

内 容 简 介

本书以微型机器人的设计为主线,突出介绍了智能控制、机械结构、通信技术、传感技术等智能制造领域的多种技术。本书主要分为三部分:第一部分从基础的角度介绍了机器人及其技术的基本情况和发展趋势,希望读者能从广度上对机器人技术有一定的了解;第二部分主要是从制作的角度,利用简单的以 51 单片机为主控的车体机器人作为载体,通过车体的组装学习机器人机械结构的基本知识,通过软件的设计学习机器人智能控制技术的知识;第三部分主要以 IEEE 标准的嵌入式微型电脑鼠平台作为载体,学习高精度控制与智能算法方面的知识。

本书可作为高职高专工业机器人应用技术相关专业的教材使用,也可作为相关设计人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

微型机器人设计 / 王盟主编. — 北京: 北京邮电
大学出版社, 2017. 7 (2019. 7 重印)

ISBN 978-7-5635-5144-6

I. ①微… II. ①王… III. ①工业机器人—高等职业
教育—教材 IV. ①TP242. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 165008 号

书 名: 微型机器人设计

主 编: 王 盟

责任编辑: 汪 丹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市金元印装有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12. 75 插页 1

字 数: 310 千字

版 次: 2017 年 8 月第 1 版 2019 年 7 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5635-5144-6

定 价: 39. 80 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233



项目一

认识机器人

机器人的英文名为 robot,由捷克语中的 robota 转化而来,即劳动的意思。机器人这个词最早出现在 1920 年捷克斯洛伐克作家恰佩克发表的科幻剧中,是小说中没有思想和情感的人造人。它一出现就得到了人们的普遍关注。

任务一 什么是机器人

任务目标

- (1) 了解机器人的概念。
- (2) 了解机器人的相关基础知识。

相关知识

机器人英文名为 robot,由捷克语中的 robota 转化而来,即劳动的意思。机器人这一单词最早出现在 1920 年捷克斯洛伐克作家恰佩克发表的科幻剧中,是小说中没有思想和情感的人造人。它一出现就得到了人们的普遍关注。常见的机器人如图 1-1 所示。

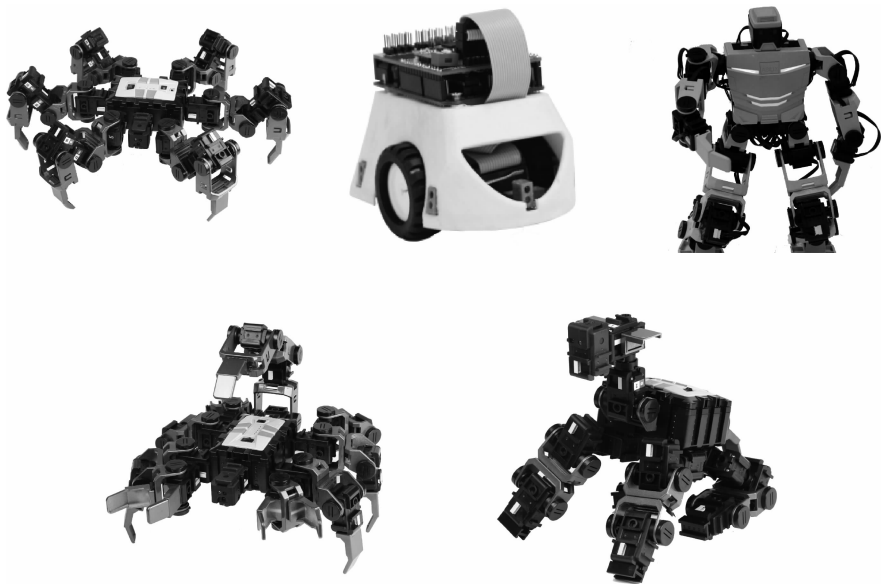


图 1-1 常见的机器人

一、机器人的定义

“机器人”一词出现至今已有近百年的时间,但机器人的定义仍然“仁者见仁,智者见智”,没有一个统一的意见。原因之一是机器人还在发展,新的机型、新的功能不断涌现,同时由于机器人涉及了“人”的概念,成为一个难以回答的哲学问题。随着机器人技术的飞速发展和信息时代的到来,机器人所涵盖的内容越来越丰富,机器人的定义也会不断充实,下面给出一些有代表性的定义。

(1) 国际标准化组织(ISO)的定义。机器人是一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能机械手,这种机械手具有几个轴,能够借助可编程序操作来处理各种材料、零件工具和专用装置以执行多种任务。

(2) 美国国家标准局(NBS)的定义。机器人是一种能够进行编程,并在自动控制下执行某些操作和移动作业任务的机械装置。

(3) 美国机器人协会(RIA)的定义。机器人是一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置的,通过可编程序动作来执行种种任务的,并具有编程能力的多功能机械手。

(4) 日本工业机器人协会(JIRA)的定义:工业机器人是一种装备有记忆装置和末端执行器的,能够转动并通过自动完成各种移动来代替人类劳动的通用机器。

上面四种有代表性的表述其实意思很相近,机器人就是一种自动执行工作的电子机器装置,它可以依据预先编排的程序进行工作,也可以根据以人工智能技术制定的原则纲领

采取行动。通常它出现的主要任务是协助或取代人类的工作,如生产业、建筑业或有危险的工作等。依据辞典所述,所谓的机器人是指“能够代替人类做事的自动装置或具有人类形态的机器”。实际生活中的洗衣机、自动售货机、ATM取款机等装置都可以称为机器人。

因此,可将机器人简单定义如下:机器人是一种具有能够识别目标物体,并能够按照预设程序执行操作的自主型机器。

二、机器人的特点及其分类

一般来说,机器人具有三个基本特征,通过这三个基本特征可以判断一个机器是否属于机器人的范畴。

(1)大脑:自动控制的程序,能够像人类的大脑一样控制整体按照预订的方案进行工作。

(2)身体:不一定在形象上接近人,但要具有一定的结构形态。

(3)动作:任何机器人都要有一定的动作表现,它需要有完成一定动作的能力。

上述三个特征只是体现了机器人最基本的特征,除此之外,机器人还具有以下特点。

(1)机器人是一种机械电子装置。

(2)动作具有类似于人或其他生物体的功能。

(3)可通过编程执行多种工作,有一定的通用性和灵活性。

(4)有一定程度的智能,能够自主地完成一些操作。

关于机器人如何分类,国际上没有制定统一的标准。一般来说,机器人按用途可分为工业机器人、空间机器人、水下机器人、军用机器人、排险救灾机器人、教学机器人和娱乐机器人等;机器人按功能可分为操作机器人、信息机器人、人机机器人、移动机器人等;机器人按技术级别可分为第一代工业机器人(主要是示教-再现控制的操作机器人)、第二代工业机器人(具有感受功能的工业机器人,包括具有光觉、视觉、触觉、声觉等)、第三代工业机器人(智能化的高级机器人)。

我国的机器人专家从应用环境出发,将机器人分为两大类,即工业机器人和特种机器人。工业机器人就是面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人,而特种机器人则是除工业机器人之外的、用于非制造业,并服务于人类的各种先进机器人,包括服务机器人、水下机器人、娱乐机器人、军用机器人、农业机器人、机器人化机器等。在特种机器人下,有些分支发展很快,有独立成体系的趋势,如服务机器人、水下机器人、军用机器人、微操作机器人等。

目前,国际上的机器人学者,从应用环境出发将机器人也分为两类,即制造环境下的工业机器人和非制造环境下的服务与仿人型机器人,这和我国的分类是一致的。机器人的一般分类如表 1-1 所示。

表 1-1 机器人的一般分类

分类名称	简要解释
操作型机器人	能自动控制,可重复编程,有几个自由度,可固定或运动,用于相关系统中
程控型机器人	按预先要求的顺序及条件,依次控制机器人的机械动作
示教再现型机器人	通过引导或其他方式,先教会机器人动作,输入工作程序,机器人则自动重复进行作业
数控型机器人	通过数值、语言等对机器人进行示教,机器人根据示教后的信息进行作业
感觉控制型机器人	利用传感器获取的信息控制机器人的动作
适应控制型机器人	机器人能适应环境的变化,控制其自身的行动
学习控制型机器人	机器人能“体会”工作经验,具有一定的学习功能,并将所“学”的经验用于工作中
智能机器人	以人工智能决定其行动的机器人

三、机器人技术的研究内容

机器人技术是一项涉及多门学科和领域的新兴技术,是多学科融合的产物。那么,机器人技术具体都做哪些领域的研究呢?具体如下。

(1) 嵌入式控制技术:模拟人类大脑进行整体的统一控制。

(2) 人工智能计算机科学:得到与人类智能或控制机能相似能力的人工智能或计算机科学。

(3) 传感器技术:得到与人类感觉机能相似的传感器技术。

(4) 工业机器人技术:把人类作业技能具体化的工业机器人技术。

(5) 移动机械技术:实现动物行走机能的行走技术。

(6) 生物功能:实现生物机能为目的的生物学技术。

上面介绍的只是机器人技术所研究的领域,那么,机器人技术到底做哪些具体的研究工作呢?具体来说,机器人技术主要做以下方面的基础研究工作。

(1) 机器人控制技术:主要研究机器人控制方式和机器人控制策略等。

(2) 机器人运动学:研究要涉及组成这一系统的各杆件之间及系统与对象之间的相互关系,因此需要一种有效的数学描述方法。

(3) 机器人静力学:静力学主要讨论机器人手部端点力与驱动器输入力矩的关系。

(4) 机器人动力学:动力学方程是指作用于机器人各机构的力或力矩与其位置、速度、加速度关系的方程式。

(5) 机器人传感器:机器人的感觉主要通过传感器来实现。外部传感器有视觉、触觉、听觉、力觉传感器,内部传感器主要有位置、姿态、速度、加速度传感器。

(6) 空间机构学:机器人机身和臂部机构的设计、机器人手部机构设计、机器人行走机构的设计、机器人关节部机构的设计。

(7) 机器人语言:机器人语言分为通用计算机语言和专用机器人语言。

任务二 了解机器人技术的发展历程与未来趋势

任务目标

- (1) 了解机器人技术的发展历程。
- (2) 了解机器人技术的未来发展趋势。

相关知识

一、机器人技术的发展历程

1. 美国、日本、欧洲等发达国家和地区的机器人技术发展

机器人以产品的身份出现是在 20 世纪 60 年代,较具代表性的有美国 Unimation 公司的 Unimate 机器人和美国 AMF 公司的 Versatran 机器人。

美国的机器人从诞生起,在相当长的一段时期内,主要停留在大学和研究所的实验室里,虽然科学家做出了一系列研究成果,但是没有形成生产能力且应用较少,因而也很难得到充裕的经费支持。与此同时,工业生产和应用部门对机器人技术的效益持观望态度,因此研究开发、生产和应用的脱节现象延缓了这一新技术在美国的发展。直到 20 世纪 70 年代中期,有鉴于机器人技术发展、经济潜力和日本在工业机器人方面所取得的成就,美国才意识到问题的紧迫性并多方面采取措施。

日本的机器人技术人员首先引进了美国机器人技术,经过技术消化并在日本迅速将其

实用化。1967年,日本东京机械贸易公司首次从美国引进 Versatran 机器人,如图 1-2 所示;1968年,日本川崎重工业公司从美国引进 Unimate 机器人,如图 1-3 所示,并对它进行改进,增加了视觉功能,使其成为一种具有智能的机器人。

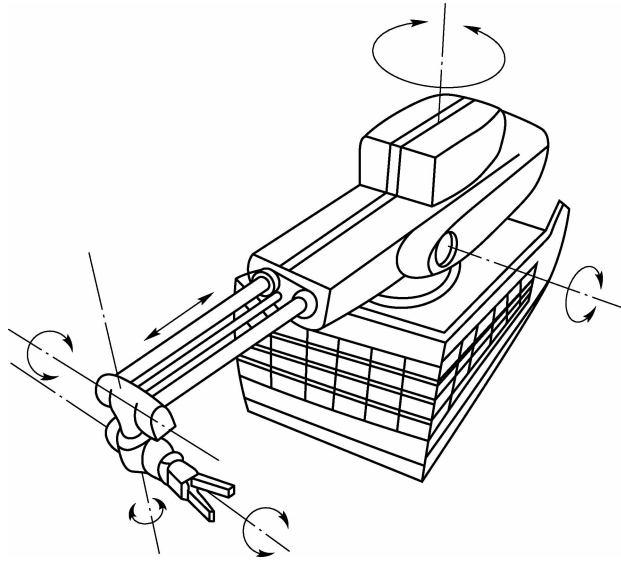


图 1-2 Versatran 机器人

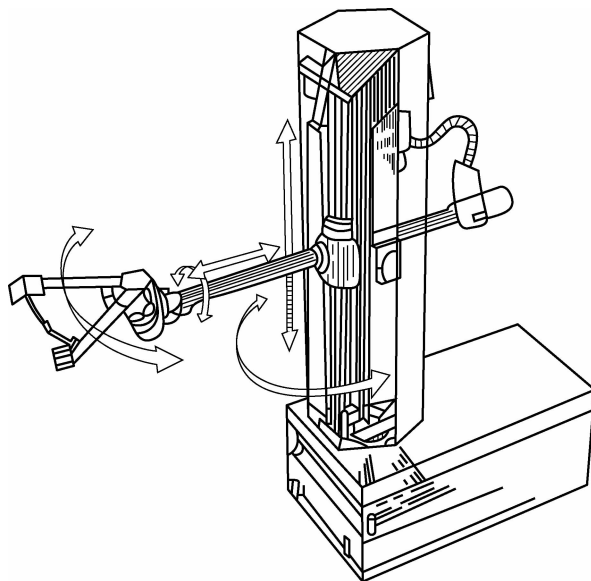


图 1-3 Unimate 机器人

为了推广应用这一新技术,日本政府在技术政策和经济上都采取了相关措施加以扶植,因此,日本的工业机器人迅速走出了从试验应用到成熟产品大量应用的阶段,工业机器

人得以大量生产和应用。70年代是日本机器人的迅速发展时期,日本在机器人的产品开发和应用两个方面超过美国,成为当今世界第一的“机器人王国”。

20世纪70年代,机器人进入工业生产的实用化时代。到20世纪80年代,工业机器人进入普及时代,汽车、电子等行业开始大量使用工业机器人,推动了机器人产业的发展。机器人的研究开发,无论水平还是规模,都得到迅速发展,高性能的机器人所占比例不断增加。

1979年,Unimation公司推出PUMA系列工业机器人,如图1-4所示。同年,日本山梨大学的牧野洋研制了具有平面关节的SCARA型机器人。1985年前后,FANUC和GMF公司又先后推出交流伺服驱动的工业机器人产品。这一时期,各种装配机器人的产量增长较快,和机器人配套使用的装置和视觉技术正在迅速发展。

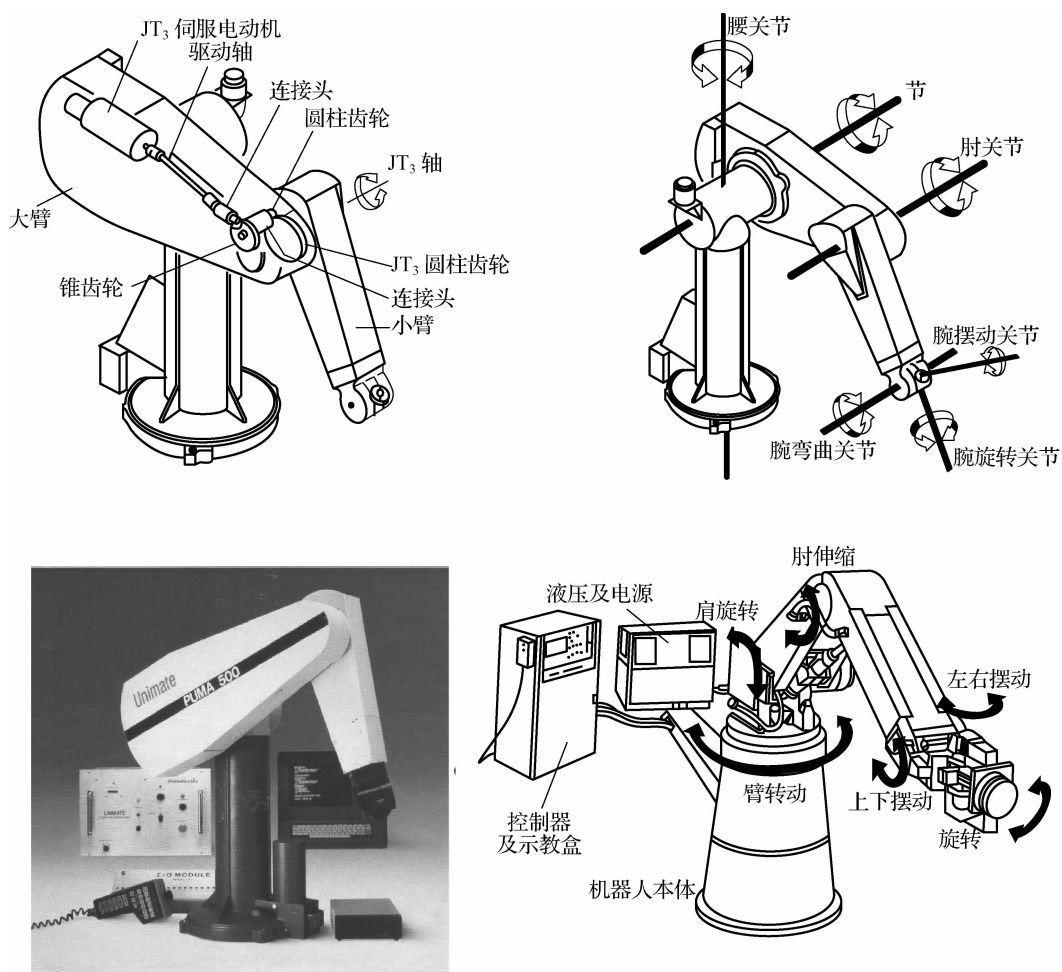


图 1-4 PUMA 系列工业机器人

近十几年来,欧洲的机器人产业发展比较快。目前,世界上机器人无论是从技术水平上还是从已装备的数量上,优势都集中在以日美为代表的少数几个发达的工业化国家。

2. 我国机器人技术的发展

我国工业机器人起步于 20 世纪 70 年代初,大致可分为 70 年代的萌芽期、80 年代的开发期、90 年代的实用化期 3 个阶段。

我国于 1972 年开始研制工业机器人,数十家研究单位和院校分别开发了固定程序、组合式、液压伺服型通用机器人,并开始了机构学、计算机控制和应用技术的研究。

20 世纪 80 年代,机器人步入了跨越式发展时期,进行了工业机器人基础技术、基础元器件、几类工业机器人整机及应用工程的开发研究,完成了示教-再现式工业机器人及其成套技术的开发,研制出喷涂、弧焊、点焊和搬运等作业机器人整机、几类专用和通用控制系统、几类关键元部件,并在生产中经过实际应用考核,其性能指标达到 20 世纪 80 年代初国外同类产品的水平。

为了跟踪国外高技术,在国家高技术计划中安排了智能机器人的研究开发,包括水下无缆机器人、高功能装配机器人和各类特种机器人,进行了智能机器人体系结构、机构、控制、人工智能、机器视觉、高性能传感器及新材料等的应用研究。

20 世纪 90 年代,由于市场竞争加剧,一些企业认识到必须用机器人等自动化设备来改造传统产业,从而进一步走向产业化。在喷涂机器人,点、弧焊机器人,搬运机器人,装配机器人,矿山、建筑、管道作业的特种工业机器人技术和系统应用的成套技术继续开发和完善,进一步开拓市场,扩大应用领域,从汽车制造业逐步扩展到其他制造业,并渗透到非制造业领域,如机器人化柔性装配系统的研究,充分发挥工业机器人在未来 CIMS 中的核心技术作用。

3. 机器人技术发展过程中的重要事件

1920 年,捷克斯洛伐克作家卡雷尔·恰佩克在他的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中,根据 Robot(捷克文,原意为“劳役、苦工”)和 Robotnik(波兰文,原意为“工人”)创造出“机器人”这个词。

1939 年,美国纽约世博会上展出了西屋电气公司制造的家用机器人 Elektro。它由电缆控制,可以行走,会说 77 个字,甚至可以抽烟,不过离真正干家务活儿还差得远,但它让人们人们对家用机器人的憧憬变得更加具体。

1942 年,美国科幻巨匠阿西莫夫提出“机器人三定律”。虽然这只是科幻小说里的创

造,但后来成为学术界默认的研发原则。

1948年,诺伯特·维纳出版《控制论》,阐述了机器中的通信和控制机能与人的神经、感觉机能的共同规律,率先提出以计算机为核心的自动化工厂。

1954年,美国人乔治·德沃尔制造出世界上第一台可编程的机器人,并注册了专利。这种机械手能按照不同的程序从事不同的工作,因此具有通用性和灵活性。

1956年,在达特茅斯会议上,马文·明斯基提出了他对智能机器的看法:智能机器“能够创建周围环境的抽象模型,如果遇到问题,能够从抽象模型中寻找解决方法”。这个定义影响到以后30年智能机器人的研究方向。

1959年,德沃尔与美国发明家约瑟夫·英格伯格联手制造出第一台工业机器人。随后,成立了世界上第一家机器人制造工厂——Unimation公司,英格伯格被称为“工业机器人之父”。

1962年,美国AMF公司生产出VERSTRAN(万能搬运),与Unimation公司生产的Unimate一样成为真正商业化的工业机器人,并出口到世界各国,掀起了全世界对机器人和机器人研究的热潮。

1962—1963年,传感器的应用提高了机器人的可操作性。人们试着在机器人上安装各种各样的传感器,包括1961年恩斯特采用的触觉传感器,托莫维奇和博尼1962年在世界上最早的“灵巧手”上用到了压力传感器,而麦卡锡1963年则开始在机器人中加入视觉传感系统,并在1965年帮助MIT推出了世界上第一个带有视觉传感器、能识别并定位积木的机器人系统。

1965年,约翰·霍普金斯大学应用物理实验室研制出Beast机器人。Beast已经能通过声纳系统、光电管等装置,根据环境校正自己的位置。20世纪60年代中期开始,美国麻省理工学院、斯坦福大学、英国爱丁堡大学等陆续成立了机器人实验室。美国兴起研究第二代带传感器、“有感觉”的机器人,并向人工智能进发。

1968年,美国斯坦福研究所公布他们研发成功的机器人Shakey。它带有视觉传感器,能根据人的指令发现并抓取积木,不过控制它的计算机有一个房间那么大。Shakey可以算是世界第一台智能机器人,拉开了第三代机器人研发的序幕。

1969年,日本早稻田大学加藤一郎实验室研发出第一台双脚走路的机器人。加藤一郎长期致力于研究仿人机器人,被誉为“仿人机器人之父”。日本专家一向以研发仿人机器人和娱乐机器人的技术见长,后来更进一步,催生出本田公司的ASIMO机器人和索尼公司的QRIO机器人。

1973年,世界上第一次机器人和小型计算机携手合作,诞生了美国 Cincinnati Milacron 公司的 T3 机器人。

1978年,美国 Unimation 公司推出通用工业机器人 PUMA,这标志着工业机器人技术已经完全成熟。PUMA 工业机器人至今仍然工作在工厂第一线。

1984年,英格伯格再推机器人 Helpmate,这种机器人能在医院里为病人送饭、送药、送邮件。同年,他还预言:“我要让机器人擦地板,做饭,出去帮我洗车,检查安全”。

1998年,丹麦乐高公司推出机器人(Mind-storms)套件,让机器人制造变得跟搭积木一样相对简单又能任意拼装,使机器人开始走入个人世界。

1999年,日本索尼公司推出犬型机器人爱宝(AIBO),当即销售一空,从此娱乐机器人成为目前机器人迈进普通家庭的途径之一。

2002年,丹麦 iRobot 公司推出了吸尘器机器人 Roomba,它能避开障碍,自动设计行进路线,还能在电量不足时自动驶向充电座。Roomba 是目前世界上销量最大、最商业化的家用机器人。

2006年6月,微软公司推出 Microsoft Robotics Studio,机器人模块化、平台统一化的趋势越来越明显,比尔·盖茨预言,家用机器人很快将席卷全球。

二、机器人技术未来发展趋势

随着信息化社会的不断推进,人类对机器人的性能和智能化程度的要求越来越高。这就要求机器人技术不断地遵循这些要求发展,未来机器人技术的主要发展趋势集中在以下几个方面。

(1)工业机器人操作机构的优化设计技术:探索新的高强度轻质材料,进一步提高负载-自重比,同时机构向着模块化、可重构方向发展。

(2)机器人控制技术:重点研究开放式、模块化控制系统,人机界面更加友好,语言、图形编程界面正在研制之中。机器人控制器的标准化和网络化、基于 PC 的网络式控制器已成为研究热点。

(3)多传感系统:为进一步提高机器人的智能和适应性,多种传感器的使用是其问题解决的关键。其研究热点在于有效、可行的多传感器融合算法,特别是在非线性及非平稳、非正态分布的情形下的多传感器融合算法。

(4)机器人遥控及监控技术:机器人半自主和自主技术,多机器人和操作者之间的协调

控制,通过网络建立大范围内的机器人遥控系统,在有时延的情况下,建立预先显示进行遥控等。

(5)虚拟机器人技术:基于多传感器、多媒体和虚拟现实以及临场感应技术,实现机器人的虚拟遥控操作和人机交互。

(6)多智能体控制技术:主要对多智能体的群体体系结构、相互间的通信与磋商机理,感知与学习方法,建模和规划,群体行为控制等方面进行研究。

(7)微型和微小机器人技术:这是机器人研究的一个新的领域和重点发展方向。过去的研究在该领域几乎是空白的,因此该领域研究的进展将会引起机器人技术的一场革命,并对社会进步和人类活动的各个方面产生不可估量的影响,微型机器人技术的研究主要集中在系统结构、运动方式、控制方法、传感技术、通信技术及行走技术等方面。

(8)软机器人技术:主要用于医疗、护理、休闲和娱乐场合。传统机器人设计未考虑与人的紧密共处,因此其结构材料多为金属或硬性材料,软机器人技术要求其结构、控制方式和所用传感系统在机器人意外地与环境或人碰撞时是安全的,机器人对人是友好的。

(9)仿人和仿生技术:这是机器人技术发展的最高境界,目前仅在某些方面进行一些基础研究。

知识、技能归纳

(1)通过学习,了解了“机器人”一词的由来和人类对机器人的定义。

(2)了解了机器人的基本特征和特点,能够辨别机器人和机器的区别。

(3)了解了机器人技术的涵盖领域及具体的研究内容。

(4)通过对机器人技术发展历程的学习,了解我国和世界发达国家的机器人技术的发展情况,并清楚地认识到我国在机器人技术上同世界发达国家之间的差距,要对机器人未来的发展方向有一定的了解。

习题

1. 什么是机器人?“机器人”名称是由何而来的?
2. 观察一下,我们周围生活中哪些设备属于机器人?
3. 机器人的特点有哪些?

4. 机器人技术涵盖哪些研究领域？
5. 机器人技术主要做哪些基础研究工作？
6. 我国机器人技术的发展主要经历了哪几个阶段？
7. 机器人技术的未来发展方向有哪些？