

# 基于ROS的自主跟随式医疗辅助机器人设计

张 茜<sup>1</sup>, 郭博雨<sup>2</sup>

(1. 河北工业职业技术大学, 河北 石家庄 050091; 2. 北京工业大学机械与能源工程学院, 北京 100124)

**摘 要:** 随着智能化的快速发展, 医疗行业对无接触跟随式机器人的需求不断增长。为提升跟随式机器人在复杂环境中的响应时间和跟随效率, 提出了一种基于机器人操作系统(ROS)并融合了交互式多模型算法(IMM)的设计方案。通过硬件部分设计和软件系统搭建, 结合多个运动学模型来完成目标跟随。利用贝叶斯估计对模型进行实时更新, 可提高系统对不确定环境的适应性和决策的准确性。

**关键词:** 交互式多模型算法; 机器人操作系统; 跟随式机器人

中图分类号: TP23

文献标识码: A

DOI: 10.19769/j.zdhy.2025.06.009

## Design of Autonomous Follow-Up Medical Assistance Robot Based on ROS

ZHANG Xi<sup>1</sup>, GUO Boyu<sup>2</sup>

(1. Hebei Vocational University of Industry and Technology, Shijiazhuang, Hebei 050091, China;

2. College of Mechanical and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** With the rapid advancement of intelligence, the demand for contactless follow-up robots in the medical industry continues to grow. To enhance the response time and following efficiency of follow-up robots in complex environments, a design scheme based on the Robot Operating System (ROS) and integrated with the Interacting Multiple Model (IMM) algorithm is proposed. Through the design of the hardware component and the establishment of the software system, multiple kinematic models are combined to accomplish target following. Utilizing Bayesian estimation for real-time model updating can improve the system's adaptability to uncertain environments and the accuracy of decision-making.

**Key words:** IMM algorithm; ROS; follow-up robot

## 0 引言

在人工智能飞速发展的今天, 人们对机器人的功能性要求也越来越高<sup>[1]</sup>。由于医疗行业的特殊性, 许多场景都需要非接触操作, 因此依托视觉技术的自主跟随式机器人成为医疗行业智能化发展的必然趋势。例如, 独居老人、单身病人独自就医的情况十分常见, 当进行输液或携带引流袋、导尿管及其他特殊治疗设施时, 往往行动不便, 需要他人护理和辅助<sup>[2]</sup>。医院的医务人员有限, 很难照顾周全, 且大量的护理人员会使医疗环境拥挤, 造成其他问题, 而一款自主跟随式医疗机器人可以很好地完成此类辅助工作。另外, 在医疗废物处理过程中, 为避免病毒传播, 自主跟随式医废转运车也可以更好地保护医废处理人员。为此本文提出了一种基于交互式多模型(Interacting Multiple Model, IMM)算法和机器人操作系统框架的自主跟随式医

疗辅助机器人。

本文通过结合IMM算法与ROS系统的灵活性, 不仅可使机器人在复杂环境中跟随病人完成辅助工作, 跟随医废处理人员收集医疗废物, 还可用于其他非接触式目标人员的跟随场景。本文采用多个并行运动模型来预测和适应环境的变化, 并通过模型之间的交互来提高跟随的鲁棒性, 同时, 利用ROS系统提供的硬件抽象层和丰富的传感器数据处理能力<sup>[3]</sup>, 可保证机器人的跟随精度。

## 1 交互式多模型算法

IMM算法是一种适于处理具有变化性和不确定性的目标跟踪问题的动态算法。以基于贝叶斯理论而提出的模型间的自动识别与切换为主体思路<sup>[4]</sup>, IMM算法流程(见图1)大致分为4个部分: 输入模型交互、状态滤波、模型概率更新和状态融合输出。

IMM算法通过假定多个滤波器来描述目标的多种运动模式, 并在滤波过程中对其进行建模。通过对其进行概

**基金项目:** 河北省教育厅科学研究项目资助(ZC2024081)

**作者简介:** 张茜, 女, 1990年生, 硕士研究生, 副教授, 研究方向为智能控制、机器人应用。

率和模型迁移概率计算,得到交互后的数据,并将该数据作为IMM算法的输入。在此基础上,利用卡尔曼滤波器对目标状态进行估计,然后根据已知的马尔科夫转移概率矩阵完成对模型概率的更新。最终,利用多个模型间的相互作用,获得多个模型状态与协方差矩阵的融合数值,并根据数值判断是否符合终止条件。若符合,则输出结果;反之,则重新选择模型。通过此过程可达到目标模型优化和改进的目的,实现自适应跟踪<sup>[5]</sup>。

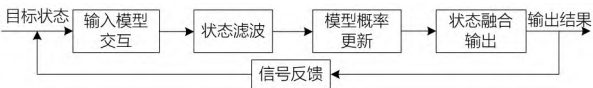


图1 IMM算法流程图

2 自主跟随式医疗机器人设计

2.1 硬件部分设计

自主跟随式医疗机器人主要负责完成视觉感知、跟随目标移动和携带医疗设备的工作。硬件本体主要包含3个部分,分别为远程操作系统、上层的嵌入式计算系统和底层控制系统。

远程操作系统由个人计算机(Personal Computer, PC)完成,主要任务有视频流接收、对机器人进行远程控制、数据分析、交互操作、参数设置、数据反馈等。

上层的嵌入式计算系统包含 Raspberry 4B 主板、Astra Pro 深度相机、云台等。其中,深度相机负责收集跟随者实时移动的图像,并将其作为软件系统的外部信息读取节点;搭载 ROS 系统的主板作为主控部分,负责利用 IMM 算法处理图像信息,同时完成动作决策,最终将信号发送至底层的控制板中;云台可以辅助摄像头,使其更加稳定。

底层的控制系统主要负责将上层的嵌入式计算系统处理过后的信号输入到底层 Arduino 控制板中,并输出脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation, PWM)信号控制电机驱动,最终控制每个车轮的转速,以实现机器人转弯、直走等一系列动作,保证目标跟随的准确性。同时,该系统配备惯性测量单元(Inertial Measurement Unit, IMU)检测模块,用于采集机器人运动中的速度、加速度、位姿等信息,以实现闭环控制。

机器人硬件平面架构如图2所示。

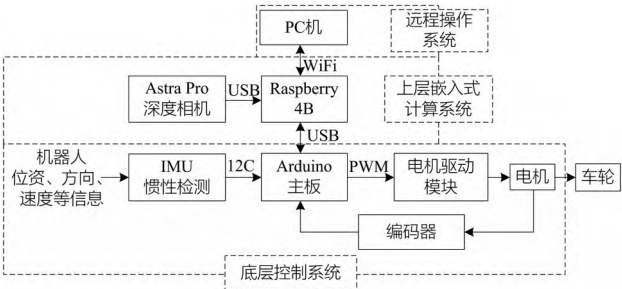


图2 机器人硬件平面架构图

2.2 软件部分设计

ROS 系统是运行于 Ubuntu Linux 上的一种软件架构,其功能相当于操作系统,具有灵活性、开源性等特点,可完成硬件功能的实现、底层设备的控制、数据包的管理等多种服务。ROS 系统理念是将机器人视觉算法及硬件驱动模块分别作为独立的节点进行运行。节点可以是可执行文件,也可以是多个节点组成的复杂系统。消息传递方式可分为单向订阅话题(topic)和双向服务(service)两种,具体如图3所示。

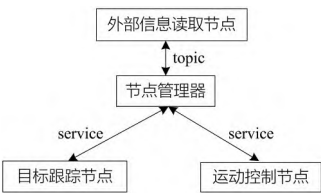


图3 ROS系统节点框图

3 仿真验证

本文使用 MATLAB 验证 IMM 算法在复杂场景中完成目标跟踪的可行性,得到的目标跟踪仿真图如图4所示。

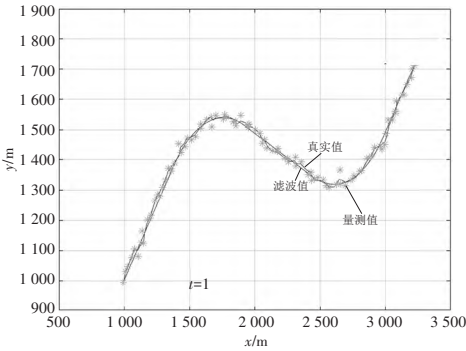


图4 IMM算法目标跟踪效果图

由图4可知,通过IMM算法可以得到较为准确的目标运动属性,包括位置、速度、转弯过程等。此外,通过预测功能可以较为准确地反映出运动目标发生机动的情况,以便较好地完成目标跟随运动。

4 结语

本文通过研究IMM算法及其在ROS系统中的实现方式,设计了一种可应用于医疗场景的自主跟随式医疗辅助机器人。通过在不同场景下进行仿真测试,验证了本文方法在动态环境下的适应性、稳定性和准确性,同时验证了该方法具备良好的避障能力和路径规划效率。但医院场景复杂多变,地面并不一直是平坦的,故在对自主跟随式医疗辅助设备设计时,还应进一步改进设备的车轮部分,以适应更多地形。

(下转第32页)

值为85~105 Hz,控制区域重叠比的标准参数值为3.4,自动控制传感识别点的标准参数值为12~26个。结合上述指标数值,实现对辅助测试指标及参数的预设。基于当前的部署与关联,可确保测试照明设备的稳定运行,并可实现测试环境的部署。

## 2.2 实验过程

在上述搭建的测试环境中,结合遗传算法,采用定时控制的形式对J建筑的照明设备自动化控制方法进行对比测定。根据预设的测试需求设定各层灯具的开关时间,让灯具在需要时自动开启或关闭。照明设备自动化控制测试流程如图1所示。

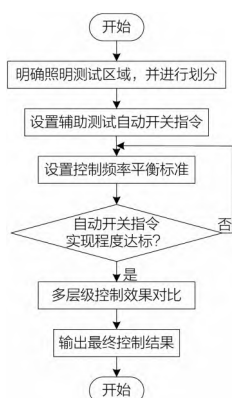


图1 照明设备自动化控制测试流程图示

## 2.3 实验结果

在测试时,分3个周期记录照明装置的自动控制数据及信息,并从装置反映的速度、耗时、覆盖区域等角度进行分析。利用采集的数据,计算出最终的自动化控制频率,其表达式为:

$$U = \nu + \frac{\sqrt{\epsilon^2}}{\varphi} \quad (5)$$

式中: $U$ 为自动化控制频率; $\nu$ 为控制覆盖范围; $\varphi$ 为照明装置数量; $\epsilon$ 为实时能耗。照明设备自动化控制测试结果如表1所列。

由表1可知,与基于ZigBee技术的照明控制优化方

法、粒子群算法配电照明控制技术相比,本文设计的遗传算法照明设备自动化控制技术的自动化控制频率相对较高。该结果证明在遗传算法的辅助下,本文设计的照明设备自动化控制结构更加稳定、可靠,其覆盖控制范围得到了进一步的扩展延伸,控制的效率明显提升,具有实际的控制强化价值。

表1 照明设备自动化控制测试结果表

照明装置测试楼层	基于ZigBee技术的 照明控制优化方法	粒子群算法配电 照明控制技术控制	遗传算法配电照明 控制技术控制
	控制频率/Hz	频率/Hz	频率/Hz
1层—3层	95	97	125
4层—8层	80	115	130
9层—16层	86	103	129

## 3 结语

本文旨在对基于遗传算法的照明设备自动化控制技术进行深入探究。在遗传算法的辅助与支持下,基于全局优化能力设计更加灵活、多变的自动化控制结构,更有效地解决了传统照明控制中存在的能耗高、适应性差等问题,并在一定程度上实现了对光照强度的精准控制。此外,本文方法还大大降低了能源消耗,显著提升了照明系统的智能化水平和能源的利用效率。

## 参考文献

- [1]孙瑜,胡从川.基于ZigBee技术的照明设备亮度自适应节能控制优化方法[J].自动化与仪表,2023,38(6):14-17+22.
- [2]沈俊超.基于粒子群算法的配电系统照明设备节能控制方法研究[J].光源与照明,2023(10):151-153.
- [3]李德昕.电气工程中照明设备设计与施工技术应用探析[J].中国照明电器,2024(2):51-53.
- [4]胡建秋,缙从军.新型智能导轨照明装置技术研究与应用前景分析[J].照明工程学报,2023,34(5):101-108.
- [5]苗荣霞,张洋,李洁馨,等.基于交通流预测的隧道照明控制方法研究[J].微处理机,2023,44(6):55-58.

(上接第29页)

## 参考文献

- [1]程姜荣,宋芳.基于ROS的移动机器人视觉跟随系统设计[J].软件,2020,41(2):23-27+43.
- [2]张茜,曹学文,谢旺.基于改进相关滤波算法的ROS自主跟随

- 式机器人研究[J].南方农机,2023,54(10):141-143.
- [3]徐浩,鞠文清,钱夔,等.基于ROS网桥的跨平台网络化人机交互系统设计[J].测控技术,2023,42(12):18-23.
- [4]陈维义,何凡,刘国强,等.一种自适应变结构交互式多模型算法[J].火力与指挥控制,2023,48(12):177-183.
- [5]陶永.我国智能机器人技术与产业发展现状及发展趋势浅析[J].机器人产业,2023(4):5-8.