

基于 SLAM 的智能避障机器人

王超¹ 孟凡裕¹

WANG Chao MENG Fanyu

摘要

针对现实中人工智能里的智能避障问题,提出一种基于同时定位与建图(simultaneous localization and mapping, SLAM)的智能避障功能。首先,机器人操作系统(robot operating system, ROS)里面的 Rviz 进行建模,然后,使用 Turtlebot3 机器人对环境实时扫描建立场景,最后,基于 SLAM 技术,实现建模、扫描障碍物从而进行自主导航以及智能避障,实现小车的智能避障功能。实验结果表明,所提方案不仅解决了人工智能的避障问题,同时通过 SLAM 算法,实现判断路线并躲避障碍,最终到达制定目标,无论障碍物是静止还是运动的,都可以对其识别判断并进行躲避。

关键词

SLAM 技术;智能避障;智能机器人;Gmapping Turtlebot3a

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2022.09.054

0 引言

随着社会的进步和科技的“火箭式”发展,人工智能体现在生活的各个方面。智能机器人、智能小车等科技的产物已经逐渐从实验室走出来,进入大众视野,为生活带来各种便利,逐渐进入智能化时代。智能避障机器人体现在生活的各个方面,例如:无人驾驶技术;菜鸟裹裹的无人车自动配送快递;家用智能扫地机;京东的自动导引运输车(automated guided vehicle, AGV)物流机器人等等。其中 SLAM 技术与智能避障紧密相关。20 世纪 80 年代,Smith 等^[1]提出 SLAM,SLAM 概念由此问世。经过 40 多年的演变,SLAM 往两种方向发展,第一种是定位方向,第二种是算法分析。国外在 SLAM 上面的研究已经有很多年,从最初的概念提出到现在应用到军事、医疗、航天各个领域,发展已日渐成熟。我国 SLAM 起步较晚,但是随着国家对科技的重视,移动机器人的研究一直是高校和企业的研究热点,我国在智能制造 2025 中明确指出要重点发展机器人技术,推进智能制造业的发展^[2],至今我国相关的 SLAM 技术企业有很多,例如百度、腾讯、京东、阿里等等。比较常见的有虚拟现实(virtual reality, VR)技术,无人驾驶、AGV 领域等等。我国的 SLAM 技术也在日趋成熟。近些年,SLAM 使用距离传感器利用高频率进行构图,另外激光雷达在特定环境中无法建立环境,所以逐渐研制出多种传感器融合的 SLAM 算法。

SLAM 最开始是利用卡尔曼滤波的最大相似来解决问题,经过短时间的发展开始寻找 SLAM 的特点,例如观赏性、一

致性和收敛性。现在的 SLAM 和很多传感器相互融合联合使用,虽然 SLAM 的使用范围越来越复杂,但是更加贴近了现实生活。由于其逐渐优化的技术被很多学者认为是实现智能避障的关键。

目前,路径规划主要分为三个部分:局部路径规划、全局路径规划和混合路径规划。局部路径是指机器人利用自身传感器感知周围环境,但它感知到的是局部环境,导致规划的路径不是最优路径,并可能进入死胡同,最终无法完成路径规划。全局路径规划是指机器人在已知地图环境中规划路径,与局部路径相比,机器人可以更快、更准确地规划出最短路径,但缺点是无法显示完整的地图环境,因此计算量非常大。常用的算法有 Dijkstra 算法、PRM 算法、A* 算法等。顾名思义,混合路径结合了两种算法的优点,摒弃了两种算法的缺点,实现了到目标点的最优算法和最短路径。常用的算法包括 A* 算法等。

1 SLAM 关键技术

简单来讲,SLAM 主要解决两个问题:定位问题以及地图寻址问题。机器人在进入一个全新的环境之后,SLAM 就可以帮助机器人来感知周围的环境和相对空间关系,确定机器人周围环境并且在行进过程中避开环境中的障碍,最终可以保证机器人安全无风险的到达目的地。

现在主流的 SLAM 算法包括 HectorSLAM、Gmapping、KartoSLAM、LagoSLAM、CoreSLAM。每种算法都有自己的优点。HectorSLAM 使用高更新频率扫描仪,通常用于无人机或地图不均匀的场景。Gmapping 是一个开源算法。它的优点是可以快速准确地构建小型场景地图。因此,本实验使用了 Gmapping 算法。KartoSLAM 是一种基于图优化的算法,通常用于建筑环境。LagoSLAM 是一个基于线性近似图的算法。它的优点是不需要像其他算法那样进行初始假设。CoreSLAM 的算法有两个步骤,一个是距离计算,另一个是

1. 山东华宇工学院信息工程学院 山东德州 253034

[基金项目] 山东华宇工学院课堂教学改革试点课程《Python 程序设计(A)》(2022KG-27);基于 ROS 平台的服务机器人研究(No. 2021KJ15);“PBL+TBL”教学模式在 Python 课程实践教学中的应用(No. 2021JG03)等项目的资助

地图更新。它的优点是性能损失最小。

SLAM 总共分为三个步骤：感知、定位、建图，最终解决的问题是确定机器人位置。感知：机器人使用传感器来感知周围环境；定位：通过传感器发来的消息来确定自身的位置；建图：通过传感器往返的信息推测出机器人自身的位置和周围的环境，反映出实时地图。以往都是通过机器人运动估计位置信息，但是和现实的有很大的差距，会导致误差。可以使用测距单元来帮助确定位置。SLAM 的重点是扩展卡尔曼滤波器（ExtendedKalmanFilter，EKF）。EKF 中文叫拓展卡曼尔滤波，它是对含有噪音的信号进行处理，最终可以得出离真实信号最接近的值。EKF 能够不间断地确定机器人的位置信息。

2 Turtlebot3 硬件设备设计

智能移动机器人控制系统采用顶层与底层控制相结合的方式来实现地图构建与自主导航^[3]。此次使用的机器人硬件为 Turtlebot3。TurtleBot3 是一个小型、低成本、可编程的基于 ROS 的移动机器人，其目标是在不牺牲功能和品质的前提下大幅缩小平台的尺寸，并降低价格^[4]。此机器人在研究方面和教育方面的应用起到了很大的作用，且被机器人爱好者所喜爱。Turtlebot3 的树莓派型号是树莓派 3 型号 B+，它拥有 2.4 GHz 和 5 GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac 无线局域网，作用是可以通过局域网和电脑相连，实现电脑控制 Turtlebot3，Turtlebot3 的双传感器接口（dual Sensor interface，DSI）显示端口与树莓派相连接，可以更加直观地看到树莓派系统。里面含有 Micro SD 卡，存储了树莓派系统和其他存储文件。Turtlebot3 使用的主控面板是 OpenCR，拥有 OpenCR，Turtlebot3 就可以使用 ROS 系统，为 Turtlebot3 提供了必需的软硬件设备。除了这些设备，还有激光雷达 LDS。LDS 通俗来讲就是将 Turtlebot3 周围环境的障碍扫描出来，把获取的数据实时地上传到 Ubuntu 系统上面。

2.1 激光雷达 LDS

根据使用的传感器不同，移动机器人 SLAM 技术可分为视觉 SLAM^[5]和激光 SLAM 技术。由于本次实验使用的是激光 SLAM 技术，所以机器人的传感器是激光雷达激光直接成型技术（laser direct structuring，LDS）。

表 1 激光雷达 LDS

检测距离	120 ~ 3500 mm
质量	低于 125 g
扫描范围	300±10 r/min
角范围	360°

如表 1 所示，它是激光雷达 LDSMoxel 51021-0800 的基本参数。它具有重量轻、扫描范围宽、无死角扫描、扫描距离长等优点。作为机器人的传感器，激光雷达相当于它的眼睛。激光雷达通过发射红外线扫描周围环境，让机器人通过反射的信息了解周围环境，从而进行下一步操作。

2.2 Raspberry Pi 3 Model B+

如表 2 所示，它是 Raspberry Pi 3 Model B+ 的基本参数。树莓派的 DSI 端口用于连接显示器，便于直观显示操作。Micro SD 存储树莓派系统和存储文件，USB 接口用于连接键盘鼠标或者 U 盘，便于进行代码输入以及文件转移。

表 2 Raspberry Pi 3 Model B+

CPU	Broadcom BCM2837B0 64 bit 1.4 GHz
直流电源输入	5 V/2.5 A
内存	1 GB
端口	DSI、Micro SD、USB

2.3 OpenCR 控制板

如表 3 所示，它是树莓派的主控制板，由它来执行车轮的行动，控制机器人的行动。它具有尺寸小、待机时间长等优点。

表 3 OpenCR 控制板

微控制器	STM32F747NGH6
LED	LD2（红/绿）：USB 通信
电源	LI-PO 11.1V 1,800 mAh 19.98 Wh
尺寸	105（W）×75（D）mm

3 软件系统设计

3.1 VMware Workstation Pro

近些年来随着科技的发展，电脑系统的发展也愈发成熟。经过多年的发展，现在常见的操作系统有 Linux 系统、Windows 系统、Mac 系统、Chrome OS 系统等等。因为很多操作系统支持的软件不同，并且日常在学习和生活中不止用到一种系统，所以单系统已经不能满足人们的使用，VMware 应运而生。VMware 是一款虚拟机软件，能在软件里面下载不同的操作系统，从而进行学习和研究。本次实验的 Ubuntu 系统是在 VMware 软件里面进行运行。

3.2 Ubuntu

Linux 操作系统最初是由芬兰人 Linus Torvalds 开发出来的，由于其开放性和可移植性等优点，逐渐得到广泛应用。Ubuntu 系统是 Linux 系统的衍生，Ubuntu 页面简洁清晰，含有 GUI 界面，易于上手，由于它可用性高、更新速度快等优点，所以越来越多的人开始使用 Ubuntu 系统，这也是为什么本实验选择 Ubuntu 系统的原因。

3.3 Gmapping

Gmapping 首次出现于 2007 年，它弥补了 EKLf 和传统粒子滤波方法的不足，应用改进的自适应粒子滤波器（rao-blackwellized particle filters，RBPF）算法完成 SLAM^[6]。Gmapping 是基于滤波 SLAM 框架的开源算法，也是目前应用最多的 2D SLAM 方法，利用激光点云数据结合机器人的位姿进行定位建图^[7]。Gmapping 的作用是通过激光雷达和里程计（Odometry）信息估计自身状态，同时对环境地图进行构建^[8]。Gmapping 使用了车轮的信息，让 Gmapping 对于激光雷达的依赖没有那么高，因为车轮的里程计提供了 Turtlebot3 的位姿先验。因此，在权衡优缺点后，Gmapping 算法是一个更好的算法。

3.4 ROS 中的 Rviz

ROS 控制系统是一个机器人软件平台, 提供一些标准操作系统服务^[9]。ROS 的 Rviz 软件主要实现数据的可视化管理。通过该工具, 能够快速方便地进行机器人的相关开发, 而且 ROS 是一款通用的分布式机器人软件开发框架, 各功能模块通过松耦合的方式组合, 互不干涉, 许多应用功能代码都能够重复利用, 可以有效提高工作效率^[10]。Rviz 工具可用于路径规划、地图创建和智能避障。本实验将使用 Rviz 进行建图以及导航。

4 实验测试分析

4.1 创建地图

第一步, 打开 Ubuntu 系统。打开 Ubuntu 的命令行窗口, 输入: `ssh pi@ (树莓派的 ip 地址)` 实现树莓派与主机连接。第二步是重新打开命令行窗口, 输入 `roscore` 以启动 ros 系统。其次, 在远程连接到树莓派的控制面板上输入: `roslaunch turtlebot3_bringup turtlebot3_robot.launch` 启动 burger, 继续输入 `export TURTLEBOT3_MODEL=burge`, `roslaunch turtlebot3_SLAM turtlebot3_SLAM.launch` 这两个语句, 作用是开启 Rviz, ROS 的 SLAM 算法是 Gmapping, Rviz 开启后即可进行下一步的操作。第三步, 重新打开一个控制面板, 输入 `export TURTLEBOT3_MODEL=burge`、`roslaunch turtlebot3_teleop turtlebot3_teleop_key.launch` 这两句代码的作用是可以让主机上的键盘操作机器人, 使 Turtlebot 移动, 在移动的同时雷达勘测周围的环境, 即可完成地图建模。第四步, 建图完成后保存地图, 打开命令行窗口, 输入: `roslaunch map_server map_saver -f ~/map`, 此代码的作用是保存刚才扫描好的地图。打开命令行窗口输入: `roslaunch turtlebot3_example turtlebot3_obstacle.launch`, 当机器人在检测到前方有障碍物的时候, 它就会自己调整好角度绕过障碍物。如图 1 所示, 为地图建模的结果。

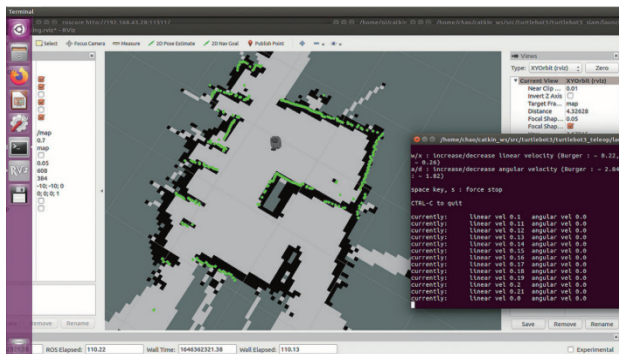


图 1 地图建模

本次实验是经过多次试验后成功, 实验中存在很多不可控因素。最开始是用泡沫搭建的环境, 机器人扫描不出来, 导致实验失败。之后重新搭建环境, 在实验中, 原本一些位置是无障碍的, 可是机器人却能扫描出来物体, 可能是因为光的折射导致激光雷达对前方造成了误判, 机器人会一直调整, 但不会前进, 造成实验失败。在建模中发现周围含有许多干扰项, 例如光反射、环境嘈杂、机房主机太多, 导致机

器人建图与实际差距很大, 无法进行下一步实验。

4.2 自主导航

从 Ubuntu 上开启一个控制面板, 输入 `export TURTLEBOT3_MODEL=burger`、`roslaunch turtlebot3_navigation turtlebot3_navigation.launch map_file:=$HOME/map.yaml` 代码开启 Rviz, 在导航开始之前, TurtleBot3 需要勘测其地理位置和预设其行动轨迹, 选择菜单栏上面的 2D Pose Estimate 按钮, 鼠标单击就会在点击处出现一个绿色的大箭头, 该绿色箭头可以指定机器人目的地的标记。绿色箭头的根位置就是机器人的 x 和 y 位置, 此时即可确定机器人的位置, 箭头向前所指的方向是 Turtlebot3 正面所朝向的方向。一切准备就绪后, 通过导航 GUI 进行 `move` 命令。单击菜单中的 2D Nav Goal 按钮, 在目标方向单击, 将出现一个红色箭头。红色箭头可以使 Turtlebot3 到达指定的位置和方向。具体操作是, 给机器人选择一个目的地, 并通过拖动可以指定机器人的最终朝向, 然后机器人就会根据 Gmapping 的算法去往目标位置前进。机器人将根据地图的环境新建一条全新路径, 并且可以避开障碍物, 随其沿着路径移动。此时, 即使突然检测到障碍物, 机器人也会通过算法自动避开障碍物并且移动到目标点。如果点击之后没有出现红色的路径, 则证明目标不可达。在到达最终目的位置之前, 想要 Turtlebot3 停止, 则可以把 TurtleBot3 的当前位置修改为最终的目标位置。这样就完成了自动障碍以及自动导航。如图 2 所示。至此实验完成。

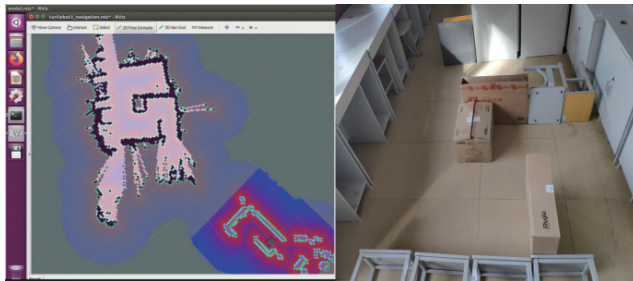


图 2 rviz 地图以及实验环境

5 展望

在新的时代和新的发展趋势下, 人工智能的发展趋于成熟。智能避障机器人的设计, 是可以按照预设的模式在各种环境中运行, 只需人为定制目标就可以完成预期达到的效果。此设计的独特之处是: 小车拥有一定的智能性, 可以自主躲避障碍, 对于目标地点具有自主导航功能。涉及的理论思想、设计思维以及实验过程等方面, 为日后智能避障机器人的发展提供一定的参考价值。同时, Turtlebot3 也可以往人工智能玩具方向发展, 弥补中国玩具市场技术含量的不足, 实现经济效益, 产生商业价值。Turtlebot3 还可以用于编程类课程, 例如: Python、C 语言等, 可以拓展程序设计类课程的知识, 同时为大学生创新创业类比赛提供一种新思路, 提高学生的程序设计能力。

6 结语

本文主要介绍了 SLAM 技术以及如何让小车实现避障功能,并且可以按照人们预想的方式到规定的位置。机器人是人工智能中很重要的发展方向,也是一个很重要的发展领域,拥有不凡的市场前景。本文基于 SLAM 对智能避障小车的应用,介绍了 SLAM 的关键技术,以及 Gmapping 开源算法和使用 Turtlebot3 的技术。借助激光雷达建立实时地图,规划路径,机器人可以主动躲避障碍物。该论文为后续智能避障机器人的研究提供一定的理论以及参考价值。

参考文献:

- [1] SMITH R, SELF M, CHEESEMAN P. Estimating 1987 IEEE International Conference on Robotics and Automation[C]. North-Holland: Proceedings, 1987.
- [2] 科技部. 中国智造 2025[EB/OL]. (2015-05-18)[2021-04-07]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n1234620/n1234623/c3843816/content.html>.
- [3] 杨俊驹. 动态环境下基于 ROS 的机器人路径规划技术研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2016.
- [4] 武丽霞. 多机器人系统分布式巡逻算法设计及实验验证[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2019.

(上接第 209 页)

6 结论

本文研究的基于脱机手写的智能阅卷系统有助于提高阅卷速度和准确率,提高阅卷的审阅效率。利用脱机手写识别系统辅助实现智能阅卷,不但可以减轻教师的阅卷负担,还可以适度的降低阅卷老师人为主观因素和卷面整洁程度等非能力等因素对判卷的影响,从而保证阅卷结果的准确性和可靠性,促进考试公平性。同时,智能阅卷能实现数据的统计分析,及时反馈测试结果,精准帮助学生老师找到薄弱环节,促进教学向智能化、精准化,个性化引导和创造性思维培养等方面。另外,在进行智能阅卷过程中将大量考生的答卷进行了图片化、数字化,从而生产海量的可供分析和使用的数据^[6],为后期的教学、教研、教改提供了宝贵的数据资源,为个性化教学指导和智慧教育保驾护航。

参考文献:

- [1] 徐锦峰. 人工智能在阅卷中的应用探讨[J]. 中国新通信, 2019, 21(5):55-56.
- [2] 何屹松,孙媛媛,汪张龙,等. 人工智能评测技术在大规模中英文作文阅卷中的应用探索[J]. 中国考试, 2018 (6):63-71.
- [3] 竺博,吴嘉嘉,何春江,等. 人工智能在手写文档识别分析中的技术演进[J]. 电子测试, 2019(13):5-8+48.

[5] MUR-ARTAL R, TARDÓS J D. Orb-slam2: An open-source slam system for monocular, stereo, and rgb-d cameras[J]. IEEE transactions on robotics, 2017, 33(5): 1255-1262.

[6] 吕希涛. 移动机器人 SLAM 与路径规划算法研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2020.

[7] 李阳. 基于 ROS 系统移动机器人 SLAM 算法研究与实现[D]. 西安: 西安工程大学, 2018.

[8] 张静,褚丽莉,陈佳. 浅谈智能家居 ROS 机器人语音控制实现[J]. 信息系统工程, 2020(1):16-17.

[9] 阳映雯,邓鹏,陈凯凯,等. 基于 ROS 系统的 SLAM 视觉智能勘察小车[J]. 南方农机, 2022, 53(5):19-21+52.

[10] LENTIN J. Mastering ROS for robotics programming [M]. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2015.

【作者简介】

王超(1994—), 通信作者(E-mail:1136202015@qq.com), 女, 山东烟台人, 助教, 研究方向: 现代教育技术、人工智能教学。

孟凡裕(2001—), 男, 山东德州人, 山东华宇工学院在读, 专业方向: 网络工程。

(收稿日期: 2022-04-13 修回日期: 2022-05-06)

[4] 许多青. 作业批改和讲评在反馈教学中的作用[J]. 物理教学, 2016, 38 (8):20-21+53.

[5] 柏雪. 基于自然语言处理的主观题智能阅卷技术[J]. 计算机光盘软件与应用, 2013, 16 (7):47-48.

[6] 何屹松,徐飞,刘惠,等. 新一代智能网上评卷系统的技术实现及在高考网评中的应用实例分析[J]. 中国考试, 2019(1): 57-65.

[7] 赵继印,郑蕊蕊,吴宝春,等. 脱机手写体汉字识别综述[J]. 电子学报, 2010, 38(2):405-411.

[8] 张敏,郭卫江,唐奇,等. 基于 B/S 的第三方物流管理系统设计与实现[J]. 企业科技与发展, 2019(9):93-95.

[9] 盘俊春. 批改口算作业的好助手: 爱作业[J]. 中国信息技术教育, 2018(8):51-52.

[10] 董洪丹,田精耘,陈茂娟,等. 大数据背景下的英语作文智能批改应用与实践研究:《大数据背景下的极课教育创新研究》子课题研究成果简述[J]. 教育科学论坛, 2017 (23):44-47.

【作者简介】

王玉珍(1976—), 女, 四川内江人, 学士, 内江师范学院副教授, 研究方向: 计算机基础教育、计算机应用。

(收稿日期: 2022-06-05 修回日期: 2022-07-01)