

附件 3:

第十六届大学生“三小”项目申报书



作品名称: 基于 ROS 的多功能智能服务机器人设计

院系班级: 190432 班

申报者姓名: 杨庆鹏

类别:

☐ 一般项目

南昌航空大学创新创业实践学院制

2021 年 5 月

A 申报者与指导者情况

申报者情况	姓名	杨庆鹏		出生年月	2000, 11, 30	院系	信息工程学院
	专业	电子信息科学与技术		学号	19043225	政治面貌	群众
	通讯地址	江西省南昌市东湖区沙井街道丰和南大道 696 号南昌航空大学				邮编	330063
						电话	18170565045
其他作者情况	姓 名	性别	年龄	政治面貌	院系、学号		
	刘学东	男	20	共青团员	信息工程学院 19043219		
	舒敏	男	19	共青团员	信息工程学院 19043221		
	刘泉	男	20	共青团员	信息工程学院 19041118		
指导者情况	姓名	王忠华		出生年月		院系	信息工程学院
	学历学位	博士		职称	副教授	职务	教师
	通讯地址	南昌航空大学 F406				邮编	33000
						电话	13767198313
其他指导者情况	姓 名	学历学位	职称	职务	院系		

B 申报项目情况

项目全称	
项目分类	<input checked="" type="checkbox"/> A. 自然科学类（包含但不限于机械与控制、信息技术、数理、生命科学、能源化工等） <input type="checkbox"/> B. 社会科学类（包含但不限于哲学、经济、社会、法律、教育、管理、艺术设计、体育等） <input type="checkbox"/> C. 文艺创作类（包含但不限于小说、电影、DV、动漫、歌曲等）
项目的选题依据 与目的意义 [为什么要申报]	<p>根据国家统计报告指出，截止 2021 年 5 月 11 日发布的第 7 次全国人口普查结果显示，我国 60 岁及以上的人口为 2.6 亿人，占 18.7%，人口老龄化程度进一步加深，另一方面当前中国各类残疾人总数超过 8500 万，占全国的 6.2%。老年人和残疾人护理将会成为社会的重要负担，智能服务机器人可以再一定程度上完成家庭常规劳动作业及陪伴老人及孩子。针对这一现象，研制智能服务机器人是具有实际的实用价值和广泛的社会需求的。</p> <p>除此之外，随着 21 世纪计算机技术，人工智能等多学科的发展，机器人可以完成智能安防，银行等服务业引导工作及学校，医院甚至普通家庭中的一些应用。在这之中，无人驾驶汽车的发展格外迅速，无人驾驶汽车也是一个特殊的移动机器人，他是根据自身对周围环境的感知、理解，自行进行控制，实现高效率，高可靠性的驾驶，无人驾驶他目前是公认的决定未来一个国家的经济的核心技术之一，无人驾驶的产业涵盖的领域特别广 涉及的领域从制造业到 IT、到 5G、到互联网，对整个消费的拉动很大，他是国民经济的一个非常重要的支柱产业。</p> <p>如今机器人技术已经广泛且显著的影响着人类的生活方式及</p>

	<p>思维方式。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中提出，要把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。在列举出的几大前沿科技中，人工智能、量子信息、集成电路被放在了前三位，在一定程度上说明了其重要性上的优先级。</p> <p>ROS 智能机器人不仅具有重要的理论研究价值,而且具有广阔的应用前景。</p>
<p>项目的研究对象、内容与框架</p> <p>[申报的是什么]</p>	<p>研究对象：基于 ros 的 slam 智能机器人</p> <p>内容：项目分为硬件和软件部分</p> <p>小车总体框架</p> <p>智能小车通常通过激光雷达和视觉等传感器扫描 周围实时环境，并且实时估计自身在环境中的位置，并通过基本的建图算法构建 2D 的栅格地图模型。在此 基础上根据构建好的 2D 栅格地图规划出从起点到 终点的最佳全局路径和行驶。在途中小车可能会碰 到实时障碍物，则需要进行局部路径规划以避开障碍物。</p> <p>为实现上述功能，本文设计的小车通过激光雷达和里程计等传感器来获取信息，并传给装有 ROS 系统的小车工控机，然后采用常用的 Gmapping 建图 算法构建地图，基于自适应蒙特卡罗定位法（AM— CL）定位与全局和局部路径规划进行小车从</p>

起点 到终点的导航。并基于 ROS 系统的 Python 编程实现 了智能小车对最近目标的跟随功能。

小车采用小型工控机作为上位机，STM32 嵌入式单片机为下位机，主要分为硬件和软件两大部分。 硬件方面有小车底座、上位机、激光雷达、摄像头、和小车底层控制板 STM32 的选择与安装。软件方面包 括编写小车底层控制板与工控机之间的基于 ROS 接口等相关程序，开发相关功能包，从而实现建图导航等功能，进一步编写相关 Linux 相关脚本和启动文件等。总体框架和控制、数据传输路线如图 1 所示，硬件连接如图 2 所示。

总体框架

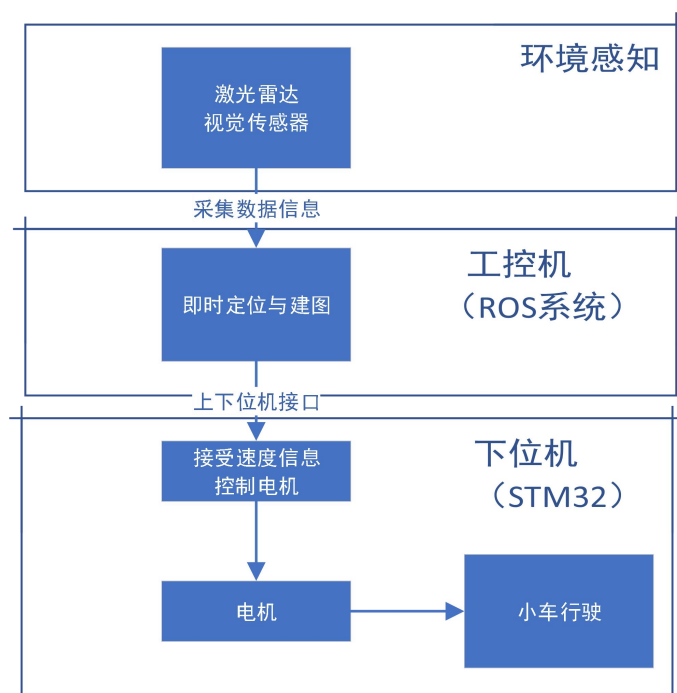


图 1

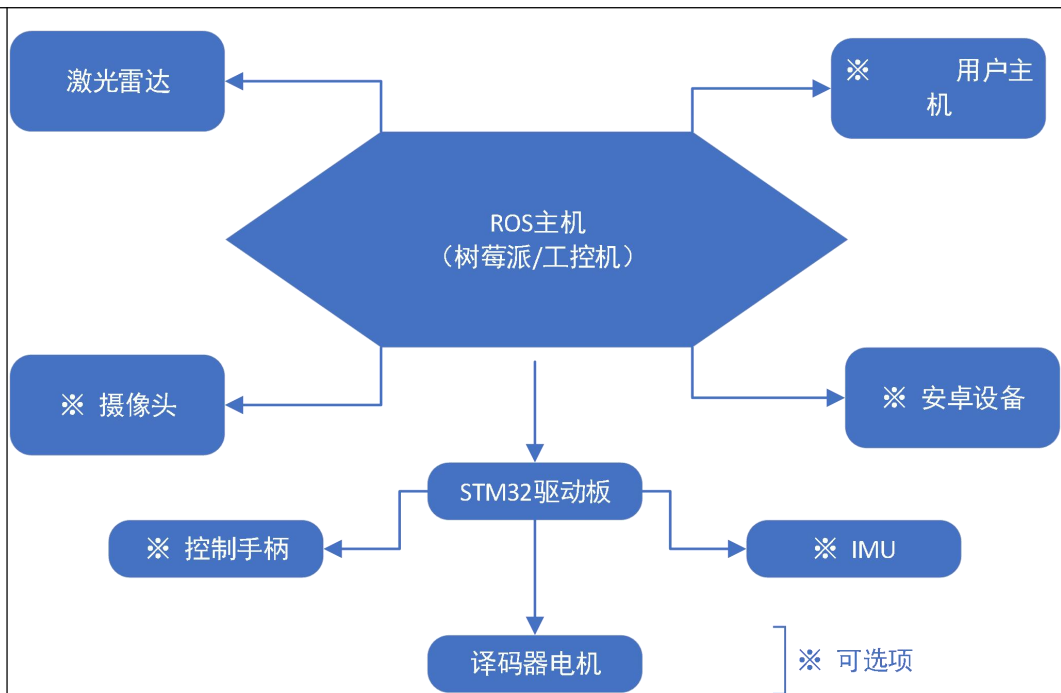


图 2 硬件连接示意图

硬件部分：

1. 小车底座和上位机选择

最底层采用长方形铝合金结构作为小车底座，其目的是铝合金材料质轻且柔软，强度和耐腐蚀性各方面都比较优秀，可放置电机和转向舵机等。底座上方为多层静电防护亚克力板，可放置 STM32 嵌入式单片机，激光雷达和摄像头等设备。上位机采用 Ubuntu 系统并且安装 ROS 系统，为保证程序处理和运算速度，为后续加入更多模块，并且考虑重量、成本、体积、性价比等因素，选用树莓派 4B Raspberry Pi 4G 内存来运行 ROS 系统

2. 传感器选择

本智能小车设计主要是应用于室内环境，活动范围小，因此

对传感器要求不高。

(1) 激光雷达

激光雷达主要采集用来构建 2D 栅格地图的深度信息，按激光光束分为单线和多线。可以 360° 全方位的采集周围距离信息。采用低成本单线激光雷达 Rplidar a1 为宜。该雷达为思岚公司生产，价格低廉，可靠性高，能够确保二维栅格地图构建的质量，具体技术参数见表 1。

表 1 Rplidar A1 技术参数

指标名称	参数	指标名称	参数
扫描距离	0 ~ 12m	扫描角度	0° ~ 360°
测量频率	>2000Hz	测距分辨率	< 0.5mm
角度分辨率	< 1°	扫描频率	5.5HZ

深度相机

采用乐视 Astra Pro 三合一体感深度相机，能够以图像形式探测周围环境，精度高。主要由 RGB 摄像头和红外线发射器等组成分别用于生成彩色图像和获取图像深度信息，因此可以模拟出立体视觉效果。深度相机不仅可以高清晰地成像，还能获得物体的深度信息。因此也可用于构建二维栅格地图。具体技术参数见表 2

表 2 深度相机技术参数

指标名称	参数	指标名称	参数
工作距离	0.6 ~ 4m	延迟	30 ~ 45ms
深度分辨率	1280*1024	RGB	1080P
深度视场角	58.4*45.5	接口	USB2.0

3. 下位机选择

(1) STM32 是一种应用广泛嵌入式处理器，是一款 属于 ARM 公司的 Cortex-M 内核的 32 位微控制器，本文具体采用高性能 STM32F407 芯片作为底层控制 驱动板，如图 3 所示为小车下位机控制板，具有 4 路 直流电机和电机驱动 4 路 AB 相编码器接口 1 路 USB 串口接口 3 路 TTL 串口接口 1 路超时传感器接 口 1 路遥控器手柄接口 1 路 9 自由度 IMU。通过编 写与上位机接口程序，接收来自上位机的控制命令。

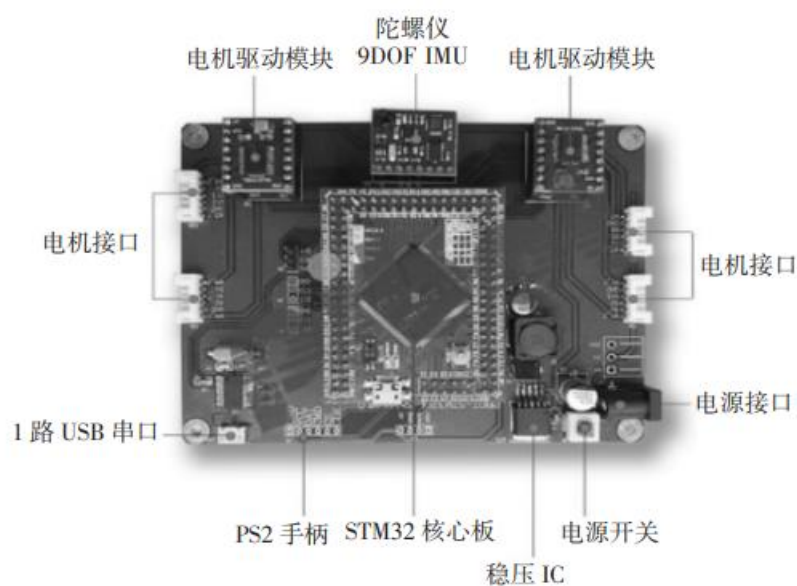


图 3 小车下位机控制板

软件部分

1. ROS 总体框架

ROS 是一个用于编写机器人软件的灵活框架，它集成了大量的工具、库、协议等。ROS 架构可以分成三层操作系统层、

中间层和应用层。从系统实现的角度看，ROS 也可以分为计算图、文件系统、和开源社区三个层次。从计算图来看小车的软件系统以节点为单位独立运行，并且通过端对端的拓扑结构进行连接，根据节点之间的通信关系设计通信模式。节点为一些执行运算任务的进程，可以称之为软件模块。

文件系统是在 ROS 中用来管理和组织源代码，不同功能的文件被放置在不同的文件夹下，是开发者基于 ROS 进行相关功能软件设计开发的重点部分，相关功能包算法源代码就是存放在文件系统中

2. 文件系统

工作空间和功能包括：工作空间是存放源代码、脚本语言、等文件的文件夹。功能包是完成一项具体功能的代码，脚本，配置文件，编译规则等信息的集合。在 ROS 框架下修改节点之间通信接口程序，即可使用相关功能包模块。如果使用个人编写的功能包来实现特定的二次开发功能，则需要对功能包进行编译和执行。除功能包开发之外，开发者可在 ROS 中编写相关 Launch 文件快速运行多个节点，并且自动配置参数以达到操作简便的目的[8]。在本小车软件系统中，所有的节点、相关配置以及启动文件均在功能包中实现。下文对小车在 ROS 框架中的软件模块做具体介绍

3. 小车软件模块

根据小车所要实现的功能，在 ROS 下主要搭建了几

个重要软件模块节点。

(1) 建图节点：用来提供智能小车建图的算法，在 ROS 开源社区中有多种 SLAM 算法功能包，如 Gmapping、Hector 等算法，可在此基础上进行二次开发或直接使用，其中基于 Rbpf 粒子滤波的开源 SLAM 算法 Gmapping[9] 是其中最为常用和成熟的地图构建算法，其框架如图 4 所示

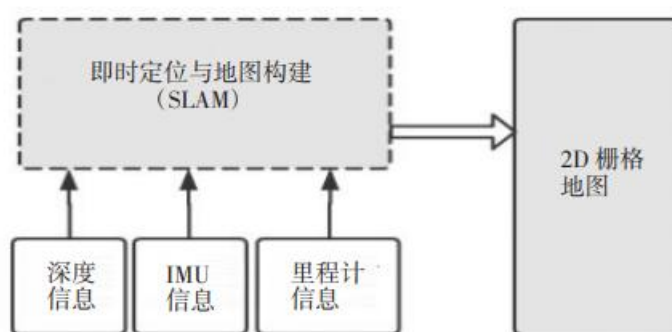


图 4 Gmapping 总体框架

Gmapping 功能包构成了小车的建图节点，用来订阅小车采集到的深度信息、IMU 信息和里程计信息，在 ROS 中完成一些必要参数的配置，即可用该功能包构建出一张基于概率的二维栅格地图。相比 Hector 建图算法对激光雷达频率要求更低、鲁棒性更高，地图构建精度高，构建小场景地图所需要的计算量较小。因此非常适合室内移动智能小车的地图构建。

(2) 导航功能包节点：该节点主要为智能小车提供路径规划和小车定位两个算法，在 ROS 中主要由 Move_base 功能包和 AMCL 功能包来完成，前者用来实现智能小车的路径规划。后者用来实现二维地图中的智能小车的定位，该定位一种概率

定位，以 2D 方式对小车定位，它实现了自适应（或者 KLD-采样）蒙特卡洛定位法，使用粒子滤波跟踪智能小车在已知地图中的位姿，最后由 Move_base 功能包发布速度控制话题给智能小车驱动节点来控制小车移动。如图 5 所示为小车导航框架。

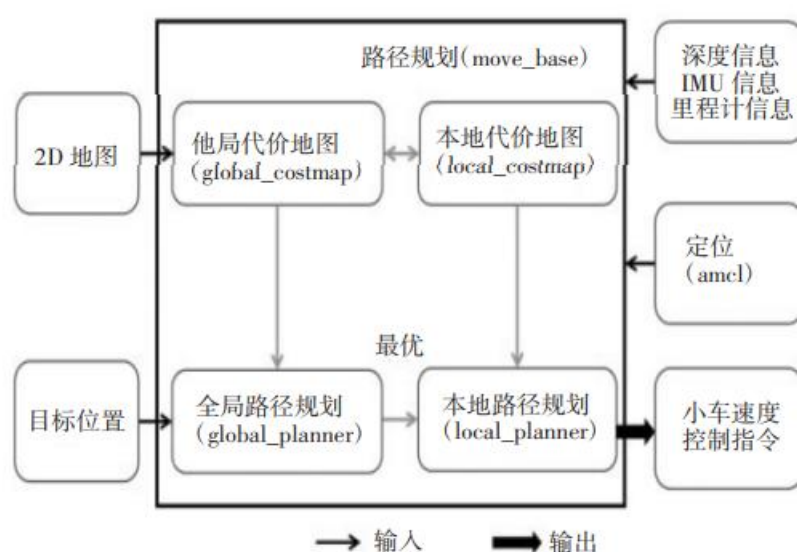


图 5 小车导航框架

全局路径规划：全局路径规划是根据给定的目标位置和全局地图进行总体路径的规划。在导航中，使用 Dijkstra 或 A* 算法进行全局路径的规划，计算出小车到目标位置的最优路线，作为小车的全局路线。

本地实时规划：又称为局部路径规划，往往由于动态障碍物的出现，智能小车无法严格按照全局路线行驶，否则会碰到障碍物。使用动态窗口算法（DWA）搜索躲避动态障碍物的多条路径，根据是否会撞击障碍物，和所需要的时间的长短作为评价标准选取最优路径，同时计算行驶周期内的线速度和

角速度，在 ROS 中以 Geometry_msgs/Twist 类型发布速度话题控制命令传给小车驱动节点，该节点订阅该话题信息，并且解析命令中的线速度、角速度完成小车相应的运动，避免与动态出现的障碍物发生碰撞。

(3) 跟随功能包节点：使用 Python 语言实现，由于 Python 语言是一种解释型语言，不需要编译，在 ROS 框架下编写好后直接在 Linux 终端执行即可，使用方便。该节点提供一种简单的跟随算法，跟随距离智能小车最近的物体，跟随前确保被跟随物体离智能小车最近，再运行功能包。智能小车通过激光雷达扫描到最近的物体，根据设定的距离，同样以 Geometry_msgs/Twist 类型发布速度话题控制命令传给小车驱动节点，完成小车的相应运动。如图 6 为小车雷达跟随框架。

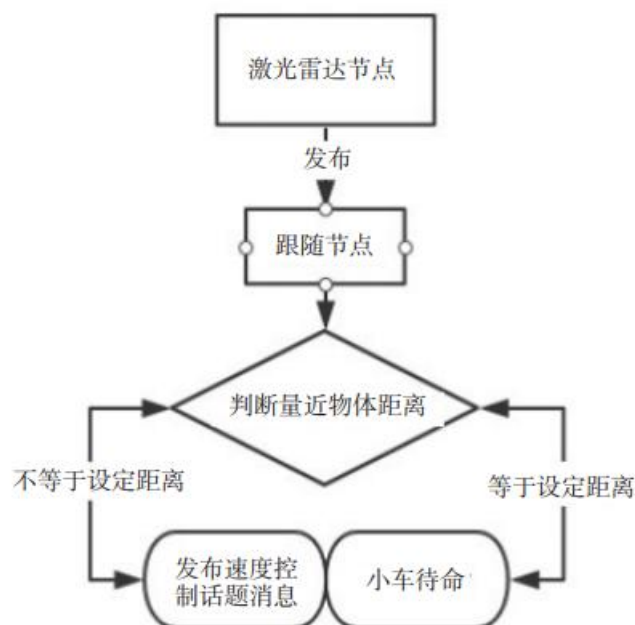


图 6 雷达跟随简单框架

	<p>（4）智能小车驱动节点：该节点主要用于小车控制板与工控机（上位机）之间的通讯，如订阅导航避障节点发布速度控制话题消息，进一步驱动电机让小车移动。（5）激光雷达节点：ROS 在 Sensor_msgs 包中定义了专用数据类型 LaserScan，该类型用来存储了单线激光雷达所扫描的消息，激光雷达以 ROS 中话题的通信形式发布出去，供其他节点订阅，如建图节点和导航节点。</p>
<p>国内外研究现状及述评。</p> <p>[前人有了哪些研究]</p>	<p>上世纪 60 年代末，国外各研究机构就开始了和服务机器人研究在 1972 年，斯坦福研究院 Nils Nilsson 以及 Charles Rose 研制出了一种典型的能够自主移动的机器人 Shakey，率先展开了对移动机器人技术的研发。Khatib 提出了高级机器人助手的概念和多助手运动协作与目标定位，不过当时无法解决目标定位的精度问题，同时对其可靠性及其安全性也无法保证。</p> <p>在 20 世纪后期，传感器与信息处理技术，微控制器等领域发展迅速，带动了机器人技术的发展，服务机器人的研制取得了显著的成果，并且各大科技大国里得到了广泛的应用——居家，导游，商场，医疗等。</p> <p>Bonn 大学研发了 Rhino 和 Minerva 机器人，两者均可进行简单的人机交互；Minerva 的人机交互能力更强，同时也支持远程访问的功能。Hermes 拥有双机械臂，双目 CCD 传感器，能够与人进行语音通话并帮助人们倒水。Carnegie Mellon 的 Chips 可以通过触摸屏来增强视听交互效果。韩国科学技术研究院研发的家庭自</p>

主服务机器人 Mahru-Z 可以为人类完成诸如扫地，陪护等多种家庭常规劳动。

国外很多科研团队、企业及机器人初创公司都有应用 ROS 做出的科研学术或开发的产品。ClearPath 公司基于 ROS 研发的全自动无人驾驶越野车，最高可以通过 6 寸起伏的地面。



同时，ClearPath 推出的 TurtleBot 广泛用于科研平台，它拥有完备的移动平台，各类传感器的支持，以及自有的一套控制系统，从软件到硬件实行全面开源供开发者以及科研人员学习实验。他的移动平台是 iRobot 公司研发的 Create 机器人所拥有的的移动平台，传感器有微软公司出品的 Kinect 一代体感外设，ADI 公司的单轴陀螺仪以及其他各类传感器，ROS 运行环境是打在 Ubuntu 系统的笔记本。

国内研究现状

国内也有很多高校在研究机器人领域中使用 ROS 操作系统，上海交通大学、国防科技大学、浙江大学、北京邮电大学、北京理工大学等研究所均有使用 ROS 进行学术研究或开发相关产品。华中科技大学研发的 HRMRP (Hybird Real-time Mobile Robot Platform, 混合实时移动机器人平台) 运用 Ros 实现机器人 SLAM 自主导航、人脸识别、机械臂控制等功能。并与 2013 年 OpenHW 大赛中获得了全国一等奖，中国智能机器人学术会议上发表学术论文一篇。其他各个高校也均有使用 ROS 进行学术研究及产品研发工作。

我国在服务机器人领域的研究晚于国外先进科技大国且当前差距较大。但是该领域深受国家重视，在国家各项计划的支持下国内各院校、科研院所在服务机器人领域都在不断地努力追赶国外水平。在这期间无论是理论方面还是实际应用方面，我国都在该领域取得骄人的成绩。如 1995 年清华大学自主研发的医疗护理机器人、中科院自主研发的 CLIMBER 移动机器人、2010 年上海交通大学自主研发的“蛟龙”智能轮椅和“蛟龙”导游机器人等。

[1] 胡春旭，熊泉，任慰，等. 基于嵌入式系统的室内移动机器人定位与导航[J]. 华中科技大学学报（自然科学版），

2013，41（S1）：254-257，266.

[2] 朱舜，王立群，何军. 一种基于 SLAM 技术的智能小车的开发与构建[J]. 电子测量技术，2018，41（14）：21-25.

[3] 王法胜，赵清杰. 一种用于解决非线性滤波问题的新型粒子滤波算法[J]. 计算机学报，2008（2）：346-352.

[4] 杨曦. 基于 ROS 的自主移动机器人系统设计[D]. 西安：长安大学，2019.

[5] 徐榕键. 基于 ROS 的室内行人跟踪移动机器人系统研究[D]. 成都：电子科技大学，2020.

[6] 张建伟，张立伟，胡颖，等. 开源机器人操作系统——ROS[M]. 北京：科学出版社，2012.

[7] 摩根·奎格利，等. ROS 机器人编程实践[M]. 张天雷，等译. 北京：机械工业出版社，2017.

[8] 胡春旭. ROS 机器人开发实践[M]. 北京：机械工业出版社，

	<p>2018.</p> <p>[9] 王依人, 邓国庆, 刘勇, 等. 基于激光雷达传感器的 RBPFSLAM 系统优化设计[J]. 传感器与微系统, 2017, 36 (9): 77-80.</p> <p>[10] 王功业. 基于激光雷达的机器人导航系统设计与实现[D]. 天津: 天津工业大学, 2019.</p>
<p>项目的科学性、先进性、独特性</p> <p>[本项目申报的价值有哪些]</p>	<p>AI 的突破、核心零部件成本的下降、以及“先驱”产品的出现, 带动了智能服务机器人在近两年的兴起。一时间, 语音交互、对话问答、人脸识别、环境感知、自主定位导航, 几乎成了智能机器人产品的标配。</p> <p>家用领域, 以音箱、台灯、宠物、IP 形象为原型的智能机器人层出不穷, 开始通过早教、陪伴、智能管家的身份走进家庭; 扫地、拖地、擦窗等清洁机器人也实现了壁障导航和路线规划功能, 性能不断提升, 在家居领域深入普及。</p> <p>商用领域, 智能机器人开始出现在银行、酒店、商场、医院、学校等不同场所, 扮演着客服、迎宾、导购、助理、助教的角色; 包含在大机器人领域的无人机和自动驾驶汽车, 智能化程度也持续提升, 有望在未来重塑物流运输、交通出行等传统行业商业模式和竞争格局。</p> <p>然而, 由于技术和工程化还不成熟、消费者期望过高、习惯尚未养成, 以及向传统行业渗透需要时间, 当前, 智能服务机器</p>

	<p>人市场只见资本及企业发力，不见需求端应用普及。业内对于服务机器人市场的爆发时点也是众说纷纭。</p> <p>在现有情况下很难有一个适合的服务机器人，未来的老龄化人口将对这种服务机器人有大量需求。</p>
<p>本项目研究方面已经取得的成果。如课题立项、专利授权、论文发表、竞赛获奖、产品研制、媒体报道等。</p> <p>[申报的基础是什么]</p>	<p>本人现在正在参加中国大学生电子设计大赛</p>

C 项目研究计划与预算

<p>实施计划与步骤</p> <p>[准备怎么做项目]</p>	<p>第一阶段（2021.6-2021.10）：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 收集国内外相关研究资料，加强理论知识学习； ◆ 构建系统整体框架； ◆ 购买器件，对硬件进行调试，搭建好平台 <p>第二阶段（2021.10-2021.4）：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 软件算法的学习 ◆ 实际的仿真 <p>第三阶段（2021.4-2021.6）：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 系统实现； ◆ 功能测试与评估并进行细节优化；
---------------------------------	--

	第四阶段 ◆ 撰写归纳总结材料；					
预期结题成果名称与形式（至少一项，可多选）	名称： <u>基于 ROS 的多功能智能机器人设计</u> <input checked="" type="checkbox"/> 实物 <input type="checkbox"/> 专利 <input type="checkbox"/> 软件 <input type="checkbox"/> 调查报告 <input type="checkbox"/> 论文 <input type="checkbox"/> 文艺影视作品 <input type="checkbox"/> 其他_____					
经费预算	序号	项目	金额(元)	序号	项目	金额(元)
	1	元器件、耗材	1700	7	打印复印费	100
	2	市内交通费	100	8	加工费	
	3	调研及学术交流费	200	9	其他（注明项目）	
	4	论文版面费				
	5	专利申请费				
	6	图书资料费	300		合 计 (元)	2400

D 项目评审表

学院评审组评审意见	<input type="checkbox"/> 立项 资助金额_____（元） <input type="checkbox"/> 不立项
-----------	---

	(院盖章):	年 月 日
--	--------	-------