

基于 ROS 模块下的自主寻航机器人

蔡铜霖 张家豪 刘奕廷 李永富 王嘉豪

西安工程大学临潼校区 陕西西安 710600

摘要: 近年来, 随着科学技术的迅猛发展和不断革新, 智能机器人技术在日常工作与生活中的渗透日益显著。其中, 移动机器人因其卓越的性能和广泛的适用性, 在餐厅送餐、家庭辅助、物资搬运等多个领域得到了广泛应用。本文基于 Ubuntu 20.04 版本的 Linux 系统, 搭载 ROS 开源操作系统进行 ROS 移动机器人相关技术的实验研究。本文的研究内容主要包括 ROS 利用 SLAM 进行陌生环境栅格地图构建、自主定位导航以及动态避障等方面的实验验证。

关键词: ROS; 定位与建图; 自主导航; 动态避障

引言

近年来, 随着计算机技术、人工智能技术以及物联网技术的飞速发展, 智能家居已经从一种高端概念逐渐普及到普通家庭中。智能家居系统不仅可以实现家居设备的远程控制 and 自动化管理, 还能通过智能算法优化能源使用, 提升家庭生活的便利性和舒适性。基于 ROS (Robot Operating System) 的智能家居型机器人应运而生。ROS 作为一个开源的机器人操作系统, 为机器人开发提供了一套标准的软件工具和库, 极大地简化了机器人的开发和部署过程。它支持多种硬件平台和传感器, 能够实现机器人与智能家居设备之间的通信和协同。基于 ROS 模块平台的智能家居型机器人不仅能够提升家庭生活的便利性和舒适性, 还能在居家安全、能源管理等方面发挥重要作用。同时, 它也为相关技术的发展和未来家居模式的探索提供了重要的支持。本文将讨论 ros 机器人操作系统和 SLAM 技术在定位建图、自主导航^[1]以及动态避障中的应用与实践^[2]。

1 原理

1.1 ROS 机器人系统

1.1.1 控制系统

移动小车的控制系统主要分为两部分, 一部分是由 STM32 控制器、IMU 以及直流电机等组成的下位机, 其主要进行 IMU 信息获取、底盘里程计信息获取与反馈和上层指令的解算与输出三项功能。另外一部分是由电脑 ROS 系统、树莓派控制板、摄像头以及激光雷达等组成的计算系统上层嵌入式计算系统, 其主要功能是完成外部传感器信息获取、图像处理、数据处理、运动决策、实现小车自主导航相

关的算法, 并且根据获取信息发送运动控制指令。本文移动机器人的控制系统架构如图 1 所示。

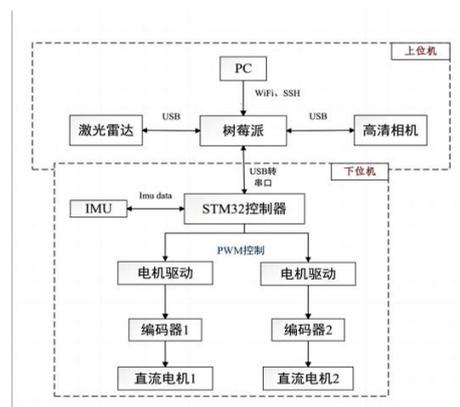


图 1 控制系统设计框图

ROS 系统对移动机器人发送运动指令, 通过 PWM 控制直流有刷电机工作, 移动机器人位置信息与激光雷达扫描的数据信息反馈回地图构建导航包, SLAM 算法对这些数据信息进行处理, 实现地图构建与定位导航。

1.2 自主导航原理分析

1.2.1 ros-navigation 系统框架

ros-navigation 是 ROS 实现移动机器人自主导航的核心组件, 多数机器人基于该功能包构建。本文利用 ROS 官方的 navigation 功能包, 通过 move_base 节点整合里程计、传感器、定位、地图及目标点数据, 输出运动指令。move_base 由 global_planner (全局规划)、local_planner (局部规划) 和 recovery_behaviors (恢复行为) 三大插件化模块构成, 支持算法灵活切换, 并依托 global_costmap 与 local_costmap 进

行导航规划。

1.2.2 路径规划

路径规划分为全局与局部两个层级：全局规划采用 Dijkstra/A* 算法生成目标最优路径；局部规划通过 Trajectory Rollout 或动态窗口法实时计算运动参数，适应动态障碍物。两者协同实现全局策略指导下的实时精细导航。

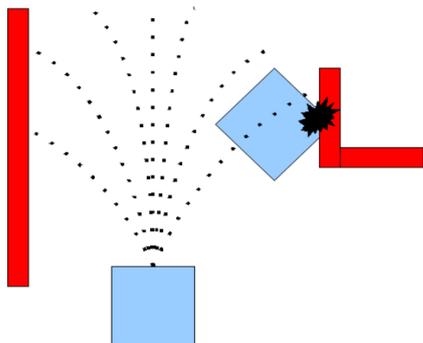


图2 Trajectory Rollout 算法原理示意图

2 实验

2.1 SLAM 地图构建

2.1.1 IMU 校准

IMU (Inertial Measurement Unit)，为惯性测量单元，由加速度计，陀螺仪构成输出加速度和角速度。在现实工作中，由于种种不可避免的干扰因素，导致陀螺仪及加速度计产生误差，在机器人移动开始，其导航（位置）误差就随时间而增长，尤其是位置误差，这是惯导系统的主要缺点。所以移动机器人在未知环境中移动导航、定位之前，需要先做机器人在陌生环境的 IMU 校准。

2.1.2 角速度校准

角速度校准，又被称为校准角性，角速度校准对小车的移动是必不可少的一步，同样，一个终端 SSH 连接小车之后，运行底盘控制文件，另一终端运行机器人系统的角速度校准脚本 `roslaunch rikirobot_nav calibrate_angular.py`，在 Ubuntu 主机上借助 `rqt` 工具来实现角速度的校准，运行 `roslaunch rqt_reconfigure rqt_reconfigure`，可得到角速度校准界面如错误！未找到引用源。所示。

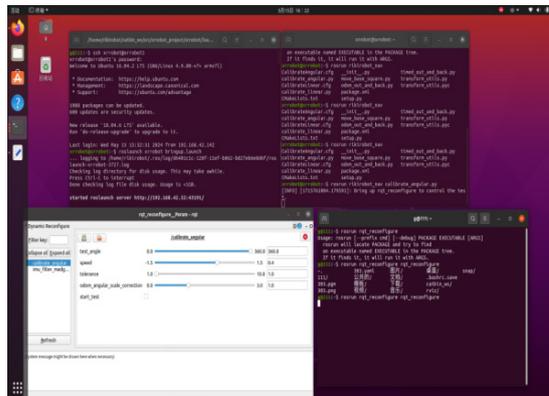


图3 角速度校准系统界面

本文通过控制小车原地旋转 360° 进行角速度测试，校准前后测试结果如图、图5所示。由图可得，在数据校准前，小车向顺时针方向多偏转大约 15° ，因此小车实际旋转角度约 375° ，经计算 `odom_angular` 应为 1.04。但在实际校准过程中，由于地面摩擦力等各方面因素，经多次重复实验，最终选用修改之后的 `odom_angular` 数据为 1.003，经测试，校准后小车旋转一周所转过的角度与理论数据 360° 近似相等，误差缩小。

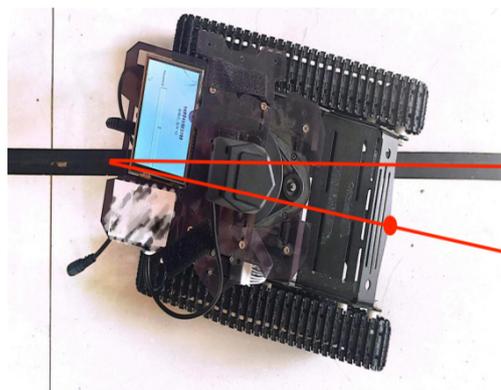


图4 角速度校准前

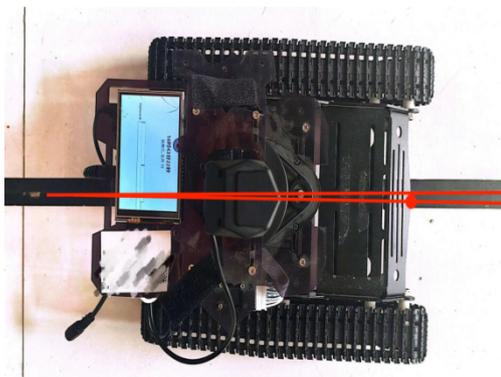


图5 角速度校准后

在测试好合适的 odom_angular 之后, 需要将数据保存来确保校准成功, 角速度校准值存在 bringup.launch 文件中, 结束 bringup.launch 文件的运行, 在机器人终端跳转目录到 ~/catkin_ws/src/rrrobot_project/rrrobot/launch, 使用 vim 编辑 bringup.launch 中的 angular_scale, 如图白底文字所示, 改为校准值 1.003。

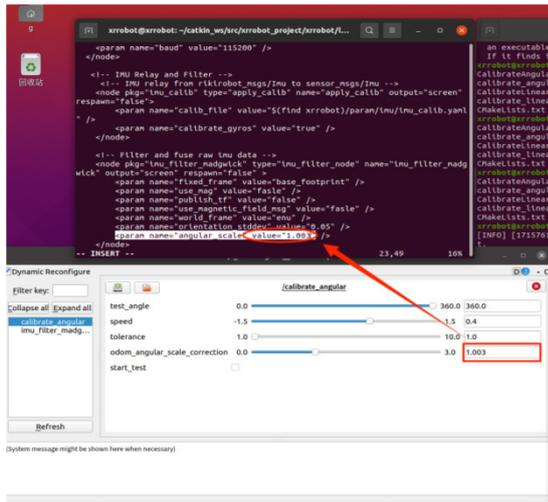


图 6 角速度校准数据保存

2.2 ROS 小车自主导航实验验证

对于地图数据显示, 本文依旧选择 Rviz 可视化工具, 利用 Rviz 打开路径下的地图文件, 如图所示。

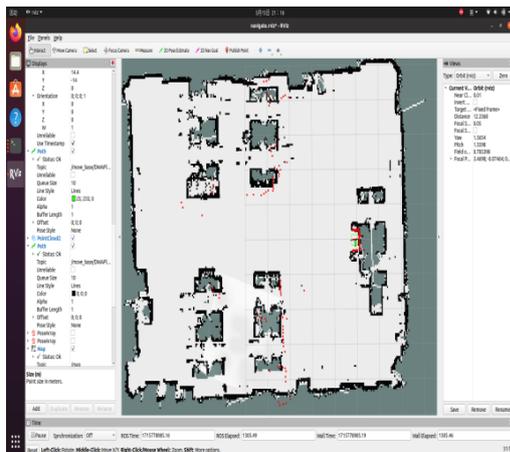


图 7 实验室地图

如图可见, 图中白色区域是机器人可以行走的区域, 被白色包围的黑色区域是不可到达区域, 接下来使用 2D Pose Estimate (2D 位置估计) 工具校准机器人启动前的姿态位置误差, 如图 17 所示, 地图中较为突出的特征是右侧实验台前的凹陷位置, 以该位置作为起始点进行校准, 在校准的过

程中, 需要注意的是, 2D Pose Estimate 工具的朝向要和机器人朝向相同, 尾部位置即为小车位置。在校准过程中, 需要多次使用位置估计工具, 目的是让机器人红色雷达点与右侧实验台前的凹陷位置的黑色边缘重合度更高。不难发现, 图中红色线框内即为机器人位置, 机器人朝向也与箭头方向一致。

3 结论

本文主要研究了履带式移动机器人在未知的陌生环境中对自身的准确定位与地图构建, 并进行实验, 实现机器人在真实环境中的定位导航与动态避障。本文实验选取的实验平台为 ROS noetic, 选取搭载了 Ubuntu 20.04 的 Linux 系统作为 PC 端, 同时选取小 R 官方移动机器人进行实验。下面对本文的实验研究的内容做以下总结:

(1) 本文研究了小 R 官方移动机器人的核心硬件组成, 包括选用的雷达, 控制主板等。在 PC 端搭建了 ROS 的操作环境, 建立了 PC 端 ROS 层面与移动机器人端的通信, 并进行了相关实验验证。

(2) 本文采用 ROS 第一代元操作系统, 功能强大且稳定, 本文阐述了集成在 ROS 中基于 RBPF 粒子滤波器的 SLAM-GMapping 建图方法, 完成了对陌生环境的地图构建与自身定位。经过对比, 得出在同一环境下, 通过 SLAM 算法构建的栅格地图与真实环境一致。

(3) 本文采用 Rviz 可视化工具观察构建的地图与实现定位导航和动态避障。在实验过程中, 在真实环境中多次设置目标点进行多次实验, 机器人都能够准确到达指定位置。在机器人运动路线上放置障碍物, 多次实验结果显示机器人自主进行动态避障, 到达指定目标点。

参考文献:

- [1] 段焜, 叶伟清. 基于 5G 移动网络的智能变电站自动化应用分析[J]. 电器开关, 2020, 58(2): 90-92.
- [2] 黄海悦, 缪欣. 基于 5G 通信的分布自治式故障恢复系统[J]. 自动化应用, 2022(6): 118-121.

作者简介:

蔡铜霖 (2004—) 男, 汉族, 陕西商洛人, 大学本科, 学生, 研究方向为机械设计制造及其自动化。

基金项目:

西安工程大学大学生创新创业训练计划项目 (S202410709107)。