

中国电子学会-腾讯 Robotics X 犀牛鸟专项研究计划 (2021)

申报主题

1 控制技术

1.1 机器人基于模型和基于学习运动控制的融合

长久以来,机器人的运动控制一般基于其模型(如运动学和动力学模型)以及各类优化算法。此类方法的优点是在充分理解模型和环境后,相应的优化算法能够给出满足实际物理约束的运动和控制指令。然而,缺点在于获得精确的模型和环境信息通常是不易的,各种误差对最终的控制结果可能产生致命影响。针对这一点,近年来基于学习的控制方法体现出了更好的对不确定性的适应能力,但前提是有足够多的系统数据,这往往在复杂机器人系统(如多指灵巧手、足式机器人)上很难得到。此外,神经网络也很难实时集成现实环境中的各种约束。这两类方法各有优点,且可相互弥补。本课题旨在研究如何融合两类方法,实现对复杂机器人可靠、精准与高效的控制。复杂机器人指具有多关节、与环境通过接触相互作用、且接触状态会时刻变化的机器人系统。

1.2 网络化分布式多机器人系统

近年来,多机器人系统与技术逐渐迈向实际应用并显著加速了物流、大规模加工、智能制造、智慧工厂、现代农业等行业的发展。相较于单一的机器人系统而言,多机器人系统具有高冗余度,高并行度的特点,因而在任务执行的效率,灵巧性,适应性和鲁棒性等方面具有显著优势。随着物联网技术的普及,同/异构多机器人系统也正朝向网络化方向发展,采用分布式网络架构使得多机器人系统具有非常优异的可扩展性和鲁棒性。但是,如何让各种具有不同性能、不同形态、不同软硬件架构的机器人在分布式网络下自组织并相互协作仍然面临巨大障碍。各机器人获取信息的局部性与协作目标的全局性之间的冲突催生出对分布式控制、分布式优化、分布式学习、分布式决策、动态分布式系统以及分布式任务分配与调度等更多新技术的需求。一方面,动态环境、不确定系统参数、网络通信和硬件限制等实际场景下机器人面临的诸多约束极大地增加了网络系统设计和控制的复杂程度。另一方面,随着机器人逐渐走向人居环境,人与网络化多机器人系统间的物理/非物理交互在理论体系和工程实践方面也亟待取得突破。为网络化多机器人系统开发安全、主动、且高效的人-机协同与交互算法还需额外解决好自由度非对称、协同任务在分布式人和多机器人系统间的分配、

分布式传感器网络下的多模态融合及基于此的意图识别、物理交互下的人-多机器人系统耦合动力学等问题。

本课题旨在研究分布式相关技术以促进网络化多机器人系统摆脱对特定实验室场景的依赖并提升其在协同方向上的效率和实战化水平。

1.3 视触觉融合的高动态非确定性物体的灵巧操作

本课题面向复杂非结构化密集环境中,融合视触觉等多模态感知,研究机器人对高动态、非确定性物体的灵巧操作,如运动物体、柔性可形变物体、液体、活体等;同时,机器人从准静态向动态乃至高动态灵巧操作迁移,并具有主动探索、改造和利用环境以完成复杂操作任务的能力。

2 感知技术

2.1 高密度、高响应的微型压觉执行器阵列研究

触觉的感知和渲染是同一过程中密不可分的两方面。与基于电机的动觉渲染原理不同,现有的触觉渲染技术主要集中在压电、电刺激、物理接触、气囊、贴肤薄膜等方式。这些方式除了原理不同之外,更涉及到材料、微电子、神经科学等多个领域。如何能够设计并制备出高密度、高响应,体积微小且与人体结合紧密的微型压觉执行器阵列是一项涉及面广、极具挑战、又富含科研与实践意义的主题。其成果可以为人机交互与机器人等应用提供关键技术。

2.2 基于多功能高性能的柔性传感阵列器件的物体识别与属性判定技术研究

高灵敏度、高空间分辨率、快速响应的柔性触觉传感阵列可以带给我们实时且精密的触觉感知。作为仅次于视觉的第二大感知能力的触觉,在机器人上的发展与应用发展缓慢,导致机器人连开瓶盖之类对人类轻而易举的任务都很难完成。触觉在日常生活中有着视觉无法取代的作用,人类依赖触觉感知接触状态(stable, slipping, rolling)、表面特征(roughness, pattern, curvature)、物体特定(shape, weight, stiffness),并通过触觉增进感情(握手,拥抱,抚摸)。要使机器人具备这些能力从而变得 physically useful,需要具备多功能、高灵敏度、高分辨率、高响应、高重复性、高量程、高耐用性以及柔性可弯曲的触觉传感阵列。本课题主要涉及材料、微电子、电气、机械、计算机等学科。

2.3 基于触觉的机器人能力与人机交互研究

机器人的行为决策与运动控制依赖于对环境的感知，目前这方面的研究多基于视觉，对触觉在机器人上的应用研究相对较少。然而，触觉在诸多应用场景中起着至关重要的作用。如何利用更先进的触觉传感技术提高机器人的各种能力和功能、并使其具备与人进行物理交互的能力是一项极具挑战意义的研究课题，其成果将为开拓机器人应用提供关键的技术基础。研究方向包括但不限于基于触觉信息的机器学习，人机交互、协作，人的行为运动感知，制定机器人的响应方式、运动策略和控制方法。

3 系统及驱动

3.1 新型执行器及其传动的设计与控制技术研究

执行器及其传动技术作为机器人本体的核心模块，很大程度上制约了机器人运动能力的发展。该课题方向期望研究面向快速敏捷运动、人机物理交互安全、高效率传动、高爆发力等方面的执行器及其传动的科学技术或者工程技术。包括但不限于柔顺执行器的研究、高负载重量比的直驱电机的设计与制造，电机超负荷工作的散热研究、驱控传感一体化的集成设计、高效传动的工程技术比如减速器、绳传动等等，人工肌肉、相关的设计方法论与控制技术等。所期望的应用场景包括但不限于灵巧手，机械臂，腿式机器人关节，可穿戴机器人等。

3.2 光纤触觉传感器的设计与制造工艺技术研究

让机器人能与人进行物理交互、并在相处中具有情感将是机器人走进人们日常生活过程中不可或缺的技术要点。在这其中，多模态的机器人皮肤必不可少。光纤有其特有的一些特性，比如在光纤材料中加入其它物质能使之同时感应温度、压力、甚至气味等。同时，光纤的传导特性及其柔性使其在部署于大面积机器人皮肤的时候具有很好的柔性和可拉伸性，且所需导线相对较少，外加光的传输和显示特性，因此，光纤可能是未来机器人新型皮肤的一个选项，本课题希望对面向机器人的光纤触觉传感器和皮肤的设计，仿真技术，微纳制造工艺技术等进行研究。

3.3 实时控制系统、软件中间件和云边端融合的机器人控制技术研究与开发

机器人是一个复杂的机电系统，随着机器人技术与人工智能技术的深度融合，机器人的控制软件也变得也越来越复杂。ROS（Robot Operating System）作为流行的机器人控制软件开发的中间件，得到了越来越广泛的应用，同时新发布的 ROS 2.0 版本在对嵌入式系统

的支持、实时控制、多机器人应用和安全性等方面得到了重大的提升，未来可以应用在不同的机器人本体和应用场景中。此外，将机器人与云端的人工智能模型进行融合，搭建起云，边，端融合的机器人控制系统，能够在降低机器人本体的计算资源需求和成本的同时，大大提升机器人对于环境和任务的感知、理解和决策能力。本课题希望针对智能机器人的软件工程开展相关研究，研究如何提升机器人控制系统的实时性，包括 5G 技术的应用，云端机器人等，构建云，边，端融合的多机器人协同控制平台，并进行相关的场景示范应用。包括但不限于基于嵌入式实时控制系统的机器人控制器的研究与开发；通信技术在远程实时遥操作机器人中的应用研究；ROS2.0 在机器人实时控制、多机器人协作等场景中的应用研究；云、边、端融合的智能机器人控制系统和方法研究。