

同行专家业内评价意见书编号: 20250854452

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名: 林温博

学号: 22260034

申报工程师职称专业类别（领域）: 电子信息

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月26日



填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。



一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

我系统掌握了计算机科学与控制工程领域的基础理论知识，特别是在人工智能、优化算法和机器人学等方向具备扎实的理论基础。熟悉线性代数、概率论、数值计算等数学工具，能够熟练应用于路径规划建模与算法分析。在专业技术方面，深入研究了单智能体系统中的路径规划算法，包括A*、Dijkstra、RRT等传统方法。同时，我重点研究了多智能体路径规划中的关键算法，掌握了CBS、PBS等多智能体路径规划主流算法，并具备一定的创新能力和工程实现能力。此外，熟悉C++、Python等机器人系统开发工具，能够将算法有效部署于仿真和实际平台中，具备较强的综合运用能力和工程实践能力。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

1. 参与智能云脑模型推理加速项目，通过云、边缘和终端设备的协同工作，将计算任务合理分配到云端和边缘设备，提高推理效率，保护用户隐私，优化资源使用，实现深度学习模型推理的加速。
2. 参与北口兵器所任务理解与自主决策项目，本项目旨在通过利用知识库以及行为树使机器人能够理解并执行复杂3217任务。
3. 参与长三角科技创新共同体联合攻关项目，本项目旨在打造面向综合性复杂工业场景的智能移动机器人协同系统，具备快响应、高柔性、强适应性、易扩展性等特点。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

参与长三角科技创新共同体联合攻关项目，主要研究目标是设计一种能够在连续空间下执行路径规划的算法，能够支持不同尺寸和运动学模型的移动机器人集群。技术难点在于传统非柔性的多智能体路径规划算法基于离散地图，规划轨迹分段线性，难以被具有非完整约束的智能体准确执行，而额外的轨迹优化无疑会降低整体规划速度，导致系统运行效率下降。此外，考虑到工业仓储环境下任务流的持续生成以及库位空间资源的限制，在保障系统长期稳定运行的同时合理规划狭窄巷道等特殊路段下的路径，也是亟待解决的难题。项目在离线规划方面提出了一种基于优先级搜索的多智能体柔性路径规划算法。该算法采用双层搜索结构：高层搜索构建优先级二叉树，检测并收集多智能体间的所有冲突；低层搜索解决连续空间下的单智能体路径规划问题。为解决传统低层搜索算法计算效率低且无法适应连续空间的问题，提出了加权混合安全间隔路径规划算法。此外，引入并改进了子节点部分拓展、目标位置推理和自适应影响力优先级三种增强策略，以减少冗余节点并筛选关键冲突，该算法可以在连续空间中为大量不同尺寸和运动学模型的智能体规划无冲突路径。在覆盖不同地图尺寸和智能体数量的测试中，平均规划时间低于 10

秒；在线规划方面，提出了一种引入任务排序和优先级继承的在线多智能体柔性路径规划方法。该方法将滚动时域碰撞解决算法集成到基于优先级搜索的路径规划算法中，以固定周期进行重规划和路径下发执行。考虑到算法与外部任务分配器的解耦关系，采用混合粒子群优化算法对任务序列进行排序，即以曼哈顿距离优化任务之间的到达顺序。同时，为增强相邻规划之间的连贯性并提升单次规划的效率，引入了优先级继承机制。该方法有效解决了多任务场景下的在线路径规划问题，冗余路径减少，单次规划时间优于基准算法，每百秒系统吞吐量在仿真环境下超过

70；在窄巷道场景中，提出了一种基于交通管制规则的优先级搜索算法，赋予算法在特殊路况下的求解能力该方法能够有效解决因高优先级智能体“自私”行为引发的巷道死锁问题。



在巷道承载最大智能体数量的情况下，平均规划时间低于 15 秒，具备良好的适应性。整体而言，上述算法不仅提升了系统的实时规划能力和任务吞吐量，还有效避免了狭窄环境中的死锁问题。在路径规划成功率、计算效率和特殊场景适配能力方面，算法均优于基准算法，展现出较强的实际应用价值和扩展潜力，为工业仓储环境中的多智能体路径规划提供了一种高效、灵活的解决方案。



1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩: 84 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间: 1.5 年(要求1年及以上) 考核成绩: 84 分
本人承诺	
个人声明: 本人上述所填资料均为真实有效, 如有虚假, 愿承担一切责任, 特此声明! 申报人签名: 林程博	



22260034

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： ☒ 优秀 ☐ 良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：  2015 年 5 月 15 日
申报材料 审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： ☐ 通过 ☐ 不通过（具体原因： 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260034		姓名：林温博		性别：男		学院：工程师学院		专业：电子信息			学制：2.5年				
毕业时最低应获：26.0学分				已获得：29.0学分				入学年月：2022-09			毕业年月：				
学位证书号：						毕业证书号：						授予学位：			
学习时间		课程名称		备注	学分	成绩	课程性质	学习时间		课程名称		备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期		研究生英语			2.0	免修	公共学位课	2022-2023学年冬季学期		产业技术发展前沿			1.5	89	专业学位课
2022-2023学年秋季学期		工程技术创新前沿			1.5	85	专业学位课	2022-2023学年春季学期		自然辩证法概论			1.0	84	公共学位课
2022-2023学年秋季学期		研究生英语能力提升			1.0	免修	跨专业课	2022-2023学年春夏学期		制造物联网技术			2.0	70	专业选修课
2022-2023学年秋季学期		研究生英语基础技能			1.0	免修	公共学位课	2022-2023学年春夏学期		优化算法			3.0	87	专业选修课
2022-2023学年秋冬学期		工程伦理			2.0	90	公共学位课	2022-2023学年春夏学期		高阶工程认知实践			3.0	88	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期		研究生论文写作指导			1.0	88	专业学位课	2022-2023学年春夏学期		人工智能制造技术			3.0	85	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期		智能工业机器人及其应用			3.0	85	专业选修课			硕士生读书报告			2.0	通过	
2022-2023学年冬季学期		新时代中国特色社会主义思想理论与实践			2.0	89	公共学位课								

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章
成绩校核人：张梦依
打印日期：2025-06-08

Multi-Agent Path Finding With Heterogeneous Geometric and Kinematic Constraints in Continuous Space

Wenbo Lin , Wei Song , Qiuguo Zhu , and Shiqiang Zhu 

Abstract—Multi-Agent Path Finding (MAPF) represents a pivotal area of research within multi-agent systems. Existing algorithms typically discretize the movement space of agents into grid or topology, neglecting agents' geometric characteristics and kinematic constraints. This limitation hampers their applicability and efficiency in practical industrial scenarios. In this paper, we propose a Priority-Based Search algorithm for heterogeneous mobile robots working in continuous space, addressing both geometric and kinematic constraints. This algorithm, named Continuous-space Heterogeneous Priority-Based Search (CHPBS), employs a two-level search structure and a priority tree for collision detection. To expedite single-agent path finding in continuous space, we introduce a Weighted Hybrid Safe Interval Path Planning algorithm (WHSIPP_d). Furthermore, we present three strategies to enhance our algorithm, collectively termed Enhanced-CHPBS (ECHPBS): Partial Expansion, Target Reasoning, and Adaptive Induced Priority. Comparative analysis against two baseline algorithms on a specialized benchmark demonstrates that ECHPBS achieves a success rate of 100% on a 100 m × 100 m map featuring 50 agents, with an average runtime of under 1 s, and maintains the same 100% success rate on a 300 m × 300 m map with 100 agents.

Index Terms—Multi-agent system, path finding, mobile robot.

I. INTRODUCTION

MULTI-Agent Path Finding (MAPF) is a problem in which multiple agents must collaboratively determine paths from their start locations to specified goals using known environmental information. During their movement, agents must avoid colliding with obstacles and other agents. MAPF has various applications, including autonomous warehouse pick-up

and delivery [1], [2], automated aircraft ground handling [3], automated container terminals [4], and strategic games [5].

MAPF has been shown to be NP-hard [6], [7]. Algorithms for solving this problem are generally categorized as either optimal or sub-optimal. Conflict-Based Search (CBS) [8], a prominent optimal algorithm, uses two-level search: the high-level maintains a constraint binary tree, while the low-level employs a single-agent path finding algorithm to generate paths that satisfy constraints. This method is worthy when the number of agents is relatively small. However, the state space and computational costs grow exponentially with the number of agents, making many methods inefficient. Sub-optimal algorithms, such as Enhanced-CBS (ECBS) [9], Explicit Estimation CBS (EECBS) [10], Hierarchical Multi-Agent Path Planner (HMAPP) [11], Priority-Based Search (PBS) [12] and MAPF-LNS2 based on large neighborhood search [13], trade off optimality for efficiency. However, all of these algorithms make several simplifying assumptions for MAPF. These include discretizing the agents' movement space into topological or grid map and defining agents as points or discs occupying vertexes or grid cells, which do not satisfy kinematic constraints.

In practical industrial scenarios, agents need to move in continuous space with unique geometric characteristics and kinematic constraints. Li et al. [14] introduced the Large Agent MAPF (LA-MAPF), allowing agents to occupy more than one grid cell, and proposed a Multi-Constraint CBS algorithm for 2D and 3D environments, though with limited action spaces. Li et al. [15] addressed MAPF for multi-robot systems with non-holonomic constraints by utilizing ECBS for a coarse search and a back-end trajectory optimization module to produce collision-free paths. However, this mathematical optimization approach often requires significant computational costs. Solis et al. [16] presented an efficient and scalable MAPF solver that generalizes CBS to continuous space. Wen et al. [17] proposed the CL-CBS algorithm to solve the Car-Like MAPF (CL-MAPF) problem, where agents have vehicle-like rectangular features and adhere to Ackermann kinematic constraints. The trajectory produced by CL-CBS does not require secondary optimization and can be directly applied to practical industrial scenarios. McBeth et al. [18] proposed a topological guidance RRT planner combined with CBS for deadlock resolution in continuous space. Nevertheless, due to the optimality of CBS, the constraint binary tree becomes quite large, resulting in high computational costs and a low success rate.

Received 15 July 2024; accepted 18 November 2024. Date of publication 4 December 2024; date of current version 11 December 2024. This article was recommended for publication by Associate Editor Ryan Williams and Editor M. Ani Hsieh upon evaluation of the reviewers' comments. This work was supported in part by the Key R&D Program of Zhejiang under Grant 2023CSJGG1000 and in part by the National Natural Science Foundation of China under Grant U21A20488. (Corresponding author: Wei Song.)

Wenbo Lin is with the Faculty of Polytechnic, Electronic Information Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China (e-mail: wenbolin@zju.edu.cn).

Wei Song is with the Department of Computer and Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China, and also with the Zhejiang Lab, Hangzhou 310027, China (e-mail: songwei_zju@163.com).

Qiuguo Zhu is with the College of Control Science and Engineering, Faculty of Polytechnic, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China (e-mail: qgzhu@zju.edu.cn).

Shiqiang Zhu is with the Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan 316000, China (e-mail: sqzhu@sfp.zju.edu.cn).

Digital Object Identifier 10.1109/LRA.2024.3511435



310015

杭州市拱墅区万达商业中心4幢3单元1019室 杭州浙科专利事务所(普通合伙)
孙孟辉(0571-87186928)

发文日:

2025年01月21日



申请号: 202510089400.2

发文序号: 2025012101085280

专利申请受理通知书

根据专利法第28条及其实施细则第43条、第44条的规定,申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 2025100894002

申请日: 2025年01月21日

申请人: 浙江大学

发明人: 宋伟,林温博,朱秋国,朱世强

发明创造名称: 一种基于优先级的异构移动机器人柔性路径规划方法

经核实,国家知识产权局确认收到文件如下:

权利要求书 1份2页,权利要求项数: 9项

说明书 1份8页

说明书附图 1份3页

说明书摘要 1份1页

专利代理委托书 1份2页

发明专利请求书 1份5页

实质审查请求书 文件份数: 1份

申请方案卷号: 2510111

提示:

1.申请人收到专利申请受理通知书之后,认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时,可以向国家知识产权局请求更正。

2.申请人收到专利申请受理通知书之后,再向国家知识产权局办理各种手续时,均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 自动受理

联系电话: 010-62356655

审查部门: 初审及流程管理部





310015

杭州市拱墅区万达商业中心4幢3单元1019室 杭州浙科专利事务所(普通合伙)
孙孟辉(0571-87186928)

发文日:

2025年01月21日



申请号: 202510089405.5

发文序号: 2025012101085680

专利申请受理通知书

根据专利法第28条及其实施细则第43条、第44条的规定,申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 2025100894055

申请日: 2025年01月21日

申请人: 浙江大学

发明人: 宋伟,林温博,朱秋国,朱世强

发明创造名称: 耦合多任务排序和优先级继承的多智能体路径规划方法

经核实,国家知识产权局确认收到文件如下:

权利要求书 1份2页,权利要求项数: 9项

说明书 1份8页

说明书附图 1份2页

说明书摘要 1份1页

专利代理委托书 1份2页

发明专利请求书 1份5页

实质审查请求书 文件份数: 1份

申请方案卷号: 2510110

提示:

1.申请人收到专利申请受理通知书之后,认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时,可以向国家知识产权局请求更正。

2.申请人收到专利申请受理通知书之后,再向国家知识产权局办理各种手续时,均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 自动受理

联系电话: 010-62356655

审查部门: 初审及流程管理部

