

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: 31520081153343

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

2.5 维环境下机器人路径规划算法及其机器实现

Robot Paths Planning Algorithms based on 2.5-Dimensional Environment and Machine Implement

王 夫 乐

指导教师姓名: 周 昌 乐 教授

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2011 年 5 月

论文答辩日期: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 4 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

随着信息科技的快速发展,人类的生活发生了翻天覆地的变化。通过智能科学在生活中的普遍应用,人们可以随时享受智能科学带来的方便和快捷。在智能科学中,最具有代表性的就是机器人学的发展,为了让机器能够具有人一样行为、动作、思想情感等,人们首先要求机器人应该具备基本的人类行为。具备类人的自主的行为动作、识别物体、概念思考等。其中,导航发挥了重大的作用,因此,导航是机器人人类化发展的一个重要研究基础。

机器导航技术包含三个方面:环境地图的获取和表示、机器人的路径规划、机器人定位和行为动作。其中机器人路径规划是核心内容。路径规划就是机器人根据对环境信息的了解与分析,找出一条从当前位置到达目标点的路径。本文根据机器人在动态环境中,面对环境变化需要随时进行路径的重新规划的问题,分别对动态环境的路径规划和变化的环境进行深入研究。

在机器人导航的环境描述研究中,本文基于2维和3维环境在实际应用中的优点和缺点,根据豪斯多夫维的理论,运用2.5维理论提供的基础理论支持,采用一种适应性较好、转化方便的2.5维动态环境的环境描述方法。关于机器人路径规划的启发式算法的研究,本文从环境适用性的角度进行分析,肯定了静态环境下A*算法的重要地位,着重分析了动态环境下启发式算法的优劣,实证了D*Lite算法在2.5维环境下的有效性。

本文综合以上两方面的研究成果,提出一种介于2维和3维之间2.5维动态环境中具有很大灵活性的机器人路径规划的方案,该方案可以有效的增强机器人路径规划效果。

关键词: 机器人路径规划; 2.5维环境; 启发式算法

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

With the rapid development of modern science of technology, the lives of human beings are in an era of huge earthshaking changes. Today, we can engage in the convenience supplied by the science of artificial intelligence (short in AI). But, in the field of AI, the standing development is the Robotics. For the purpose that robots come out with the same motions, performance and intelligence, as well as emotion, firstly, we should develop robots' ability of acting as the basic performance same as human beings, such gestures, objects reorganization and logical mind. Obviously, robots navigation is one of the most significant bases of robots hominine development.

There are three processes in robots navigation, mapping, paths planning and location and actions of robots. The major principal is the paths planning. A path planning is the process to find a path from the start node to goal node based on the knowledge and understanding to environment. The dissertation makes a depth study on the problem that robots need paths replanning according to the variation of environment in the dynamic environment.

About the researching of description of robots navigation environment, the dissertation raises a theory based on Hausdorff dimension and 2D environment and 3D environment disadvantage and advantages in the practice. The theory gives a fundamental support to the theory of 2.5D. What is more, it is the simple and adaptable method of transplanting from 2D or 3D environment into 2.5D one. In the aspect of the heuristic algorithms applying for robots navigation, the dissertation argues that A* algorithm is the most important algorithm in the static environment from the view of adaptation of surrounding. Then, the dissertation emphasizes on analysis of the disadvantages and advantages of the heuristic algorithm, proof on the availability of the D*Lite algorithm in 2.5D surrounding.

According to two aspects of this research above, this dissertation designs and develops a flexible robots paths planning strategy in the special 2.5D environment,

which is located in between 2D environment and 3D environment. The strategy strengthens the application of robots paths planning.

Key Words: Robots paths planning; 2.5D environment; Heuristic algorithms

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 摘 要..... | I |
| Abstract..... | III |
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 机器人导航研究的背景和意义..... | 1 |
| 1.2 机器人路径规划研究现状..... | 1 |
| 1.2.1 机器人导航中地图的类型..... | 2 |
| 1.2.2 不同环境下的机器人路径规划..... | 6 |
| 1.3 本文的篇章结构..... | 6 |
| 第二章 机器人路径规划算法 | 9 |
| 2.1 路径规划基础算法..... | 9 |
| 2.2 关于路径规划的启发式算法综述..... | 11 |
| 2.3 A*算法..... | 12 |
| 2.3.1 A*算法简介..... | 12 |
| 2.3.2 A*算法的具体内容..... | 13 |
| 2.3.3 A*算法的流程与步骤..... | 15 |
| 2.4 D*系列算法..... | 17 |
| 2.4.1 D*算法思想原理..... | 17 |
| 2.4.2 D*Lite 算法原理..... | 22 |
| 2.4.3 启发式算法的类别..... | 28 |
| 第三章 2.5 维的数据环境的下的路径规划策略..... | 31 |
| 3.1 2 维、2.5 维和 3 维简介..... | 31 |
| 3.2 路径规划的 2.5 维环境..... | 32 |
| 3.2.1 2 维环境地图中的隐形 2.5 维的因素..... | 33 |
| 3.2.2 启发式路径搜索算法的 2.5 维环境分析..... | 37 |
| 第四章 实验仿真和结果分析 | 39 |
| 4.1 模拟实验平台介绍..... | 39 |

| | | |
|--------------------|-------------------------------|-----------|
| 4.1.1 | ROS 机器人控制平台简介 | 39 |
| 4.1.2 | Player/Stage 机器人模拟平台 | 41 |
| 4.2 | D*算法和 D*Lite 算法实验对比 | 43 |
| 4.3 | 2.5 维环境下的 D*Lite 算法模拟实验 | 46 |
| 4.4 | 实验结果分析和总结 | 52 |
| 第五章 | 总结与展望 | 53 |
| 5.1 | 全文总结 | 53 |
| 5.2 | 今后工作 | 54 |
| 参 考 文 献 | | 55 |
| 攻读硕士期间发表的论文 | | 59 |
| 致 谢 | | 61 |

Contents

| | |
|--|------------|
| Abstract in Chinese | I |
| Abstract in English | III |
| Chapter 1 Introduction | 1 |
| 1.1 Background and significance of Robots Navigation | 1 |
| 1.2 Overview of Research of Robots Paths Planning | 1 |
| 1.2.1 Different types of maps in Robots Paths Planning..... | 2 |
| 1.2.2 Robots Paths Planning in different environments..... | 6 |
| 1.3 Structure of the Dissertation | 6 |
| Chapter 2 Algorithms of Robots Paths Planning | 9 |
| 2.1 The basic algorithms of Paths Planning | 9 |
| 2.2 Overview of Heuristic Algorithms about Paths Planning | 11 |
| 2.3 A*Algorithm | 12 |
| 2.3.1 Instruction of A* algorithm..... | 12 |
| 2.3.2 Contents of A* algorithm..... | 13 |
| 2.3.3 Processes and steps of A* algorithm..... | 15 |
| 2.4 The series of D*Algorithm | 17 |
| 2.4.1 The basic theory of D*algorithm..... | 17 |
| 2.4.2 Theory of D*Lite algorithm..... | 22 |
| 2.4.3 Different kinds of heuristic algorithms..... | 28 |
| Chapter 3 Strategy of Robots Paths Planning in 2.5D environment | 31 |
| 3.1 Brief instructions of 2D, 2.5D and 3D | 31 |
| 3.2 2.5D environment of Paths Planning | 32 |
| 3.2.1 The 2.5D elements contained in 2D environment..... | 33 |
| 3.2.2 Analysis of heuristic algorithms in 2.5D environment..... | 37 |
| Chapter 4 Simulation and Analysis | 39 |
| 4.1 Brief instructions of Simulation Platforms | 39 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 4.1.1 | Overview of ROS platforms | 39 |
| 4.1.2 | Player/Stage Simulation..... | 41 |
| 4.2 | Comparison D* Algorithm and D*Lite Algorithm in experiments..... | 43 |
| 4.3 | Simulation of D*Lite Algorithm in 2.5D environment | 46 |
| 4.4 | Analysis and Conclusions of Experiments..... | 52 |
| Chapter 5 Conclusion and Future Work | | 53 |
| 5.1 | Conclusion | 53 |
| 5.2 | Future work..... | 54 |
| Reference..... | | 55 |
| Publications | | 59 |
| Acknowledgements | | 61 |

第一章 绪论

1.1 机器人导航研究的背景和意义

随着信息科技的发展,人工智能技术开始渗入日常社会生活。其中最具代表性的就是具有一定人类智能的机器人在现实生活中的应用。机器人导航作为一个机器人应用研究的基础领域,导航控制的有效性、路径规划的实时性以及环境感知的准确性都是影响机器人导航的实际应用的重要因素。为了减轻机器人导航对智能机器人广泛应用的制约,机器人导航的研究一直是机器人技术研究的重点。

在机器人学发展中,随着机器人智能水平的逐步提高,其类人特性将逐渐凸显,其智能水平的高低体现在它是否具有高度的自主性行为。机器人导航作为机器人动作和运动的基础,在机器人的智能化发展中具有重要的意义。

机器人导航包括地图设计和创建,机器人路径规划,机器人行为动作三个方面。地图设计和机器人路径规划直接密切相关,通常将这二者结合起来,作为一个整体进行研究。而由于机器人行为动作从逻辑上与前两者分属于不同过程,故本文对此不做专门阐述。

机器人主要地图结构有以下几种模式:栅格地图、特征地图、拓扑地图以及采用直接表征法建立的地图。通常情况下栅格地图是研究中的理想选择,同时,在与栅格地图设计和创建密切相关的图像处理领域提供了诸多相当成熟的研究方法。

所以,综上所述,机器人路径规划是机器人导航的核心研究,也是提高机器人导航效果的关键所在。目前,机器人导航路径规划研究中存在的普遍性问题主要有两点:一是路径规划的实时性较低;二是寻找最优解或者较优解的难度较大。

1.2 机器人路径规划研究现状

在机器人导航中,机器人的定位和地图创建一直都是研究的热点,同时也是后续研究的基础。关于机器人定位,目前已经有不少的较为成熟的解决研究方法^[1]。实际上,机器人的定位和地图的创建有着密切关系。对地图的格式与类型的选择直接影响机器人的定位。Smith Self 和 Chesse man 提出来的 SLAM 理论,

即 CML(Concurrent Mapping and Localization) 对此具有里程碑式的意义^[2]。在后续展开的研究中, 不论是国外的基于全方向彩色图像、局部特征(local features)定位的机器人, 或是基于辨识与定位的视觉系统和带有声音定位的机器人, 抑或是国内的基于活动轮廓、活动单眼、激光雷达和超声定位机器人, 绝大部分关于机器人定位的研究都依附于地图类型的创建。因此, 在机器人的路径规划的策略中, 地图的创建是首先要解决的基础性问题。

在2维或3维环境下, 地图的选择将依据环境的特征进行。本文统一将2.5维和3维的环境都转换成为2维的地图表示。因此, 本文所阐述的地图表示都是在2维环境下的地图。

1.2.1 机器人导航中地图的类型

机器人导航中路径地图的类型主要有以下几种:

(1) 栅格地图:

栅格法是由J. Bornstein在1989年首次提出并用其表示环境^[3]。如图1(a)所示, 该方法简洁方便。由于后续时间中该方法发明者大力的推行的, 栅格方法越来越得到人们的重视。从而逐渐演化出诸多以栅格地图为处理对象的导航算法, 二叉树、四叉树等地图识别和处理办法^[4], 如图1(b)所示。但是, 这些方法都没有解决栅格方法存在着的环境分辨率与环境信息存储量大的矛盾, 因此, 在实用上受到一定的限制^[5]。

北京理工大学的王美玲提出一种基于分段直线拟合和栅格划分去噪相结合的快速室内地图构建方法, 该方法主要基于现有地图信息, 依据栅格法的思想进行整合计算, 从而简化地图的数据量和计算量^[6]。清华大学的马兆青提出一种累积数据的方法, 通过累积栅格数据的建立行动趋向规则的方式, 在没有其他信息的情况下可进行无间断的导航^[7], 但是这种方法需要大量的数据积累, 也就是充分发挥栅格法的大数据量的特征, 由此造成运算速度不高, 综合考虑, 这不是一种较为理想的办法^[8]。在栅格地图表示法中, 栅格大小对数据量的影响和对运算强度的影响都很大, 在国内外的相关研究中, 很难找到一个能够使地图大小、栅格大小和机器人步长得到完美结合的优异方法。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库