

# 摘 要

参考文献<sup>[1]</sup>

关键词：L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X；论文

# Abstract

**Keywords:** L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X; Paper

# 目 录

摘 要 .....	I
Abstract .....	II
第一章 绪论 .....	1
1.1 研究背景和意义 .....	1
1.2 国内外研究现状 .....	1
1.2.1 机器人示教方法研究现状 .....	1
1.2.2 动态运动原语研究现状 .....	2
1.2.3 汉字笔画提取研究现状 .....	2
1.3 研究内容和安排 .....	2
第二章 第二章 .....	3
第三章 第三章 .....	4
第四章 第四章 .....	5
结 论 .....	6
参考文献 .....	7
附 录 .....	9
致 谢 .....	10



# 第一章 绪论

## 1.1 研究背景和意义

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 机器人示教方法研究现状

尽管如今机器人在社会上的应用越来越广泛，在技术上也取得了许多重大的突破，但对于机器人大部分运动任务的编程方式仍然以手工编程为主<sup>[2]</sup>。机器人示教方法的研究从 20 世纪 80 年代开始发展至今，相关研究成果已经相当成熟，其目的就是要实现对机器人运动的自动编程<sup>[3]</sup>。根据示教方法来进行分类，机器人示教主要分为三种：基于物理交互的示教方法，基于遥操作的示教方法和基于视觉的示教方法<sup>[4]</sup>。下面将分别介绍三种示教方法的现状与优劣。

#### 1) 基于物理交互的示教方法

对于这种示教方法，示教者通常会与机器人进行直接接触，通过拖动机械臂末端等方式进行示教编程。早在 1984 年，Hogan 基于阻抗控制的方法设计出的机械臂动力学模型，就能在无力矩传感器的情形下进行物理交互示教<sup>[5]</sup>。而根据 Goto 等人的工作，通过对重力和摩擦力进行补偿，对于高齿轮比的工业机器人示教者也能轻松的实现牵引拖动<sup>[6]</sup>。这种示教方法可以让示教者和机械臂有直接的力交互，示教过程相当直观。不过，由于这种示教方法需要示教者和机器人进行近距离的接触，在操作上会受到限制<sup>[4]</sup>。对于大动力机械臂的示教，近距离的接触也存在一定的安全隐患<sup>[7]</sup>。在某些恶劣的、高风险的应用场景下，这种示教方法实现起来也相当困难。

#### 2) 基于遥操作的示教方法

基于遥操作的示教方法与上述方法的差异是，示教者通常不会和机器人有直接的接触，而是借助遥操作装置实现对机器人的控制。遥操作设备的形式多种多样，Fang 等人通过佩戴可穿戴设备将人类手臂的动作映射到七自由度的 Baxter 机器人上<sup>[8]</sup>，Lee 等人利用外骨骼实现对双臂机器人的控制<sup>[9]</sup>，Monferrer 等人将虚拟现实技术（Virtual Reality, VR）和机器人的遥操作结合起来，实现对水下移动机器人的控制，兼具沉浸感和可操作性<sup>[10]</sup>。这种示教方法弥补了基于物理交互示教方法的缺点，可以实现在恶劣的环境下对机器人进行示教学习，例如水下或高温环境。但这种方法存在延时和震颤问题<sup>[11]</sup>，导致跟踪误差的存在。由于遥操作设备本身比较昂贵并且操作复杂，这种方法的

使用门槛也比较高<sup>[12]</sup>。

### 3) 基于视觉的示教方法

基于视觉的示教方法通过相机、定位光标等方式学习技能，主要依赖上述设备采集到的视觉信息来捕获示教者的运动信息，将技能传递给机器人。基于视觉的示教能实现多种方式的示教。例如我们可以通过 Kinect 相机识别示教者的深度视觉信息并映射到机械臂上<sup>[13]</sup>，也可以脱离示教者本身通过识别图片的轨迹信息实现示教<sup>[7]</sup>，甚至我们可以通过无标签的视频演示的就能让机器人进行模仿学习<sup>[14]</sup>。这种方法在成本上相对低廉，对于示教者本身的要求也不高，操作较为简便，很容易能获取到大量的样本数据。但这种方法让示教者缺乏对力度信息的反馈，在示教效果上有所欠缺。

## 1.2.2 动态运动原语研究现状

## 1.2.3 汉字笔画提取研究现状

## 1.3 研究内容和安排

## 第二章 第二章

## 第三章 第三章



## 第四章 第四章

## 结 论

## 参考文献

- [1] Li X, Yang C, Feng Y. The Generalization of Robot Skills Based on Dynamic Movement Primitives[J]. IFAC-PapersOnLine. 3rd IFAC Workshop on Cyber-Physical & Human Systems CPHS 2020 2020, 53(5): 265-270.
- [2] 宋才伟. 基于示教学习和任务约束的机器人作业规划研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2021.
- [3] 陈垂泽. 人机技能传递系统及方法研究[D]. In collab. with 杨辰. 华南理工大学, 2020.
- [4] 曾超. 人-机器人技能传递技术研究[D]. In collab. with 杨辰. 华南理工大学, 2019.
- [5] Hogan N. Impedance Control: An Approach to Manipulation[C]//1984 American Control Conference. 1984: 304-313.
- [6] Goto S, Nakamura M, Kyura N. Property of Force-Free Control with Independent Compensation for Inertia, Friction and Gravity of Industrial Articulated Robot Arm[C]//Proceedings of the 41st SICE Annual Conference. SICE 2002. Vol. 1. 2002: 408-412 vol.1.
- [7] Li X, Dai S L, Yang C. Vision-Based Robot Handwriting Skill Reproduction and Generalization[C]//2021 27th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP). 2021: 469-474.
- [8] Fang B, Wei X, Sun F, et al. Skill Learning for Human-Robot Interaction Using Wearable Device[J]. Tsinghua Science and Technology, 2019, 24(6): 654-662.
- [9] Lee H, Kim J, Kim T. A Robot Teaching Framework for a Redundant Dual Arm Manipulator with Teleoperation from Exoskeleton Motion Data[C]//2014 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots. 2014: 1057-1062.
- [10] Monferrer A, Bonyuet D. Cooperative Robot Teleoperation through Virtual Reality Interfaces[C]//Proceedings Sixth International Conference on Information Visualisation. 2002: 243-248.
- [11] Yang C, Jiang Y, Li Z, et al. Neural Control of Bimanual Robots With Guaranteed Global Stability and Motion Precision[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2017, 13(3): 1162-1171.
- [12] Li X, Si W, Yang C. An Observation Based Method for Human Robot Writing Skill Transfer[C]//2022 IEEE 17th International Conference on Control & Automation (ICCA).

2022: 412-417.

- [13] Xu Y, Yang C, Zhong J, et al. Robot Teaching by Teleoperation Based on Visual Interaction and Extreme Learning Machine[J]. Neurocomputing, 2018, 275: 2093-2103.
- [14] Sermanet P, Lynch C, Chebotar Y, et al. Time-Contrastive Networks: Self-Supervised Learning from Video[C]//2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). 2018: 1134-1141.

## 附 录

## 致 谢