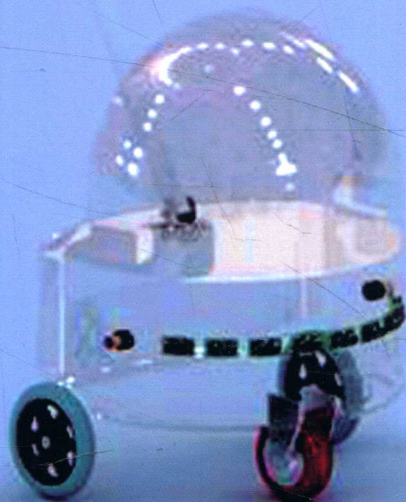


导盲机器人 定位与路径规划技术

陈超 著

DAOMANG JIQIREN DINGWEI
YU LUJING GUIHUA JISHU



国防工业出版社

National Defense Industry Press

导盲机器人定位与 路径规划技术

陈 超 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书针对导盲机器人及导盲系统的研究与开发,重点在于导盲机器人室内外定位和自动驾驶技术的研究,凝结了作者近十年的研究成果和研究心血。在服务机器人领域内,首次将导盲机器人的应用和研究的研究成果集注成书,希望本书能成为研究导盲机器人相关技术的一块引玉的砖,使更多人和更多机构能够参与到对导盲机器人的研究和应用上来,更好地造福于广大盲人和视力障碍者群体。

全书共分为9章,分别是概述、导盲机器人系统结构、导盲机器人室内定位技术、导盲机器人室内路径规划和导航方法、导盲机器人室外定位技术、导盲机器人室外路径规划及导航方法、导盲机器人人机交互技术研究、多导盲机器人信息交互系统设计和导盲机器人的应用等。

本书可以作为高等学校机械类专业及相近专业本科生和研究生的参考书,也可以作为相关专业高等学校教师、研究生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

导盲机器人定位与路径规划技术/陈超著. —北京:
国防工业出版社,2015. 12
ISBN 978-7-118-10684-8

I. ①导… II. ①陈… III. ①视觉障碍-服务用机器人-研究 IV. ①TP242.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 280100 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市众誉天成印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 13 字数 245 千字

2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 59.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777
发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776
发行业务:(010)88540717

前言

服务机器人是机器人家族中的一个年轻成员,可以分为专业领域服务机器人和个人/家庭服务机器人,服务机器人的应用范围很广,主要从事维护保养、修理、运输、清洗、保安、救援、监护等工作。数据显示,目前,世界上至少有 48 个国家和地区在发展机器人,其中 25 个国家已涉足服务型机器人开发。在日本、北美和欧洲,迄今已有 7 种类型 40 余款服务型机器人进入实验和半商业化应用。

近年来,全球服务机器人市场保持较快的增长速度,根据国际机器人联盟的数据,2010 年全球专业领域服务机器人销量达 13741 台,同比增长 4%,销售额为 320 亿美元,同比增长 15%;个人/家庭服务机器人销量为 220 万台,同比增长 35%,销售额为 5.38 亿美元,同比增长 39%。另外一个方面,全球人口的老龄化带来大量的问题,例如对于老龄人的看护以及医疗问题,这些问题的解决带来大量的财政负担。由于服务机器人所具有的特点使之能够显著地降低财政负担。因而服务机器人能够被大量地应用。

我国在服务机器人领域的研发与日本、美国等国家相比起步较晚。在国家 863 计划的支持下,我国在服务机器人研究和产品研发方面已开展了大量工作,并取得了一定的成绩,如哈尔滨工业大学研制的导游机器人、迎宾机器人、清扫机器人等;华南理工大学研制的机器人护理床;中国科学院自动化研究所研制的智能轮椅等。

导盲机器人作为服务机器人中的一个重要成员,近几年有关它的研究也逐渐成为一个研究热点。导盲机器人特定的服务群体——盲人或视力障碍者的数量庞大,据世界卫生组织统计全世界有盲人 4000 万到 4500 万,低视力是盲人的 3 倍,约 1.4 亿人,其中 75% 即 1 亿多患者可以通过手术及屈光矫正得以恢复或提高视力,尚有 25% 的低视力患者需要低视力保健,如需配戴助视器及视觉康复仪等。我国曾在 20 世纪 80 年代进行过视力残疾状况调查。结果显示,有视力残疾患者近 1300 万,其中盲人约 550 万,低视力约 750 万。1984 年,在沙特阿拉伯首都利雅得召开的世界盲人联盟成立大会上,确定每年的 10 月 15 日为“国际盲人节(White-Cane Safety Day)”(又名白手杖节),这使盲人在国际上第一次有了统一的组织和自己的节日。面对如此庞大的服务群体,导盲设备和导盲机

机器人产品尚没有真正走入市场,形成真正的可靠服务产品。

本书作者结合多年针对导盲机器人的研究成果,将开发导盲机器人的经验和研究经历整理成书,主要针对导盲机器人室内定位、室内路径规划和自动导航、室外定位以及室外路径规划和自动导航等方面进行了深入的分析和探讨,同时也对多导盲机器人系统以及导盲服务监控系统方面内容进行了粗浅的探讨和分析,为下一步导盲机器人走入市场并能够服务广大盲人和视力障碍者提供一些研究基础。本书可以作为机器人爱好者的学习用书,也可以作为相关专业工程技术人员的参考书。全书共分为9章,第1章主要介绍了导盲机器人的概念、意义、分类以及发展概况。第2章主要以作者近几年研究的导盲机器人来介绍导盲机器人的系统结构,主要包括导盲机器人车体结构设计、驱动方案选择、多传感器布置、手柄设计以及RFID标签选择和布置等内容。第3章介绍了导盲机器人室内定位方法。第4章介绍了导盲机器人室内路径规划方法和自动导航算法,从仿真和实验几个方面进行了验证和实践检验。第5章介绍了导盲机器人室外定位方法。第6章介绍了导盲机器人室外路径规划和自动导航算法。第7章介绍了导盲机器人人机交互技术方面的研究内容和研究概况。第8章介绍了多导盲机器人系统应用概况,从多机器人系统角度介绍了多导盲机器人数据交互和信息交互的研究概况。第9章介绍了导盲机器人的应用概况,并且对将来的应用提出作者的看法和展望。

在本书撰写期间,感谢江苏科技大学机械工程学院院长唐文献教授、副院长张冰蔚教授、副院长周宏根副教授以及机械工程学院书记窦培林教授对作者的关心以及在撰写过程中提出了许多宝贵的意见,另外江苏科技大学海洋装备研究院院长蒋志勇教授和副院长卢道华教授也对作者在本书撰写过程中提供了很大的帮助和鼓励。感谢江苏盛德电子仪表有限公司吴建民董事长和杨杰总经理对导盲机器人项目的支持和本书的帮助。本书的出版,得到了江苏科技大学机械工程学院提供的资金资助,以及学院各行政机关和同事们的的大力支持,对此表示衷心感谢。本书的撰写过程中,感谢我的研究生靳祖光、唐坚、杨洋、张探、王若怡和刘志对本书材料的整理以及录入工作。最后,感谢所有关心、支持和帮助过我的同事们和朋友们。

限于作者水平,书中如有不当之处,恳请读者们批评指正。

作 者

2015年7月

目录

第1章 概述	1
1.1 概述	1
1.2 服务机器人的分类及特点	2
1.3 导盲机器人的概念及研究历史	3
1.4 导盲机器人的分类	6
1.5 导盲机器人的发展趋势	9
第2章 导盲机器人系统结构	11
2.1 导盲机器人功能原理	11
2.2 总体功能方案	13
2.2.1 系统硬件总体控制方案	15
2.2.2 PLC 主机与各单片机从机的通信	16
2.2.3 控制系统的执行优先级决策	16
2.3 机器人结构设计方案	18
2.3.1 车体结构总体方案	18
2.3.2 车体运动机构设计	18
2.3.3 电机和驱动模块方案	20
2.4 机器人多传感器及手柄设计方案	22
2.4.1 多路超声波测距和防串扰方案	22
2.4.2 红外线过道检测方案	25
2.4.3 语音识别和输出方案	25
2.4.4 机器人手柄导向控制方案	30
2.5 RFID 读写器方案	33
2.5.1 RFID 读写器与电子标签的选择	33
2.5.2 RFID 读写器与电子标签间的无线通信	35
2.5.3 RFID 读写器与电子标签的结构布置和功能设计	37

第3章 导盲机器人室内定位技术	39
3.1 导盲机器人室内定位技术概述	39
3.2 导盲机器人室内射频定位技术内容	40
3.3 超高频 RFID 室内定位的基本方法	44
3.3.1 到达角度法(Angle of Arrival, AOA)	44
3.3.2 到达时间法(Time of Arrival, TOA)	44
3.3.3 到达时间差法(Time Difference of Arrival, TDOA)	44
3.3.4 接收信号强度法(Received Signal Strength Indication, RSSI)	45
3.4 多标签同时识别与系统防碰撞方案	46
3.4.1 多标签 RFID 系统通信方式	46
3.4.2 多标签识别与防冲突方法概述	47
3.4.3 基于 ALOHA 算法的导盲机器人 RFID 通信环境防碰撞方案	48
3.5 基于 RSSI 的超高频室内全局定位方案	53
3.5.1 RSSI 测距基本原理	53
3.5.2 RSSI 测距干扰因素及实验分析	54
3.5.3 LANDMARC 最邻近距离定位算法在导盲机器人的应用方案	56
3.5.4 动态 k 值确定及优化设计	58
3.5.5 待定标签历史轨迹校准	59
3.5.6 参考标签可信度检测	59
3.5.7 导盲机器人超高频室内全局定位算法综合流程	60
3.6 低频信标局部辅助定位方案	62
3.6.1 低频信标组的布局	62
3.6.2 局部定位对权值及 k 值的影响	64
第4章 导盲机器人室内路径规划和导航方法	65
4.1 未知环境下的导盲机器人导航方法简介	65
4.2 导盲机器人导航模型	66
4.2.1 导盲机器人避障传感器区域划分模型	67
4.2.2 导盲机器人车体运动模型	68

4.3 基于多路超声波探测的环境地图构建方案	69
4.3.1 局部和全局坐标系的建立及转换	69
4.3.2 地图标定及点集划分和处理	71
4.4 导盲机器人在未知环境中的改进的 BUG 类导航方案	73
4.4.1 未知障碍物环境下的航向特征提取及判定	74
4.4.2 机器人行走步长的确定	77
4.4.3 导盲机器人避障模式下的基本行进方式的实现	78
4.4.4 基于分段目标改进的 BUG 类整体路径规划方案	85
4.5 导航总体算法流程图	90
4.6 盲机器人实验样机及上位机软件简介	92
4.6.1 导盲机器人实验样机	92
4.6.2 实时监控采集及仿真软件	93
4.7 基于改进 LANDMARC 的导盲机器人 RFID 定位实验	95
4.8 导盲机器人避障绕行实验	97
4.9 导盲机器人非特定人声语音指令识别实验	100
4.10 导盲机器人室内导航实验	101
第 5 章 导盲机器人室外定位技术	105
5.1 导盲机器人室外定位技术概述	105
5.1.1 室外定位技术	105
5.1.2 通信技术	106
5.1.3 室外导航技术	107
5.2 机器人总体功能方案	109
5.3 机器人总体控制方案	110
5.4 机器人各功能单元设计方案	112
5.4.1 运动执行单元	112
5.4.2 定位通信单元	112
5.4.3 人机语音交互单元	114
5.4.4 视觉反馈与物体识别单元	118
5.5 室外 GPS 定位	122
5.5.1 GPS 组成与原理	122
5.5.2 NMEA 通信协议	124
5.5.3 GPS 导航数据获取	126

5.5.4	Google Map 地图定位	127
5.5.5	RFID 标签对定位精度的辅助修正	130
5.6	机器人对定位信息的反馈方案	132
5.7	GPRS 远程通信	134
5.7.1	GPRS 通信原理及技术	134
5.7.2	基于短信息形式的数据传输	134
5.7.3	基于 GPRS 网络的数据传输	136
5.7.4	基于 Winsock 的远程监控端的数据传输	137
第 6 章	导盲机器人室外路径规划及导航方法	140
6.1	普通行走道路的识别	140
6.1.1	道路图像预处理	140
6.1.2	图像滤波处理	141
6.1.3	图像的阈值分割	142
6.1.4	图像的形态学修正处理	142
6.1.5	道路边缘检测	143
6.1.6	道路直线特征检测	144
6.1.7	道路图像识别检测结果	145
6.1.8	导航参数提取	146
6.2	盲道及斑马线的识别	146
6.2.1	盲道的识别	146
6.2.2	斑马线的识别	147
6.3	Dijkstra 算法最优路径选择	148
6.4	导盲机器人实验样机及上位机控制软件简介	150
6.4.1	导盲机器人实验样机	150
6.4.2	上位机控制及数据交互软件	151
6.5	导盲机器人远程监控软件	151
6.6	导盲机器人运行试验	152
6.6.1	GPS 卫星数据接收试验	152
6.6.2	短消息接收试验	153
6.6.3	GPRS 网络数据发送接收试验	153
6.6.4	RFID 阅读器读取标签数据试验	154
6.6.5	机器人行走路径监控试验	156
6.6.6	机器人路径规划及搜索试验	157

第 7 章 导盲机器人人机交互技术研究	161
7.1 导盲机器人的人机交互问题	161
7.1.1 人机交互的概念	162
7.1.2 人机交互的理论和方法基础	162
7.1.3 导盲机器人人机交互的研究内容	169
7.2 导盲设备用于人机交互的主要应用	170
7.3 导盲机器人人机交互的主要方式	174
7.3.1 盲文键盘和盲文按钮	175
7.3.2 射频识别物体	175
7.3.3 语音交互	177
第 8 章 多导盲机器人信息交互系统设计	179
8.1 多机器人系统概述	179
8.1.1 多机器人系统的优点	179
8.1.2 多机器人系统的应用领域	180
8.1.3 多机器人系统的性能衡量指标	181
8.2 基于 ROS 的多导盲机器人实现方案	183
8.2.1 多导盲机器人体系结构概述	183
8.2.2 多导盲机器人系统实验平台	185
8.2.3 多导盲机器人系统软件平台	186
8.3 多导盲机器人系统研究的意义	187
第 9 章 导盲机器人的应用	189
9.1 概述	189
9.2 导盲机器人的单一服务	189
9.3 公共场所的导盲机器人服务	190
9.4 城市和社区为单位的多导盲机器人系统服务	192
参考文献	195

第1章

概 述

1.1 概述

盲和视力障碍是一种对人类生活质量影响非常严重的疾病,是世界上最普遍的社会和公共卫生问题之一。全球视力障碍患者约有 1.4 亿人,其中 4500 万人为盲人,世界上平均每 5s 便会诞生一个盲人。盲人每年给全球带来的经济负担约为 250 亿美元。据国家权威部门统计,中国现有盲人约 600~700 万人,占世界盲人总数的 18%,是世界上盲人最多的国家之一。随着人口总数和老龄化人口数量的增加,新发盲人的数量也将不断增长。据世界卫生组织研究:如果保持目前的趋势不变,预计到 2020 年,中国的盲人数量将至少增加一倍。预计到 2020 年世界盲人的总数量也将增至 1 亿人。

据教育学家分析,人类获取经验的 40% 来自于视觉,失去了视觉信息的获取能力将对患者的日常生活造成十分不便的影响。对绝大多数盲和视力障碍患者而言,其日常生活质量的最大障碍就在于不能完全的自主行动。正因如此,日常生活中盲人在建筑物中的移动和自理等方面受到诸多限制。随着越来越多盲人的出现,辅助盲人工作也受到越来越高的重视。在我国,残疾人社会保障和服务事业也正得到近一步加强和建设。所以寻求一种合适的导盲辅助措施也变得尤为重要。

至今为止,除在视力健全者的帮助下,一般能够帮助盲人实现自主行动的辅助工具包括两类:一种为生物类导盲辅助工具;另一种为机电设备类导盲辅助工具。生物类导盲是人们所熟知的较为传统的导盲方式,通常使用犬类动物作为其导向主体,即通常所说的导盲犬。就导盲犬而言,一般普遍存在训练周期长、购买维护成本高、生物不可抗因素复杂多变等诸多不确定性和不安全性影响,且其昂贵的价格也不适合一般盲人家庭。所以,研发出稳定经济的机电导盲设备成为辅助视力障碍这一庞大群体日常生活的又一选择。

近年来,世界上许多企业和研究机构都在研发导盲用机电设备,其中以智能化程度最高的导盲机器人最为突出。导盲机器人在众多的导盲设备中有着无法比拟的优势和发展前景,必将成为未来盲人工作和生活中不可或缺的工具和助手。

1.2 服务机器人的分类及特点

经过多年的调查和研究,国际机器人联合会给出了服务机器人一个初步的定义:服务机器人是一种半自主或全自主工作的机器人,它能完成有益于人类健康的服务工作,但不包括从事生产的设备,服务机器人的定位就是服务。我国在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》中对智能服务机器人给予了明确定义:智能服务机器人就是在非结构环境下为人类提供必要服务的多种高技术集成的智能化设备。

服务机器人从机器人的功能特点上讲,它与工业机器人的一个本质区别在于,工业机器人的工作环境都是已知的,而服务机器人所面临的工作环境绝大多数都是未知的。服务机器人包含两类:一类是专用服务机器人,如医疗机器人、极地科考机器人、反恐防暴机器人、军用机器人和救援机器人等;另一类是家用服务机器人,如助老助残机器人、康复机器人、护理机器人、家用卫生清洁机器人和教育娱乐机器人等。本书中涉及的导盲机器人属于家用服务机器人中的助老助残机器人一类。

针对服务机器人的研究和开发近几年来越来越受到了国家的重视,我国也在近几年出台了一系列政策来鼓励和扶持服务机器人行业的发展。2010年10月10日,国务院发布了《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》,该《决定》的出台对加快我国智能型装备产业的发展以及推动整个制造业的转型升级带来了前所未有的机遇。2011年国家发布的《产业结构调整指导目录(2011年)》中,智能机器人及机器人成套系统属于鼓励类设备。2011年6月,国家发改委印发了《当前优先发展的高技术产业化重点领域指南》中也重点提到了智能机器人和智能机器人系统行业。“十一五”期间,国家863计划、973计划、科技支撑计划部署了一批服务机器人项目,促进了我国服务机器人在公共安全、助老助残、医疗康复等领域的发展。例如,反恐排爆机器人已应用于2008年北京奥运会和2010年广州亚运会,消防灭火机器人和排烟机器人已在全国消防部队部署近60台,医疗外科手术机器人已在临床应用近千例。2012年4月,科技部发布的关于机器人领域的《服务机器人科技发展“十二五”专项规划》显示,“十

二五”期间,我国将攻克一批智能化高端装备,发展和培育一批高技术产值超过100亿元的核心企业。同时,将重点培育发展服务机器人新兴产业,重点发展公共安全机器人、医疗康复机器人、仿生机器人平台和模块化核心部件4大任务。

1.3 导盲机器人的概念及研究历史

导盲机器人是为视觉障碍者行动提供导航帮助的一种服务机器人,它利用多种传感器对周围环境进行探测,将探测的信息进行处理然后做出相应的反馈,提供给驱动装置和视障者,以帮助使用者有效地避开障碍。简而言之导盲机器人就是一种为视力障碍者在工作和生活中提供导盲任务的一个智能化设备,它实际上就是盲人的眼睛,能够代替盲人去感知环境信息并反馈给盲人,帮助其克服视力不便所带来的工作和生活中的不便。

在国外,许多学者和研发人员都从事于导盲设备开发方面的研究。在导盲机器人的发展历程中,人们首先是以室内环境为背景,开始了移动机器人的探索性研究。此时并没有针对具体的任务或应用背景,而是面向室内结构化环境的基本技术的初步研究,包括机器人结构设计、控制技术、传感器技术、信息融合、路径规划和不确定性处理等。一些国外大学和研究机构的早期研究得到很多重要的结论。此外,对多传感器信息融合在机器人上的运用,积累了大量宝贵经验。进入20世纪80年代后,人们根据前一阶段的研究技术基础,开始了对室内自主式移动机器人的研究,一直持续到今天。按照导盲设备研究的先后顺序,导盲机器人的发展可以分为以下几个阶段。

1. 便携式导盲设备

手杖是最简单的导盲辅助设备,盲人们运用手杖探知障碍物、坑洼等路面情况,从而避开障碍物。但是,普通手杖一般只能探测前方1m,左右距离大约45°的范围,而且很难探测膝盖以上的障碍物,因此,利用普通手杖进行导盲,存在着很大的安全隐患。

新加坡国立大学的研究者们在导盲手杖中融入了诸多科技元素,盲人们依靠导盲手杖的定位系统及感应器等内置设备掌握行进方向。该设计主要由导盲杖和蓝牙耳机两部分组成,耳机能够将信息实时传达给使用者,帮助盲人随时调整前进方向;导盲杖不仅可以探测路面障碍,同时与定位系统相连接,通过自动调整滚轮方向将使用者带向正确的方向,如图1-1所示。

2. 穿戴式导盲设备

美国Grathio实验室Steve Hoefer带领的团队成功设计开发出“腕置手控声

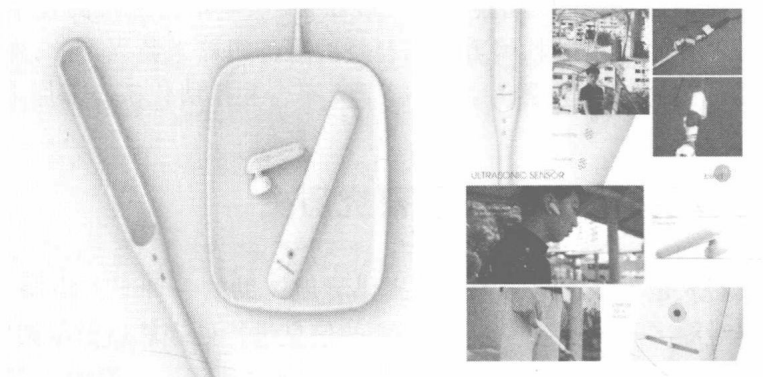


图 1-1 智能导盲杖

纳反馈障碍辅助仪”,如图 1-2 所示。该设备佩戴在手腕上,可感知尺寸大小为 1 英寸(2cm)到 10 英尺(3.5m)的物体,适用于复杂环境中的导航。装备在手背的压力反馈装置将使用声波的方式反馈提示,不会对其他的辅助装置产生干扰。“腕置手控声纳反馈障碍辅助仪”还存在一些问题,如尺寸过大、集成化程度不高,还需要进一步改进。

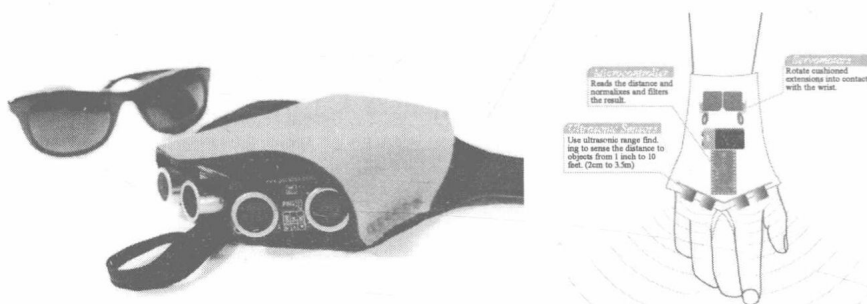


图 1-2 腕置手控声纳反馈障碍辅助仪

德国康斯坦茨大学的几名研究生将微软的体感摄像机 Kinect 安置在头盔上,将红外摄像头接收到的可视数据转换为音频指导通过无线耳机告知使用者。同时,他们还在现有的摄像头基础上加入了一个标准摄像头,使 Kinect 拥有立体视觉,用以建立一套增强现实(Augmented Reality, AR)系统。此 AR 系统能够解读不同类型的 AR 条码标签,从而让系统同外部环境进行协助,告知使用者更多的路况障碍信息。研发者将该设备命名为 NAVI(Navigational Aids for the Visually Impaired),视觉障碍导航辅助,如图 1-3 所示。

3. 移动机器人式导盲设备

移动机器人式导盲设备具有较为丰富的传感系统、高度智能化的避障系统

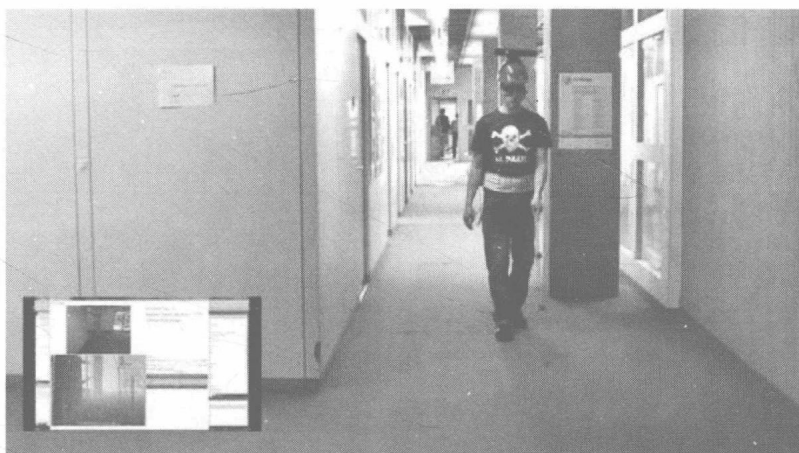


图 1-3 视觉障碍辅助

和强大的中央处理器。它的智能化程度较高,适合于较为复杂的环境,且人机交互性较好,可用于导盲。如今,在美国、日本等发达国家,移动机器人式导盲设备已经成为导盲的主流方向,如 VA-PAMAID 和 ROTA 等。

由日本电气通信大学和精工株式会社联合研制的新型机器狗能够准确定位障碍物信息,并通过机器狗上设置的传感器可以实现盲人与机器狗之间的信息交互,从而有效地引导盲人前行,如图 1-4 所示。

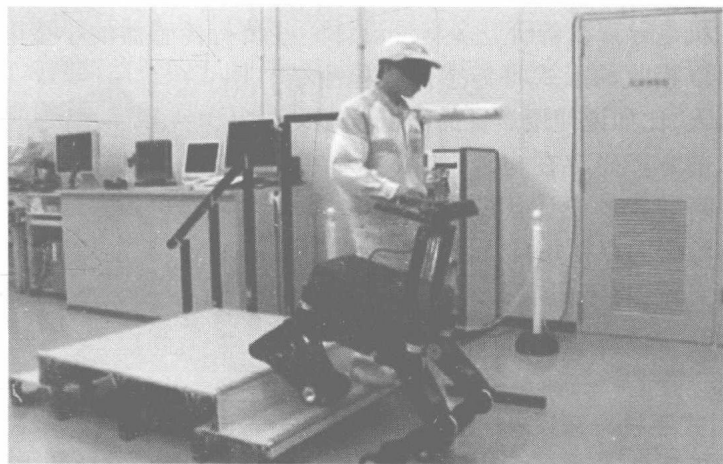
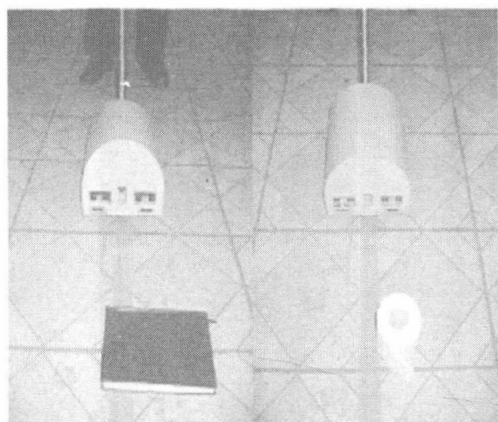
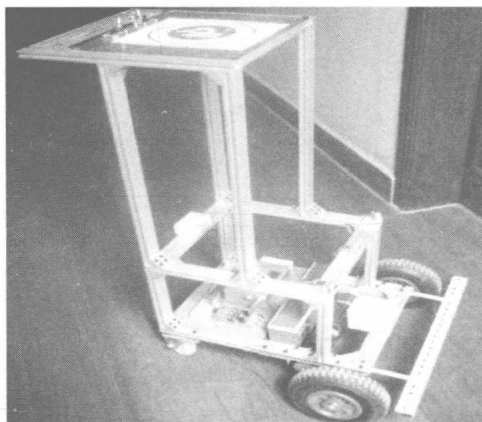


图 1-4 机器狗

在国内,研究人员也设计很多导盲辅具,比如北京理工大学研制的“导盲杖”,哈尔滨工程大学研制的室内导盲机器人以及河南理工大学设计的 GPS 导盲车,如图 1-5 所示。



(a) 室内导盲机器人



(b) GPS导盲车

图 1-5 国内研究的导盲辅助装置

1.4 导盲机器人的分类

至今为止,世界上特别是发达国家中有很多研究机构和企业都已经展开了机电类导盲设备的研究和开发。机电导盲设备大致分成以下4类。

1. 小型电子导盲装置

早期的机电导盲设备研究多半是设计一些装有传感器的小型电子装置,并且以盲人可以接收的形式将传感器的检测结果传达给盲人,比如说使用声音的高低频振动来提示盲人前方障碍存在与否,如图1-6所示。这类导盲装置的设计目的是让盲人在环境中感知到障碍的存在并自行作出反应,其环境感知范围有限,且不具有行动辅助功能,所以并不适合在整体室内环境中作全面性导盲使用。



图 1-6 小型电子导盲装置

2. 导引式手杖导盲设备

导引式手杖是一种经过内部改造的电子类导盲手杖,手杖的末端通常装载有相关的传感器和微控制器,如 White - Cane、Laser - Cane 等。导盲手杖的特点是体积较小、重量较轻,但由于其舍弃了动力装置及其相关配置,所以导盲手杖只对盲人起到支撑和障碍物提示的作用,并不能通过施加牵引力来使盲人及时避开障碍,由于这种架构有限的安全性和较低的扩展性,其发展方向有待考证,

如图 1-7 所示。



图 1-7 导引式导盲手杖

3. 穿戴式导盲设备

穿戴式导盲设备是以用户腰部或背部为承载体,集成了传感器和微控制器为一体的电子导盲设备,如 ETA、NavBelt 等。穿戴式导盲设备的障碍物探测范围相比导引式手杖而言有所提升,更多用户行走路径上的障碍物将被感测到并上传通知。但该装置同样不具备牵引能力并移除了支撑作用,使盲人将更多地凭借自身经验来判断前行的方向,在导向的准确性和安全程度上并没有体现出完善的保障,如图 1-8 所示。



图 1-8 穿戴式导盲装置

4. 自主移动机器人式导盲设备

自主移动机器人现已广泛应用于工业自动化中,作为物件搬运工具所使用,