

重慶大學

国家级大学生创新训练项目 申报书



项目名称： 基于 SLAM 的机器狗动态避障方法研究

学 院： 自动化学院

指导教师： 宋永端

项目组成员： 张聪毅 王赛宇 张艳锴

教务处制

2020 年 05 月 16 日

填写说明

- 1、凡申报国家级大学生创新训练项目必须填写申报书。
- 2、向学校报送本申报书时，一式 3 份，并报送申报书电子文档。
- 3、本表填写内容必须与事实相符，表达准确，数字一律填写阿拉伯数字。
- 4、打印格式：
 - (1) 纸张为 A4 大小，双面打印；
 - (2) 文中小标题为四号、仿宋、加黑；
 - (3) 栏内正文为小四号、仿宋。

项目名称	基于 SLAM 的机器狗动态避障方法研究				
项目所属学科	一级学科代码及名称	二级学科代码及名称	三级学科代码及名称		
	120 信息科学与系统科学	41310 控制科学与技术	4131040 自动化仪器仪表与装置		
项目开展支撑平台	智慧无人系统重庆市重点实验室				
项目组人数	3	项目实施时间	2020 年 6 月至 2021 年 6 月		
项目所需经费	10000.00 元				
项目组成员（含项目申请学生）					
姓 名	学 号	年级专业班	联系电话	签名	
张聪毅	20184174	2018 级自动化 02 班	13350533252		
王赛宇	20184199	2018 级计算机科学技术卓越班	13969003119		
张艳锴	20185813	2018 级计算机科学技术 01 班	17667379428		
主要指导教师					
姓 名	工号	职 称	学 院	联系电话	签名
宋永端	B0242	教授	自动化学院	13910903023	
赖俊峰	30193	工程师	自动化学院	13368271861	
项目来源					
项目来源	请打“√” 1. 学生自拟（ ） 2. 教师科研项目转化（√） 3. 学生承担社会、企业委托项目等（ ）				
项目名称（限项目来源为 2.3 填写）	基于脑操作性条件反射的控制理论及其在柔性灵巧欠驱机器人系统中的应用	来源项目类别（限项目来源为 2.3 填写）	国家自然科学基金项目		

注：1. “项目开展支撑平台”指支撑本项目开展的校、院级教学实验中心、科研实验室等，表中填写有关实验室名称，可以多个。

2. “来源项目类别”栏填写“863 项目”、“973 项目”、“国家自然科学基金项目”、“省级自然科学基金项目”、“教师横向科研项目”、“企业、社会委托项目”以及其他项目标识。

<p>主要研究内容</p> <p>(限 200 字内)</p>	<p>移动机器人由于应用广泛并且能适应复杂环境所以受到了国内外研究者的重视。对于移动机器人而言，自主导航能力则是实现自主运动的基础。本课题项目在基于这样的背景研究下，通过结合及时定位与地图构建（SLAM）技术、路径规划与动态避障算法，使得机器人在未知场景中利用传感器探测出的环境信息，实时规划出一条从起始点到目标点的最优无碰撞路径，同时利用摄像头实现对路径中的运动障碍物进行检测、预测、躲避，最终完成运动。</p>
<p>项目研究难点及创新点</p>	<p>1. 项目研究难点</p> <p>1) 动态避障</p> <p>机器人需要从初始点出发到达目标点，但对所要经过的环境未知，即机器人对环境没有任何先验知识。环境中存在的动态障碍物，障碍物的速度大小与速度方向都未知。需要通过机器人自身所带的传感器处理器进行实时探测、进而预测障碍物运动形式、躲避障碍物、重新规划路线，难度很大。</p> <p>2) 立体匹配</p> <p>机器人摄像头图像的失真与噪音、物体的镜面反射、不同角度观察物体的尺寸不同、不同视角下光线不同、重复纹理、低纹理区域、透明物体、物体间的复杂遮挡关系。传统研究方法主要利用各类几何关系或先验信息，而近年来随着深度学习的流行，对几何方法的研究似有所忽视。总的来说，大多数使用深度学习的研究者实际上能够跳过特征抽取、特征匹配、相机参数求解等手动环节，直接由图像来模拟 3D 物体形状，但这一过程中需要学习的特征过于庞大、复杂。这也就造成了今天的立体匹配相关的神经网络的体积与其效果之间的不对称。</p> <p>3) 模型训练成本高、周期长</p> <p>避障过程中对运动中障碍物的运动状态识别十分重要，但是识别模型训练所需要的处理器计算能力较高，需要处理的各种场景条件下的图像均比较复杂，计算的时间成本较高，因此对相应的目标检测效率有所影响。训练完成之后的模型必然存在种种不足，需要进行反复测试，根据测试结果的反馈需要不断对模型进行参数调优，极端情况下可能换用其他模型，因此开发的周期较长。</p>

	<p>2. 项目创新点</p> <p>1) 结合华为产品 Altas 200 DK 和华为云计算平台</p> <p>Atlas 200 Developer Kit 是以昇腾 310 处理器为核心的开发者板形态产品，帮助 AI 应用的开发者快速熟悉开发环境，其主要功能是将昇腾 AI 处理器的核心功能通过该板上的外围接口开放出来，方便用户快速简捷的接入并使用昇腾 AI 处理器强大的处理能力。利用华为云和 Altas 200 DK 计算平台的云连接和云部署，可以为机器狗自身硬件需求减负，实现轻量部署和轻量计算。利用华为云提供的解决方案可以更加高效地完成模型迭代工作。</p> <p>2) 用神经网络方法训练传统方法提取的特征</p> <p>将传统方法提取的特征放入神经网络中进行训练这种方法可以通过降低神经网络获取特征的难度来提高神经网络的速度、降低网络体积，而且还可以避免网络通过局限的数据集学到错误的特征，能够增加算法的鲁棒性。</p> <p>3) 路径规划与智能避障算法的改进与组合使用</p> <p>在构建好地图之后利用算法进行最佳路线的规划，以及在检测到障碍之后对路径重新进行规划都需要比较灵活的算法使用，多样性以及组合性都需要许多创新思维。目前可以利用的路径算法很多，例如基于优化 D*Lite 算法的移动机器人路径规划算法和基于改进蚁群算法的移动机器人路径规划算法，若要在实物上实现路径规划以及智能避障，可以对这些算法以及更多的算法进行优化以及组合。</p>
--	--

一、项目组成员分工

姓名	主要项目研究内容
张聪毅	路径规划以及智能避障
王赛宇	视觉 SLAM
张艳锴	机器狗避障识别以及其他模块辅助开发

二、立项背景和依据（包括研究目的、意义、国内外研究现状分析及评价）

1. 目的和意义

随着现代科学技术的不断革新进步，移动机器人正在各行各业中逐步代替人工，将人类从繁忙劳务中解放。特别是随着物联网、大数据、云计算、人工智能等新理念、智能控制技术等相关领域的迅猛发展，使得移动机器人的技术应用迸发出了无限的可能性，移动机器人的自主化也得到了很大的提升，机器人操控系统也从初代的远程遥控操控方式逐渐发展成了自主式智能控制，机器人的工作运动环境也开拓成向未知领域探索。由于移动机器人运动的环境大多未知所以需要其依靠自身搭载的传感器，感知和分析环境信息，结合特定的任务，逐步定位从而规划出从定位点到目标点的运动路线同时实现自动导航控制。导航技术是移动机器人实现自主运行的核心技术之一，也是研究难点。地图的构建、自主定位、避障和路径规划等都是导航领域十分关键的技术。

基于这样的目的和意义，本课题利用 SLAM 技术来实现机器人对未知工作环境的地图构建和对自身的定位，根据已经收集到的周围环境数据不断跟新构建更加精准的地图，连续修正自身未知和姿态从而达到更加准确的定位目的。同时，本课题将避障与路径规划相结合，从而实现移动机器人在未知环境中能够安全自主运行到目标点的目的。本课题的开展，对移动机器人在未知环境中导航技术研究有着推动意义。

2. 国内外研究现状分析与评价

在国际上，SLAM 技术的概念早在 1988 年就被提出^[1]，随后各种形式的 SLAM 技术，SLAM 技术可按照传感器的类型分类，其中激光雷达可以分为二维激光雷达和三维激光雷达，三维激光雷达目前包括多线激光雷达和固态激光雷达；相机可以分为单目相机、双目相机、RGB-D 相机。目前研究中单目视觉 SLAM 和多传感器信息融合 SLAM 是热点，前者具有成本低、信息丰富和应用简单的特点，但是缺少尺度信息且在相机移动过快时算法会失效；SVO^[2]（半直接法视觉里程计）虽然能在主流 CPU 上实时快速运行，但是没有后端优化和回环检测；LSD-SLAM^[3-4]以单目为主，能够进行半稠密建图，但对 CPU 的性能要求比较高；VINS-Mono^[5-6]将单目视觉和 IMU 数据进行紧耦合融合，但是在使用网络摄像头和 MPU6050 等传感器的时候会有较大误差甚至导致跟踪失败。目前视觉与其他传感器融合的 SLAM 算法都是以紧耦合的方式为主，在传感器数据层面直接进行融合。但是紧耦合的方式不利于系统的扩展，稳定性较差，当有传感器失灵的时候会直接导致整个系统无法工作。

在移动机器人避障功能的研究中，避障的控制多采用各种传感器获取机器人本

身的运动状态和外部环境障碍数据来辅助完成障碍避障功能。现阶段针对基于多传感器信息融合的移动机器人避障的研究已经有了一定的成效，但是这仍是机器人智能化运动发展中的一个重要研究方向^[7]。除此之外，长期以来对移动机器人的避障研究都是基于结构化静态环境的，由于环境静态且经过长时间的研究所以如今在结构化静态环境中的避障技术已经有了很多行之有效的解决方法，能够辅助移动机器人较好的导航任务^[8-9]。但是在动态环境中，随时随地都有可能出现各种干扰移动机器人正常定位与导航的障碍物^[10]，因为障碍物的不可预料性导致在结构化静态环境中的很多避障算法都不能满足动态环境的需求。虽然近年来国内外诸多学者都已经开始研究动态环境下的移动机器人避障导航技术，也不断地提出了改进方法，但是仍有很多亟需解决的问题。

参考文献：

- [1] Smith R, Self M, Cheeseman P. Solution of Visual-Inertial Structure from Motion[J]. International Journal of Computer Vision, 2014, 106(2):138-152.
- [2] Mur-Artal R, Tardos J D. ORB-SLAM2: An Open-Source SLAM System for Monocular, Stereo, and RGB-D Cameras[J]. IEEE Transactions on Robotics, 2017, PP(99):1-8.
- [3] Engel J, Stueckler J, Cremers D. Large-Scale Direct SLAM with Stereo Cameras[C] // IEEE / RJS International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS). IEEE,2015.
- [4] 王希彬,赵国荣,刘旭. 基于碰撞圆锥的无人机 SLAM 避障技术研究[J]. 飞航导弹, 2012, 000(008):62-64.
- [5] Qin T, Li P, Shen S. VINS-Mono: A Robust and Versatile Monocular Visual-Inertial State Estimator[J]. 2017.
- [6] Lin Y, Gao F, Qin T, et al. Autonomous aerial navigation using monocular visual-inertial fusion[J]. Journal of Field Robotics, 2017(4).
- [7] Cheng Yuanhang, Zhang Chunlan. Mobile Robot Obstacle Avoidance Based on Multi-Sensor Information Fusion Technology[J]. Applied Mechanics & Materials, 2014, 490-491:168-171.
- [8] 李庆中, 顾伟康, 叶秀清. 基于遗传算法的移动机器人动态避障路径规划方法[J]. 模式识别与人工智能, 2002(02):35-40.
- [9] 陈华华, 杜歆, 顾伟康. 基于神经网络和遗传算法的机器人动态避障路径规划[J]. 传感技术学报, 2004(04):24-28.
- [10] 杨小菊. 基于多传感器信息融合的移动机器人避障研究[D]. 沈阳:沈阳理工大学, 2017.

三、主要研究内容和目标（包括研究方案和技术路线）

1. 主要研究内容

研究分为以下三个方向：

1) 视觉 SLAM

前期阅读《SLAM 十四讲》和 ORB-SLAM 框架源码对 SLAM 基础进行储备，尝试利用传感器采集实际环境中的各类型原始数据，尝试结合视觉里程计进行不同时刻移动目标相对位置的估算，尝试进行三维地图构建；

中期阅读《多视图几何》和《数字图像处理》，寻找可以与现有框架整合的点，并对机器狗进行 SLAM 系统部署，将 SLAM 与机器狗相结合，利用机器狗平台完成对实际环境的地图构建和定位；

后期结合相关文献根据实际调试情况对机器狗 SLAM 系统进行进一步的优化，申请专利发表论文。

2) 动态避障和路径规划

前期主要阅读理解有关路径规划方面的文献资料，理解各种路径规划方式的原理，尝试进行仿真；同时学习有关避障方面的知识，理解动态避障的基本思想与原理，并且也尝试进行仿真；

中期主要结合前期工作，将路径规划和避障相结合进行优化仿真并且尝试在机器狗平台上进行平台实验；

后期则根据实际的平台实验情况，不断地优化调试，同时可以考虑申请专利撰写论文。

3) 基于 SLAM 的机器狗动态避障方法研究

结合前两个主要研究内容，完成基于 SLAM 的机器狗动态避障研究。

2. 研究目标

根据实现程度，有如下的期望实现功能：（需要技术指标，在可控范围内）

1) 完成基于机器狗平台的高精度建图和定位

通过利用视觉 SLAM 技术完成机器狗对未知环境的地图扫描构建，计划最高实现地图精度能够达到 0.01 米；

同时完成机器狗在环境中的即时定位反馈至上位机，完成对机器狗运动的实时定位；

2) 完成基于机器狗平台的路径规划和动态避障

通过结合路径规划算法和避障算法，使得机器狗能够在已成功建图的环境里从初始点到目标点的最优化路径运动；

同时，针对环境中可能会出现的其他能够对机器狗自主运动造成干扰的运动体，通过动态避障的相关算法使机器狗完成避障运动并且能够同时完成新的最优路径规划运动，从而继续运动。

注：如为重庆大学大学生科研训练计划（SRTP）立项项目需写明在原项目的基础上进一步深入研究的内容。

四、研究计划和进度

本课题预计执行时间为一年，计划在一年的时间内完成以下研究计划：

- 2020 年 6 月至 2020 年 8 月：
安装配置环境，深入学习 C++ 与 Linux 操作系统；学习 SLAM 相关理论知识，完成相关的基本部署；
- 2020 年 9 月至 2020 年 10 月：
torch 框架学习与深度学习方法学习；学习基于特征与深度学习融合算法的立体匹配设计；
- 2020 年 11 月至 2020 年 12 月：
将改进后的立体匹配方法与 ORB-SLAM 进行融合，进行仿真实验和平台实验；
- 2021 年 1 月至 2021 年 2 月：
学习路径规划算法与动态避障算法，完成仿真实验与平台实验；
- 2021 年 3 月至 2021 年 4 月：
融合 ORB-SLAM、路径规划和动态避障的相关成果，完成相关实验；撰写论文；
- 2021 年 5 月至 2021 年 6 月：
撰写论文，整理细节申请专利；继续仿真实验和平台实验的调参优化；整理全部工作，书写报告，准备答辩。

1、 预期提供的成果及形式

- 1，高水平论文一篇（SCI、EI 检索）；
- 2，申请发明专利或软件著作权 1 项；
- 3，具有 SLAM 视觉地图构建、智能避障路径规划以及手势识别功能的机狗设备 1 套；
- 4，系统研究报告 1 份。

六、项目研究支撑条件

目前团队已经具有 Laikago 四足机器狗，Rplidar 1A 激光雷达，ROS 仿真环境，并且具备 100 平米的场地，同时团队与华为公司、重庆迪比科技研究院、重庆星际智能装备研究院合作共同研发。

该小组成员，已经完成了 C 语言、C++、Python 语言的学习，具备良好的编程专业能力以及较强的模块开发能力。

队长张聪毅，自动化专业 2018 级本科学生，有着 C 语言、Python 语言项目经验，有较强自学和逻辑推导能力，责任心强，有良好组织沟通能力，吃苦耐劳，能够按时完成任务。

队员王赛宇，计算机科学与技术卓越班 2018 级本科学生，有程序设计大赛 ACM、美模 MCM 参赛经验，熟悉基于 Python 的机器学习开发，熟悉相关机器学习算法。

队员张艳锴，计算机科学与技术 2018 级本科学生，拥有但不限于 Java 的程序设计开发、Spring 相关框架的开发经验，了解常见机器学习算法。

同时，小组成员已经修完了一定的统计学和高等代数知识，具备良好的数学素养以解决各类算法问题的能力。除此之外，小组成员还阅读研究了一定的相关领域的文献以及论文（如 ICCV、CVPR 等），具备学习相关的基础知识和视野。

综上所述，小组在导师的带领下具备完成该项目的能力。

七、项目经费概算

序号	开支内容	金额（元）
1	服务器租赁	2000.00
2	书籍、资料购买	1000.00
3	元器件、材料	4000.00
4	出版/文献/信息传播/知识产权事务费	3000.00
5		
合计		10000.00

八、其他

是否重庆大学大学生科研训练计划（SRTP）立项项目		是□， 否 <input checked="" type="checkbox"/>
经费配套说明	无	

九、评审、审批意见

学院推荐意见：

主管院长签字：

（公 章）

年 月 日

校评审专家组评审意见：

专家组组长签字：

年 月 日

学校意见：

(公 章)

年 月 日