

ROS 系统的激光 SLAM 视觉智能勘察小车

许志明¹, 张秉天¹, 邹嘉俊¹, 王 凤¹, 鲁鹏程¹, 倪伟传^{2*}

(1. 中山大学新华学院 信息科学学院, 广东 广州 510520;

2. 中山大学新华学院 设备与实验室管理处, 广东 广州 510520)

摘 要:对于目前常用的定位系统(例如 GPS),在存在遮挡条件或者在室内执行任务时,往往会出现定位不准,无法识别区域位置等问题,这使得机器人在移动过程中无法正确地进行判断,很可能无法移动至目的地。针对移动机器人在未知环境下的定位不准,无法识别区域位置等问题,设计了一个 ROS 系统的激光 SLAM 视觉智能勘察小车,通过结合激光 SLAM 与深度摄像头,提升小车的数据采集能力,并结合 ROS 系统的图形化模拟环境,对智能小车的位置进行估计并构建地图,实现了小车的自主定位和导航。经测试,在室内或遮蔽环境下相比采用传统雷达 SLAM 或视觉 SLAM 具有更高的定位精度,并且反应快,可以进行实时地图构建,解决了在遮挡条件或者在室内执行任务时出现的问题,使得机器人在地图构建之后能够准确进行判断前往目的地。

关键词:智能小车;SLAM;ROS;地图构建

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)05-0084-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.05.016

Intelligent Survey Car Based on Laser SLAM Vision for ROS System

XU Zhi-ming¹, ZHANG Bing-tian¹, ZOU Jia-jun¹, WANG Feng¹,

LU Peng-cheng¹, NI Wei-chuan^{2*}

(1. School of Information Science, Xinhua College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510520, China;

2. Department of Equipment and Laboratory Management, Xinhua College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510520, China)

Abstract:For the commonly used positioning system, such as GPS, in the presence of occlusion conditions or when performing tasks indoors, there are often problems such as inaccurate positioning and inability to identify the position of the area, which makes the robot unable to correctly judge during the movement and probably unable to move to the destination. Aiming at the problem that the mobile robot is not positioned in the unknown environment and cannot identify the location of the area, a laser SLAM visual intelligent survey vehicle of ROS system is designed. By combining the laser SLAM and the depth camera, the data acquisition capability of the car is improved, and by combining with the graphical simulation environment of the ROS system, the location of the smart car is estimated and the map is constructed, so as to realize the autonomous positioning and navigation of the car. Compared with traditional radar SLAM or visual SLAM in indoor or shelter environment, it has higher positioning accuracy and faster response, and can be used for real-time map construction, which solves the problems in occlusion conditions or indoor tasks. So that the robot can accurately judge the destination after the map is built.

Key words:smart car;SLAM;ROS;map construction

0 引 言

近年来,智能小车在各方面的应用日益广泛,与之相关的技术已在国内外智能小车领域掀起研究热潮。

对环境的认识和定位从而实现自主导航是智能小车智能化的重要标志和特征。未知环境下的即时定位与地图构建(SLAM)一直是智能小车技术领域的研究热

收稿日期:2019-05-22

修回日期:2019-09-23

网络出版时间:2019-12-18

基金项目:2018 年度国家级大学生创新创业训练计划基金资助项目(201813902002);2018 年度广东大学生科技创新培育专项资金资助项目(505-pdjh18b0642,505-pdjh18b0643)

作者简介:许志明(1996-),男,研究方向为嵌入式系统、人工智能、物联网;通信作者:倪伟传(1990-),男,助理工程师,研究方向为图像处理、机器视觉。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20191218.1113.058.html>

点^[1-3]。智能移动机器人在自主性地执行外部任务时,往往需要自主导航系统或者定位技术的辅助,使得机器人能够根据系统地图提升移动至目的地,从而执行任务^[4-5]。然而对于目前常用的定位系统,例如 GPS,在存在遮挡条件或者在室内执行任务时,往往会出现定位不准,无法识别区域位置等问题,这使得机器人在移动过程中无法正确地进行判断,很可能无法移动至目的地。

为了解决移动机器人在移动至遮蔽环境或者室内时定位不准的问题,设计了 ROS 系统的激光 SLAM 视觉智能勘察小车。该系统采用的激光 SLAM 搭配视觉摄像头可以解决室内环境的物体定位及地图构建问题;采用的是开源 ROS 机器人操作平台来设计智能小车的控制系统,具备易掌握,易修改,易控制以及功能可扩展性强等特点,并通过 global planner 功能为小车规划从当前位置至目的地的导航路线,从而达到最优化,使其更加适用于现实生活之中。

1 系统总体设计

实现一种 ROS 系统的激光 SLAM 视觉智能勘察小车,采用了开源机器人系统 ROS^[6-7];ROS 开源工具拥有非常强大的图形化模拟环境,能够便捷地实现对机器人小车的控制;通过深度摄像头采集图像数据,实现人体识别,采用激光雷达结合 SLAM 技术^[8-10],可以实现测距、避障,以及室内外定位和自主导航功能。

系统的整体框架可以分为应用层、导航层、硬件驱动层和硬件层。在硬件层中,以 STM32 为主控核心,连接其他的驱动和功能模块外接电路。通过硬件层和硬件驱动层的结合,来实现整体系统各功能部件的运作。其中导航层主要是通过激光雷达和深度相机来实现自主导航与建图、避障等功能。通过在上位机接收该智能小车发送的数据,可以查看小车的建图数据及导航数据。

1.1 系统的硬件设计

本系统的电机驱动模块里采用的是 Stm32 驱动板,采用 STM32 作为电机的主控器是考虑到 STM32 芯片体积小,引脚结构功能全面,并且 STM32 有官方库文件,在进行编程时可以方便地使用其接口函数。而且使用 STM32 芯片进行开发的产品可移植性高,便于后期的再使用,STM32 的低功耗也是本系统将其作为电机驱动板的考虑原因之一。由于系统的智能小车所搭载的锂电池容量有限,为了得到更大的续航,需要将更多的能耗用于底轮驱动上,因此其他模块会尽量考虑节能问题。

图 1 为智能小车的整体外观结构的设计图,按照已构思好的外观设计图来对小车各部分硬件进行组装

搭配。其中最底层为小车的移动底轮与第一层承重板,第一层承重板上面是电机驱动板,ROS 主控板(采用的是树莓派 3B),锂电池,陀螺仪传感器。第二层承重板上面搭载激光雷达。第三层承重板上面搭载深度摄像头。

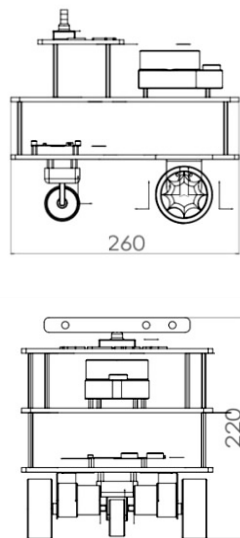


图 1 小车的整体设计图

1.2 系统的软件设计

系统的软件设计部分包括 ROS 控制系统设计、上位机控制界面设计、建图算法等。ROS 控制系统设计用于设计出跨平台的机器人控制系统;上位机采用 ROS 开发了简易的人机交互界面,运行的上位机系统是 Ubuntu 系统;而构建地图则是采用的激光 SLAM 搭配视觉摄像头来实现对室内环境的地图构建。

1.2.1 ROS 控制系统设计

在智能小车控制系统的设计上,采用的是 ROS 开源机器人系统设计工具。ROS 提供了许多易于调用的功能函数,在设计智能小车控制系统时,便于使用这些功能函数来设计智能小车的控制程序,提高了开发效率。并且采用 ROS 进行设计,可以设计跨平台的机器人控制系统,降低了硬件选择成本。

为了有效创建地图并进行定位和导航^[11-12],在智能小车移动的过程中,采用激光雷达可以确定小车在地图上的位置,实现定位功能;而对于小车移动路线的导航问题,根据小车位置、目的地位置及地图信息,系统自动进行路径规划,通过 global planner 功能为小车规划从当前位置至目的地的导航路线,同时根据小车移动过程中所采集到的障碍物位置等信息,导航路线会实时更新,不断修正从而实现避开障碍物,到达目的地的路线^[13-14]。

1.2.2 控制界面

为了对智能小车的实时移动环境及定位和导航情况进行勘测,上位机采用 ROS 开发了简易的人机交互

界面,上位机的运行系统为 Ubuntu,可以观察到智能小车在地图上的位置。

1.3 建图算法

地图的构建则是采用的激光雷达来实现,其中对于地图的构建需要通过利用 rqt 图形工具来找到满意的 PID 值。

在 Robot 端运行下面命令:

```
$ roslaunch rikirobot bringup.launch
```

运行 PID 配置节点:

```
roslaunch riki_pid pid_configure
```

在开发电脑端执行行键盘控制命令:

```
$ roslaunch teleop_twist_keyboard teleop_twist_
```

```
keyboard.py
```

打开 rqt,通过执行下面命令: \$ rqt

加载 pid 图形配置文件 Perspective>Import 选择
~/catkin_ws/src/riki_pid/riki_pid. perspective

通过上面调试用户得到最合适的 PID 值后,在控制面板上进行 PID 校正,执行命令: \$ platformio run --target upload

运行下面命令:

```
$ cd ~/catkin_ws/src/rikirobot_project/
```

```
rikirobot/maps
```

```
$ ls -a house. pgm house. yaml
```

图 2 是确定 PID 值后的运行结果。

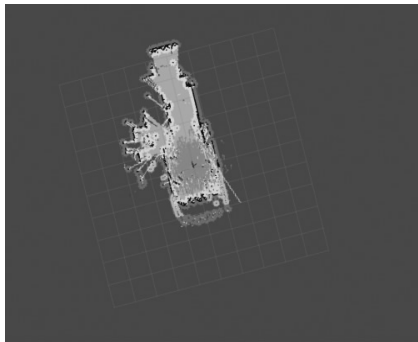


图 2 检查地图效果图

2 系统测试

为了使系统得到的数据更为准确,文中先对系统的里程计误差进行分析与标定,并通过陀螺仪误差值来提高智能小车在移动过程中所测量的里程精度,并通过观察地图构建效果与构建时间,来验证系统的可行性。

2.1 里程计误差分析及标定

传统方法考虑的是移动机器人的主动轮的转动角度与位移是一种线性关系^[15],但在实际的操作中发现小车在实际行驶过程中可能存在打滑现象;因此,当出现打滑的情况时,这种动轮的转动角度与位移的线性

关系就不存在了,如果仍然以线性关系作为标准,会发生定位误差。而误差主要来源两处:系统性误差和非系统性误差。

通过研究,发现导致误差来源于负载大小与负载重心不一致,同时除了本身存在的问题外环境因素也是不可忽略的,例如地面不平导致打滑或者障碍物过多,同样也会影响误差的产生。为了解决该误差问题,文中采取矫正智能小车的系统参数的方法。对于智能小车的陀螺仪误差,采取使智能小车以不同的角速度(0.2 ~ 1.0 rad/s)原地旋转 180°,在旋转之后观测实验结果,对比里程角度信息和实际角度误差;图 3 为实验的误差结果。

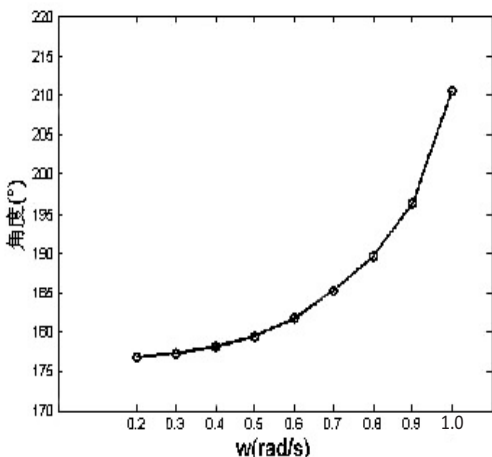


图 3 陀螺仪误差

由图 3 可以看出,小车的运动角度误差随着角速度的变化同样呈现非线性变化。根据实际情况,为了提高智能小车在移动过程中所测量的里程精度,在该系统中所采取的措施是对智能小车的里程计实行标定,其中采取的方法是:里程计以 0.3 m/s 的线速度向前移动,如果位移达到 1 m 时,智能小车会原地旋转 90°,不断采取该方法直至四次,直至智能小车的移动轨迹为正方形。

2.2 实时地图构建

由于前面的测试是分模块单独测试,为了保障整体系统校准及测试正常,还需要将整体智能小车进行运行测试;文中在树莓派主控板的终端上执行 slam 构建地图,其中智能小车加载地图成功图像如图 4 所示。

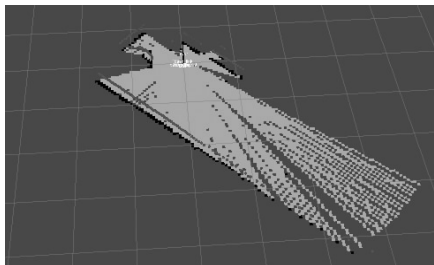


图 4 小车地图加载

当地图加载成功时,小车便会对周围环境进行扫描,即可将所经过的区域都进行扫描并加入到构建的地图中,并将数据上传回上位机控制界面,其数据延时时间为 0.2 s,基本可以实现数据的实时传送与地图的构建。

通过观察图 5、图 6 可以看到,系统所构建的地图场景边界轮廓清晰,与场地环境基本一样,说明本次整体的系统测试成功。

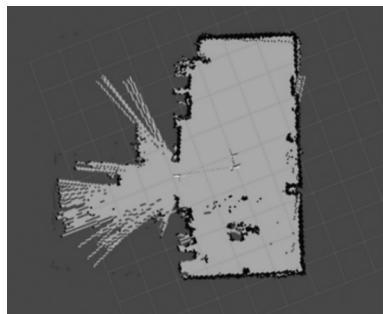


图 5 场景 1

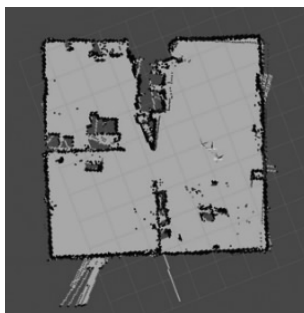


图 6 场景 2

3 结束语

开发了一种 ROS 系统的激光 SLAM 视觉智能勘察小车,该智能小车在室内及遮蔽环境下仍然可以达到一定的定位及导航准确度。通过开源 ROS 机器人操作平台来设计智能小车的控制系统,使得系统具备易修改、易控制等特点;采用激光雷达 SLAM,使其在室内或遮蔽环境下相比采用传统雷达 SLAM 或视觉 SLAM 具有更高的定位精度与抗干扰性。当然,该系统存在上位机与智能小车的通信距离有限的问题,当智能小车与控制终端的距离超过 300 M 的 wifi 有效距离时,会出现信号收发较差的情况。这将作为日后的研究方向,对系统进行进一步优化,使其更加适用。

参考文献:

- [1] 刘 丹,段建民,孟晓燕. 基于激光雷达的智能车 SLAM 系统[J]. 激光杂志,2018,39(7):76-82.
- [2] 王小华,郑 腾,孙 伟,等. 基于 ROS 平台的智能车运动线控系统设计与实现[J]. 测控技术,2019,38(4):22-25.
- [3] 毕书浩,李守成,完颜香丽. 基于单目视觉的无人车环境感知技术研究[J]. 机械工程与自动化,2014(2):57-58.
- [4] 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.
- [5] WILLIAMS B, KLEIN G, REID I. Real-time SLAM relocalisation[C]//2007 IEEE 11th international conference on computer vision. Rio de Janeiro:IEEE,2007:1-8.
- [6] 黄开宏,杨兴锐,曾志文,等. 基于 ROS 户外移动机器人软件系统构建[J]. 机器人技术与应用,2013(4):37-41.
- [7] 刘晓帆,赵 彬. 基于 ROS 的移动机器人平台系统设计[J]. 微型机与应用,2017,36(11):54-56.
- [8] DISSANAYAKE G, DURRANT-WHYTE H, BAILEY T. A computationally efficient solution to the simultaneous localisation and map building (SLAM) problem[C]//IEEE international conference on robotics and automation. San Francisco, CA, USA:IEEE,2000:1009-1014.
- [9] HONG S, KIM J. Selective image registration for efficient visual SLAM on planar surface structures in underwater environment[J]. Autonomous Robots,2019,43:1665-1679.
- [10] EUSTICE R M, SINGH H, LEONARD J J. Exactly sparse delayed-state filters for view-based SLAM[J]. IEEE Transactions on Robotics,2006,22(6):1100-1114.
- [11] 梁明杰,闵华清,罗荣华. 基于图优化的同时定位与地图创建综述[J]. 机器人,2013,35(4):500-512.
- [12] 朱 凯,刘华峰,夏青元. 基于单目视觉的同时定位与建图算法研究综述[J]. 计算机应用研究,2018,35(1):1-6.
- [13] WANG X, HE L, ZHAO T. Mobile robot for SLAM research based on Lidar and Binocular vision fusion[J]. Chinese Journal of Sensors & Actuators,2018,31(3):394-399.
- [14] KALOGITON V S, IOANNIDIS K, SIRAKOULIS G C, et al. Real-time active SLAM and obstacle avoidance for an autonomous robot based on stereo vision[J]. Cybernetics and Systems,2019,50(3):1-22.
- [15] LEE T, KIM C, CHO D. A monocular vision sensor-based efficient SLAM method for indoor service robots[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics,2018,66(1):318-328.