

中国电子学会-腾讯 Robotics X 犀牛鸟专项研究计划 (2020)

申报主题

1. 高精度柔性触觉传感技术及其应用研究

建议研究主题:

1.1 光纤在触觉和机器人皮肤方面的应用研究

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,其中,多模态机器人皮肤必不可少。尽管过去的研究中,电容、电阻式机器人皮肤取得了很好的发展,但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。因此,光纤可能是机器人皮肤的一个很好选项,该主题希望对此进行系统研究。

1.2 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。

1.3 基于高精度柔性压觉传感器阵列的复杂物体识别与属性判定技术研究

高密度的柔性压觉传感器可以带给我们实时且精密的压觉感知。但压觉的感知同时涉及到空间和时间,并非瞬时感觉。基于此,如何能够从一段时间内(毫秒级-秒级)的连续触觉信号模式变化中得出有意义的模式,识别物体的外观材质属性(如光滑、尖锐棱角、粗糙、弹性),并以此为依据向压觉执行器发出对应的输出以在人体表面渲染出相应的材质无疑是人机交互和机器人等研究方向上极为重要的一环。该主题主要涉及信号处理、模式识别等学科,应用传统信号或视觉处理技术来处理压觉感知信号。

2. 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。该研究方向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。复杂机器人是指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。

建议研究主题：

- 2.1 机器人模型参数的实时识别和系统拟合；
- 2.2 机器人状态的实时估计，包括位置、姿态以及与环境接触的状态；
- 2.3 各类传感器、传感数据在控制和学习中的应用；
- 2.4 利用现有运动控制器自主生成运动数据、促进学习，通过学习改善现有控制器；
- 2.5 不同控制器间的无缝切换，实现多场景（已知和未知场景）中机器人的控制。

3. 基于触觉与视觉融合的机器人操作与人机交互技术研究

操作体现了机器人与环境交互的能力，是机器人的核心能力之一。机器人的操作规划和控制依赖于对环境的感知。目前这方面的研究多基于视觉，对触觉在机器人操作中的应用的研究相对较少。然而，触觉在诸多应用场景中起着至关重要的作用。如何利用现有触觉传感技术、并与其它传感数据（尤其视觉）融合来实现动态灵巧操作、提高机器人操作能力和功能、并使其具备与人进行物理交互的能力是一项极具挑战和意义的研究方向，其成果将为开拓机器人应用提供关键的技术基础。

建议研究主题：

- 3.1 基于触觉信息的机器学习，并与视觉相结合；

3.2 未知物体感知与灵巧操作：估计物体性质与状态，制定运动规划和控制方法，注重柔性物体和活的物体；

3.3 人机交互、协作：感知人的行为运动，制定机器人的响应方式、运动策略和控制方法；

3.4 面向机器人操作的未知动态目标检测与抓取研究：包括未知动态目标抓取姿态的精确检测、机器人动态抓取规划研究。

4. 具有复杂环境适应能力的高机动性腿式机器人系统研究

传统的机器人应用和研究一般局限于结构化的环境下，如何提高机器人在复杂环境下的适应能力和交互能力，是目前的研究热点之一，代表性的有美国波士顿动力公司研究开发的 Spot 四足机器狗，Atlas 类人机器人和 Handle 腿轮式机器人。为了增强机器人的环境适应能力，需要同时从机器人本体的硬件设计，高性能直驱电机和驱动器，基于全身动力学的控制算法和实时运动规划，以及对于环境的快速感知和决策等方向开展深入研究。同时机器人的控制方式需要将“快速反应式的自主控制”与“有意识的规划控制”进行有机的结合，使得机器人不仅能够自适应环境的变化（如：不平整的地面、外部的冲击和干扰），而且还能够快速地完成从感知、决策到规划和行动的整个流程，从而在非结构化的环境下能够完成可变的任务。该研究方向希望针对腿式机器人开展相关研究工作，研发具有复杂环境适应能力，具有高机动性，卓越平衡控制和抗干扰能力的智能机器人系统，并进行相关的任务功能演示。

建议研究主题：

4.1 仿生的机器人机构设计与优化，金属 3D 打印技术的应用；

4.2 高性能电机及驱动器在腿式机器人设计与控制中的应用研究；

4.3 腿式机器人在不同环境下的动静态平衡控制，抗干扰、抗冲击控制算法的研究；

4.4 机器人多体动力学控制与运动控制算法研究，位置与力的混合控制，柔顺控制算法研究；

4.5 机器人的层级控制，快速的环境感知、规划、决策控制方法研究。

5. 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

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。该研究方向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。

建议研究主题：

- 5.1 基于嵌入式实时控制系统的机器人控制器的研究与开发；
- 5.2 5G 通信技术在远程实时遥操作机器人中的应用研究；
- 5.3 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；
- 5.4 云、边、端融合的智能机器人控制系统和方法研究。

6. 新型执行器的系统设计与控制方法研究

新型执行器作为机器人本体的核心模块，历史上取得了很多的突破，并在传统的工业机器人和最近的协作机器人中得到了广泛应用。但是随着机器人在新兴应用领域的扩展，比如微纳米材料的操作、人机交互的可穿戴机器人（外骨骼、智能假肢）、灵巧指等领域，结合新兴的材料和工艺技术，新型执行器的设计及其相应的设计与控制方法需要从根本上重新思考。该研究方向寻求一些前瞻性的设计、设计方法和整体系统控制的研究。

建议研究主题：

6.1 微型执行器

新兴的材料技术、3D 打印技术和 MEMS 技术的发展，使得尺寸在毫米级别的微小驱动器有望在机器人中获得大规模应用，特别是在触觉感知设备、微纳末端执行器等方面。

6.2 柔顺高能效执行器

柔顺高能效的驱动器主要面向人机交互的或与环境有物理交互的机器人任务和场景，可有效提高人机交互的安全性。不同于传统的刚性驱动器，柔顺驱动器往往能存储和释放机械能量，吸收冲击载荷，在一些机器人领域，比如弹跳机器人、可穿戴机器人中有着较好的应用前景。

6.3 高性能电机驱动与散热控制设计

在很多机器人应用中，为提升机器人的灵活运动能力，需要电机执行器短时或长时间工作在其额定工作区间以上。这种超负荷的工作方式需要设计一套完整的主动/被动散热以及驱动控制系统，在考虑电机热阻以及散热条件的情况下最大化电机输出。

6.4 新型机器人减速器

作为核心零部件，目前机器人减速器的是制约机器人性能、寿命和成本的最大因素，市场现有的高端谐波减速器和 RV 减速器基本被国外厂商所垄断，且具有价格高、滞后大、重量大、尺寸限制大等缺点，需要研发新型减速器以应对轻量化、低成本、小尺寸的应用，提高机器人整机效率并降低成本，使机器人本身应用能够更加普及。