

Research on the Coordinated Control System of Intelligent Mobile Robot

Tao Ma Xiaofei Xu* Wenyi Zhang Yuhan Pang Shukui Liu

Beijing Information Science & Technology University, Beijing, 100192, China

Abstract

The paper aims to implement a coordinated control system for intelligent mobile robots, with the aim of exploring the performance of multiple intelligent robots in coordinating and executing complex tasks. Firstly, MATLAB simulation is conducted on the kinematics and formation movement of robots to better understand the principles of mobile robot motion and formation movement. Secondly, implement the overall design by using LiDAR to establish an experimental environment map and prepare for subsequent design work; Implemented the formation and navigation movement functions of two robots; Implemented the function of two robots coordinating the transportation of color blocks. The above designs can prove that the system has achieved coordinated control of robots. In this design, the following key technologies were used, including configuring ROS multi machine communication, designing a color recognition module, implementing ROS tf coordinate transformation, and configuring the Moveit robotic arm control package. The main difficulty in design lies in the coordination of various functions of the robot and the coordination between machines. At the end of the paper, a summary of the design was provided and prospects for research on robot coordinated control technology were proposed.

Keywords

coordination control; ROS communication; color recognition; coordinate transformation

智能移动机器人协调控制系统研究

马涛 许晓飞* 张问毅 庞宇涵 刘书魁

北京信息科技大学, 中国·北京 100192

摘要

论文旨在实现一个智能移动机器人协调控制系统, 目的是探索多个智能机器人在协调配合执行复杂任务时的表现。其一, 对机器人的运动学和机器人编队移动进行MATLAB仿真, 以便更好地理解移动机器人运动及编队运动原理。其二, 进行整体设计的实现, 使用激光雷达建立实验环境地图, 为后续设计工作做准备; 实现了两机器人编队及导航移动功能; 实现了两机器人协调搬运色块功能。以上设计均可证明该系统实现了机器人协调控制。在这次设计中, 使用了以下关键技术包括配置ROS多机通信, 设计颜色识别模块, 实现ROS tf坐标变换, 以及配置Moveit机械臂控制包等。设计主要难点在于机器人各个功能的协调与机器人间的协调。在论文结尾对该设计进行了总结并提出对机器人协调控制技术研究的展望。

关键词

协调控制; ROS通信; 颜色识别; 坐标变换

1 引言

随着社会发展和技术进步, 人们对移动机器人提出更加智能化、协同合作等要求^[1,2]。本项目进行的是设计实现基于ROS平台的智能移动机器人协调控制系统, 学习ROS平台开发, 使用机器人的激光雷达对周边环境进行建图; 对机器人运行数据进行仿真; 通过ROS平台, 控制两个智能移动机器人实现编队、导航移动等动作; 使用带机械

臂的机器人识别并夹取色块, 放入另一个机器人携带的承载工具中, 并将色块运往指定位置。对于多智能移动机器人, 协调控制是研究重点, 在未来, 多智能移动机器人将被广泛应用于航空航天、野外探险、农业生产等领域, 因此研究智能移动机器人协调控制系统具有深远的现实意义^[3-5]。

2 机器人协调控制理论仿真设计

假设双后轮独立驱动刚性移动机器人在平面内移动, 并假设绝对坐标XOY固定在平面内, 则机器人的动态特性可用动力学方程来描述。

对于车体, 根据力矩平衡原理, 车体转动角度 = 右轮主动力矩 - 左轮主动力矩, 即:

$$I_v \ddot{\phi} = D_r + D_l \quad (1)$$

【作者简介】马涛(2004-), 回族, 中国北京人, 在读本科生, 从事智能科学与技术研究。

【通信作者】许晓飞(1980-), 博士, 副高级教师, 从事智能科学与技术研究。

根据牛顿定律,有:

$$M\dot{v} = D_v + D_l \quad (2)$$

其中 I_v 为绕机器人中心的转动惯量, D_v 和 D_l 分别为左右轮的驱动力, l 为左右轮到机器人重心的距离, ϕ 为机器人的姿态角, v 为机器人的线速度。

对于车轮,根据力矩平衡原理,左右轮的动态特性用下面的方程来表示:

$$I_W\ddot{\theta}_i + c\dot{\theta}_i = ku_i - rD_i \quad (3)$$

其中 $i=r, l$, 右轮为 $I_W\ddot{\theta}_r + c\dot{\theta}_r = ku_r - rD_r$, 左轮为 $I_W\ddot{\theta}_l + c\dot{\theta}_l = ku_l - rD_l$, I_W 为车轮的转动惯量, c 为粘性摩擦系数, k 为驱动增益, r 为车轮半径, θ 为车轮的转角, U_i 为驱动输入。

根据移动机器人的原理得:

$$v = \frac{v_r+v_l}{2}, I_v\dot{\phi} = \frac{v_r-v_l}{2}, \dot{\phi} = -\frac{2cl^2}{I_v r^2 + 2I_W l^2} \dot{\phi} + \frac{kr l}{I_v r^2 + 2I_W l^2} (u_r - u_l) \quad (4)$$

得移动机器人动力学方程为:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}$$

其中 $A = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & a_2 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} b_1 & b_1 \\ 0 & 0 \\ b_2 & -b_2 \end{bmatrix}$, $C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$,

$a_1 = -\frac{2c}{Mr^2 + 2I_W}$, $a_2 = -\frac{2cl^2}{I_v r^2 + 2I_W l^2}$, $b_1 = \frac{kr}{Mr^2 + 2I_W}$, $b_2 = \frac{kr l}{I_v r^2 + 2I_W l^2}$ 。根据上述公式,编写 MATLAB 仿真程序,仿真结果如下。其中,图1为 X 轴方向速度跟踪和角度跟踪,图2为位置轨迹跟踪曲线。

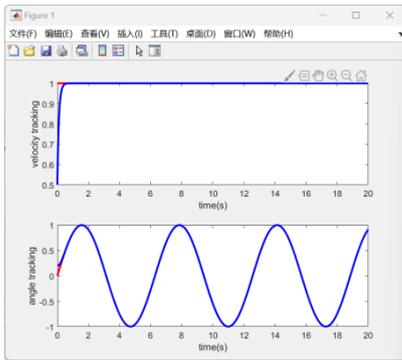


图1 X轴方向速度跟踪和角度跟踪

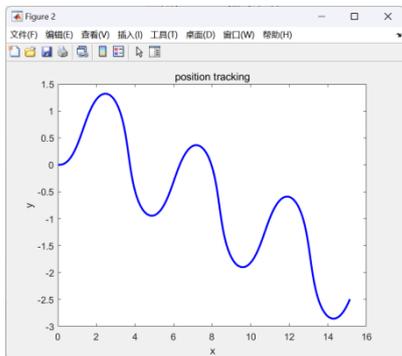


图2 位置轨迹跟踪

3 智能移动机器人协调控制系统的实现

3.1 系统整体功能设计

智能移动机器人协调控制系统,重点在协调控制,设计将从机器人编队移动功能与机器人协调搬运色块功能的实现入手,实现机器人协调控制^[6]。如图3、图4所示。

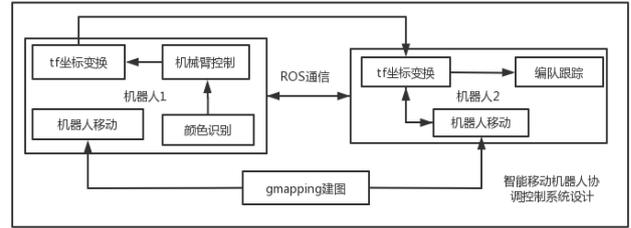


图3 智能移动机器人协调控制系统整体设计

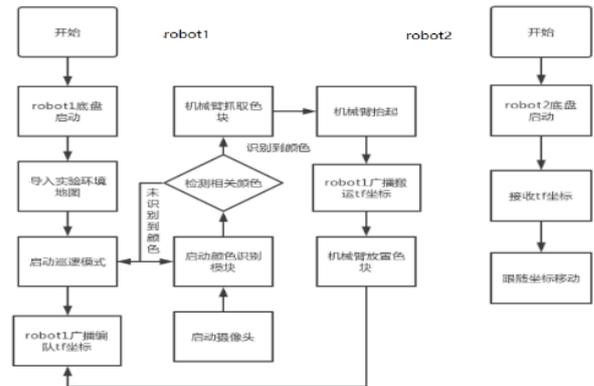


图4 机器人协调控制色块搬运流程

3.2 机器人协调搬运色块实现

在本设计中,机器人协同搬运色块的实现涉及多项关键技术和步骤,包括多机通信、颜色识别、tf坐标变换以及机械臂控制。论文论述的改进方案中提到的识别其他特征、采用智能算法、优化运动程序等方法都可以进一步增加机器人编队的灵活性和多样性,提高系统的性能和鲁棒性。如图5、图6所示。

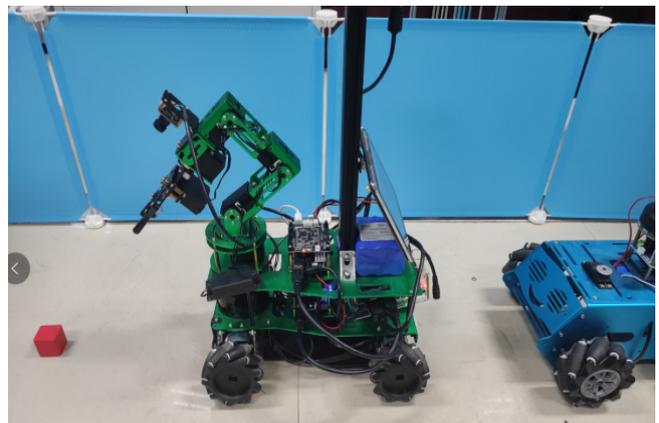


图5 robot1 识别红色色块

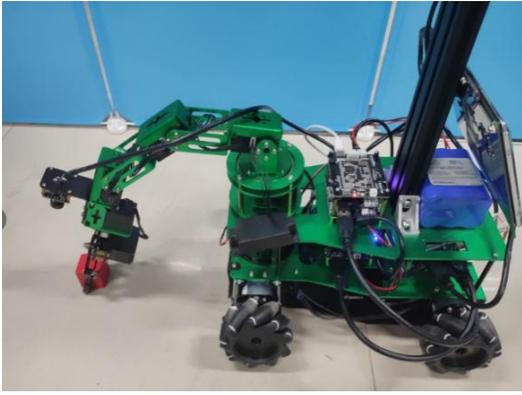


图 6 robot1 抓取红色色块

4 结语

论文实现智能移动机器人协调控制系统，实现了机器人协调控制的关键技术，包括多机通信、OpenCV 颜色识别、ROS tf 坐标变换以及 Moveit 控制机械臂。通过修改配置文件的 ip，设一个系统为主机，其他为从机实现 ROS 多机通信。使用 OpenCV 开源视觉库编写了物体颜色识别程序，测试显示能够识别出红黄蓝绿四种基本颜色。ROS tf 坐标变换是多机编队的关键技术，通过编写 tf 坐标变换程序，实现

两个 turtlesim 节点的跟随移动。从机器人本身入手，对机器人进行硬件的组装和软件配置，烧录系统，并进行了机器人部件的调试工作。之后使用 tof 激光雷达，采用 gmapping 建图方法，编写相应程序，建立实验室以及实验所需的环境的地图模型；调试两台 ROS 机器人，编写相应程序，采取领航一跟随者编队方法，完成机器人编队控制，实现更高效、稳定的协同搬运任务。

参考文献

- [1] 管玲.多移动机器人目标跟踪协调控制系统设计与实现[D].秦皇岛:燕山大学,2016.
- [2] 颜丙政.分布式机器人云应用架构及管理框架研究及实现[D].长沙:国防科学技术大学,2017.
- [3] 向静波.移动机器人的路径规划与控制研究[D].西安:西北工业大学,2004.
- [4] 韩禹.508 III 钢高效加工层切面铣刀设计与分析[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2016
- [5] 李晓辉.基于多NAO机器人的路径规划与搬运研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.
- [6] 江文辉.基于Internet的多机器人协调控制方法研究[D].广州:华南理工大学,2012.