

“五” 普通高等教育规划教材

计算机网络

陈虹 肖成龙 主 编
郭鹏飞 肖振久 江 烨 副主编



提供电子课件



<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十三”

教材

计算机网络

陈虹	肖成龙	主 编
郭鹏飞	肖振久	江 烨 副主编
周东华	徐娇月	参 编



机械工业出版社

本书遵循计算机网络体系结构组织知识点,详细、系统地介绍了计算机网络各层结构、原理,以及无线网络、网络管理和网络安全等基础知识。本书主要内容包括计算机网络的基本概念、网络体系结构、物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层的基本概念、基本原理及各层协议的功能和组成等内容;网络管理的基本概念、基本原理及 SNMP;网络安全的基本概念、安全技术、安全协议等;以及 IPv6 的基本知识。本书概念清晰、系统性强、重点突出、图文并茂。

本书既可作为高等院校计算机类相关专业和非计算机专业的计算机网络相关课程教材,也可供从事计算机网络研究和应用的工程技术人员参考。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 2850823885。电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/陈虹,肖成龙主编. —北京:机械工业出版社,2018.8

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-60991-9

I. ①计… II. ①陈… ②肖… 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 219770 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郝建伟 责任校对:张艳霞

责任印制:常天培

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2018 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·20.25 印张·498 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-60991-9

定价:59.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010) 88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物,涉及通信、计算机等领域。随着社会进步和科技的发展,尤其是计算机的普及和 Internet 的高度渗透,各行各业、各领域乃至家庭无处不在使用计算机网络。计算机网络在当今社会中起着非常重要的作用,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。

本书作为计算机学科的基础教材,在编写过程中力求做到遵循计算机网络课程教育和学习的规律,采取循序渐进的方式介绍相关知识。按照计算机网络体系结构,以自底向上的方式组织知识体系,同时介绍了网络互连、网络管理、网络安全、无线网络技术等相关知识。

全书共 11 章,具体内容安排如下。

第 1 章介绍计算机网络的基本概念,主要包括计算机网络的定义、计算机网络的分类、计算机网络的体系结构和计算机网络的应用等内容。

第 2 章介绍数据通信基础知识,主要包括数据通信基本概念及原理、数据通信模型、数据通信的主要性能指标、数据编码技术、多路复用技术、传输介质等内容。

第 3 章介绍计算机网络体系结构的最低层——物理层,包括物理层的定义、物理层提供的主要服务、物理层需要解决的主要问题、物理层接口的特性、物理层的两个主要标准 EIA-RS-232 和 IEEE 802.3 协议等内容。

第 4 章介绍数据链路层的基础知识,主要包括数据链路层的定义、主要功能、数据链路层传输产生差错的原因、差错控制机制和差错控制编码等,共享式和轮询式介质访问控制方式,高级数据链路控制规程 (HDLC) 的工作原理和帧格式,点对点协议 (PPP) 的帧格式、工作原理及 PPP 认证等内容。

第 5 章介绍网络层的相关知识,主要包括网络层的功能、IP 地址的组成及分类、子网划分及超网、ARP 报文格式及工作原理、IP 的基本功能和报文格式、ICMP 与 IGMP 的作用、特点、报文格式和报文分类、虚拟专用网 (VPN) 和地址转换技术 (NAT) 等内容。

第 6 章介绍传输层的相关知识,主要包括传输层的基本概念和功能、UDP 的报文格式及工作原理、TCP 的报文格式、连接管理、差错控制机制、流量控制机制、拥塞控制机制等内容。

第 7 章介绍应用层的相关知识,主要包括应用层的体系结构、域名系统 (DNS) 的定义、域名解析过程、DNS 报文格式、Telnet 协议的基本概念和工作原理、FTP 的基本概念和工作原理、SMTP 和 POP3 的工作原理、WWW 服务、HTML 和 HTTP、DHCP 的基本概念、报文类型、报文格式、工作原理等内容。

第 8 章介绍计算机网络互连的相关知识,主要包括网络互连设备、网络互连原理、距离矢量路由选择算法、链路状态路由选择算法、路由选择信息协议 (RIP)、开放最短路径优先 (OSPF) 协议和边界网关协议 (BGP) 等内容。

第 9 章介绍无线网络的基础知识,主要包括无线传输技术、无线局域网体系结构、协议体系、IEEE 802.11 系列标准、蓝牙拓扑结构及其协议体系、ZigBee 拓扑结构及其协议架构、移动 IP 网络的基本概念和工作原理、移动 Ad Hoc 网络的结构等内容。

第 10 章介绍网络管理与网络安全的基础知识，主要包括网络管理的基本概念、主要功能以及简单网络管理协议 SNMP，网络安全的基本概念、网络安全威胁、网络攻击、防火墙、入侵检测、密码学基本概念和安全协议等内容。

第 11 章介绍 IPv6 协议基础知识，主要包括 IPv6 协议概述、IPv6 地址结构、IPv6 协议数据报结构和 IPv6 邻居发现协议等内容。

本书由辽宁工程技术大学软件学院多年从事计算机网络教学工作的一线教师编写，其中陈虹编写第 2、3、4 章，陈虹和江烨（北京维斯万博科技有限公司）共同编写第 9 章，肖成龙编写第 5、8 章，郭鹏飞编写第 1、10、11 章，肖振久编写第 6、7 章，全书由陈虹负责统稿。徐娇月、大同大学周东华参与了本书部分内容的编写，感谢聂紫阳、金秋、郭冰莹、万广雪、陈建虎、肖越、赵悦等研究生为本书的编写、校对提供的大力帮助。

本书可以作为高等院校计算机、软件工程、网络工程、电子信息类及相关专业配套的计算机网络课程教材，也可作为从事计算机网络的工程技术人员的参考书。本书在编写过程中得到了机械工业出版社、辽宁工程技术大学的大力支持与帮助。在本书出版之际，谨向上述单位表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，恳请读者赐教指正。

编者

目 录

前言	
第1章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的定义	1
1.1.1 计算机网络的产生	1
1.1.2 计算机网络的发展	2
1.1.3 计算机网络的定义和特点	3
1.2 计算机网络的分类	5
1.2.1 按覆盖范围不同分类	5
1.2.2 按拓扑结构不同分类	6
1.2.3 按传输介质不同分类	9
1.2.4 按交换技术不同分类	9
1.3 计算机网络体系结构	14
1.3.1 计算机网络的分层结构	14
1.3.2 计算机网络分层参考模型	15
1.4 计算机网络的应用	19
1.5 思考题	20
第2章 数据通信基础	21
2.1 数据通信基本概念及原理	21
2.1.1 信息、数据与信号	21
2.1.2 数据传输类型与通信方式	23
2.1.3 数据通信的主要性能指标	28
2.2 数据编码技术	32
2.2.1 模拟数据编码技术	32
2.2.2 数字数据编码技术	33
2.3 多路复用技术	36
2.3.1 频分多路复用技术	37
2.3.2 波分多路复用技术	37
2.3.3 时分多路复用技术	38
2.3.4 码分多路复用技术	39
2.4 传输介质	40
2.4.1 双绞线	40
2.4.2 同轴电缆	41
2.4.3 光纤	42
2.4.4 无线传输介质	43
2.5 思考题	47
第3章 物理层	48
3.1 物理层基本概念	48
3.1.1 物理层定义	48
3.1.2 物理层的接口特性	50
3.2 物理层标准	51
3.2.1 EIA-RS-232 标准	51
3.2.2 IEEE 802.3 标准	56
3.3 思考题	58
第4章 数据链路层	59
4.1 数据链路层的基本概念	59
4.1.1 数据链路层的定义	59
4.1.2 数据链路层的主要功能	60
4.2 数据链路层成帧机制	61
4.3 差错控制技术	63
4.3.1 差错产生的原因	64
4.3.2 差错控制方法	64
4.3.3 差错控制编码	65
4.4 介质访问控制方式	72
4.4.1 地址的基本概念与信道分配	72
4.4.2 共享式介质访问控制方式	74
4.4.3 轮询式介质访问控制方式	80
4.5 高级数据链路控制规程 (HDLC)	86
4.5.1 HDLC 的基本概念	86
4.5.2 HDLC 帧格式	88
4.6 点对点协议 (PPP)	89
4.6.1 PPP 概述	90
4.6.2 PPP 工作原理	92
4.6.3 PPP 认证	93
4.7 思考题	93
第5章 网络层	95
5.1 网络层基本概念	95
5.1.1 网络层概述	95
5.1.2 IP 地址	98
5.1.3 划分子网和构成超网	103

5.2 地址解析协议 (ARP)	109	7.1.1 应用层体系结构	178
5.2.1 IP 地址与物理地址的映射	109	7.1.2 应用层主要协议	182
5.2.2 地址解析协议 (ARP) 原理	111	7.2 域名系统 (DNS)	183
5.2.3 反向地址解析协议 (RARP)	114	7.2.1 域名系统的基本概念	183
5.3 IP	115	7.2.2 域名解析过程	187
5.3.1 IP 概述	115	7.2.3 DNS 报文格式	190
5.3.2 IP 数据报	117	7.3 远程登录 (Telnet)	191
5.3.3 IP 路由表	119	7.3.1 远程登录基本概念	191
5.4 ICMP	123	7.3.2 远程登录工作原理	192
5.4.1 ICMP 概述	124	7.4 文件传输服务	193
5.4.2 ICMP 报文类型	125	7.4.1 文件传输服务基本概念	193
5.5 IGMP	128	7.4.2 文件传输协议	194
5.5.1 多播的基本概念	128	7.5 电子邮件服务	195
5.5.2 IGMP 报文	130	7.5.1 电子邮件服务的基本概念	195
5.6 虚拟专用网和网络地址转换	132	7.5.2 电子邮件协议	197
5.6.1 虚拟专用网 (VPN)	132	7.6 万维网 (WWW 服务)	200
5.6.2 网络地址转换	135	7.6.1 WWW 服务的基本概念	200
5.7 思考题	137	7.6.2 超文本标记语言	201
第 6 章 传输层	139	7.6.3 HTTP	202
6.1 传输层的基本概念	139	7.7 动态主机配置协议 (DHCP)	204
6.1.1 进程通信与端口概念	139	7.7.1 DHCP 的基本概念	204
6.1.2 传输层的地位与功能	142	7.7.2 DHCP 报文	205
6.1.3 网络服务与服务质量	144	7.7.3 DHCP 的工作原理	207
6.2 用户数据报协议 (UDP)	145	7.8 思考题	209
6.2.1 UDP 概述	146	第 8 章 网络互连	210
6.2.2 UDP 数据报格式	148	8.1 网络互连方式	210
6.2.3 UDP 的基本工作过程	149	8.1.1 网络互连设备	210
6.3 传输控制协议 (TCP)	151	8.1.2 网络互连原理	214
6.3.1 TCP 概述	151	8.2 路由选择算法	217
6.3.2 TCP 报文格式	153	8.2.1 距离矢量路由选择算法	217
6.3.3 TCP 的连接管理	156	8.2.2 链路状态路由选择算法	218
6.3.4 TCP 的差错控制机制	161	8.3 路由选择协议	221
6.3.5 TCP 的流量控制机制	163	8.3.1 路由选择信息协议 (RIP)	221
6.3.6 TCP 的拥塞控制机制	167	8.3.2 开放最短路径优先 (OSPF) 协议	225
6.3.7 TCP 的计时器管理	174	8.3.3 边界网关协议 (BGP)	233
6.4 思考题	176	8.4 思考题	240
第 7 章 应用层	178	第 9 章 无线网络	241
7.1 应用层协议概述	178	9.1 无线网络概述	241

9.1.1 无线网络的发展	241	10.2.4 密码技术	283
9.1.2 无线传输技术基础	244	10.2.5 报文鉴别和数字签名	288
9.2 无线局域网	248	10.2.6 网络安全通信协议	290
9.2.1 无线局域网体系结构	248	10.3 思考题	295
9.2.2 无线局域网协议体系	250	第 11 章 IPv6 协议基础	296
9.2.3 无线局域网标准	251	11.1 IPv6 协议概述	296
9.3 无线个域网	252	11.1.1 IPv6 协议的产生	296
9.3.1 蓝牙技术简介	253	11.1.2 IPv6 的主要特点	297
9.3.2 ZigBee 技术简介	257	11.2 IPv6 地址结构	298
9.4 移动无线网	259	11.2.1 IPv6 地址格式	298
9.4.1 移动 IP 网络	259	11.2.2 IPv6 地址分类	299
9.4.2 移动 Ad Hoc 网络	261	11.2.3 IPv6 协议地址配置	302
9.5 思考题	265	11.3 IPv6 协议数据报结构	303
第 10 章 网络管理与网络安全	266	11.3.1 IPv6 协议数据报格式	304
10.1 网络管理	266	11.3.2 IPv6 协议的扩展首部	305
10.1.1 网络管理系统的基本概念	266	11.4 IPv6 邻居发现协议	307
10.1.2 简单网络管理协议 (SNMP) ...	271	11.4.1 邻居发现协议的定义	307
10.2 网络安全	275	11.4.2 邻居发现协议报文	308
10.2.1 网络安全基本概念	275	11.4.3 邻居发现协议的主要功能	309
10.2.2 防火墙技术	278	11.5 思考题	315
10.2.3 入侵检测技术	281	参考文献	316

第1章 计算机网络概述

本章导读

本章主要学习计算机网络的基本概念。需要理解和掌握的主要内容如下：计算机网络的定义和特点，从不同角度对计算机网络进行分类，如按覆盖范围分为局域网、广域网和城域网，按拓扑结构分为星形、总线型、环形、网状，按传输介质分为有线网、无线网，按数据交换技术分为线路交换、报文交换、分组交换，计算机网络的分层体系结构模型、OSI 和 TCP/IP 参考模型架构及各层功能等。

人类社会的发展是人类认知过程的发展，人对自然、社会的认知方式不断发生着变化，沟通方式从原始社会的肢体语言到后来的语言文字交流方式，及现在信息时代的键盘方式，彰显着人们认识世界方式的进步。现在，Internet 已经把地球缩小为一个“村”（俗称“地球村”），人与人之间的沟通、交往、休闲娱乐及商业运作都可以借助互联网完成，Internet 影响着人们生活的各个方面，也可以说计算机网络极大地改变了人们的生活方式和认知方式。本章主要介绍计算机网络的发展、特点及定义，计算机网络的分类、应用等计算机网络的基础知识。

1.1 计算机网络的定义

计算机网络产生于 20 世纪 50 年代，发展至今已无处不在，它给人们的生活带来了极大的便利，提供了网上学习、交友、购物、娱乐、即时通信等服务，全面影响了人类社会的进步与发展。

1.1.1 计算机网络的产生

计算机网络是通信技术和计算机技术相结合的产物。通信技术的发展经历了一个漫长的过程，1835 年莫尔斯发明了电报，1876 年贝尔发明了电话，随着德国物理学家海因里希·鲁道夫·赫兹（Heinrich Rudolf Hertz）在 1888 年发现了电磁波后，无线电技术得到了发展，从此开辟了近代通信技术发展的历史。20 世纪 50 年代，随着通信理论的建立，逐步实现了电话系统、通信卫星以及彩色电视。

计算机的发展可以追溯到 1642 年法国哲学家和数学家帕斯卡（Blaise Pascal）发明的世界上第一台加减法计算机。其后，1833 年，英国科学家巴贝奇（Charles Babbage）提出了制造自动化计算机的设想，他所设计的分析机，引进了程序控制的概念。尽管由于当时技术上和工艺上的局限性，这种机器未能完成制造，但它的设计思想，可以说是现代计算机的雏形。1925 年，美国麻省理工学院由布什（Vannever Bush）领导的一个小组制造了第一台机械模拟式计算机，1942 年，又制造出采用继电器、速度更快的模拟式计算机。1944 年，艾肯（Howard Aiken）在美国国际商用机器公司（IBM）的赞助下领导研制成功了世界上第一台数字式自动计算机 Mark I，实现了当年巴贝奇的设想。而真正意义上的电子计算机是 1946 年 2 月 15 日在美国宾夕法尼亚大学研制成功的 ENIAC，它是世界上第一台电子数字计算机。ENIAC 奠定了电子计算机的发展基础，在计算机发展史上具有划时代的意义，它的问世标志着电子计算机时

代的到来。ENIAC 诞生后，数学家冯·诺依曼提出了重大的改进理论，不仅奠定了今天的冯·诺依曼机基础，也使计算机技术得到了飞速发展。

计算机技术和通信技术的结合和发展，满足了人们对快速信息获取、处理以及传播的需求，产生了计算机网络。计算机网络是信息社会最重要的基础设施，并将构筑成人类社会的信息高速公路。

1.1.2 计算机网络的发展

计算机网络的产生和发展，由初期到成熟可以分为 4 个阶段。

1. 主机带终端形式的计算机网络（20 世纪 50 年代）

20 世纪 50 年代初期，人们首次尝试将计算机技术与通信技术相结合，形成了第一代以主机为中心携带多个终端的计算机网络体系，称为以主机为中心的联机系统。它是以一台计算机作为系统的处理中心，多台终端通过通信线路将数据传送到主机上处理，再利用通信线路将处理后的信息传送到对应的终端。主机带终端的联机系统如图 1-1 所示。这种网络结构比较简单，一般采用集中化处理，中心的中央计算机需要处理所有终端信息，负载量十分庞大，处理速度较慢。终端只负责数据的输入和输出，所有终端处理数据均依赖于同一台中央主机，一旦中央主机出现故障，则整个网络处于瘫痪状态，网络系统稳定性较低。

2. 基于通信网的计算机网络（20 世纪 60 年代中期—70 年代中期）

随着计算机技术与通信技术不断进步，计算机网络结构发生了改变，出现了分组交换技术，利用分组交换机制组建的网络称为基于通信网的计算机网络。分组交换网为中心的计算机网络示意图如图 1-2 所示。分组交换采用的是存储转发技术，利用动态分配传输带宽的方式实现数据通信。分组交换网由若干节点交换机和节点间的链路组成，交换机与主机功能不同。网络中的主机是用户用来处理信息的，而分组交换网中的节点交换机则用来实现分组交换。

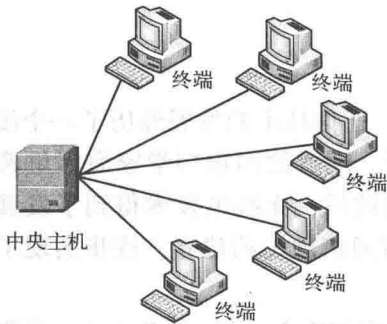


图 1-1 主机带终端的联机系统

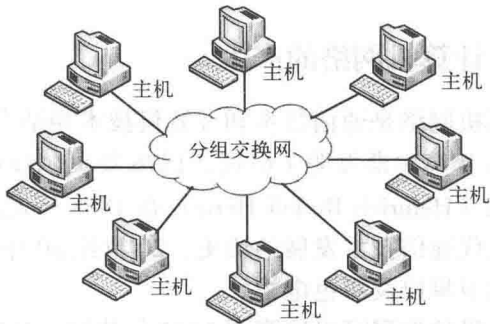


图 1-2 分组交换网为中心的计算机网络

3. 标准化的计算机网络（20 世纪 70 年代中期—90 年代初期）

随着计算机网络发展的日趋成熟，各计算机生产厂商为了使计算机产品得到更好的推广，纷纷基于自家产品制定了一系列网络技术标准。如 1974 年，IBM 公司为自己生产的计算机制定了一套完整的网络体系结构化概念 SNA 标准。DEC 公司也发布了数字网络系统（DNA）等。不同的计算机生产厂家纷纷发布了各自的体系结构标准，易于自家计算机设备连成网络。为了使不同公司生产的计算机可以全部互连成网，国际标准化组织（ISO）于 1978 年提出了“异种机联网标准”的框架结构，即开放式系统互联参考模型（OSI/RM）。所有联网计算机只要遵循 OSI 标准，就可以和同样采用该标准的任何计算机进行通信。其后各厂家都采用了这一

标准，计算机网络体系实现了标准化。

20 世纪 80 年代，随着微型计算机的发展和推广，企业内微型计算机与智能设备的互连也得到了发展，由此带动了局域网技术的发展和普及。1980 年，IEEE 802 委员会制定了局域网标准，促进了局域网趋向成熟。

4. 以 Internet 为代表的计算机互连网络（20 世纪 90 年代起）

20 世纪 90 年代起，以 Internet 为代表的计算机网络得到了快速发展，无论在科学、军事、经济、文化和社会发展的任何领域都占据了重要地位。Internet 中的信息来源于各行各业，如医疗、交通、文学教育、商业、金融行业、政府等。网络安全为整个网络的安全提供保障。同时，Internet 逐渐渗透到人们的日常生活中，利用 Internet 可以进行聊天、收发邮件、学习或询问消息等。随着 Internet 的广泛应用和高速网络的发展，移动网络、网络多媒体计算、网络并行计算、存储区域网以及物联网和云计算等成为新的网络领域研究热点话题。互连网络结构示意图如图 1-3 所示。

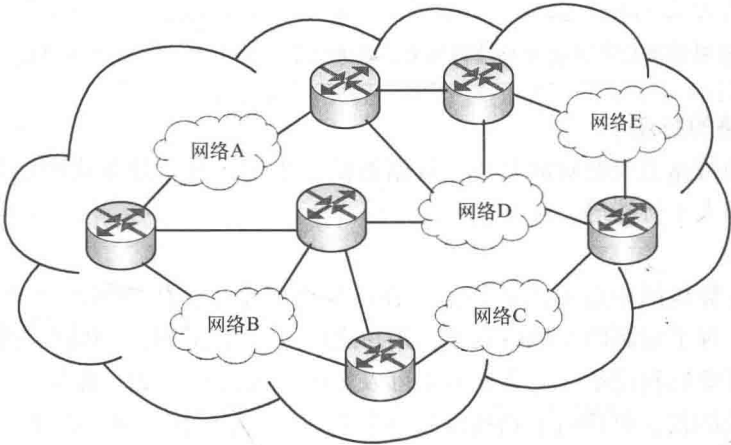


图 1-3 互连网络结构示意图

1.1.3 计算机网络的定义和特点

1. 计算机网络的定义

计算机网络在不同发展阶段有着不同的定义。目前计算机网络的定义可以分为广义观点、资源共享观点以及用户透明观点。

(1) 广义观点

计算机网络的广义定义是指将地理位置不同的、具有独立工作能力的计算机、终端以及所需的通信设备利用通信线路连接起来的系统的集合，在网络协议规范下用以实现信息传输。

(2) 资源共享观点

资源共享观点是现阶段较为准确地对计算机网络定义的描述。资源共享观点将计算机网络定义为以资源共享为目的，自治计算机系统互相连接在一起的集合。

从资源共享观点来看可将计算机网络的主要特征概括为以下几点。

- 网络中互联的计算机分布在不同地理位置，并且这些计算机具有独立的功能，网络中的计算机没有主从关系，这些计算机既可以单独完成各自的工作，也可以联网合作完成工作。
- 计算机网络中的信息传输需要遵守共同的通信网络协议。计算机网络中的节点十分庞大，如果没有共同的网络协议进行约束、规范，则无法实现节点间有条不紊的数据交换。

- 计算机网络建立的目的是实现计算机之间的资源共享。计算机资源不仅包括数据资源，还包括网络中的硬件、软件。网络中的用户不仅可以实现数据资源的传输，还可以实现软硬件资源的共享，使资源利用率达到最大化。同时计算机还可以在网络中协同完成某项任务。

(3) 用户透明观点

用户透明观点描述了一种分布式的计算机系统（简称分布式系统），是一种可以为用户自动统一管理资源的网络操作系统，利用该操作系统完成用户对所需资源的调用，而这种网络结构对用户来说是“透明的”。它基于以上两种对计算机网络的描述，又区别于传统计算机网络的定义。具体来说，这一观点下的分布式系统一般建立在计算机网络基础之上，其物理结构基本相同，不同之处在于：分布式操作系统与网络操作系统的设计思想不同，其工作方式、网络结构部署也不同。计算机网络是分布式系统的基础，而分布式系统是计算机网络的高级模式。

以上从不同角度对计算机网络进行了描述，其中资源共享观点下的计算机网络定义仍然是现阶段对计算机网络最为准确的特征描述。

 资源共享是现阶段对计算机网络较为准确的描述，协作计算是计算机网络未来的目标。

2. 计算机网络的特点

计算机网络的特点主要有资源共享、数据通信、集中管理、分布式网络处理、负载均衡、提高系统可靠性和人工智能等。

(1) 资源共享

资源共享是计算机网络最突出的特点。在计算机网络中，用户可以共享网络中的各种硬件、软件资源，实现了资源的无地域共享，用户之间可以分工合作，共同完成一项工作，这样有利于提高系统资源的利用率。计算机网络可以实现主机共享（如工作站，中、小型机）、外部设备共享（如绘图仪、打印机、扫描仪）。同时，计算机网络实现了软件、数据等信息的共享，以此提高资源的利用率，减少重复资源的投资，节约成本。

(2) 数据通信

计算机网络的数据通信功能可以满足计算机与终端之间或计算机与计算机之间各种信息的传送。计算机网络的这一特点克服了计算机通信时的地域限制，拉近了用户之间的距离，分布于不同地理位置的公司各个部门或者是不同单位也可通过计算机网络实现信息的集中管理。同时，在日常生活中，人们可以利用计算机网络实现相互间的远距离联络，可以交换信息和文件，发送和接收邮件，甚至可以远距离完成协同作业。计算机网络的这一特点改变了传统的通信手段（如发电报、打电话、传真、写信），不仅提高了计算机系统的整体性能，还为人们的生活带来了便利。

(3) 集中管理

在没有联网的条件下，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。而计算机联网后，可以在某个中心位置实现对整个网络的管理，如数据库情报检索系统、交通运输部门的订票系统和军事指挥系统等。

(4) 分布式网络处理

对于大型的任务或当网络中某台计算机的任务负荷太重时，可将要处理的任务分散到网络中的各台计算机上运行，或由网络中比较空闲的计算机分担负荷，而不是集中在一台大型计算机上，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。

(5) 负载均衡

当网络中某台计算机的任务负荷太重时,可通过网络 and 应用程序的控制和管理,将任务分散到网络中的其他较空闲的计算机中,由多台计算机共同完成,实现均衡负载,从而提高了每台计算机的可用性。

(6) 提高系统可靠性

在一些用于计算机实时控制和要求高可靠性的场合,通过计算机网络实现备份技术可以提高计算机系统的可靠性。如网络中的每台计算机都可通过网络相互成为后备机,一旦某台计算机出现故障,它的任务就可由其他的计算机代为完成,这样可以避免在单机情况下,一台计算机发生故障引起整个系统瘫痪的现象,从而提高系统的可靠性。

(7) 人工智能

随着计算机技术和人工智能的发展,计算机网络也在朝着智能化方向发展。计算机网络中的资源管理实现了智能化管理。例如,可以采用模糊技术实现信息的挖掘,自动对信息过滤处理、安排日程等。计算机网络能够智能地筛选出垃圾邮件,为用户进行信息的分类处理。从安全角度来看,计算机网络的这一特点能够时刻进行入侵检测,保证系统的安全。并且,人工智能的数据挖掘技术展现了其学习与记忆功能的强大。计算机网络的人工智能特性使其实现了更加智能化的系统管理。

 人工智能使计算机网络智能化。它不是人的智能,却能像人那样思考,也可能超过人的智能。

1.2 计算机网络的分类

计算机网络从不同角度可以有不同的分类方式,下面分别从覆盖范围、拓扑结构、传输介质、数据交换技术这几个角度对计算机网络进行分类介绍。

1.2.1 按覆盖范围不同分类

按照网络覆盖范围进行分类,计算机网络可以分为局域网、城域网和广域网 3 种。

1. 局域网 (Local Area Network, LAN)

局域网是指将有限地理范围内(如一个实验室、一幢大楼、一所校园)的计算机、终端及外部设备互相连接构成网络。局域网按照采用的技术、应用范围和协议标准的不同可以分为共享局域网与交换局域网。局域网技术发展迅速,应用日益广泛,是目前计算机网络中最活跃的领域之一。

局域网的主要特点如下。

- 网络私有性: LAN 通常不对外提供公共服务,因此不仅安全保密性好,而且便于管理。例如,一所学校的 LAN 通常只对校内人员提供服务。
- 分布范围小: LAN 分布的范围较小,小的甚至只有家里的一个房间,较大的可能是一个公司的若干建筑楼。通常 LAN 的范围在 10 km 以内,不限制在一个空间中。
- 组建简单: LAN 组建非常方便,由于 LAN 只对某个单位或个人开放,因此网络结构相对简单,同时无需太多设备的投入,所需投资较少。LAN 大多数采用的是较便宜的双绞线布线,并且分布范围较小,因此布线方式简单,易实现。

- 传输速度快、误码率低：目前的以太网局域网技术发展迅速，传输速率最快已经达到了 10 Gbit/s。这是局域网最大的优势，也是局域网在企业等领域应用广泛的原因。LAN 的误码率较低，通常为 $10^{-11} \sim 10^{-8}$ 。

局域网的种类随着网络技术的发展不断变化。早期有 IBM 令牌网、光纤分布式数据接口 (FDDI) 网等，目前主要是以太网 (Ethernet) 和无线局域网 (WLAN) 等。

2. 广域网 (Wide Area Network, WAN)

广域网是规模最大的一种计算机网络，其网络覆盖范围可以从几十千米到几千千米，分布的地理范围非常广，例如，多个城市、多个国家，横跨几个洲，甚至全球范围，形成了远程网络。Internet 是典型的广域网，提供最大范围的公共服务。

WAN 的主要特点如下。

- 网络覆盖范围广：WAN 所覆盖的范围非常大，可以覆盖几个城市或者整个国家，甚至覆盖全球。
- 网络成本高：由于网络的覆盖面积十分广，所需的设备很庞大，网络线路也很长，不仅搭建十分费劲，而且传输线路使用的媒介也多种多样，整个网络的铺设成本十分昂贵。
- 安全系数低，网络复杂：WAN 网络线路长，而且 WAN 中通常使用的是公共的 IP 地址，因此网络的安全保密性能较差。同时，由于 WAN 连接了不同类型的多个远程网络，其网络结构十分复杂，网络类型也不尽相同，因此解决多个不同类型网络的互连问题对于 WAN 十分重要。
- 传输速率慢、误码率高：由于 WAN 传输距离远，又需要依靠公共传输网，所以误码率很高（一般为 $10^{-8} \sim 10^{-7}$ ），同时传输速率也较低。

3. 城域网 (Metropolitan Area Network, MAN)

城域网范围大小在局域网 (LAN) 和广域网 (WAN) 之间，其覆盖范围主要为 10 ~ 100 km，一般横跨一个城市或几个街区。MAN 可以为一个或几个单位提供网络服务，一般用于提供公共服务，可以将多个局域网进行互连，而且目前很多 MAN 采用的是以太网技术，因此很多时候可以将 MAN 归入 LAN 中一同讨论。

局域网是计算机网络的研究热点，“地球村”是指将若干局域网通过广域通信网连接在一起的互连网络。

1.2.2 按拓扑结构不同分类

计算机网络的拓扑结构描述了网络中的传输介质与网络节点之间的连接方式，即线路的几何结构。计算机网络拓扑结构可以分为 5 种，即星形网络、树形网络、总线型网络、环形网络以及网状网络。

1. 星形网络

星形网络通常是指一个中央节点和若干周围的用户节点组成的网络。中央节点可与周围的用户节点直接进行通信，而用户节点之间的通信则必须经由中央节点才可以完成。星形网络拓扑结构如图 1-4 所示。

中央节点通常可以分为两种，一种是功能强大的计算机。它既可以作为处理信息的独立计算机，又可以作为其他计算机实现信息交换的中间媒介。另一种中央节点并不是一台计算机，而是

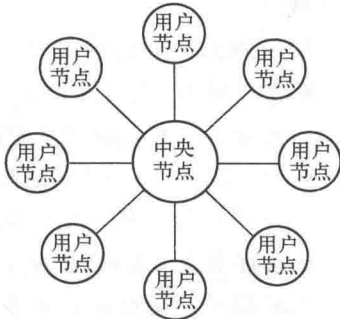


图 1-4 星形网络拓扑结构

一台网络转接或交换设备。交换机（Switch）或集线器（Hub）均属于这一类中央节点。早期的星形网络采用的多是第一种类型，而现在的星形网络则大多采用第二种类型。

(1) 星形网络的优点

- 传输效率高：每个节点单独占一条传输线路，避免了数据传送堵塞现象。总线型与环形网络在数据传送上的弱势就是线路问题。
- 可靠性高：星形网络拓扑结构中，每个分节点及相应接口的故障不会影响其他线路上的分节点，因而不会导致整个网络瘫痪，网络仍旧可以运行。同时，网络结构的故障检测和隔离较容易，使得网络易于维护和管理。
- 可扩展性高：由于网络结构采用单点对单线模式，网络配置更为灵活，添加、删除或修改一个分节点，不会影响其他节点。

(2) 星形网络的缺点

- 星形网络采用的单点对单线模式大大增加了结构中线缆的使用量，网络结构的布线、安装都十分耗时耗力。
- 网络的可靠性十分依赖于中央节点。由于网络中只有一个中央节点（交换机或集线器），当中央节点选择不当或出现故障时，网络会出现瘫痪。

2. 树形网络

树形网络是一种层次结构，可以看作是一种多级连接的星形网络，但这种多级的星形网络从上而下以三角形结构分布，形状犹如一棵树。树形网络拓扑结构如图 1-5 所示。树的顶端通常称为根节点（网络的核心层），最底端称为叶子节点（网络的边缘层，一般为网络用户节点），中间称为树枝节点（网络的汇聚层，完成数据的存储转发）。树形结构通常采用分级的集中控制方式，网络中的传输介质有多条分支，但是网络中不存在闭合的回路，并且网络中的每条通信线路都必须支持双向传输。

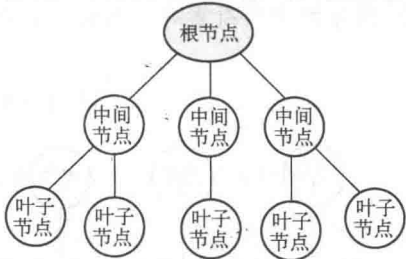


图 1-5 树形网络拓扑结构

(1) 树形网络的优点

- 易于扩展：树形网络可以延伸出许多的分支和子分支，因此新的节点和新的分支都很容易就加入原网络结构中。
- 故障排查容易：某一分支中的节点或其所在线路发生故障，很容易将该分支与整个系统隔离开来处理。

(2) 树形网络的缺点

- 由于树形网络中的根节点在整个网络结构中的位置和作用至关重要，一旦根节点出现故障，整个网络将瘫痪。
- 由于树形网络拓扑结构可看作多级星形网络，因此树形网络的可靠性也和星形网络类似。

3. 总线型网络

总线型网络是采用一条公共的总线作为整个网络的传输介质，网络中的每台计算机通过相应的硬件接口接到总线上，数据信息沿着总线，以广播方式进行传输。总线型网络拓扑结构如图 1-6 所示。目前流行的以太网采用的就是总线型网络拓扑结构。

总线型网络中的信息传输属于共享模式，信息从信源发出，在总线上传送，总线上的所有节点均可接收到该信息。但是网络中如果有两个及以上节点同时发出信息，则会发生信号冲

突，造成网络堵塞。

(1) 总线型网络的优点

- 可靠性高：总线型网络采用一条公共总线，结构简单，可靠。
- 可扩展性高：总线型网络布线容易，易施工安装。同时，由于网络结构只有一条公共总线，如果增加、删减某个节点，只需增加或去掉该节点的硬件接口。如果需要扩展网络结构，可通过增加中继器来实现距离延伸。
- 节约线缆：总线型网络只需一条公共总线，且两端的终结器安装在两端计算机接口处，线缆的使用量很低。

(2) 总线型网络的缺点

- 由于网络只有一条公共总线，任何信息的传送都要经过总线，因此总线上的节点过多时，容易产生信息的堵塞。
- 计算机利用硬件接口接入网络，当硬件接口发生故障时，整个网络也会瘫痪。
- 当网络发生故障时，故障诊断与故障隔离都十分困难。

4. 环形网络

环形网络是一个封闭的环形结构，网络中的计算机均配有一个硬件入网接口，这些接口首尾相连，形成一条链路。链路中的信息传送采用单向（如顺时针或逆时针）逐点传送方式，信息传送为广播方式。环形网络拓扑结构如图 1-7 所示。

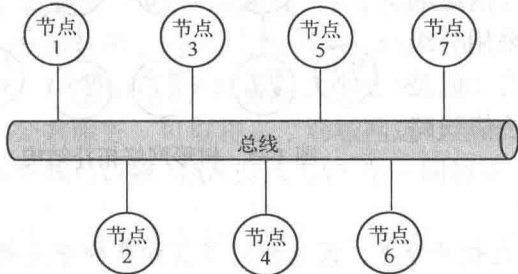


图 1-6 总线型网络拓扑结构

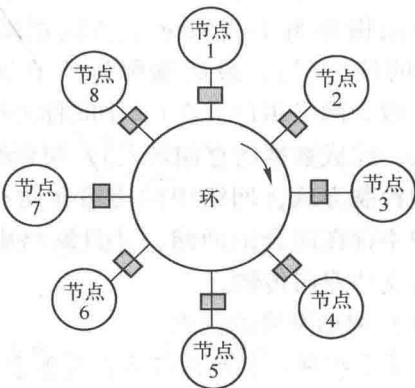


图 1-7 环形网络拓扑结构

(1) 环形网络的优点

- 可采用光纤连接：环形网络采用的是点对点的连接方式，并且信息是沿着某一个方向单向传播，这就使得该网络结构可以以光纤作为传输介质。著名的光纤分布式数据接口（FDDI）采用的就是双环拓扑结构。
- 传输距离远：环形网络采用令牌协议，网上传送的信息发生堵塞（碰撞）的可能性小，因此即使不采用光纤，其传输距离也要远于其他拓扑结构，这种网络结构适合做主干网络。
- 线缆用量小，故障易定位：环形网络采用的是一条总线，首尾封闭，初始安装容易。同时该结构的单向传播使得网络中的故障诊断较易进行。

(2) 环形网络的缺点

- 除了 FDDI 外，一般的环形网络都是单环结构，网络上任何节点的入网接口出现故障都

会使网络瘫痪，因此环形网络的可靠性较差。

- 环形网络的结构特点使得网络的管理费用较高，网络结构灵活性差，一旦网络结构中需要增加、删减或修改某个节点，一般整个网络都需停下来重新配置，因此配置起来较困难，网络维护也不易。

5. 网状网络

网状网络是指计算机网络中的任何两个节点之间都可以直接相连，而且任何两个节点之间也可能存在多条路径，拓扑结构没有固定模式，数据在传输过程中可以选择适当的路由，绕过失效的路线或者是过忙的节点。网状网络拓扑结构如图 1-8 所示。

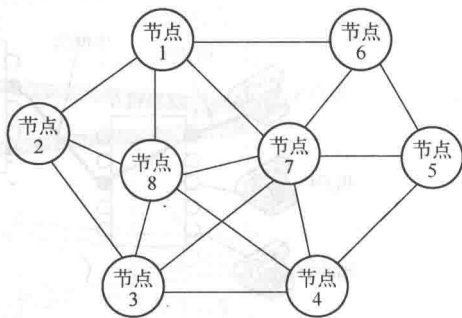


图 1-8 网状网络拓扑结构

(1) 网状网络的优点

- 可靠性高：由于网状网络存在多条路径可供选择，因此可靠性高，很受用户的喜欢，在广域网中得到了广泛的应用。
- 不受瓶颈问题和失效问题影响：网状网络中节点间的路径多，从而可以绕过失效或者过忙的节点，碰撞和阻塞减少，并且局部故障不影响整个网络。

(2) 网状网络的缺点

- 这种结构线路多，结构复杂，不易建网和扩充，网络构建的成本和提供网络功能的网络协议也较为复杂。
- 网络控制机制也很复杂，必须采用路由算法和流量控制机制。

网络拓扑结构是描述网络结构的重要方法，将具体的网络结构抽象成点、线、面的几何结构，可以清晰、准确地描述网络的逻辑结构。

1.2.3 按传输介质不同分类

所谓的传输介质是指连接通信设备之间的物理连接媒介，将信号从一台设备传送到另一台设备。计算机网络按传输介质可以分为有线网络和无线网络两大类。

1. 有线网络

有线网络是指网络的传输介质为双绞线、同轴电缆和光纤等实体媒介。双绞线和同轴电缆传输电信号，光纤传输光信号。

2. 无线网络

无线网络是指不使用有线的物理连接，而是利用无线传输介质进行数据传输的网络。无线传输一般是指自由空间中的电磁波，信息被加载到电磁波后在空间中进行传输。电磁波根据频谱可分为无线电波、微波、红外线、激光等。

1.2.4 按交换技术不同分类

计算机网络按交换技术不同可分为线路交换网、报文交换网和分组交换网。线路交换网是基于线路交换的网络，报文交换网和分组交换网是基于存储转发交换的网络。

1. 线路交换网

线路交换网又称为电路交换网，它基于线路（电路）交换技术。线路交换技术是通信网中