题 目： 机器人路径规划算法研究

学院： 电子信息工程学院 专业： 轨道交通信号与控制

姓名： 傅智康 学号： 17211141

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 文献综述：   1. 研究的价值和意义   机器人与人工相比，具有便于制造、便于维护、高精度、利于反复执行重复性的工作等优点，同时因为机器人本身的特性，可以替代人工去做一些较为危险或对精度要求极高的工作。  随着电子技术和人工智能技术的发展，机器人的相关技术也得到了快速的发展。目前，机器人相关的技术已经被广泛的应用在了我们生活当中。小到我们生活中的扫地机器人，大到现在的无人驾驶技术，其中无不存在着机器人技术的相关影子。相对应的，机器人的路径规划算法由此也显得越来越重要，尤其是近来火热的无人驾驶汽车，大多都采用了机器人的路径规划相关设计思路，对于路径规划算法的研究和优化在未来显得越来越重要，合适的路径规划算法可以极大地降低成本，提高效益，实现节能减排的效果，对社会的发展意义极大，有着不可替代的作用。随着对机器人路径规划算法的不断优化和改进，机器人在生活中的应用场景会越来越广泛，所能带来的效益也会越来越好。   1. 国内外研究现状   20 世纪 60 年代，美国工程师 Joseph F·Engelberger 制造了世界上第一台工业机器人 UNIMATION ，其本人因此被赞誉为“机器人之父”[1]。自此机器人得到了飞速发展，被广泛应用于生产制造、医疗服务、教育娱乐、侦测勘探、交通物流等多个方面，逐渐在人类的日常生活中起着不可替代的作用。  机器人科研人员根据用途将机器人分为工业机器人和特种机器人两大类，其中工业机器人是指面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人，它通过实时操作或者预先编排程序执行工作；特种机器人区别于工业机器人，如服务人类和满足特定需求的智能机器人[2]，其具体又可以分为包括应用于农业、医用、娱乐和服务等领域的民用类机器人以及包括应用于侦查、排雷、水下作战、空中作战的无人机和预警等领域的专业军用类机器人。  机器人是集计算机、控制决策、机械设计、人工智能等多学科交叉研究的综合智能系统。20 世纪欧美发达国家微电子技术的迅猛发展为现代机器人的发展提供了广阔的土壤。1968 年美国科学家 Nilssen 和 Charles Rosen 等人研制了能自主感知、环境建模、行为规划并完成任务的移动机器人 “Shakey” [3]。之后几十年，移动机器人产业得到迅猛发展，日本 SONY公司相继研发了智能机器人“QRIO” 和“AIBO”。  国内的移动机器人技术研究虽然起步较晚，但随着上世纪 80 年代国家“863”计划的实施和借鉴国外研究成果，国内移动机器人研究取得了丰硕的成果[4]。2013 年 12 月 15 日，我国完全自主研发的月球车“玉兔号”成功登月实现了中国人民千百年来的登月梦，这一里程碑事件标志着我国移动机器人科学技术水平达到了世界最顶尖行列。2015 年，习近平总书记在北京举行的世界机器人大会上作出了机器人科技是不断融合信息化和工业化的智能产业，正以前所未有的力量驱动社会经济发展，正成为现时代科技创新的重要标志的总结陈词。可预见在未来机器人技术将一直是我国研究的重点领域。  而对于机器人的理论发展而言，20 世纪 60 年代末，斯坦福研究院提出了路径规划问题是移动机器人的关键问题的观点，由此路径规划问题成了机器人研究工作的重中之重。所谓移动机器人路径规划，就是指根据某种优化标准（劳作代价小、路径最少、耗时最短），在机器人的工作空间中探求一条从起始位置到目的位置的无碰撞最优，也可能是次优路径。  现今路径规划算法主要分为传统路径规划算法和智能路径规划算法两大类。He 等针对路径规划问题，提出了栅格法用于解决机器人路径规划问题，此方法对机器人的运行环境进行了栅格表示，简化了规划工作。Sariff 等针对未知环境的路径规划问题，提出了人工势场法用于移动机器人路径规划，虽然收敛速度快，但存在死锁现象。马丽莎提出了一种用矩形表示不规则障碍物的可视图法，简化了路径规划中构建环境地图的工作。文献[5]提出将路径规划中的路段描述成一系列中途点，能够根据规划要求完成解空间的搜索，输出最优个体，但是存在算法编码较长的问题，导致收敛速度慢，计算量大。Ammar 等针对移动机器人在已知环境中的路径规划问题，提出了一种松弛 Dijkstra 算法，但是其结果中存在多余的路径折损，有时出现较大误差。经典的 Dijkstra 算法使用在机器人自主构思路径中所产生的路径，存在少许冗杂的点，在很多情况下整个运算过程运算次数过多且容易陷入局部最优解，所以导致整个寻路过程会走很多弯路。从上述研究结论可以看出，机器人路径规划算法的种类和方法有着许多，它们在不同的环境下有着不同的应用，也有着各自的优劣性。   1. 基本研究方法   路径规划算法对于机器人而言，相当于机器人的大脑，需要控制机器人的行进路线，确定机器人的行进起点和终点等。可以说，对于机器人而言，只有拥有了合适的路径规划算法，才能够实现机器人的自主移动，使机器人可以在复杂的环境下自主工作，路径规划算法对于机器人的重要程度因此不言而喻。  从实际应用场景来看，移动机器人的路径规划根据机器人实际工作环境不同分为全局路径规划和局部路径规划两类：  (1) 全局路径规划类似于静态路径规划，移动机器人在障碍物信息完全已知的前提下，规划从起始位置到目标位置的安全可通行路径。移动机器人全局路径规划主要有以下三个步骤：  首先是环境建模，环境建模是指将机器人的实际工作环境通过一定方法建立成路径算法可以处理的计算机数据模型；其次是路径搜索，路径搜索是路径规划的核心问题，是指路径规划算法作用于相应的环境模型中，寻找符合性能要求的路径最优解；最后是路径平滑，路径平滑处理是路径规划的后处理阶段，减少和消除路径最优解中存在的不满足移动机器人实际移动安全性、可靠性要求因素。  (2) 局部路径规划相对于全局路径规划更侧重路径规划的实时性要求，机器人工作环境信息未完全可知，在未知或动态的环境中由机器人本身传感器采集并实时更新当前环境和障碍物信息，进而规划出符合要求的局部实时路径。移动机器人路径规划问题是典型的 NP-Hard(非确定性多项式困难)问题，其研究的核心是解决以下三个问题：机器人从起始位置节点到目标位置节点移动的实现；机器人经过必须要经过的点且避开周围障碍物；使机器人规划得到的路径性能最优。解决了以上三个核心问题，也就实现了动态的局部路径规划。  不论是全局路径规划还是局部路径规划，它们的大致思想基本相同，都需要通过相应的算法计算出一条符合性能要求的最优路径，都需要对该最优路径进行相应的平滑化处理以使其符合实际的工程标准。所以在设计中，一种路径规划的算法往往既适用于全局，也适用于局部，这要求我们在设计路径规划算法时需要先确定好使用的场景和目标，这样才能选用最简洁、最高效的算法。   1. 存在的问题及发展动向   根据机器人对周围环境的掌握能力不同，可以将路径规划技术划分为全局路径和局部路径规划两大类，第一类是在对周围环境信息已经验证的基础上对移动机器人的路径进行规划；第二类是基于传感器信息的基础上对机器人的路径进行规划。现如今，全局路径规划主要方法有 ：可视图法、自由空间法、栅格法、拓扑法、神经网络法等。局部路径规划包括人工势场法、模糊逻辑算法、神经网络法、遗传算法等。  可视图法在路径规划中应用的比较广泛，原因是其比较容易实现，但算法灵活性较差，随着研究的深入，基本的可视图法已经不能很好的解决实际中的一些复杂问题。文献[6]使用切线图法对环境进行可视图建模，其次使用目标导向函数求解通路径，然后应用遗传算法对通路径优化迭代。文献[7]将可视图和 A\* 搜索算法相结合，提出了新的路径规划算法--Lambda\*搜索算法。栅格法是由 HOWDEN WE 在 1968 年提出的，容易实现并且使环境信息更加直观，但时空开销和求解精度存在矛盾。文献[8]提出了基于扇形栅格地图路径规划算法，将机器人所处环境划分为扇形栅格地图进行近似路径搜索，同时引入环道环区，缩短了算法运行时间，提高了实用性。人工势场法规划出的路径比较平滑，但容易陷入局部最优，以及出现目标不可达的情况。文献[9]针对传统人工势场法陷入局部极小值点问题，在搜索的过程中加入了随机逃走等策略。文献[10]针对目标不可达问题，在障碍物的斥力势场函数中加入最小安全距离，并且提出了改进人工势场法和栅格法相结合的方法来弥补人工势场法的不足。模糊算法有长处是在比较复杂的情况下能较好的解决问题，缺点是系统运行时模糊规则库没有办法改动。文献[11]提出一种基于模糊算法的路径规划策略，对障碍信息以及目标信息模糊化进行模糊化处理，奖励相应的模糊规则实现避障。遗传算法很大程度上避免了陷入局部最优，但是算法实时性较差。  随着研究的深入，很多学者在机器人路径规划方面已经取得了许多成果，同时也存在很多问题。由于环境的不确定性和未知性，给机器人路径规划带来了很多困难。在现实情况下，需要不断地探索从而找到一种系统的方法来应对各种可能出现的问题，近年来这方面研究中存在的主要问题如下：  （1）当机器人所处的环境比较简单时，能够满足需求，但是面对一些复杂情况，搜索的效率和准确性可能不高。当机器人的数量增多时，其相对应的目标点数量也相应增多，增大了寻找最优路径的难度。  （2）用来解决路径规划问题的大多数算法都存在缺陷，如搜索效率低、收敛速度慢、适应性差、容易陷入局部最优等，尽管许多学者已经进行了很多这方面的研究，但是不断寻求更好的解决方法一直是大家的追求，如何改进已有算法使其能够更好的解决机器人路径规划问题依然是研究的热点。  （3）环境空间的表示方法不同，对路径规划的优化程度会造成影响。以栅格法为例，若栅格数量过少，环境信息表示不准确；若栅格数量过多，会占用大量内存。在环境建模时需要根据情况选取最优的参数。  （4）在进行多机器人路径规划时，机器人间的协调避碰以及实时通讯问题还有待进一步的研究。随着各个机器人的位置以及周围的环境信息的变化，增加了许多不确定因素，很难获得一个相对通用的解决办法。   1. 研究的内容   本论文研究机器人的路径规划算法问题，要求了解机器人的工作机理，建立机器人的控制模型，设计相应的路径规划算法，实现机器人的路径规划。通过软件视图仿真和机器人运行试验来验证路径规划算法的有效性，具体研究内容为：   1. 了解机器人的工作机理 2. 分析并建立机器人的控制模型； 3. 设计基于智能小车试验平台的机器人路径规划算法； 4. 将所设计的算法在软件仿真和实际机器人平台上验证。 | | | |
| 研究方案：   1. 理论基础 2. 机器人的运动特性和动态特性的分析方法 3. 机器人的运动模型和控制模型的建立 4. 路径规划算法的设计和比较方法 5. C语言仿真及实际实现方法 6. 研究方法：   基于现有的全局路径规划算法的基础上，比较诸如A-Star、D-Star、Dijistra等算法的优劣性和适用性，并且选取一种最优的路径规划算法，进行改进型的设计，通过C语言仿真和机器人实物实验的验证手段，得到最优的规划路径，从而实现机器人路径规划的最优解。   1. 研究步骤如下： 2. 通过查阅相关文献学习机器人控制的相关知识（如特点、用途、控制思路）及其最新发展，基于专业知识深入进行分析，提出问题的解决思路和方法； 3. 对现有的机器人路径规划算法进行学习，分析不同算法各自的优劣性和适用场景，结合专业所学知识，设计面向平滑路径的机器人路径规划算法； 4. 通过软件仿真对所设计的路径规划算法进行优化； 5. 将所设计的路径规划算法在实际机器人平台上进行试验验证； 6. 在设计过程中，分析所做设计工作工程背景及对于社会、环境的影响，并说明其带来的问题及解决办法。 7. 预期成果： 8. 针对机器人的运动特性和动态特性进行理论分析，了解影响机器人的运动轨迹的因素，建立机器人的运动模型和控制模型。 9. 掌握机器人路径规划算法的设计方法，并将其应用到机器人的运动轨迹控制当中去。 10. 通过实验平台对所设计的算法进行验证。 11. 整理资料、仿真数据和机器人测试数据，进行论文的撰写、修改并最后完成。 | | | |
| 主要参考文献：  [1] 王田苗, 陶永. 我国工业机器人技术现状与产业化发展战略[J] . 机械工程学报, 2014, 50(9):1-13.  [2] 谭民, 王硕. 机器人技术研究进展[J]. 自动化学报, 2013, 39(7):963-972.  [3] Nilsson N J.A mobile automation: an application of artificial intelligencetechniques[C]//International Joint Conference on Artificial Intelligence.Morgan Kaufmann Publishers Inc. 1969:509-520.  [4] 熊有伦. 机器人技术基础[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1999.  [5] 蔡漫漫. 自主式移动机器人路径规划算法研究［D］. 青岛：青岛科技大学，2017.  [6] 许斯军，曹奇英. 基于可视图的移动机器人路径规划[J]. 计算机应用与软件，2011，28（3）：220-222+236.  [7] 黎萍，朱军燕，彭芳，等．基于可视图与 A\*算法的路径规划[J]．计算机工程，2014，40(3)：193-195+200．  [8] 李天成，孙树栋，高扬．基于扇形栅格地图的移动机器人全局路径规划[J]．机器人，2010，32(4)：547-552．  [9] Mohamed E F，El-Metwally K，Hanafy A R．An improved Tangent Bug method integrated with artificial potential field for multi-robot path planning[C]．Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)，2011 International Symposium on．IEEE，2011：555-559．  [10] 欧阳鑫玉，杨曙光．基于势场栅格法的移动机器人避障路径规划[J]．控制工程，2014，21(1)：134-137．  [11] 陈卫东，朱奇光．基于模糊算法的移动机器人路径规划[J]．电子学报，2011（4）：971-974+980．  [12] 陈智康，刘佳，王丹丹，等. 改进Dijkstra机器人路径规划算法研究[J].天津职业技术师范大学学报，2020（3）：30-35.  [13] 孙瑞波，王克，高策，等. 机构化环境中基于A\*算法的机器人路径规划算法的研究：2019冶金智能制造暨设备智能化管理高峰论坛会论文集[C].2019.  [14] 徐兵兵，郝荣飞. 机器人路径规划技术的现状与发展[J].电子技术与软件工程，2018（24）：81.  [15] 刘慧博，郭健. 机器人路径规划算法研究[J].大众标准化，2020（15）：173-175.  [16] 彭澎. 基于A\*算法的路径规划算法研究[D]. 安徽工业大学，2018.  [17] 石征锦，宿一凡，卜春光，等. 基于改进A\*的移动机器人路径规划算法[J].单片机与嵌入式系统应用，2020，（6）：13-15.  [18] 孟慧婕. 静态环境下多移动机器人路径规划方法的研究[D].河北工业大学，2016.  [19] 巩海军. 无人车视觉目标检测和路径规划算法研究[D]. 北京交通大学，2019.  [20] 房亚群. 移动机器人路径规划的现状和发展[J].科技传播，2009（11）：67-68.  [21] 徐兆辉. 移动机器人路径规划技术的现状与发展[J].科技创新与应用，2016（3）：43. | | | |
| 毕业设计（论文）进度安排： | | | |
| 序号 | 毕业设计（论文）各阶段内容 | 时间安排 | 备注 |
| 1 | 学习机器人的控制模型，了解机器人平台的工作机理，分析设计任务，提出问题的解决思路和方法 | 2021.01 |  |
| 2 | 学习机器人路径规划算法，比较不同算法之间的优劣性，设计一种可以实现的路径规划算法，进行仿真并优化 | 2021.02 |  |
| 3 | 将所设计的算法在软件平台上进行仿真验证 | 2021.03 |  |
| 4 | 将所设计的算法在机器人平台上进行试验验证 | 2021.04 |  |
| 5 | 结合仿真研究与实际测试实验得出实验结论并撰写论文 | 2021.05 |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 指导教师意见：  填写说明：查阅资料是否全面，提出的研究方案和计划进度是否可行，还有什么需要注意和改进的方面，是否同意按学生提出的计划进行等。（**填写后请删除该说明）** | | | |

指导教师（审核签名）： 审核日期： 年 月 日