|  |
| --- |
| **课题名称：多移动机器人群体协同编队与路径规划** |
| 成员名称：朱琦 杨源 邬晓毅 崔询 曹达东 王俊 王金菊 刘泽华 刘俊杰 |
|  |
|  |
|  |
| **队长名称：朱琦** |
| **2019/3/21** |
|  |

|  |
| --- |
| 小组成员：朱琦 杨源 邬晓毅 崔询 曹达东 王俊 王金菊 刘泽华 刘俊杰 |
| 课题名称：多移动机器人群体协同编队与路径规划 |
| 汇报时间： 2019.4.22 地点：逸夫楼 |
| 汇报记录：见附件PPT |
| 问题及回答记录： |
| 问题一：为什么仿真实验中，有些机器人之间的间距比较大。  回答人：朱琦  答案：边界跟随处理时，如果距离过进，则需要后退来保持间距，距离值设定得有些偏大。  问题二：如何得到一个确定的优化路线?  回答人：杨源  答案：这个要根据实际任务的情况判断，实例中给出的三角形变四边形只是一种情况，这种情况是无人机群根据算法自动选择一个高效路径调整队形变换。  问题三：可以从二维拓展至三维吗?  回答人：邬晓毅  答案：拓展三维方向是可行的，使用三维坐标轴界定空间，使用一个横切面穿过坐标轴比如沿z轴y轴的面，边检环绕只能在这个面中进行，相当于抵消x轴对边界环绕的影响，该横切面可以任意取，但是约定上可以取沿z、y轴形成的面。 |

评审现场评分统计：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 评委 | 课题研究内容(20分) | 课题查询资料(10分) | PPT设计(10分) | 课题讲解(20分) | 回答问题(10分) | 合计 |
| 评委一 | 19 | 10 | 9 | 19 | 9 | 66 |
| 评委二 | 19 | 10 | 9 | 18 | 9 | 65 |
| 评委三 | 18 | 9 | 9 | 18 | 9 | 63 |
| 评委四 | 18 | 8 | 9 | 18 | 9 | 62 |
| 评委五 | 16 | 8 | 8 | 17 | 8 | 57 |
| 评委六 | 16 | 6 | 5 | 18 | 7 | 52 |
| 评委七 | 15 | 8 | 7 | 15 | 7 | 52 |
| 评委八 | 19 | 9 | 8 | 9 | 8 | 63 |
| 评委九 | 17.5 | 9 | 10 | 16 | 9 | 61.5 |
| 评委十 | 19 | 9 | 8 | 19 | 8 | 63 |
| 评委十一 | 19 | 9 | 8 | 18 | 9 | 63 |
| 平均 | 17.77 | 8.64 | 8.18 | 16.82 | 8.36 | 60.68 |
| 评委一 | | | | | | |
| 可以针对三维问题深入扩展 | | | | | | |
| 评委二 | | | | | | |
| 准备详尽，讲解流畅，对算法研究深 | | | | | | |
| 评委三 | | | | | | |
| 完成了k型编队 | | | | | | |
| 评委四 | | | | | | |
| 无 | | | | | | |
| 评委五 | | | | | | |
| 涉及算法较多，讲解详尽 | | | | | | |
| 评委六 | | | | | | |
| 选取课题较难，课题讲解纤细，可以看出小组成员的努力和认真 | | | | | | |
| 评委七 | | | | | | |
| PPT设计总体较为清晰，但内容有待完善 | | | | | | |
| 评委八 | | | | | | |
| 讲解效果较好 | | | | | | |
| 评委九 | | | | | | |
| 课题内容过于丰厚，不精简，冗余内容较多，课题讲解有些条理逻辑不清，讲解时间过长，不够简洁 | | | | | | |
| 评委十 | | | | | | |
| 算法讲解详细，全面，问题回答很好 | | | | | | |
| 评委十一 | | | | | | |
| 无 | | | | | | |

结题报告：

**湘潭大学信息工程学院**

**课题结题报告**

课题编号：

课题名称： 多移动机器人群体协同编队与路径规划

课题成员： 朱琦 杨源 邬晓毅 崔询 曹达东 王俊 王金菊 刘泽华 刘俊杰

指导教师： 邹娟

目录

[一、 前言](#_Toc5491_WPSOffice_Level1) [7](#_Toc5491_WPSOffice_Level1)

[二、 文献综述](#_Toc32144_WPSOffice_Level1) [7](#_Toc32144_WPSOffice_Level1)

[三、 研究方法及过程](#_Toc22436_WPSOffice_Level1) [7](#_Toc22436_WPSOffice_Level1)

[四、 对移动机器人群体协同编队与路径规划的深入探讨](#_Toc30386_WPSOffice_Level1) [7](#_Toc30386_WPSOffice_Level1)

[五、 结论与展望](#_Toc32152_WPSOffice_Level1) [7](#_Toc32152_WPSOffice_Level1)

[六、 负责的工作总结](#_Toc14562_WPSOffice_Level1) [7](#_Toc14562_WPSOffice_Level1)

[七、 收获与体会](#_Toc25217_WPSOffice_Level1) [7](#_Toc25217_WPSOffice_Level1)

[八、 参考文献](#_Toc12512_WPSOffice_Level1) [7](#_Toc12512_WPSOffice_Level1)

[附件一：PPT](#_Toc2812_WPSOffice_Level1) [8](#_Toc2812_WPSOffice_Level1)

[附件二：组队申请报告](#_Toc30765_WPSOffice_Level1) [9](#_Toc30765_WPSOffice_Level1)

[附件三：课题申请书](#_Toc7292_WPSOffice_Level1) [10](#_Toc7292_WPSOffice_Level1)

[附件四：现场照片](#_Toc4251_WPSOffice_Level1) [11](#_Toc4251_WPSOffice_Level1)

摘 要

1. 前言

（一）发展起源

编队行为在自然界随处可见，如群飞的大雁，捕食的狼群。大雁通过编队节省体力飞更远的距离，狼群通过编队捕食到更多的食物。在自然界，多个体的协同合作具有单个体所无法比拟的优势。最擅长捕食的狼群中的个体，一旦脱离群体就会有惊慌的感觉，因为独狼很难在复杂的自然条件下生存。

随着对机器人技术的不断深入研究，单机器人技术越发的成熟。为了满足某些机器人系统的并行需求以及提高机器人系统运行效率的需求，多机器人系统应运而生。越来越多的事实也证明多机器人系统有着不可替代的优越性，所以对多机器人协作系统的深入研究是很有必要的。多机器人编队是一种典型的多机器人协作系统，针对它的研究对多智能体技术以及多机器人协作系统有不可忽视的推动和促进作用。（二）早期研究

编队问题最早在1987年由Reynolds提出，开始进行鸟和鱼的动画模拟。 进入90年代后，编队问题开始在多机器人学中逐渐活跃起来。 上世纪九十年代，在美国国防部高级研究计划署的资助下进行了一项机器人编队研究，其目标是为部队建立野外机器人侦察分队。（三）应用领域

对多移动机器人群体协同编队与路径规划的研究日益成为多机器人研究领域的热门科目,在实际应用方面有着强烈的需求和广阔的应用前景。该项目在军事侦察、搜寻、空间探索、排雷排爆、编队飞行、战斗机器人等领域的应用都正在趋于成熟。

二、 文献综述

面向时间协同的多无人机队形变换最优效率模型\_顾伟，针对无人机编队的队形变换问题，包括编队集结、编队保持和编队重构，本文从航迹规划的角度提出了一种面 向时间协同的多无人机队形变换模型。在时间协同的条件下，选择队形变换的能源消耗与完成时间作为效率衡量指标， 对编队集结、编队保持和编队重构进行规划，给出队形变换的最优空间位置。本文首先分析了指定队形、无指定位置的 编队集结问题，然后将编队保持问题视为编队整体运动，最后利用运动分解将编队重构问题分解为编队集结和编队整体 运动。基于编队集结、编队保持和编队重构的不同特点，给出了这些具体队形变换下的最优效率计算公式，并进行了仿 真实验，实验结果表明本模型可以实现预期的最优效率队形变换。

Programmable self-assembly in a thousand-robot swarm Michael Rubenstein,\* Alejandro Cornejo, Radhika Nagpal 本文介绍了一个能通过分布式和局部交互实现多种形状大规模自组装的机器人群。本文详细介绍了算法、正确性证明、硬件实现和自组装实验。第一节介绍了完整的形状自组装算法，包括它所建立的原始集体行为。第4节给出了假设理想化机器人的算法的正确性证明。第二节介绍了Kilobot机器人的算法实现，包括对机器人行为的不稳定性和不可靠性的排序方法。第3节介绍了用Kilobot机器人进行的13次自组装实验的详细结果。

三、 研究方法及过程

（一）领航-跟随法

所有编队成员被指定为领航者或跟随者这两种角色，领航者通过沿着预定或者临时设定的路径航行，掌控整个编队的运动趋势，跟随者依据相对于领航者的距离及方位信息跟随领航者实现编队控制。

领航者-跟随者方法的优点是编队控制结构简单，易于实现，编队中只需要设定领航者的期望路径或其他行为，然后跟随者以预定的位置偏移跟随领航者即可实现编队控制。鉴于这个原因，领航者-跟随者方法在实际工程中被广泛应用。该方法的缺点为编队系统过于依赖领航者。

（二）虚拟领航法

虚拟结构法的优点在于，通过将编队队形视作一个刚性结构，系统有明显的队形反馈，便于编队行为的确定和队形的保持。其缺点也很明显，由于编队队形需要一直保持同一个刚性结构，缺乏灵活性和适应性，尤其是在躲避障碍物过程中存在一定的局限性。另外，不同的机器人在环境下会受到不同环境因素影响，严格的队形约束会诱发频繁控制指令，增加能耗，甚至出现执行器饱和现象。这些缺点导致虚拟结构法在多机器人编队控制中的应用相对较少。

（三）行为控制法

基于行为编队控制方法的优点在于比较容易实现分布式控制，系统应变能力较强，能够较好的应对避碰避障问题，编队也能通过成员相互之间的感知达到队形反馈的目的。不足之处在于无法明确定义编队系统的整体行为，不利于系统的稳定性分析。

（四）人工势场法

人工势场法的优点在于其设计的算法能够较好的解决避碰避障问题；缺点表现在当势力场较多时容易导致机器人出现小范围往复运动，增大能耗，另外合适势函数的选取也比较困难。

四、 对多移动机器人群体协同编队与路径规划的深入探讨

以kilobot图形拼接算法为例，对多移动机器人群体协同编队与路径规划进行深入探讨。

kilobot图形拼接算法分为三个子算法：边界跟随(edge-follow)、梯度编队(gradient formation)、坐标获取(localization)。

五、 结论与展望

(一) 主要结论

1.本次项目提出了两种多机器人编队问题的方法和策略，并且比较了两种解决方法的优缺点。

2.对kilobot图形拼接算法进行了深入的了解

(二) 研究存在的不足及展望

1.课件内容过多，导致讲述过程中耗费过长的时间。

2.对于行为控制法和人工势场法没有深入研究

六、 负责的工作总结与体会

2016550813 朱琦 软件工程1班

负责的工作总结：

我在本次研究中着重了解了多机自主编队，对KiloBot论文仿真进行了复现，并进行汇报讲解。

收获与体会：提高了英文文献阅读能力，将论文实验进行复现，使我更加了解了多机自主编队的步骤细节以及自主机器人的魅力。

201705550416 杨源 软件工程1班

我在本次研究中对时间协同的多无人机队形变换最优效率模型以及领航跟随算法，人工势场法进行了研究及仿真和汇报

收获与体会：从期刊的理解阅读到算法仿真，通过这次研究学习我初步理解了一些路径规划方法和编队方法，以及初步的matlab编程。

201705550434曹达东 软件工程1班  
负责的工作总结：分析群体协同编队与路径规划算法的应用案例，

在小组学习过程中根据共同学习的进度进行分析，把握项目学习中的各个阶段进行记录，为报告的撰写提供依据。

收获和体会：通过自主学习，查阅资料和与组员交流，理解了群体协同编队与路径规划算法的定义和方法。

201705550436崔询 软件工程1班

工作总结：我负责讲解背景知识，包括协同编队早期的研究起源，协同编队中常用的算法，并对比各算法的优劣 做了简要的说明。

收获与体会：提高了阅读文献的能力，丰富了自己算法知识， 对各算法有了大致的了解，对微型机器人的前沿研究与算法有了极大的了解，在微型机器人的应用与前景方面也加深了印象。

201705721112刘俊杰 软件工程1班

负责的工作总结：我在本次研究性算法学习活动中，我对机器协同编队有了较深的研究，尤其对其中的人工势场法有较深的理解并进行了相关的研究和汇报。

收获与体会：在一些前人的论文里，我理解到了人工势场法其实跟物理上的势场非常相似，运用的就是相似的原理来保证物体与阻碍物之间的碰撞问题，并通过大量的论文参考，研究了一些机器仿真和代码编程的相关问题。

201705550405王金菊 软件工程1班

通过本次项目的学习，我对于多移动机器人群体协同编队的几种方法有了基本的了解，对本次课题开展的深入了解也让我初步认识了当下对该问题的研究现状，对几种编队方法的优缺点有了更深层次的理解，增强了我文献资料查询能力、以及对复杂问题的分析能力，让我获益匪浅。通过本次项目的学习，我对于多移动机器人群体协同编队的几种方法有了基本的了解，对本次课题开展的深入了解也让我初步认识了当下对该问题的研究现状，对几种编队方法的优缺点有了更深层次的理解，增强了我文献资料查询能力、以及对复杂问题的分析能力，让我获益匪浅。

201705550404王俊 软件工程1班

工作总结：我负责学习群体协同编队与路径规划相关算法，对群体协同编队与路径规划算法的案例进行分析;在组内合作的时候共同了解群体协同编队与路径规划的案例;对于算法的应用案例创新，提出不同的观点创新。

收获与体会：学会从更多方面思考问题，认识了解了更多的算法

2016551340邬晓毅 软件工程1班

工作总结：我负责参与kilobot的算法研究以及ppt演讲汇报。收获与体会：在讨论研究kilobot算法期间，我阅读了kilobot相

关的一些学术论文，提高了论文阅读能力以及拓展了算法思维。仔细转眼算法的过程中也加深了对路规划方法的认知。

201705650411刘泽华 软件工程1班

工作总结：负责了解群体协同编队与路径规划的案例。

收获与体会：对算法进行学习，提高了自学能力，加强了与队员之间的合作和联系，向队员们学习并提升了自我综合能力水平。

七、 参考文献

[1] Programmable self-assembly in a thousand-robot swarm Michael Rubenstein,\* Alejandro Cornejo, Radhika Nagpal 。

[2] 顾伟，汤俊，白亮，等．面向时间协同的多无人机队形变换最优效率模型[J]．航空学报, 2019, 40(5): 322599.

[3] Bio-Inspired Algorithm for Task Allocation in Multi-UAV Search and Rescue Missions Heba A. Kurdi1,2 Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, 02139 King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia Jonathan P. How3 Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, 02139 and Guillermo Bautista4 Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, 02139

[4] 毛琼，李小民，王正军．基于规则的无人机编队队形构建与重构控制方法 [J/OL]．系统工程与电子技术.

附件一：PPT

附件二：组队申请报告

附件三：课题申请书

附件四：现场照片