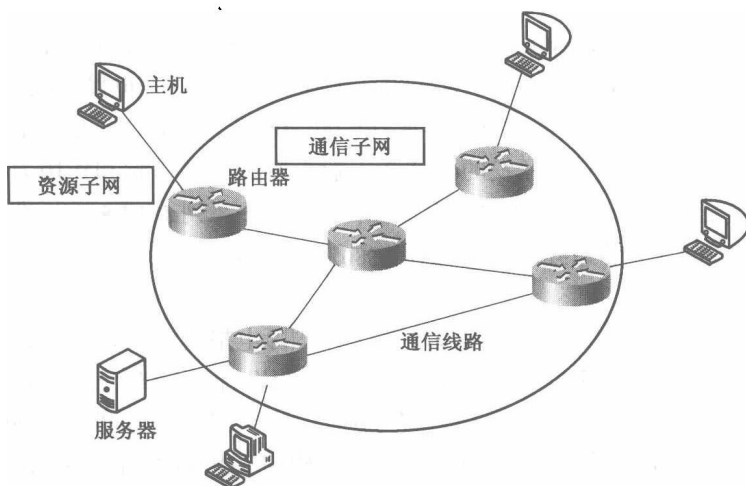


图 1-1 计算机网络的组成

服务器——网络服务器是计算机网络中最核心的设备之一，它既是网络服务的提供者，又是数据的集散地。按应用分类，网络服务器可以分为数据库服务器、WEB 服务器、邮件服务器、视频点播（VOD）服务器、文件服务器等。按硬件性能分类，网络服务器可分为 PC 服务器、工作站服务器、小型机服务器、大型机服务器等。

客户机——也叫做工作站，客户机是连接到计算机网络的面向最终用户的计算机，客户机既可以独立工作，也可以访问服务器，使用网络服务器所提供的共享网络资源。

网络协议——为实现网络中的数据交换而建立的规则标准或约定，是网络相互间对话的语言。如常使用的 TCP/IP、SPX/IPX、NETBEUI 协议等。

网络操作系统——网络操作系统是网络的核心和灵魂，其主要功能包括控制管理网络运行、资源管理、文件管理、用户管理、系统管理等。目前，常用的网络操作系统有 Unix 族、Windows NT/2000、Netware、Linux 等。

2. 通信子网

“通信子网”主要负责全网的数据通信，为网络用户提供数据传输、转接、加工、转换等通信处理工作。它主要包括通信线路（即传输媒体）、网络连接设备（如网络接口设备、通信控制处理机、网桥、路由器、交换机、网关、调制解调器、卫星地面接收站等）、网络通信协议、通信控制软件等。

网络传输介质：用于连接网络中服务器、工作站及网络设备的一组线缆，例如，同轴电缆、双绞线、光纤及无线通信、卫星通信等。

网络设备：为了提供网络之间相互访问，需要使用网络互联设备。目前常用的网络互联设备主要有集线器、网桥、交换机、路由器、网关等。

1.2 计算机网络的分类

由于计算机网络的广泛使用，目前世界上已经出现了多种形式的计算机网络。对网络的分类方法也很多，最主要的方法是根据网络的覆盖范围分类。

1.2.1 按网络的覆盖范围分类

根据网络的覆盖范围进行分类, 计算机网络可以分为 3 种基本类型: 局域网 (Local Area Network, LAN)、城域网 (Metropolitan Area Network, MAN) 和广域网 (Wide Area Network, WAN)。

1. 局域网

局域网 (LAN) 通常是由地理范围在几千米以内的、采用单一或有限的传输介质、按照某种网络结构相互连接起来的计算机组成的网络。计算机局域网被广泛应用于连接校园、工厂以及机关的个人计算机或工作站, 以利于个人计算机或工作站之间共享资源 (如打印机) 和数据通信。如图 1-2 所示的企业内部网就属于局域网的一种。

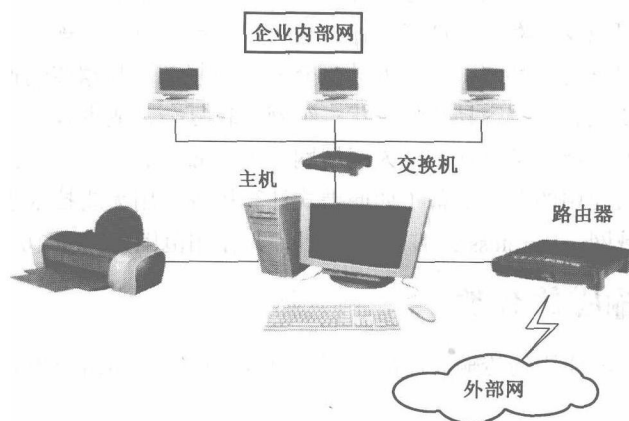


图 1-2 企业内部网

局域网具有如下几个方面的特点。

(1) 私有服务

这类网络属于个人或者单位自建, 所以其用途也是完全出于私用, 不会为无关人员提供服务。如企业局域网通常只对本单位员工提供服务。

(2) 分布范围较小

局域网一般都是采用双绞线作为传输介质, 传输范围非常有限, 通常是在同一栋大楼, 或者相距几十米的几栋大楼中。有些局域网中并不是采用单一双绞线作为传输介质的, 而是采用同轴电缆和光纤, 这些传输介质的传输距离就远许多, 但因设备和成本等因素, 这类局域网在分布范围中也有较大限制, 通常在 2 km 范围以内。

(3) 结构简单, 布线容易

局域网一般用于个人或单位内部, 所以网络结构相对较为简单, 无需太多太复杂的网络设备和应用, 只需满足自身的网络应用需求即可。同时大多数局域网都采用双绞线布线, 布线方式较为简单, 容易实现。

(4) 网络速度较快

目前以太网局域网技术的发展非常迅速, 最快的以太网速率已经达到了 10Gbit/s, 相对城域网和广域网来说具有非常大的优势, 这也为企业局域网的集中应用提供了保证。

2. 广域网

广域网 (WAN) 也称为远程网, 它的联网设备分布范围很广, 从数百千米至数千或数万千米