

上海大学出版社

2005年上海大学博士学位论文 75



基于多 Agent 理论和虚拟 现实技术的工控人机 系统研究及应用

- 作者：王 滔
- 专业：控制理论与控制工程
- 导师：费敏锐



G643/162

001280756

上海大学出版社

2005年上海大学博士学位论文 75



基于多 Agent 理论和虚拟现实技术的工控人机系统研究及应用

- 作者：王滔
- 专业：控制理论与控制工程
- 导师：费敏锐



贵阳学院图书馆



001280756

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)

Research and Application of Industrial Supervisory Interface System Based on MAS and VR

Candidate: Wang Tao

Major: Control Theory and Control Engineering

Supervisor: Fei Minrui

Shanghai University Press

• Shanghai •

答辩委员会的评语

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:	邵惠鹤	教授,上海交通大学	200030
委员:	顾幸生	教授,华东理工大学	200237
	丁永生	教授,东华大学	200051
	董德存	教授,同济大学	200092
	徐安	教授,同济大学	200092
导师:	费敏锐	教授,上海大学	200072

领域的三维场景式界面。提出了一系列适用于三维环境的低成本和高实时的交互方法,并在实际应用中得到检验。

论文表明作者具有坚实宽广的理论基础和系统深入的专门知识,有很强的独立开展科研的能力。该论文立论正确,论据充分,文笔流畅,取得创新性成果,已达到工学博士学位论文的要求。

王滔同学在答辩中能正确回答专家提问,达到了工学博士水平,经答辩委员会无记名投票表决,一致同意通过该生博士学位论文答辩,并建议授予王滔工学博士学位。

评阅人名单:

顾幸生	教授, 华东理工大学	200237
李少远	教授, 上海交通大学	200030
丁永生	教授, 东华大学	200051

评议人名单:

林家骏	教授, 上海交通大学	200030
陈启军	教授, 同济大学	200092
付敬奇	教授, 上海大学	200072
何国森	教授, 上海大学	200072

答辩委员会对论文的评语

王滔同学的博士学位论文《基于多 Agent 理论和虚拟现实技术的工控人机系统研究及应用》立足于现代工控人机系统研究的前沿,深入地研究了以多 Agent 系统(MAS)为后台支撑,以虚拟信息空间为前台交互界面的三维场景式工控人机界面体系,论文选题具有较重要的理论意义和应用价值。

主要贡献和创新有:

(1) 提出了基于 MAS 的工控界面框架体系。通过研究和建立工控界面 Agent 的组织结构模型、思维推理模型、通信模型和用户模型,形成了系统的工控界面 MAS 框架体系。

(2) 提出了基于粗糙集理论的 Agent 数值化模型建立方法,并利用粗糙集理论在规则提取方面的优势,导出了工控界面 MAS 的协作规则,同时通过引入置信系数和响应系数归纳出优化规则。

(3) 采用虚拟现实技术,提出并创建了适用于工业监控领域的三维场景式界面。提出了一系列适用于三维环境的低成本和高实时的交互方法,并在实际应用中得到检验。

论文表明作者具有坚实宽广的理论基础和系统深入的专门知识,有很强的独立开展科研的能力。该论文立论正确,论据充分,文笔流畅,取得创新性成果,已达到工学博士学位论文的要求。

王滔同学在答辩中能正确回答专家提问,达到了工学博士水平,经答辩委员会无记名投票表决,一致同意通过该生博士论文答辩,并建议授予王滔工学博士学位。

答辩委员会表决结果

经答辩委员会表决,全票同意通过王滔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:邵惠鹤

2005年7月7日

摘 要

现代工业正朝着大型化和复杂化方向发展,而传统工业监测和控制系统却由此显示出海量信息下人机交互功能的相对低效。这个瓶颈迫使研究者们去努力寻求突破传统理论和技术的框架,结合知识工程、生物工程等其他相关学科去展开多层次和多目标的综合研究,以求产生一些新构思、新概念和新方法来设计工控人机界面,从而实现更为简易、高效的人机交互,以适应现代工业的发展。

本文首先分析了现代工业监测和控制系统的发展趋势及其界面系统的属性、特点和应用发展要求。在此基础上,依托人机交互与人工智能、图形图像等领域的交叉研究成果,提出并创建了以多 Agent 系统(MAS)为后台支撑,以虚拟信息空间为前台交互界面的三维场景式工控人机界面体系,通过智能化、拟人化和个性化的交互模式,形象、直观、高效地完成工业实时监控任务。最后,通过两个应用实例,建立了本文提出的新型工控人机系统的基本框架,为现代工控人机系统的发展提供了一条可供参考的研究与实现途径。

本文的研究沿着问题-理论-应用这条主线展开,主要研究成果体现在以下六个方面:

(1) 提出了基于 MAS 的工控界面框架体系。首先,提出工控界面 Agent 的组织结构模型,并通过定义“普遍认同原则”和“可重复验证原则”,建立工控界面 Agent 的思维推理模型。由

此创建工控界面 Agent 实例和工控界面 MAS 基本框架。然后,提出基于本体论的知识共享模型和基于 KQML 及 XML 的通信模型,建立工控界面 MAS 的通信机制。最后,通过自适应用户建模,将用户与整个工控界面 MAS 融为一体,构成工控界面“泛 MAS 框架体系”。

(2) 提出了基于粗糙集理论的 Agent 数值化模型建立方法。首先,给出了工控界面 Agent 的静态和动态属性的定义。然后,创新地运用粗糙集知识表达系统和知识分类方法,提出了建立工控界面 Agent 数值化模型的方法,并结合前文的 Agent 实例进行了验证,将整个工控界面 MAS 置于一个可描述的统一框架下,从而为工控界面 Agent 结构、属性、状态在计算机内的数值化处理和多 Agent 之间协作的有效开展创造了条件。

(3) 提出了基于粗糙集理论的工控界面 MAS 协作规则。首先建立了一般 MAS 开展协作的形式化模型,并把本文工控界面 MAS 的协作归纳为优先级算子 λ 的确定问题。然后,创新地应用粗糙集规则提取算法推导出工控界面 MAS 的协作规则。最后,通过引入置信系数 ζ 和响应系数 T ,进一步归纳出优化规则。

(4) 提出并创建了适用于工业监控领域的三维场景式界面。首先,分析和建立了适用于工控界面的虚拟现实系统。然后,采用几何式虚拟环境构建方法,并通过“光照预渲染”、“工控场景树模型集成架构”等一系列降低计算机资源损耗的策略,分四个步骤创建了三维场景式工控界面。

(5) 在适用于工业监控领域的三维交互界面中,提出并设

计实现了基于模糊速度控制算法的智能漫游、基于循环距离检测算法的碰撞检测和基于空间矢量选取算法的虚拟鼠标操作等一系列适用于三维环境的低成本和高实时的交互方法。

(6) 对上述基于多 Agent 和虚拟现实技术的工控人机系统进行标准化封装,与通用工业自动化软件形成无缝链接,并进一步实现了该系统在 Internet 上的远程浏览,建立了实验系统。通过文中功能性和系统性实验,给出了该系统有关交互性能的测试和比较,表明其具有较高的实时性和有效性。在此基础上,结合工业应用背景——上海电气集团人民电器厂的示范工程项目,使本文研究成果在实际应用中得到了检验。

关键词 人机交互, Agent 理论, 多 Agent 系统, 虚拟现实, 粗糙集, 模糊逻辑

Abstract

With the rapid development of modern industry, the traditional supervisory and control system reveals inefficient functions in human computer interactions. Therefore, researchers have been working hard to figure them out with new technologies from knowledge engineering, biology engineering and so on. The new human computer interface for supervisory and control system, which is easy, efficient and suit for modern industry is expected.

This paper is focused on the cross-link of several technologies, such as human computer interactions, artificial intelligence, and computer graphics and so on to solve above problems. A new 3D human computer interfaces for supervisory and control system is proposed, which is integrated by Multi-Agent System and virtual reality technology. It can carry out tasks by intelligent, anthropomorphic and individual way. At last, a framework of the interface system and its application are given.

The contributions of this paper are listed as follows:

(1) MAS based interface framework for industrial supervisory and control system are proposed. The structure model, reasoning model, ontology based knowledge shared model and communication model of single Agent are set up.

On this base, the MAS based interface framework for industrial supervisory and control system is constructed. At the same time, the user is integrated into the MAS by user profile technology. Then the expanded MAS is named as Pan-MAS interface framework.

(2) The Agent formalization model based on Rough Set Theory is proposed. It characterizes single Agent by normal combination of static and dynamic state attributions. So the whole MAS can be expressed by digital style in computers.

(3) The MAS cooperation mechanism based on Rough Set Theory is proposed. It utilizes the superiority of Rough Set in KDD and rules extracted to construct MAS cooperation mechanism. And its optimization algorithm is also given by introducing believe coefficient ζ and responding coefficient T .

(4) The 3D interface based on Virtual Reality technology for industrial supervisory and control system is constructed. It is made by Geometry-based virtual environment, integrated with MAS and become friendly user client.

(5) In 3D interface, several special interactions functions are designed. They are intelligent navigation based on fuzzy velocity control algorithm, collision detection based on circular distance detection algorithm, and virtual mouse manipulation based on spatial vector selection algorithm.

(6) An experiment system based on above framework, models, mechanisms and algorithms is built. And it is encapsulated and integrated seamlessly into industrial automation software. At the same time, it can be browsed by

Internet. Then, its application for The Renming Electric Factory of The Shanghai Electric Group has been carried out successfully here.

Key words human computer interaction, agent theory, virtual reality, multi-agent system, rough set theory, fuzzy logic

1.2 研究背景及国内外研究概况	2
1.3 课题来源及研究意义	3
1.4 主要研究工作及贡献	11
1.5 论文内容安排	12
第二章 基于 MAS 的工控界面框架体系	16
2.1 引言	16
2.2 Agent 理论基础	17
2.3 工控界面 MAS 基本框架的研究和建立	21
2.4 工控界面 MAS 的通信部署	30
2.5 工控界面的泛 MAS 框架体系	35
2.6 本章小结	39
第三章 工控界面 Agent 的数值化模型	41
3.1 引言	41
3.2 粗糙集理论基础	43
3.3 基于粗糙集理论的工控界面 Agent 数值化模型研究	48
3.4 本章小结	52
第四章 工控界面 MAS 的协作规则	59
4.1 引言	59
4.2 MAS 的协作问题	60

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 引言	1
1.2 研究背景及国内外研究概况	2
1.3 课题来源及研究意义	8
1.4 主要研究工作及贡献	11
1.5 论文内容安排	13
第二章 基于 MAS 的工控界面框架体系	16
2.1 引言	16
2.2 Agent 理论基础	17
2.3 工控界面 MAS 基本框架的研究和建立	21
2.4 工控界面 MAS 的通信模型	30
2.5 工控界面的泛 MAS 框架体系	35
2.6 本章小结	39
第三章 工控界面 Agent 的数值化模型	41
3.1 引言	41
3.2 粗糙集理论基础	41
3.3 基于粗糙集理论的工控界面 Agent 数值化模型 研究	48
3.4 本章小结	57
第四章 工控界面 MAS 的协作规则	59
4.1 引言	59
4.2 MAS 的协作问题	60

4.3	基于粗糙集理论的工控界面 MAS 协作规则的 建立	71
4.4	工控界面 MAS 协作规则的优化	74
4.5	协作规则的测试和对比	77
4.6	本章小结	78
第五章	基于虚拟现实技术的三维场景式工控界面	79
5.1	引言	79
5.2	虚拟现实技术基础	80
5.3	三维场景式工控界面的研究与设计	84
5.4	本章小结	94
第六章	三维场景式工控界面中的智能交互功能研究	95
6.1	引言	95
6.2	基于模糊速度控制算法的虚拟漫游功能研究与 设计	95
6.3	基于循环距离检测算法的智能碰撞检测功能 研究与设计	104
6.4	基于空间矢量选取算法的三维交互操作研究	107
6.5	本章小结	111
第七章	实验系统设计与工程应用	112
7.1	引言	112
7.2	实验系统的设计与实现	112
7.3	工程应用	121
7.4	本章小结	124
第八章	总结和展望	125
8.1	主要工作的总结	125
8.2	讨论和展望	127

参考文献	129
附录一 MAS 协作模型的逻辑表达式中所涉及的符号及含义 列表	145
附录二 附图	147
攻读博士学位期间发表的论文和出版的著作	149
攻读博士学位期间完成的科研项目及获奖情况	151
致 谢	153

随着科学技术的不断进步,现代工业生产的工艺流程日趋复杂,生产设备和系统的规模也不断扩大,企业生产自动化的要求越来越高。现代工业监测和控制系统也随之突破,早期封闭和专用型设备的系统局限,向分散控制系统(DCS)和现场总线控制系统(FCS)转变。人机界面作为现代工业系统中直接面向用户的组成部分,承载了系统组态、信息监控、数据处理、设备遥控等重要功能。如何建立友好、直观和高效的工控人机系统,方便用户实现日趋复杂的操控任务,一直是科研人员关注的热点。因此,人机交互及其相关技术已成为影响现代工业监测和控制系统设计性能的关键因素。近年来,知识工程和智能工程吸取前视大量新的概念、理论、技术和方法,在信息技术的推动下,迅速与各个研究和应用领域形成交叉和辐射。由此,“以人为中心”的设计新观念也引发了人机交互领域,由人适应计算机到计算机适向人类认知习惯转变的变革^[1],这个变革促使多 Agent 系统(Multi-Agent System, MAS)和虚拟现实(Virtual Reality, VR)两门跨领域交叉和交叉习惯的新兴技术成为人机交互领域最新的发展方向。虽然,两交叉技术尚不成熟和普及,但对人机系统的影响却日益深重,并迅速渗透到工业控制领域。根据上述发展和应用趋势,本文尝试将 MAS 和 VR 技术在模拟人类认知、交流、协作等方面的优势融合起来,与传统的工业交互界面相结合,建立一个新型的工控人机系统,实现广度和深度