

普通高等院校物联网工程专业面向应用系列规划教材
普通高等院校计算机科学与技术专业“十三五”规划教材

计算机网络 原理与应用

■ 吴阳波 廖发孝◎主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等院校物联网工程专业面向应用系列规划教材
普通高等院校计算机科学与技术专业“十三五”规划教材

计算机网络原理与应用

主 编 吴阳波 廖发孝

副主编 万明秀 莫小灵 何 巍

刘志杰 习 军 胡 浩 刘明启

参 编 陈 竦 张云鹏



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共8章,主要分为3篇,分别为基础篇、提升篇和案例篇。其中,第1~4章为基础篇,主要内容为计算机网络概述、数据通信基础、计算机网络体系结构、IPv4编址方法。第5~7章为提升篇,主要内容为局域网原理与组网技术、网络互联与广域网接入技术和网络安全。第8章为案例篇,主要对交换技术的经典案例进行讲解。

本书遵循“易学、易教、内容新”的编写理念,以培养学生的应用能力为主要目标,理论与实践并重,并强调理论与实践相结合。

本书既可以作为应用型本科高校计算机网络工程专业、物联网工程专业和计算机类的其他专业“计算机网络”课程的教学用书,也可以作为从事计算机网络工程技术和管理人员的参考资料。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理与应用/吴阳波,廖发孝主编. —北京:北京理工大学出版社,2017.10(2017.11重印)

ISBN 978-7-5682-4938-6

I. ①计… II. ①吴… ②廖… 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(2017)第263731号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 335千字

版 次 / 2017年10月第1版 2017年11月第2次印刷

定 价 / 38.00元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

本书是为了适应应用型本科高校计算机各专业的教学需求，贯彻落实 21 世纪本科教育应用型人才规格，遵循“知识、能力、素质、创新”的教改思想和教学方法而编写的。

计算机网络技术是通信技术与计算机技术相结合的产物，也是当今信息科学技术中的一个热门领域，在过去的几十年得到了快速的发展。本书从基本的原理谈起，结合中兴通讯设备进行了详细的讲述，可使学生掌握计算机网络技术的原理、网络产品配置与维护知识，了解目前网络技术的最新进展和实际应用。

本书紧密结合 MIMPS 教学方法，分为基础篇、提升篇、案例篇 3 篇。

基础篇设计的主要目的是夯实学生基础，主要介绍了网络的基本概念，OSI 参考模型和 TCP/IP 协议族，重点讲解了 IPv4 的编址方法。

提升篇主要在组网技术、网络互联、网络安全等知识方面进行讲解，主要培养学生的设计能力、计划能力、合作能力和表达能力，是基础篇的进一步提高。

案例篇的设计以就业为导向，侧重于问题解决和故障排查，更加符合实际工作模型及企业发展趋势，突出实用，以解决实际岗位问题为核心，主要结合现网经典项目和工程实践，从病毒防治、数据抓包、交换路由、项目设计等方向精选了多个案例。

本书的编写以培养学生的应用能力为主要目标，理论与实践并重，并强调理论与实践相结合。在内容编排上，力求循序渐进、举一反三、突出重点、通俗易懂；既注重培养学生分析问题的能力，也注重培养学生思考问题、解决问题的能力，使学生真正做到学以致用。

本书由吴阳波、廖发孝担任主编，万明秀、莫小灵、何巍、刘志杰、习军、胡浩、刘明启担任副主编，瑞声达听力技术（中国）有限公司的陈竦和闽南理工学院的张云鹏参与了本书的编写，中兴通讯信息学院提供案例支持，全书由吴阳波负责统稿。编者在编写本书的过程中参考了许多优秀的中外教材及网络资料，在此对所引用文献的作者表示衷心的感谢。

由于计算机网络是一门内容丰富、不断发展的综合性学科，加之作者学术水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请各位专家和广大读者批评指正。

编 者

2017 年 3 月

基 础 篇

第 1 章 计算机网络概述	3
1.1 计算机网络简介	3
1.1.1 计算机网络的产生与发展	3
1.1.2 计算机网络的基本概念	6
1.1.3 计算机网络的功能	7
1.1.4 我国三大网络的介绍	8
1.2 计算机网络的分类	10
1.3 计算机网络结构	12
1.4 计算机网络相关的标准化组织	14
思考与练习	15
第 2 章 数据通信基础	16
2.1 数据通信的相关概念	16
2.1.1 数据通信系统模型	16
2.1.2 数据通信过程	17
2.1.3 数据通信系统的性能指标	18
2.2 通信的基本方式	21
2.3 通信中的编码技术	24
2.3.1 模拟数据编码方法	25
2.3.2 数字数据编码方法	26
2.3.3 模拟数据的数字信号编码	27
2.4 复用技术	28
2.5 数据交换技术	31
2.5.1 电路交换	31



2.5.2 分组交换	32
2.6 差错控制技术	36
2.6.1 差错产生的原因与类型	36
2.6.2 差错控制的方法	36
2.6.3 差错控制编码	38
2.7 通信原理仿真解析	40
思考与练习	43
第3章 计算机网络体系结构	45
3.1 网络体系结构及协议	45
3.1.1 问题的提出	45
3.1.2 体系结构及网络协议的概念	46
3.1.3 接口与服务	48
3.2 开放系统互联参考模型	49
3.2.1 OSI 参考模型的层次结构	49
3.2.2 OSI 参考模型各层的功能	50
3.2.3 OSI 参考模型中的数据传输	53
3.2.4 OSI 参考模型解决网络故障的思路	54
3.3 TCP/IP 参考模型	55
3.3.1 TCP/IP 体系结构	55
3.3.2 TCP/IP 的层次	55
3.3.3 OSI 与 TCP/IP 的比较	57
3.3.4 TCP 和 UDP	58
3.3.5 网络层协议 IP	62
3.4 案例解析：OSI 各个层次的理解	68
思考与练习	69
第4章 IPv4 编址方法	71
4.1 IPv4 地址概述	71
4.1.1 问题的提出	71
4.1.2 IP 地址的介绍	73
4.1.3 子网掩码	74
4.1.4 计算网络地址	75
4.2 网络地址、广播地址的计算方法	77
4.3 子网划分	79
4.4 无分类编址 CIDR	81
思考与练习	84



提 升 篇

第 5 章 局域网原理与组网技术	87
5.1 局域网的分类与体系结构	87
5.1.1 局域网的分类与特点	87
5.1.2 局域网的结构	88
5.1.3 局域网的拓扑结构	89
5.1.4 局域网的传输介质	91
5.2 局域网的工作原理	91
5.2.1 共享式局域网原理	91
5.2.2 以太网	92
5.2.3 介质访问控制方法	93
5.2.4 交换式局域网	95
5.3 虚拟局域网	98
5.3.1 VLAN 简介	98
5.3.2 VLAN 的实现	99
5.4 无线局域网	100
5.4.1 WLAN 简介	100
5.4.2 IEEE 802.11 标准	100
5.4.3 WLAN 的网络模型	101
5.4.4 WLAN 的关键技术	104
5.4.5 WLAN 的配置及应用	104
5.5 典型的中小型以太网组网技术方案	107
5.5.1 SOHO 网络解决方案	107
5.5.2 中小型企业组网解决方案	107
5.5.3 大型企业园区网络解决方案	109
思考与练习	110
第 6 章 网络互联与广域网接入技术	112
6.1 网络互联概述	112
6.2 网络互联设备	114
6.2.1 路由器和网关的概念	115
6.2.2 路由器的主要功能	116
6.2.3 路由器的工作原理	117
6.2.4 路由器的分类	118
6.2.5 第三层交换技术	118
6.3 路由算法和路由协议	120



6.3.1	路由协议	120
6.3.2	路由表项的优先问题	122
6.3.3	路由算法	122
6.3.4	路由选择方式	123
6.3.5	OSPF 路由协议配置解析	124
6.4	广域网技术概论	125
6.4.1	广域网的定义与拓扑结构	126
6.4.2	广域网提供的服务	127
6.4.3	广域网的组网方式	129
6.4.4	几种典型的广域网	130
6.4.5	虚拟专用网	133
6.5	Internet 接入技术	136
6.5.1	Internet 概述	137
6.5.2	拨号接入	138
6.5.3	局域网接入	140
6.5.4	专线接入	140
6.5.5	混合接入	141
6.5.6	光纤接入	142
6.5.7	无线接入技术	143
6.6	小区用户光纤入户解析	143
	思考与练习	144
第 7 章	网络安全	146
7.1	网络概述	146
7.2	网络安全基础知识	146
7.2.1	网络安全概述	146
7.2.2	数据加密机制	149
7.2.3	网络防火墙	151
7.2.4	网络病毒的防治	153
7.2.5	网络监听与扫描	155
7.2.6	入侵检测技术	156
7.3	企业网络安全问题分析	157
	思考与练习	159
案 例 篇		
第 8 章	计算机网络经典案例	163
8.1	交换技术经典案例	163



8.1.1 利用三层交换机实现 VLAN 间路由	163
8.1.2 快速生成树及链路聚合	165
8.2 网络可靠性经典案例	168
8.2.1 路由器综合路由配置	169
8.2.2 Wireshark 使用与抓包分析	172
8.3 网络安全技术经典案例	180
8.3.1 ARP 病毒攻击导致用户无法上网故障	181
8.3.2 病毒导致网吧用户掉线故障	183
8.4 项目案例设计	185
8.4.1 项目概述	186
8.4.2 用户需求分析	186
8.4.3 建设目标及设计原则	190
8.4.4 网络系统总体设计	191
8.4.5 网络系统详细设计	191
8.4.6 产品选型	201
思考与练习	204
附录 常用计算机网络技术缩略语	207
参考文献	212

>>> 基础篇



第1章 计算机网络概述

计算机网络是当今较热门的学科之一，在短短的几十年里取得了飞速的发展，因特网（Internet）深入到千家万户，网络已经成为一种全社会的、经济的、快速的获取信息的必要手段和生活方式。那么，到底什么是计算机网络？它的产生和发展历程又是怎样的？它在我国的发展又经历了怎样的过程？为了帮助初学者对计算机网络有一个全面、感性的认识，本章将从介绍计算机网络发展历程入手，对网络的功能、定义、分类、结构、应用及在我国的发展状况等进行系统介绍。

1.1 计算机网络简介

1.1.1 计算机网络的产生与发展

计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物，它涉及通信与计算机两个方面。它的诞生使计算机体系结构发生了巨大变化，在当今社会中起着非常重要的作用，对人类社会的进步作出了巨大贡献。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。纵观计算机网络的发展历史可以发现，计算机网络发展与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、从单机到多机的过程，大体上可以分为5个时期。在这期间，计算机技术和通信技术紧密结合、相互促进、共同发展，最终产生了今天的 Internet。

1. 面向终端的通信网络阶段

1946年，世界上第一台电子计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer) 诞生，随着半导体技术、磁记录技术的发展和计算机软件的研发，在计算机应用过程中大量复杂的信息需要收集、交换和加工。特别是在20世纪50年代中期至60年代末期，计算机技术与通信技术初步结合，形成了计算机网络的雏形——面向终端的计算机网络。最典型的代表是美国航空公司使用的由一台中心计算机和全美范围内2000多个终端组成的机票预订系统。这种由一台中央主机通过通信线路连接大量的地理上分散的终端，构成面向终端的通信网络，也称远程联机系统。这是计算机网络的雏形，如图1-1所示。

远程联机系统最突出的特点是终端无独立的处理能力，单向共享主机的资源（硬件、软件），所以称为面向终端的计算机网络。这种网络结构属集中控制方式，可靠性低。

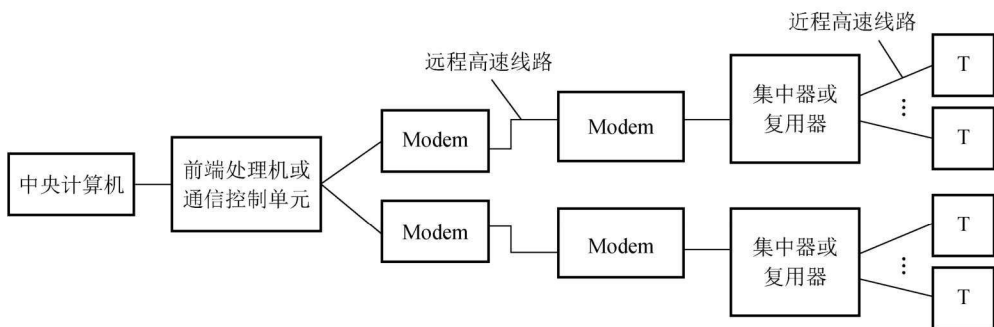


图 1-1 远程联机系统

2. 计算机网络阶段

随着计算机应用的发展及计算机的普及和价格的降低,在 20 世纪 60 年代中期出现了多台计算机通过通信系统互连的系统,开创了“计算机-计算机”通信时代,这样分布在不同地点且具有独立功能的计算机就可以通过通信线路,彼此之间交换数据、传递信息,如图 1-2 所示。

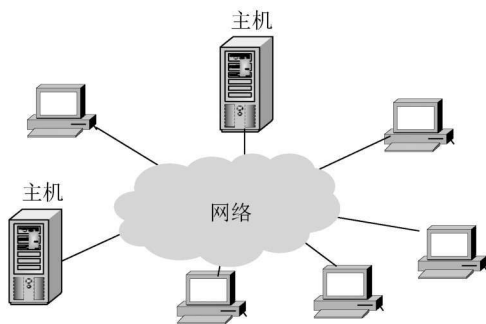


图 1-2 计算机-计算机网络

第二代计算机网络的主要特点是资源的多向共享、分散控制、分组交换,采用专门的通信控制处理机、分层的网络协议。这些特点往往被认为是现代计算机网络的典型特征,但是这个时期的网络产品彼此之间是相互独立的,没有统一标准。

3. 计算机网络互联阶段

1984 年,国际标准化组织 ISO (International Organization for Standardization, ISO) 正式制定并颁布了“开放系统互联参考模型”(Open Systems Interconnection Reference Model, OSI RM),即著名的 OSI 七层模型。OSI RM 已被国际社会所公认,成为研究和制定新一代计算机网络标准的基础。从此,网络产品有了统一标准,促进了企业的竞争,大大加速了计算机网络的发展,并使各种不同的网络互联、互相通信成为现实,实现了更大范围内的计算机资源共享。



4. Internet 与高速网络阶段

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，用户可以利用 Internet 实现全球范围的信息传输、信息查询、电子邮件、语音与图像通信服务等功能。

小知识：Internet 和 internet 的区别

以小写字母 i 开头的 internet（互联网）是一个通用名词，它泛指由多个计算机网络互联而成的网络。

以大写字母 I 开头的 Internet（因特网）则是一个专用名词，它指当前全球最大的、开放的、由众多网络相互连接而成的特定计算机网络，它采用 TCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol，传输控制协议/网际协议）协议族作为通信的规则，且其前身是美国的 ARPANET。

5. 云计算和物联网阶段

1) 云计算

云计算（Cloud Computing）最早是由谷歌公司提出的。它基于互联网相关服务的增加、使用和交付模式，通常涉及通过互联网来提供动态易扩展且经常是虚拟化的资源。美国国家标准与技术研究院（National Institute of Standards and Technology, NIST）定义：云计算是一种按使用量付费的模式，这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问，进入可配置的计算资源共享池（资源包括网络、服务器、存储、应用软件、服务），这些资源能够被快速提供，只需投入很少的管理工作或服务供应商进行很少的交互。

目前被普遍接受的云计算的特点如下。

（1）超大规模。“云”具有相当大的规模，谷歌云计算已经拥有 100 多万台服务器，Amazon、IBM、微软、Yahoo 等的“云”均拥有几十万台服务器。企业私有云一般拥有数百上千台服务器，“云”能赋予用户前所未有的计算能力。

（2）虚拟化。云计算支持用户在任意位置、使用各种终端获取应用服务。所请求的资源来自“云”，而不是固定有形的实体。应用在“云”中某处运行，但实际上用户无须了解、也不用担心应用运行的具体位置。只需要一台笔记本式计算机或一个手机，就可以通过网络服务来实现人们需要的一切，甚至包括超级计算这样的任务。

（3）高可靠性。“云”使用了数据多副本容错、计算节点同构可互换等措施来保障服务的高可靠性，使用云计算比使用本地计算机可靠。

（4）通用性。云计算不针对特定的应用，在“云”的支撑下可以构造出千变万化的应用，同一个“云”可以同时支撑不同的应用运行。

（5）高可扩展性。“云”的规模可以动态伸缩，满足应用和用户规模增长的需要。

（6）按需服务。“云”是一个庞大的资源池，可按需购买；“云”可以像自来水、电、煤气那样计费。



(7) 极其廉价。由于“云”的特殊容错措施可以采用极其廉价的节点来构成云,“云”的自动化集中式管理使大量企业无须负担日益高昂的数据中心管理成本,“云”的通用性使资源的利用率较之传统系统大幅提升,因此用户可以充分享受“云”的低成本优势,经常只要花费几百美元、几天时间就能完成以前需要数万美元、数月时间才能完成的任务。

(8) 潜在的危险性。云计算服务除了提供计算服务外,还提供存储服务。但是云计算服务当前垄断在私人机构(企业)手中,而他们仅仅能够提供商业信用。政府机构、商业机构(特别像银行这样持有敏感数据的商业机构)选择云计算服务时,应保持足够的警惕。云计算中的数据对于数据所有者以外的其他云计算用户是保密的,但是对于提供云计算的商业机构而言却是透明的。所有这些潜在的危险是商业机构和政府机构选择云计算服务,特别是国外机构提供的云计算服务时,不得不考虑的一个重要前提。

2) 物联网

物联网(Internet Of Things, IOT)最早是由麻省理工学院专家于1999年提出的,它是新一代信息技术的重要组成部分,也是“信息化”时代的重要发展阶段。顾名思义,物联网就是物物相连的互联网。这有两层意思:其一,物联网的核心和基础仍然是互联网,是在互联网基础上延伸和扩展的网络;其二,其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间进行信息交换和通信,也就是物物相联。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算等通信感知技术,广泛应用于网络的融合中,也因此被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。

利用局部网络或互联网等通信技术把传感器、控制器、机器、人员和物等通过新的方式连接在一起,形成人与物、物与物相连,实现信息化、远程管理控制和智能化的网络。物联网是互联网的延伸,它包括互联网及互联网上所有的资源,兼容互联网所有的应用,但物联网中所有的元素(所有的设备、资源及通信等)都是个性化和私有化的。

1.1.2 计算机网络的基本概念

1. 计算机网络的定义

计算机网络技术是随着现代通信技术和计算机技术的高速发展、密切结合而产生和发展起来的,将几台计算机连接在一起,就可以建立一个简单的网络。如何定义一个网络,多年来一直没有严格的定义和统一,比较通用的定义是计算机网络是指把分布在不同地理区域的计算机与专门的外部设备用通信线路互连成一个规模大、功能强的网络系统,以功能完善的网络软件及协议使众多的计算机可以方便地互相传递信息、共享硬件、软件、数据信息等资源。

计算机网络主要包含4方面的内容:连接对象、连接介质、连接的控制机制和连接方式。连接对象主要指各种类型的计算机或其他数据终端设备;连接介质主要指双绞线、同轴电缆、光纤、微波等通信线和网桥、网关、中继器、路由器等通信设备;连接的控制机制主要指网络协议和各种网络软件;连接方式主要指网络所采用的拓扑结构,如星型、环型、总线型和网状型等。



2. 通信子网和资源子网

计算机网络系统在逻辑功能上可分成两个子网：通信子网和资源子网，如图 1-3 所示。通信子网提供数据通信的能力，资源子网提供网络上的资源及访问能力。

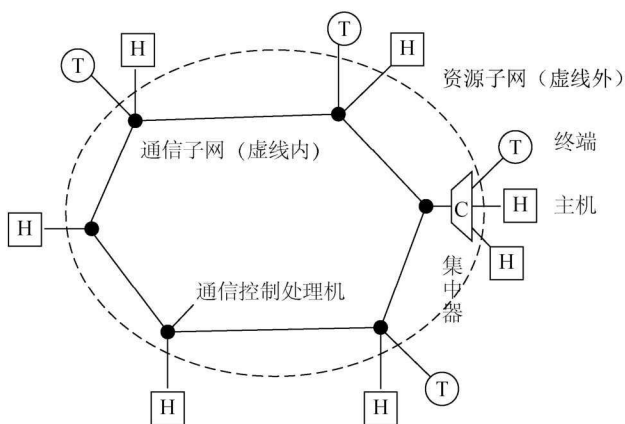


图 1-3 网络系统的资源子网和通信子网

1) 通信子网

通信子网由通信控制处理机 (Communication Control Processor, CCP)、通信线路和其他网络通信设备组成，它主要承担全网的数据传输、转发、加工、转换等通信处理工作。

通信控制处理机在网络拓扑结构中通常被称为网络节点。其主要功能一是作为主机和网络的接口，负责管理和收发主机和网络所交换的信息；二是作为发送信息、接收信息、交换信息和转发信息的通信设备，负责接收其他网络节点送来的信息，并选择一条合适的通信线路发送出去，完成信息的交换和转发功能。

通信线路是网络节点间信息传输的通道，通信线路的传输媒体主要有双绞线、同轴电缆、光纤、无线电、微波等。

2) 资源子网

资源子网主要负责全网的数据处理业务，向全网用户提供所需的网络资源和网络服务，主要由主机、终端、终端控制器、联网外设及软件资源和信息资源等组成。

主机是资源子网的重要组成部分，既可以是大型机、中型机、小型机，也可是局域网中的微型计算机，它是软件资源和信息资源的拥有者，一般通过高速线路和通信子网中的节点相连。终端是直接面向用户的交互设备，可以是交互终端、显示终端、智能终端、图形终端等。

1.1.3 计算机网络的功能

计算机网络与通信技术的不断结合与发展，可以使个人计算机不仅同时处理文字、数据、图像、视频等信息，还可以将这些信息通过四通八达的网络及时与全国乃至全世界的信息进行交换。计算机网络的功能主要有以下几点。



1. 数据通信

数据通信是计算机网络最基本的功能,它为网络用户提供了强有力的通信手段。计算机网络的其他功能都是在数据通信功能的基础上实现的,如发送电子邮件、远程登录、联机会议等。

2. 资源共享

资源共享包括硬件、软件和信息资源的共享,它是计算机网络最有吸引力的功能。资源共享是指网上用户能够部分或全部使用计算机网络资源,使计算机网络中的资源互通,从而大大地提高各种硬件、软件和信息资源的利用率。

3. 远程传输

计算机已经由科学计算向数据处理方面发展、由单机向网络方面发展,且发展的速度很快。分布在很远地方的用户也可以互相传输数据信息、互相交流、协同工作。

4. 集中管理

计算机网络技术的发展和已使现代办公、经营管理等发生了很大的变化。目前,已经有了许多 MIS (Management Information System)、OA (Office Automation) 系统等,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. 实现分布式处理

网络技术的发展,使分布式计算成为可能。对于大型的课题,可以分为许许多多的小题目,由不同的计算机分别完成,然后集中起来解决问题。

6. 负载均衡

负载均衡是指工作被均匀地分配给网络上的各台计算机。网络控制中心负责分配和检测,当某台计算机负载过重时,系统会自动转移部分工作到负载较轻的计算机中去处理。

7. 提高可靠性

计算机系统可靠性的提高主要表现在,计算机网络中的每台计算机都可以依赖计算机网络相互成为后备机,一旦某台计算机出现故障,其他的计算机可以马上承担起原先由该故障机所担负的任务,避免了系统的瘫痪,从而提高了计算机系统的可靠性。

1.1.4 我国三大网络的介绍

当前,在我国通信、广播电视领域及计算机信息产业中,实际运行并具有影响力的有三大网络:电信网络、广播电视网络和计算机网络。

1. 电信网络

电信网是以电话网为基础逐步发展起来的。电话系统主要由本地网络、干线和交换局 3 个部件组成。