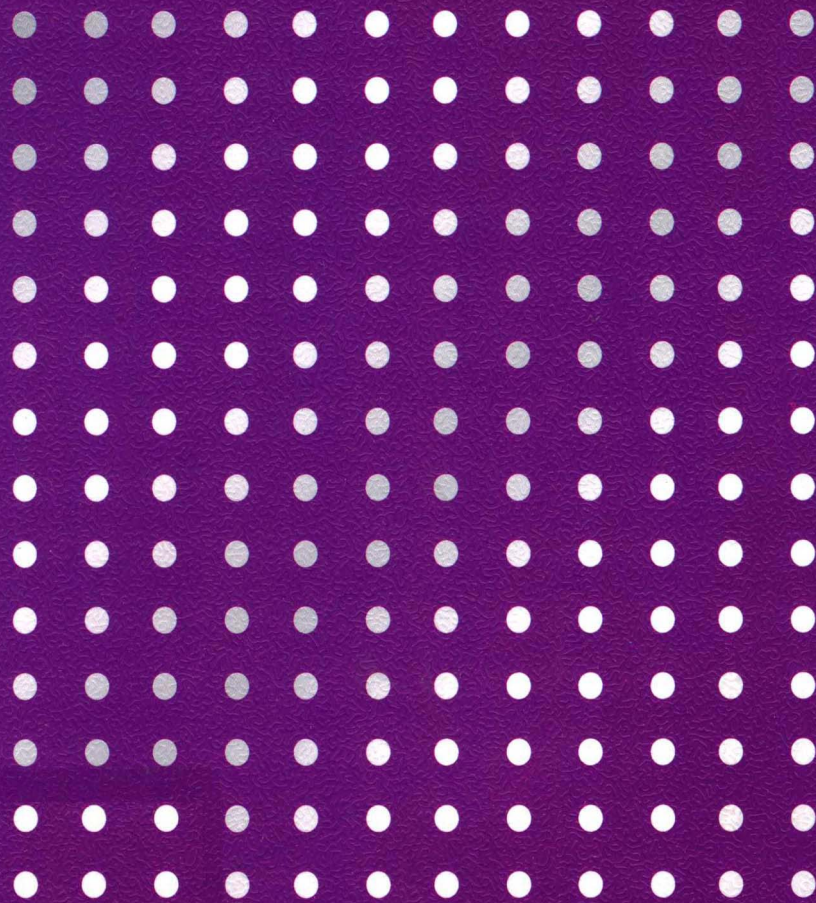


高等院校信息技术规划教材

服务机器人

肖南峰 主编

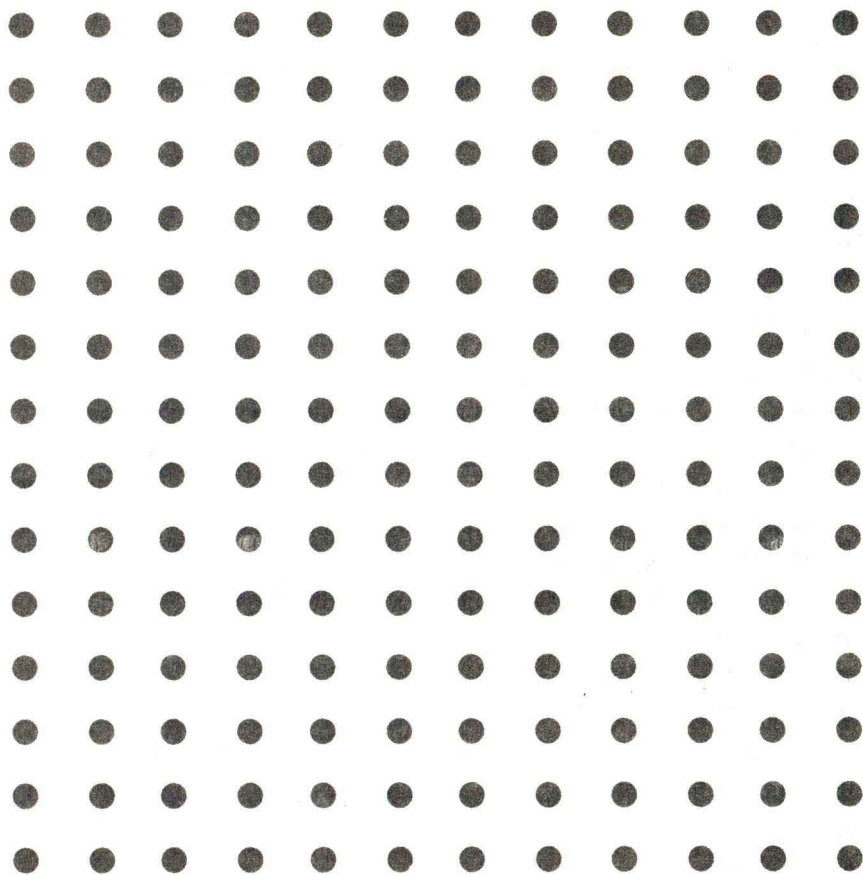


清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

服务机器人

肖南峰 主编



清华大学出版社
北京

内 容 提 要

本书主要介绍各种服务机器人的基本知识和关键技术及实际应用。通过学习本书,读者可以开拓视野、增加知识,深入地了解 and 掌握各种服务机器人的关键技术和最新成果及发展趋势等,为今后研究和开发及应用各种服务机器人打下坚实的基础。

本书内容翔实、深入浅出、可读性强,是一本学术性和实用性都很强的著作。本书既可作为在科学研究、军事战斗、灾难救援、教育娱乐、家政服务等各个行业从事服务机器人研究和开发及应用的科学研究工作者和工程技术人员的参考书,也可作为人工智能、自动控制、机械工程、电子信息、计算机等专业的大中专院校学生的教材和参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

服务机器人 / 肖南峰主编. —北京:清华大学出版社, 2013.1

高等院校信息技术规划教材

ISBN 978-7-302-30125-7

I. ①服… II. ①肖… III. ①服务用机器人—高等学校—教材 IV. ①TP242.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 222531 号

责任编辑:白立军

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:26.5 字 数:663 千字

版 次:2013 年 1 月第 1 版 印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:49.00 元

产品编号:046829-01

前言

foreword

近十多年来,服务机器人的研究、开发及应用引起了世界上许多发达国家的科学家和企业家的极大热情,这些国家的政府部门纷纷制订和实施相应的发展战略计划,许多著名的大学和企业等都成立或资助了以研究和开发服务机器人为目标的研究机构。例如,美国国防部高级计划研究局(DARPA)、国家宇航局(NASA)、麻省理工学院(MIT)、日本本田公司、早稻田大学等许多单位。我国也将服务机器人列为优先支持和鼓励研究的领域,中国科学院、哈尔滨工业大学、北京理工大学、华南理工大学(SCUT)等众多单位都在进行服务机器人研究和开发及应用工作。服务机器人之所以得到如此高度的重视和关注,是因为服务机器人具有其他类型的机器人所无法比拟的优势和特点,服务机器人可以广泛地用于科学研究、军事战斗、灾难救援、教育娱乐、家政服务等各个领域。

目前,在欧美和日本等许多发达国家的军队、企业、家庭等几乎所有的行业中,服务机器人正被广泛地用来代替或者帮助人类完成各类工作。这些服务机器人主要是在一些繁杂、危险、恶劣或常规的环境中,代替或者帮助人类完成相关的作业。由于服务机器人具有极强的功能和很高的通用性,它们完全可以代替或者帮助人类在各种场合下灵巧地完成各类复杂的作业。因此,发达国家的许多研究机构、军队、大学、企业、家庭等正迫切地希望研制出高性能和通用型服务机器人来完成相关的作业。

为了配合国内外服务机器人的研究和开发及应用,促进和推动我国服务机器人的研究和开发及应用,提高我国服务机器人的研究和开发及应用水平,作者在参考了国内外的大量文献资料和相关网站新闻并结合自己的研究成果后,编写了这本知识性和专业性及实用性都很强的著作。本书详尽地介绍了服务机器人的各种最新研究成果。作者本着理论与实践相结合及深入浅出的原则编写了本书,目的是为广大的科学研究工作者、工程技术人员和大中专院校师生等从事服务机器人的研究和开发及应用提供参考。

在本书编写过程中,岑宇铤、安婷婷、区永强、吴宝阳、江文辉、王婷、周静、肖一桌、仲夏蓓、李基亮、韦婷、陈健彬、张健生、谭昶、刘阳、谢丽君、黄沛鑫等同学收集和整理了大量的资料并参与了相关章节的编写工作,蒋艳容、王永明、甘志刚、张彤、赵洁、黄发良等博士也做了许多有益的工作。此外,华南理工大学计算机科学与工程学院“智能计算机”科研团队的赵跃龙教授、陈琼副教授、梅登华副教授、程兴国讲师等也提出了许多宝贵的意见。没有他们的辛勤劳动,本书是不可能完成的,在此谨向他们表示由衷的感谢。

此外,本书所述的有关内容也得到了广州市科技和信息化局科普项目(编号 2010KP044)、国家自然科学基金项目(编号 60375031、60776816、61171141)、广东省自然科学基金重点项目(编号 36552、8251064101000005)、广东省教育厅“精品课程”建设基金项目(编号 x2js-N911058a)等的资助,在此作者深表感谢。

由于作者水平有限,本书难免会存在谬误,在此热忱地欢迎广大读者提出批评和建议。

编 者

2012 年 12 月

目录

Contents

第 1 章 概述	1
1.1 机器人的历史	1
1.2 机器人的发展	3
1.3 机器人的定义	5
1.4 机器人的分类	6
1.5 机器人与人类	8
1.6 机器人与情感	9
1.7 机器人与社会	10
1.8 机器人与战争	11
1.9 机器人的未来	12
习题	13
第 2 章 服务机器人的构成	14
2.1 服务机器人的“眼睛”	14
2.2 服务机器人的“耳朵”	16
2.3 服务机器人的“鼻子”	17
2.4 服务机器人的“嘴巴”	18
2.5 服务机器人的“手”和“脚”	20
2.6 服务机器人的传感器	24
2.6.1 视觉传感器	24
2.6.2 听觉传感器	24
2.6.3 红外传感器	25
2.6.4 碰撞传感器	25
2.6.5 距离传感器	25
2.6.6 光敏传感器	26
2.6.7 光电编码器	26
2.6.8 角速度传感器	26

2.6.9 姿态传感器	27
2.6.10 力/力矩传感器	27
2.6.11 对人反应传感器	28
2.7 服务机器人的驱动器	29
2.7.1 驱动系统	29
2.7.2 各种执行器	30
2.7.3 继电器	31
2.7.4 未来的执行器	32
2.8 服务机器人电源系统	32
2.8.1 铅酸蓄电池	32
2.8.2 锂电池	33
2.9 服务机器人驱动芯片	35
2.10 服务机器人控制系统	37
2.10.1 伺服系统	37
2.10.2 脉宽调制	37
习题	38
第3章 民用机器人	39
3.1 发展概况	39
3.2 仿人机器人	40
3.3 仿人机器人设计	47
3.3.1 控制结构设计	47
3.3.2 系统机构设计	48
3.3.3 仿真设计	57
3.3.4 驱动系统设计 with 实现	62
3.3.5 实验与分析	68
3.3.6 驱动系统设计 with 实现	70
3.4 家政机器人	71
3.5 医疗机器人	75
3.6 助残机器人	78
3.7 迎宾机器人	81
3.8 娱乐机器人	81
3.9 专用机器人	84
习题	86
第4章 警用机器人	87
4.1 发展概况	87
4.2 保安机器人	87

4.3	排爆机器人	89
4.4	救援机器人	94
4.5	灭火机器人	95
4.6	除雪机器人	96
4.7	防化机器人	97
4.8	机器人远程控制	98
4.8.1	远程控制的研究现状	99
4.8.2	机器人运动学基础	101
4.8.3	机械臂运动学方程	105
4.8.4	系统总体架构	111
4.8.5	视频模块相关技术	113
4.8.6	视频压缩传输模块	122
4.8.7	多机械手协调控制	131
4.8.8	总结与展望	141
	习题	144

第5章 军用机器人 145

5.1	发展概况	145
5.2	同时定位与地图构建概况	147
5.2.1	研究背景	147
5.2.2	研究现状	148
5.2.3	研究内容	149
5.3	同时定位与地图构建	150
5.3.1	SLAM 问题描述	150
5.3.2	SLAM 问题相关知识	151
5.3.3	SLAM 的关键问题	157
5.3.4	SLAM 问题的主要解决方法	158
5.3.5	基于距离传感器的 SLAM	161
5.3.6	基于视觉的机器人车辆 vSLAM	168
5.3.7	SURF 算法与环境认知	175
5.3.8	结论与展望	188
5.4	机器人车辆	188
5.4.1	遥控式车辆	189
5.4.2	自主式车辆	190
5.5	机器人士兵	191
5.6	侦察机器人	194
5.7	支援机器人	196
5.8	机器人大战	197

习题	198
第 6 章 水下机器人	199
6.1 发展概况	199
6.2 水下机器人设计 ^[185~196]	201
6.2.1 概述	201
6.2.2 鱼类游动模型	202
6.2.3 鱼类游动模式建模	203
6.2.4 仿真	205
6.2.5 真实机器鱼实验	206
6.3 水下机器人定位导航 ^[197]	209
6.3.1 概述	209
6.3.2 实验研究	210
6.3.3 结论	216
6.4 模块化水下机器人设计 ^[209~219]	216
6.4.1 引言	216
6.4.2 相关工作	218
6.4.3 水下模块化机器人设计 ^[209~219]	219
6.4.4 实验	222
6.4.5 未来工作	223
6.5 有人有缆水下机器人	224
6.6 无人有缆水下机器人	227
6.7 无人无缆水下机器人	228
6.8 鱼形水下机器人	229
6.9 水下扫雷机器人	230
6.10 其他水下机器人	233
6.11 水下机器人联网	235
习题	236
第 7 章 飞行机器人	237
7.1 发展概况	237
7.2 无人机建模与控制 ^[220]	241
7.2.1 绪论	241
7.2.2 RUAVs 动力学建模	243
7.2.3 RUAV 控制	252
7.3 无人机路径规划	253
7.3.1 引言	253

7.3.2	基于 Voronoi 图和 Dijkstra 算法的路径规划	254
7.3.3	基于人工势场法的碰撞避免	256
7.3.4	栅格法	258
7.3.5	路径规划的未来发展	259
7.4	无人机系统设计 ^[230~239]	261
7.4.1	无人机简介	261
7.4.2	无人机系统	261
7.4.3	OBC 系统	262
7.4.4	地面站点	269
7.4.5	测试和结果	270
7.4.6	结语	271
7.5	美国无人机	272
7.6	中国无人机	279
7.7	其他无人机	285
7.8	微型无人机	288
	习题	290
第 8 章	空间机器人	291
8.1	发展概述	291
8.2	空间机器人建模 ^[240~264]	292
8.2.1	引言	292
8.2.2	运动学和动力学模型	293
8.2.3	广义动力学建模	298
8.2.4	仿真结果	299
8.3	多机器人协调控制	301
8.3.1	协调控制策略	301
8.3.2	协调操作任务分类	302
8.3.3	多机器人协调搬运	303
8.3.4	多机器人协调装配	305
8.3.5	协调拧螺丝运动学方程	307
8.3.6	协调倒水运动学方程	309
8.3.7	实验平台与结果分析	310
8.4	行星探测机器人 ^[265]	317
8.4.1	引言	318
8.4.2	以往的火山探测机器人	318
8.4.3	初步活动	319

8.4.4	Robovlc 系统	320
8.4.5	功能本地化	322
8.4.6	在 Mt. Etna 火山试验	325
8.5	月球探测机器人	326
8.5.1	美国月球探测机器人	327
8.5.2	中国月球探测机器人	329
8.5.3	其他月球探测机器人	332
8.6	火星探测机器人	335
8.6.1	美国火星探测机器人	335
8.6.2	中国火星探测机器人	338
8.6.3	其他火星探测机器人	340
8.7	其他行星探测机器人	342
	习题	343
第 9 章	机器人安全	344
9.1	绪论	344
9.1.1	引言	344
9.1.2	发展概况	346
9.2	网络安全知识与环境搭建	346
9.2.1	网络安全知识	347
9.2.2	服务器环境搭建	348
9.3	有线网络安全访问解决方案	351
9.3.1	身份认证解决方案	351
9.3.2	保密通信解决方案	356
9.3.3	解决方案实现方法	361
9.4	无线网络安全访问解决方案	365
9.4.1	WAP 协议	366
9.4.2	解决方案	370
9.4.3	算法实现	374
9.4.4	方案分析	377
9.4.5	本节总结	378
9.5	一种新型公钥密码算法	378
9.5.1	服务器端密码算法	379
9.5.2	客户端加密算法	379
9.6	结束语	381
	习题	381

第 10 章 机器人未来	382
10.1 发展趋势	382
10.2 仿生机器人	383
10.2.1 兽型机器人	384
10.2.2 蛇形机器人	385
10.2.3 “昆虫”机器人	385
10.2.4 “蝎子”机器人	388
10.2.5 “蜗牛”机器人	388
10.2.6 “壁虎”机器人	388
10.2.7 “爬树”机器人	389
10.3 未来服务机器人	390
10.3.1 自适应机器人	390
10.3.2 球形机器人	390
10.3.3 微型机器人	391
10.3.4 纳米机器人 ^[7]	392
10.3.5 无线机器人	394
10.4 其他机器人	395
10.4.1 太阳能飞机	395
10.4.2 超级机器人	395
10.4.3 广域机器人 ^[2]	396
10.5 服务机器人的电源 ^[7]	397
10.6 服务机器人的材料 ^[7]	398
习题	400
参考文献	401

第1章

chapter 1

概 述

自古以来,人类就一直梦想制造出能够代替人类劳动的机器人。事实上,机器人的祖先可以追溯到距今两千至三千多年前。从古人制作的“自动人”,到现代人类发明的仿人机器人,不仅体现了人类的聪明智慧,而且也记录着人类对制造机器人的不懈努力和孜孜追求。本章主要阐述机器人的历史与发展、定义与分类、未来与前途等相关问题^[1~20,29~47]。

1.1 机器人的历史

一直以来,人类都希望制造出一种像人一样的机器人,以便代替人类完成各种各样的工作。据专家考证,最早想出“自动人”(最原始的机器人)的人是距今两千多年前的希腊人赫伦。赫伦向阿基米得和欧几里得等当时的科学家们学习,然后他利用学到的知识设计了各种各样由铅锤、滑车、车轮等构成的“自动人”,并且让这些“自动人”出色地完成了表演。可以说从赫伦时代起,人类就被制造机器人的梦幻迷住了。公元前二世纪,古希腊人发明了以水和空气及蒸汽压力为动力的“自动机”,它可以自己开门,还可以借助蒸汽唱歌。在文艺复兴时期,人们利用欧洲制造钟表的技术制造出了更精密的“自动人”。例如,1495年著名画家达·芬奇曾绘制了世界上第一个能够坐着和站立及活动的“机械骑士”设计图。

西周时期,我国的能工巧匠偃师制作出了一款能歌善舞的“伶人”,这是我国最早记载的机器人。春秋后期,我国著名的木匠鲁班曾经制造过一只木鸟,据说它能在空中飞行“三日不下”。1800多年前的汉代,我国的大科学家张衡不仅发明了地动仪,而且还发明了计里鼓车。计里鼓车每行一里,车上的木人击鼓一下,每行十里击钟一下。在后汉的三国时期,蜀国丞相诸葛亮成功地造出了“木牛流马”,并将其用于运送粮食,支援前方的战争。

1662年,日本的竹田近江利用钟表原理发明了自动机器玩偶。1738年,法国的杰克·戴·瓦克逊发明了一只会叫唤和游泳及喝水的机器鸭。1773年,瑞士的杰克·道罗斯父子推出了能自动书写的玩偶和自动演奏的玩偶,他们的自动玩偶是利用齿轮和发条等原理制成的。这些玩偶是身高1m左右的巨型玩具,它们结构巧妙,服装华丽,在欧洲风靡一时。至今仍保留下来最早的机器人是瑞士努萨蒂尔历史博物馆里的少女玩偶,它

的两只手和十个手指可以按动风琴的琴键弹奏音乐,现在它还可以定期地演奏,供参观者欣赏。此外,著名科学家摩尔在 1893 年制造了靠蒸汽驱动双腿沿圆周走动的“蒸汽人”。

1920 年,捷克斯洛伐克作家卡雷尔·恰佩克在他的剧本《罗素姆万能机器人》中,根据 Robota(捷克文,“劳役、苦工”)和 Robotnik(波兰文,“工人”)创造出了“机器人”这个单词。该剧本描写了一个长得像人,动作也像人的机器人 Robot(英文,“机器人、强迫劳动”)按照其主人的命令以呆板的方式从事繁重的劳动,它没有感觉和感情。该剧引起了广泛的关注,从此 Robot 便成了机器人一词的起源,并开始在全世界流行。

1927 年,美国西屋电气公司的工程师温兹利制造了第一个“电报箱”机器人,它装有无线电发报机,可以回答一些简单的问题,但是不能走动。1939 年,美国西屋电气公司制造出了由电缆控制的家政机器人 Elektro。它可以行走和说单词,甚至抽烟,不过它离真正干家务活还差得很远。但是,它让人们对于家政机器人的憧憬变得更加具体了。1942 年,美国科幻巨匠阿西莫夫提出了“机器人三定律”,它们后来成为机器人学术界所默认的研发原则。

1952 年,美国福特汽车公司建造了世界上第一条全自动化汽车生产线,该生产线上的 42 部自动机器可以进行 500 种不同的加工工序和产品检验。1954 年,美国发明家德沃尔提出了工业机器人的概念,并率先制造出了世界上第一台可编程的工业机器人。他借助伺服技术控制工业机器人的关节,利用人手对工业机器人进行动作示教,使工业机器人能够实现动作的记录和再现。这就是所谓的示教再现工业机器人,这种工业机器人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。目前的工业机器人差不多都是采用这种工作方式。1956 年,马文·明斯基提出了智能机器的观点:“智能机器能够创建周围环境的抽象模型。如果遇到问题,它能够从抽象模型中寻找解决问题的方法”。他的观点影响到了此后几十年全世界的智能机器人研究和发展方向。

1959 年,德沃尔与约瑟夫·英格伯格联手制造出了世界上第一台工业机器人,取名为 Unimation(万能自动)。随后,他们又成立了世界上第一家机器人制造工厂——Unimation 公司。鉴于他们对工业机器人研发所做出的贡献,他们被称为“工业机器人之父”。他们认为汽车制造过程比较固定,适合于采用工业机器人进行作业,于是他们将世界上第一个真正意义上的工业机器人应用于汽车制造生产中。

1962 年,美国 AMF 公司生产出了 Verstran(万能搬运)工业机器人,它与 Unimation 一样成为真正商业化的工业机器人。作为最早的示教再现型机器人产品,它们由类似于人类的手和臂组成,控制方式也与数控机床相似。它们被出口到世界各国,掀起了全世界对机器人研究和应用的热潮。1962 年至 1963 年,由于传感器的应用提高了机器人的可操作性,因此人们试着在机器人上安装各种各样的传感器。1961 年,恩斯特采用了触觉传感器;1962 年,托莫维奇和博尼在世界上最早的“灵巧手”上用了压力传感器。1963 年,美国 MIT 的麦卡锡则在机器人中加入了视觉传感系统,并于 1965 年推出了世界上第一个带有视觉传感器和能够识别及定位积木的机器人 Roberts。同年,美国约翰·霍普金斯大学也研制出了机器人 Beast,它能通过声呐系统和光电管等装置校正自己的位置。

1967年,日本成立了人工手研究会(后改名为仿生机构研究会),并召开了首届机器人学术会议。1968年,美国斯坦福研究所研发成功了机器人 Shakey。Shakey 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足有一个房间那么大。Shakey 可以算得上是世界上第一台智能机器人,它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教授研发出了世界上第一台以双脚走路的机器人。由于加藤一郎长期致力于研究二足步行仿人机器人,因此被誉为“仿人机器人之父”。

1970年,美国召开了第一届国际工业机器人学术会议。在这之后,机器人的研究得到了迅速和广泛的普及。1973年,美国在世界上第一次将小型计算机用于控制机器人,从而诞生了美国辛辛那提·米拉克隆公司的机器人 T3。同年,该公司又制造了第一台由小型计算机控制的工业机器人,它由液压驱动,能提升有效负载达 45kg。1978年,Unimation 公司推出了通用型工业机器人 PUMA,这标志着工业机器人技术已经完全成熟。至今,大量的 PUMA 机器人仍然工作在全世界的许多工厂中。

1984年,约瑟夫·英格伯格开发出了服务机器人 Helpmate,它能够在医院里为病人送饭、送药、送信。同年,他还预言,机器人将会擦地板、做饭、洗车、检查安全等。1992年,日本研制出了一台光敏微型机器人,其体积不到 3cm^3 ,质量为 1.5g。从 1997 年开始,本田公司研制出了一系列可以像人类一样走路的步行机器人 P2、P3、ASIMO (Advanced Step in Innovative Mobility)。这些机器人身高大约 1.2~1.8m,它们都有 3D 视觉,头部能自由地转动,双脚能避开障碍物和改变方向,以及在被推撞后可以自我平衡。它们是由 150 位工程师历时 11 年,耗资 8000 万美元才研制成功的,它们是机器人发展史上的一个里程碑。1999 年,索尼公司推出了犬型娱乐机器人爱宝 AIBO,当即销售一空。从此娱乐机器人成为机器人迈进普通家庭的途径之一。

2002 年,美国 iRobot 公司推出了吸尘机器人 Roomba,它能自动地设计行进路线,避开障碍物,还能在电量不足时自动地驶向充电座。Roomba 是目前世界上销量最大的家政机器人。2004 年,美国发射的“勇气”号和“机遇”号火星车先后成功地登陆火星,它们在火星表面行走、拍摄、钻探、化验,出色地完成了自己的使命。2006 年 6 月,微软公司推出 Microsoft Robotics Studio,从而使机器人模块化和平台统一化的趋势越来越明显。随着纳米技术的成熟,分子级的纳米机器人也已经问世了。2011 年 11 月,NASA 的“好奇”号火星车从美国佛罗里达州卡纳维拉尔角发射场成功升空,目前正在火星上顺利地完

各项科学考察工作^[1~20]。

1.2 机器人的发展

经过一百多年的发展,机器人已经在许多的应用领域中取得了巨大的成功,目前几乎所有高精尖的技术领域都少不了它们的身影。在这期间,机器人的成长也经历了四个阶段(或四代)。第一代机器人属于示教再现型,机器人只能根据事先编好的程序工作,它好像只有干活儿的手,不懂得如何处理外界的信息。第二代机器人属于感觉型,机器人具有触觉、视觉、听觉、力觉等功能,这使得它们可以根据外界的不同信息做出相应的反馈。第三代机器人属于智能型,机器人不仅具有多种技能,能够感知外面的世界,而且

它还能够不断地自我学习,用自己的思维来决策该做什么和怎样去做。第四代机器人属于进化或仿生机器人,它们具有高级生命的形态和特征,可以在未知的非结构化环境下灵巧地和高效地完成各种复杂的任务。

20 世纪 60 年代前后,随着电子技术、计算技术及控制技术的迅速发展,出现了普遍意义上的机器人,美国兴起了研究第二代带传感器和有感觉的机器人。1968 年,斯坦福大学研制出了世界上第一台智能机器人。该机器人可以一次性地接受计算机发出的无线遥控指令,自己找到目标物体并对该物体实施相关动作。1969 年,科学家们对该机器人的智能水平进行了测定。他们在房间的中央放置了一个高台,在台上放了一只箱子,同时在房间的一个角落里放了一个斜面体。科学家们命令该机器人爬上高台将箱子推到地下去。起初,这个机器人绕着台子转了 20 多分钟都无法登上去。后来,它发现了角落里的斜面体,于是过去把斜面体推到高台前,沿着这个斜面体爬上了高台,最终将箱子推了下去。这个测试表明,智能机器人已经具备了一定的发现、综合、判断、决策等能力。

20 世纪 70 年代,第二代机器人开始迅速的发展和进入实用及普及阶段,而第三代机器人在今天也已经得到了突飞猛进的发展和应用。第三代机器人已经能够独立地判断和行动,具有记忆、推理和决策的能力,在自身发生故障时还可以自我诊断和修复。目前,第四代机器人已经能够效仿高级生命的感知功能,承袭高级生命的部分经验,与高级生命自然地交流,并扩展高级生命的能力。尽管如此,机器人的发展是没有止境的,人们仍旧希望它们有更高的智能水平。

到了 1980 年,工业机器人真正地在日本普及,日本称该年为“机器人元年”。20 世纪 80 年代,日本建立了首座无人工厂。该工厂有 1010 台带有视觉的机器人,它们与数控机床等配合按照程序完成生产任务。随后工业机器人在日本得到了巨大发展,日本也因此而赢得了“机器人王国”的美称。从 20 世纪 70 年代至 80 年代初期,工业机器人变成产品以后,许多发达国家都广泛地采用装备了工业机器人的自动化生产线,并且已经在全世界形成了一个巨大的产业链,年市场容量约为 1000 亿美元。截至 2008 年底,全世界各地已经部署了 100 多万台各种类型的工业机器人。

除工业机器人之外,全世界许多发达国家一直都在研发具有感知功能和人类智慧的服务机器人(例如,仿人机器人、军用机器人、水下机器人、空间机器人等),并且已经有许多发展战略计划和重大工程项目正在如火如荼地进行中。例如,美国的“国家关键技术”、“商业部新兴技术”、“国防部和能源部关键技术”等计划,欧共体的“尤里卡计划”和“信息技术研究发展战略计划”、日本的“极限作业机器人研究计划”、“微机器研究计划”、“仿人机器人研究计划”等,韩国、新加坡、巴西等许多发展中国家也都提出了和正在实施相应的机器人研发计划和工程项目。

中国从 20 世纪 70 年代后期开始进行机器人研究,当时主要是进行理论探讨,真正地进行机器人研发是在国民经济第七个五年计划之后。1986 年,我国开始实施“863 计划”,先后推出和实施了多个机器人技术研究和开发计划,并且投入了大量的资金重点支持水下机器人、精密加工机器人、专用制造机器人、特种机器人等,从而使我国的机器人研究和开发及应用得到了非常迅速的发展。

目前,我国的机器人主要研究和开发单位有中国科学院沈阳自动化研究所、北京机

械工业自动化研究所、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、北京理工大学和华南理工大学等。我国已经研发出的代表性成果有工业机器人、水下机器人、仿人机器人、空间机器人、飞行机器人、家政机器人等,它们都具有国际先进水平。我国机器人发展水平与发达国家相比,目前还存在着很大的差距,主要表现在机器人拥有量上远远不能满足社会的需求,产业化方面还没有固定和成熟的产品,长期依靠从国外大量的引进。当前我国的机器人生产和应用都是应用户的要求,“一个客户,一次重新设计”,品种规格多、批量小、零部件通用化程度低、供货周期长、成本高,且质量和可靠性不稳定等。

总体上说,目前各个发达国家的机器人发展战略和工程应用的重点是工业机器人、微操作机器人、水下机器人、医疗机器人、家政机器人、仿人机器人、网络机器人、军用机器人、农产品加工机器人等。这些发展战略和工程应用的主要内容集中在以下 10 个方面。

- (1) 机器人本体结构优化。
- (2) 机器人控制技术。
- (3) 多传感信息融合系统。
- (4) 灵巧手结构设计。
- (5) 机器人遥控技术。
- (6) 虚拟机器人技术。
- (7) 多智能体控制技术。
- (8) 微型和小型机器人。
- (9) 软机器人技术。
- (10) 仿人和仿生技术。

目前,世界各国的机器人研发中还存在着许多的关键技术问题,它们主要表现在如下方面。

- (1) 新式判定机构建模和算法及软件开发。
- (2) 视觉和触觉等传感器研制。
- (3) 采用精密机械元件研制机械手和脚。
- (4) 3D 信息处理和图像识别方法。
- (5) 机器人动作系统研制。

随着这些关键技术问题的解决、发展战略的实施和应用工程的完成,机器人将会在制造、化工、能源、交通、海洋、航天、生物、家政、医疗、教育、农业、军事、娱乐等各个领域里得到极为广泛的推广和应用。

1.3 机器人的定义

自机器人诞生之日起,人们就在不断地尝试着说明和定义什么是机器人。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,机器人的定义也在不断地充实和创新。1967 年,在日本召开的第一届机器人学术会议上,学者们提出了两个有代表性的机器人定义。一个是森政弘等提出的定义:“机器人是一种具有移动性、个体性、智能性、通用性、半机械、半人性、自动性、奴隶性等特征的柔性机器”。从这