

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向： 基于视觉引导的冗余度多臂机器人实时自主规划与协同操作的研究

选题类别： ☒基础性研究                      ☒应用性研究                      ☐工程技术攻关研究  
☐新开辟的研究方向              ☐已有研究方向的继续              ☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

近年来以人工智能技术为支撑的机器人自主操作、人机协作研究的日趋成熟，基于视觉引导的冗余度多臂机器人正逐步被应用到我国制造业、电商物流产业中，并带动其向自动化、智能化方向转变。在复杂时变的工业生产任务和电商物流领域的分拣操作中，冗余度多臂机器人基于自身有限的实时传感资源，如何通过在线学习、决策和任务执行，实现自主操作、多臂协作，以及人机共融等任务要求已成为当前研究的热点和实际应用的迫切需求。本研究将以基于视觉引导的冗余度多臂机器人详细建模为最终目标，立足控制体系工程实施的简易性，综合利用机器人操作臂系统传感器资源，采用以本体运动学、上层视觉传感、下层实时控制为基础的分层控制体系设计策略，探索一种可靠且实用的实时任务自主规划和智能协同操作方法，以及体系化的实验策略，为多臂机器人智能操作方法研究、系统稳定性分析、多臂机器人系统的工程设计与应用提供理论依据，使其能够根据实时视觉传感信息准确地进行任务分解、角色分配和运动规划，最终满足本项目所提方法的实时性、自主性、可靠性以及实用性的要求。

主要研究内容

- 1) 运动目标在线学习追踪算法研究  
基于视觉实时提取的运动目标位置信息，以减小操作臂末端执行器与目标点之间误差为目标，依据无监督式学习算法，设计操作臂实时运动目标追踪学习网络模型，通过网络突触权系数在线学习调整实现运动目标的实时追踪。
- 2) 基于局部策略的实时避障算法研究
  - a. 以局部避障原理为理论基础，通过建立障碍物与末端执行器之间的虚拟物理模型，研究一种既能实现机械臂大角度转向，又没有局部最优的末端执行器避障方法。
  - b. 基于操作臂零空间，采用关键点法，建立臂与障碍物之间的弹性模型，研究一种基于优先级配置的避障策略，保证操作臂操作过程中臂的无碰撞运动。同时结合基于所提末端执行器避障策略融合成一种实时避障算法，实现机械臂无碰撞运动目标追踪路径。
- 3) 冗余度多臂协作运动规划研究  
针对现有协作运动规划从臂获取信息延迟和信息多次传递带来的累积误差的问题，根据多操作臂末端执行器与多目标的相对位置关系，建立以时间为变量的优化目标函数，并且在局部避障策略基础之上，基于同起同停的控制思想，研究一种对称式的多臂协作运动规划方法，尽可能地同时实现多个机械臂分别寻找一条从运动起点到目标终点的无碰撞路径。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

机器人技术与系统国家重点实验室项目（SKLRS201702A）“多冗余操作臂实时运动规划与协作控制研究”

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向： 人机协作环境下变刚度关节机械臂的控制策略研究

- 选题类别： ☒基础性研究 ☐应用性研究 ☐工程技术攻关研究
- ☐新开辟的研究方向 ☐已有研究方向的继续 ☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

当今时代，新一代机器人技术正向人机共存和人机协作方向发展。机器人从结构化的工业生产环境向非结构化的服务，医疗，以及人机协作劳动等方向转变，从而对机器人的智能化和安全性提出了新的要求。在这样的背景下，变刚度关节机械臂以其物理刚度可变的特性相对于传统刚性关节机械臂具有更强的安全性和环境适应性，因此正得到越来越广泛的研究。

相对于传统刚性关节机械臂，变刚度关节机械臂的动力学模型更加复杂，模型不确定强，且更容易受到外界扰动。本课题立足变刚度关节机械臂的基础控制策略问题，拟开展以下基础研究：

1) 动力学参数辨识研究：变刚度关节机械臂的动力学参数主要包括：关机惯量，摩擦阻尼，重力矩常数以及非线性刚度参数。通过在线或者离线的方式，对系统动力学参数进行辨识，为后续的控制算法设计提供基础。

2) 鲁棒控制算法研究：在人机协作环境下，机械臂的运动容易受到人和环境的干扰，传统基于动力学模型的控制算法虽然在结构性环境下可以实现较好的控制效果，但是鲁棒性不足。因此，针对变刚度关节机械臂的物理特性以及任务要求，研究具有强鲁棒性的控制算法是其关键基础问题之一。

3) 随动控制算法研究：机械臂的随动控制能力是人机协作的基础，研究变刚度关节机械臂的随动控制算法，能够有效提高人协作的效率和灵活性。

4) 基于操作任务的刚度调度算法研究：物理刚度可调是变刚度关节机械臂的核心属性，通过合理的刚度调度，可以实现机械臂操作效率和安全性的平衡。此外，由于柔性环节的存在，变刚度关节机械臂相对于传动刚性关节机械臂具有更好的储能和抗冲击能力。基于任务约束，设计优化的刚度调度算法是本课题的重要研究内容之一。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目(61473102)“考虑关节柔性和执行器动力学的机器人操作臂非干涉型智能控制研究”