

中国电子学会-腾讯

Robotics X 犀牛鸟专项研究计划 (2022)

申报主题

1. 基于新型柔性触觉传感器的多模态触觉获取、表达、识别与判定

触觉是人类仅次于视觉的第二大感知能力，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)、物体属性 (shape , weight , stiffness)，并通过触觉增进感情 (握手，拥抱，抚摸)。要使机器人具备类人的触觉能力从而变得更加实用，需要研制多功能、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，基于这样的阵列获取物体间的接触和交互状况，实现对物体的识别和属性判定。但触觉信号同时具备时域与空间域，如何及时有效获取、处理、理解和表达触觉传感器获取的多模态数据需要进一步深入研究。

本课题拟攻关高灵敏度、高空间分辨率、快速响应的柔性触觉传感器，以进一步提升触觉信号获取的质量、精度和稳定性，并基于该传感器实现多模态触觉感知信息获取、表达、物体识别与属性判定。相关工作对于高智能的机器人灵巧操作、人机交互、人机安全协同等方向具有重要意义，涉及材料、微电子、电气、机械、计算机等学科，涵盖传感器制备、信号处理与识别算法等相关技术研究。

2. 新型执行器及其传动的本体设计制造与控制技术研究

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。同时，机器人的机械本体、执行器与算法的复杂性之间也存在内在联系。一些智能机构的设计或者执行器可以极大的方便复杂算法问题的解决。因此，设计高性能的执行器可以在机器人的关键领域实现突破性创新。

本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或者工程技术。包括但不限于高负载重量比 ($\geq 30\text{Nm/kg}$)的扁平直驱电机本体的设计，测试或者特种制造技术；具备冲击吸附、

能量储存与精准力控能力的柔顺执行器的研究；电机超负荷工作的散热研究；低惯量高效传动的减速器设计测试或者相关高等制造技术，比如低摩擦的差分绳传动减速器，变传动比的减速器，无间隙高强度的塑料齿轮减速器；相关的设计方法论及该执行器对应的控制技术。

3. 高动态动觉/压觉复合渲染技术的研究

人体和外界交互的触觉渲染，依照执行器的不同种类可以大致分为动觉执行器和压觉执行器。传统的动觉执行器以各类电机为核心，在关节自由度和力矩输出能方面已有较为成熟的进展。另一方面，压觉执行器仍处于百花齐放百家争鸣的阶段，各类创新的制备和实现方法层出不穷。

本课题主要关注如何在较小体积、重量的情况下，实现高性能动觉和压觉的同时渲染，并能够依据实际操作任务需求，将两种渲染模式无缝融合、自由切换，同时输出并分别可控。课题的成功实施对于实现高精度灵巧操作、精密人机交互等方向具有重要意义，主要涉及微电子、电器、计算机、机械等学科。

4. 触觉感知在机器人灵巧操作中的应用研究

灵巧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。机器人的操作规划与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（如视觉）融合来实现动态灵巧操作、提升机器人操作能力和功能是一项极具挑战和研究意义的课题。

本课题面向复杂非结构化密集环境，研究机器人对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；在机器人从准静态向动态乃至高动态灵巧操作迁移的同时，研究主动探索、改造和利用环境以完成复杂操作任务的能力。本课题注重利用触觉传感信息（包括触觉传感器部署、标定、建模、仿真及 sim2real 等相关基础技术），研究与机器人运动控制与决策的结合方式，以提升机器人的操作能力与可靠性。申请人可自备触觉传感器，同时腾讯 Robotics X 可提供高密度阵列触觉传感器，并鼓励申请人派实习生在 Robotics X 丰富硬件平台（多种机械臂、机械手）上完成相关研究。

5. 基于柔性触觉皮肤的人机交互和协作研究

随着机器人交互需求的提升和感知技术的发展，触觉逐渐成为人机协作和交互中至关重要的感知模态之一。相较于视觉、力觉等传统感知模态，柔性触觉皮肤为机器人提供了更直接、更高效和更丰富的交互感知能力。尤其在密集、非结构化环境（如人居和仓储环境）和接触密集型应用（如搀扶、拥抱）中，触觉发挥着不可或缺的作用。然而，现有相关研究仍主要集中于利用视觉，触觉在人机交互中的应用研究相对较少。因此，研究如何高效利用触觉信息、并通过触觉与其他模态的有效融合，实现安全友好的人机交互和协作，是一项极具挑战性和实际应用价值的研究课题。

本课题针对人机交互、协作场景中，研究如何部署与标定高分辨率、大面积柔性触觉皮肤，如何与其它模态感知信息融合实现人机交互状态和意图辨识，如何提升接触密集型人机交互中的机器人自主决策、运动规划和控制能力与安全性。腾讯 Robotics X 可提供高密度阵列触觉传感器，并鼓励申请人派实习生在 Robotics X 丰富硬件平台（如 icub、多种机械臂）上完成相关研究。

6. 机器人动态非抓握操作(Dynamic Non-Prehensile Manipulation)

机器人动态非抓握操作是机器人灵巧操作的一种重要形式，该操作形式由于采用非包络抓取，操作效率高，但是也给机器人操作控制带来巨大挑战。动态非抓握操作可以实现多物体操作，大尺寸大惯量物体操作，无抓取点物体操作等，将极大发挥机器人潜能。

本课题旨在研究多物体动态非抓握操作技术，机器人的欠驱动操作技术，机器人动态抓取技术，机器人连续混合操作动作的一体化建模和最优控制算法；通过机器人动态非抓握技术的研究充分发挥机器人本体各部位(手掌、腕部等)的灵巧操作能力。本课题研究内容涉及面向于动态非抓握操作的机器人灵巧操作、轨迹优化、最优控制、机械臂运动控制、多传感器融合等知识。鼓励申请人派实习生在腾讯 Robotics X 丰富硬件平台上完成相关研究。

7. 面向机器人研发的虚实集成系统工具的若干关键技术研究

为了提高机器人的实用性、让机器人更快、更好地融入日常生活中，迫切需要实现一些超越现有机器人常规研发路径的系统工具和方法。其中，面向未来的虚实集成的系统工具是一个极具战略意义的课题。

本课题期望对其中的若干关键技术进行研究，包括但不限于碰撞与接触的力学建模，算法优化，虚实（sim-to-real）仿真精度的提升技术；硬件在环（hardware-in-the-loop）的系统集成仿真技术，比如电子皮肤（e-skin）的接触仿真系统或者高精度电机的透明模型及仿真系统；仿真引擎的优化，比如耗时模块的算法优化及并行算法的开发；跨平台的软硬件集成设计开发，比如软件中间件的设计开发，在虚拟仿真与实体机器人进行无缝迁移的技术，通用的工具或者面向机器人应用的模型语言设计等。

8. 复杂和动态环境下机器人的自主定位，导航与感知技术研究

随着智能机器人技术的不断进步，越来越多的机器人在不同的生活场景中得到应用，并尝试替代或辅助人类完成各种任务。但真实的工作和生活场景（人居环境）是一个复杂、高度非结构化和不断动态变化的场景，这给机器人的精确定位，对环境的准确理解和认知，导航和控制等都带来了很大挑战，也是目前很多服务机器人无法大规模应用的技术瓶颈之一。

本课题拟支持以下几个方面的基础或者应用研究工作，具体包括但不限于：研究和开发能综合利用多种传感器信息，包括激光、惯导和视觉信息，实现机器人大范围高精度同步定位和建图（SLAM）的算法软件；研究先进的机器人运动规划算法，包括自主探索、地形检测、实时动静态障碍物检测、预测判断和自主安全的避障策略研究；研究如何利用深度学习、强化学习来实现机器人对周围环境的感知、语义地图的构建和理解，能够做出高效决策和任务规划的算法和模型，并在机器人平台上进行效果验证和应用展示。