

上海大学出版社

2005年上海大学博士学位论文 101



服务机器人多通道 人机交互感知反馈 工作机制及关键技术

- 作者：赵其杰
- 专业：机械制造及其自动化
- 导师：屠大维



G641/182

上海大学出版社

001280779

2005年上海大学博士学位论文 101



服务机器人多通道 人机交互感知反馈 工作机制及关键技术

- 作者：赵其杰
- 专业：机械制造及其自动化
- 导师：屠大维



贵阳学院图书馆



GYXY1280779

图书在版编目(CIP)数据

2005年上海大学博士学位论文.第2辑/博士学位论文编辑部编. —上海:上海大学出版社,2009.6

ISBN 978-7-81118-367-2

I. 2… II. 博… III. 博士—学位论文—汇编—上海市—2005 IV. G643.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第180878号



2005年上海大学博士学位论文

——第2辑

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路99号 邮政编码200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线66135110)

出版人:姚铁军

*

南京展望文化发展有限公司排版

上海华业装潢印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本890×1240 1/32 印张274.25 字数7641千

2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷

印数:1~400

ISBN 978-7-81118-367-2/G·490 定价:980.00元(49册)

Shanghai University Doctoral Dissertation (2005)

Information perception and feedback
mechanism and key techniques of
multi-modality human-robot
interaction for service robots

Candidate: Zhao Qi-Jie

Major: Mechanical Manufacturing and automation

Supervisor: Tu Da-Wei

Shanghai University Press

• Shanghai •

上海大学

本论文经答辩委员会全体委员审查,确认符合上海大学博士学位论文质量要求.

答辩委员会名单:

- | | | |
|---------|---------------|--------|
| 主任: 吕恬生 | 教授,上海交大机械工程学院 | 200030 |
| 委员: 曹珍富 | 教授,上海交大计算机工程系 | 200030 |
| 许隍云 | 教授,上海理工大学光电学院 | 200093 |
| 刘 谨 | 教授,上海大学机自学院 | 200072 |
| 林财兴 | 教授,上海大学机自学院 | 200072 |
| 导师: 屠大维 | 教授,上海大学 | 200072 |

学大济上

评阅人名单:

- | | | |
|-----|---------------|--------|
| 吕恬生 | 教授,上海交大工程训练中心 | 200030 |
| 邹俊忠 | 教授,华东理工大学自动化系 | 200237 |
| 裴仁清 | 教授,上海大学机械自动化系 | 200072 |

评议人名单:

- | | | |
|-----|---------------|--------|
| 金 焯 | 教授,上海交大机械工程学院 | 200030 |
| 钱晋武 | 教授,上海大学精密机械系 | 200072 |
| 曹珍富 | 教授,上海交大计算机系 | 200030 |
| 徐宝富 | 教授,同济大学机械工程系 | 200080 |

答辩委员会对论文的评语

赵其杰同学的博士论文“服务机器人多通道人机交互感知反馈工作机制及关键技术”，以人机共存、人机和谐为目标，研究服务机器人与服务对象之间的关系问题。选题得到国家自然科学基金和上海市科委项目的支持，有重要意义和潜在应用价值。论文的创新工作主要体现在以下几个具体方面：

(1) 以“视觉—眼动”、“语音—听觉”、机械接触式通道等简单自然的人机交互效应通道为基础，提出了几种效应通道主—辅协作的工作模式，降低了单个通道的工作负担和技术难度。

(2) 采用一种能自动适应环境光照变化的图像二值化阈值模型，以及摄像机镜头自动变焦和跟踪控制方法，提高了“视觉—眼动”交互通道对环境光照和用户头部位置变化的适应性。

(3) 建立了一种基于 Agent 的人机交互体系框架，并在该体系的基础上提出一种人机交互协议和交互任务的管理方法，可以有效减少随机性因素的干扰。

(4) 对以“人—界面—机器(人)”为基础的用户临场感进行了初步研究。提出一种视觉/语音/力觉相结合的多模式信息感知与反馈体系，提高了用户对机器的控制和对环境信息的感知能力。

论文反映出作者已较全面地掌握了与本课题相关的国内外发展动态，具有扎实的基础理论及系统深入的专门知识，显示了较强的科研能力。论文条理清晰，层次分明，论据充分，数据可靠。在答辩过程中，回答问题思路清晰，回答正确。

答辩委员会表决结果

经答辩委员会表决,全票同意通过赵其杰同学的博士学位论文答辩,建议授予工学博士学位。

答辩委员会主席:吕恬生

2005年9月9日

摘 要

随着老龄化人口数量的增加和护理成本的提高,用于照顾老年人、残疾人的护理服务机器人和康复机器人已经受到许多研究人员的重视.为了实现服务机器人与用户自然和谐的交流,在服务机器人的诸多关键技术中,信息感知反馈和与人的交互能力就尤为重要.当前的服务机器人信息感知和人机交互能力还比较初步,有待于进一步的提高和完善.

针对老年人、残疾人等用户与服务机器人交互的特点,作者系统地研究了人机间信息感知和反馈机制,以及多通道人机交互方法,实现了一种具有多种信息感知与反馈功能的多通道自然人机交互系统.

作者首先研究了“视觉—眼动”、“语音—听觉”、机械接触式通道等自然的人机交互效应通道,提出了几种效应通道主—辅协作的工作模式.通过几种效应通道的协作,减少了单个通道的工作负担,提高了交互的可靠性和工作效率.为了提高“视觉—眼动”交互通道对环境光照和用户头部位置变化的适应性,建立了一种适应环境光照变化的图像采集系统和图像二值化的阈值模型,并提出一种对用户头部位置变化影响的补偿策略和控制方法,改善了系统对用户头部位置变化的适应性.提出了一种基于 Agent 的自然和谐人机交互体系框架,建立了人机交互的用户模型与人机交互协议,根据人机交互协议的格式提出一种任务生命周期管理的任务进行管理方法,并用基于框

架(Frame)的信息融合方法对不同交互通道表达的交互信息进行了语义层的交互语义融合.对以“人—界面—机器(人)”为基础的用户临场感进行了研究,提出一种多模式信息感知与反馈的体系和对多种通道反馈的交互语义信息进行融合的方法,增强了用户对系统反馈信息的感知和人机交互的自然和谐性.

在建立的服务机器人与用户构成的“人—界面—机器(人)”实验系统中,用认知心理学的试验方法对人机交互界面进行实验研究,确定了适合不同用户(老年人、残疾人等)个性特点的人机交互界面;用人机工效试验方法对几种人机交互效应通道工效参数,以及工作模式作了实验研究,确定了几种效应通道工效参数的范围,验证了多种自然效应通道协作交互方法的有效性.

关键词 服务机器人,多通道,人机交互,用户模型,交互协议,信息感知与反馈

Abstract

With the increase of the elderly population and the growing health care cost, the role of service robot in aiding the disabled and elderly is becoming important, and many researchers in the world have paid much attention to the healthcare robot and rehabilitation robot. To get natural and harmonious communication between user and service robot, the information perception and feedback ability, and interaction ability for service robots become more important in many key issues, but currently these capabilities of service robots are in preliminary level, therefore, there is much work to be done to improve the performance of service robots.

Considering the characteristics of service robots to interact with the elderly and disabled, author systematically researched the information perception and feedback mechanism, and multi-modality human-robot interaction approaches, and then set up a multi-modality and human-robot natural interaction system which has multiple information perception and feedback functions.

In the dissertation, firstly had a research on some natural response modalities, such as eye-gaze input, speech recognition and syntheses, and mechanical touch modality, and presented the main-sub modality collaborative work mode for these

response modalities, by this collaborative method, the work load of single modality has been decreased, and the work efficiency and interaction robust for these modalities have been improved. In order to improve the adaptation of eye-gaze input modality to environment illumination, a set of image capturing equipment and image binary threshold model have been put forward, and some strategies and control methods have been presented to decrease the influences on the system caused by users head movement, by these means, the adaptation of the system to environment illumination and users head movement have been improved.

To get natural and harmonious interaction, a kind of human-robot interaction architecture based on agent has been proposed, and the user model and interaction protocol in this architecture have been presented. According to the format of the interaction protocol, a set of task process management method has been put up in the light of task lifecycle, and then at the semantic decision-level, the frame-based information fusion approaches has been applied to integrate the interactive semantics from different interaction modalities. Some work on user telepresence in the “Human-Interface-Machine (Robot)” architecture, has been carried out, and a kind of information perception and feedback method by multiple modes has been presented, all these have increased the naturalness for user to get feedback information and interact with service robots.

Finally, in the “Human-Interface-Machine (Robot)”

system formed by service robot and user, some experiments about interface have been done with the cognitive psychology test method, by this way, a kind of adaptive interface catering to the elderly and disabled users personal characteristics can be gotten, and some other experiments have been carried out with ergonomics test method to get the working parameters range of some response modalities, moreover, this method has been used to verify the effectiveness of the Multi-Modality collaborative interaction approaches.

Key words service robot, multi-modality, human-robot interaction, user model, interaction protocol, information perception and feedback

目 录

第一章 绪论	1
1.1 服务机器人的研究现状	1
1.2 服务机器人的主要特征及关键技术	4
1.3 人与机器人的交流交互	6
1.4 本文的研究目的及内容	16
1.5 论文的组织结构	19
第二章 若干简单自然人机交互效应通道的研究实现	20
2.1 引言	20
2.2 视觉通道双向交互的研究实现	20
2.3 语音通道双向交互的研究实现	36
2.4 机械接触式通道双向交互的研究实现	46
2.5 几种效应通道协同工作模式探讨	50
2.6 本章小结	52
第三章 提高眼睛盯视输入人机交互的适应性研究	53
3.1 引言	53
3.2 系统对环境光照的适应性研究	53
3.3 系统对用户头部位置变化的适应性研究	66
3.4 本章小结	79
第四章 自然和谐的人机交互	80
4.1 引言	80
4.2 基于 Agent 的人机交互框架	80

4.3	人机交互系统中的用户模型	83
4.4	人机交互协议与交互任务进程管理	91
4.5	多种通道表达的语义信息的整合	96
4.6	本章小结	103
第五章 以“人一界面一机器(人)”为基础的用户临场感研究		
研究		
5.1	引言	104
5.2	人机信息感知与反馈	104
5.3	视觉—语音—力觉信息反馈	109
5.4	反馈信息的语义融合与用户感知	128
5.5	本章小结	133
第六章 自然和谐的“人一界面一机器(人)”交互实验系统的试验研究		
试验研究		
6.1	人机系统结构组成及工作原理	134
6.2	人机界面认知心理实验	142
6.3	人机工效实验	151
6.4	本章小结	159
第七章 工作总结与展望		
工作总结		
7.1	工作总结	160
7.2	进一步研究工作的讨论	162
参考文献		
致谢		

第一章 绪 论

1.1 服务机器人的研究现状

20 世纪 60 年代以来,机器人技术在工业机器人领域取得了长足的进展,工业机器人的应用加快了制造业的自动化和现代化,提高了生产效率,随着机器人技术的不断发展,机器人的应用领域渗透到人们生产生活的各行各业,如农业、林业、水下、空间、土木建筑、核工业、采掘、医疗、救灾、排险、服务、娱乐以及军事等领域,其中改善和提高人们生活质量的服务机器人在近几年得到迅速发展^[1]. 国际机器人联合会(IFR)经过几年的搜集整理,给了服务机器人一个初步的定义^[2]: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.

在服务机器人领域中,帮助老年人、残疾人、患者等用于家庭和医院服务行业的服务机器人在近些年来得到了迅速发展. 如各种仿人机器人、医疗机器人、护理机器人、康复机器人、娱乐机器人等逐渐的进入人们的生活中,提高改善了老年人、残疾人的生活质量,减轻了医护人员的工作负担. 这些服务机器人出现的主要原因有^[3-7]: (1) 劳动力成本的上升;(2) 人类想摆脱枯燥乏味的体力劳动,如清洁、家务、照顾病人;(3) 随着技术的提高和生产的规模化,服务机器人的成本在降低;(4) 人口的老龄化和社会福利制度的完善也为某些服务机器人提供了广泛的市场. 服务机器人的内涵和技术正在不断丰富和提高,它在人类生活中的应用范围也在不断扩大,世界各国都在投入大量的精力争取这个知识经济的制高点,如意大利国家研究委员会机器人专项支持的 URMAD 项目^[5],研究的目的是建立一种

在特定的环境(如医院)中能为老年人和残疾人服务的系统(如图 1.1 所示). 欧盟在 TIDE (Technology Initiative for the Disabled and Elderly) 框架下资助的用于照顾老年人和残疾人的半自主模块化机器人研究开发项目 MOVAID^[5,8,9](如图 1.2 所示), 目的是对身体严重残疾或卧床不起的用户提供更多更好照顾的机器人辅助系统, 参与该 MOVAID 项目的国家有意大利、法国、荷兰、希腊和瑞士.

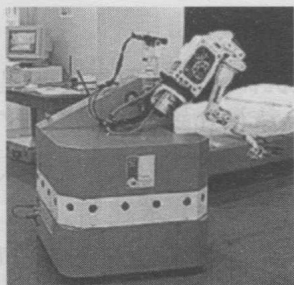


图 1.1 URMAD

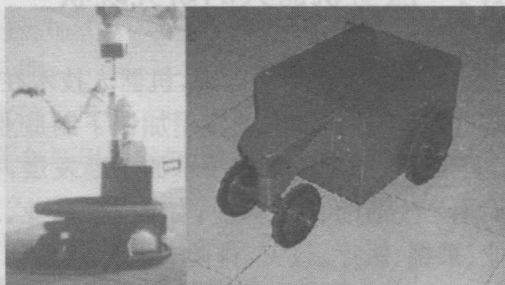


图 1.2 MOVAID

美国、英国、德国、日本等^[5-8,10]发达国家制定了特殊机器人(仿人机器人、护理机器人等)的发展计划, 并且已经有一些研究成果, 如世界机器人之父恩格尔伯格创建的 TRC 公司的第一个服务机器人产品是医院用的“护士助手 (Help Mate)”机器人^[11](如图 1.3(a)所示), “护士助手”是自主式机器人, 它不需要有线制导, 也不需要做计划, 一旦编好程序, 它随时可以完成运送医疗器械和设备、为病人送饭、送病历、报表及信件等工作. 恩格尔伯格^[12,13]认为, 服务机器人与人们生活密切相关, 服务机器人的应用将不断改善人们的生活质量, 这也正是人们所追求的目标. 一旦服务机器人像其它机电产品一样被人们接受, 走进千家万户, 其市场将不可限量. 英国 Mike Topping 公司开发的 Handy1 康复机器人是目前世界上最成功的一种低价的康复机器人系统^[14](如图 1.3(b)所示), 在英国、美国、法国、德国、日本等有 100 多名严重残疾的人经常在使用它. 日本的老齡化问题较其它国家更为严重, 在服务机器人方面投入的人力物力也更大, 相继推