



汕頭大學

SHANTOU UNIVERSITY

基于判别相关滤波器及人体骨架提取的 跟随机器人系统

A Robot System Based on Discriminant Correlation Filter and Human
Skeleton Extraction Algorithm



报告人：梁威翔



指导老师：范衡教授



2016级电子信息工程

目录

CONTENTS

01

研究绪论

02

目标人体追踪方法

03

跟随机器人设计

04

实验设计及结果

05

总结及研究展望



研究绪论



研究绪论

2015年以来，人工智能在国内获得快速发展，国家对人工智能与机器人产业重视程度越来越高。2017年12月，《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018-2020年)》发布，从各个方面详细规划了人工智能在未来三年的重点发展方向和目标，每个方向到2020年的目标都做了非常细致的量化。人工智能与机器人产业将成为国家的重点支柱产业。在不久的将来，服务机器人将像智能手机一样进入我们的生活。在为人类提供服务的过程中，例如家庭陪护和搬运货物，**服务机器人对人类的识别和跟踪是非常重要的一个功能。如何让服务机器人准确地识别和安全地跟随特定的人体目标一直是机器人学界和工业界重点关注的问题。**

本课题旨在提出**一种结合判别相关滤波器和人体骨架提取算法的人体目标追踪方法**，并将其应用于搭载立体相机的实体移动机器人系统上，同时结合**运动控制算法和基于肢体动作的人机交互策略**，实现服务机器人的**跟随特定人体功能**。



目标人体追踪方法

目标人体追踪方法

本课题提出的一种人体目标追踪方法，在ROS机器人操作系统的框架下结合了判别相关滤波器以及人体骨架提取算法。判别相关滤波器采取的是2017年发表在CVPR的DCF-CSR追踪器算法^[1]，人体骨架提取算法采用的是卡耐基梅隆大学在2019年提出的OpenPose人体姿态估计算法^[2]。



图1 DCF-CSR追踪器算法



图2 OpenPose人体姿态估计算法

[1]A. Lukežić, T. Vojtír, L. C. Zajc, J. Matas and M. Kristan, "Discriminative Correlation Filter with Channel and Spatial Reliability," 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, 2017, pp. 4847-4856.

[2]Z. Cao, G. Hidalgo Martinez, T. Simon, S. Wei and Y. A. Sheikh, "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields," in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.

目标人体追踪方法

本课题提出的追踪方法对目标人体的追踪分为三部分，分别是**初始识别**、**自动校准**以及**目标被完全遮挡后的重识别**。

初始识别阶段为跟随机器人从立体相机获得的实时图像中首次识别目标人体即用户的阶段。通过OpenPose人体姿态估计算法拟合的人体骨架对目标人体进行定位并根据以下式生成矩形框获取用于训练DCF-CSR追踪器的初始帧。

$$\text{点C坐标} \left(x_1 + \frac{x_2 - x_1}{2}, y_t + \frac{\max(y_3, y_4) - y_t - h_b}{2} \right)$$

$$\text{矩形框宽} \quad w_t = x_2 - x_1 + w_b$$

$$\text{矩形框长} \quad h_t = \max(y_3, y_4) - y_t + h_b$$

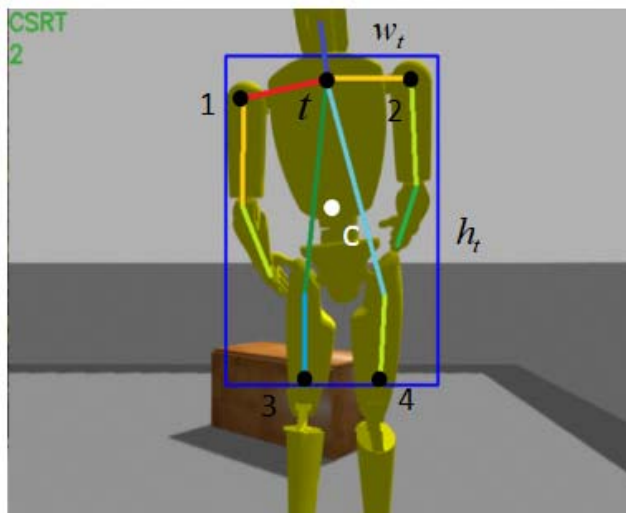
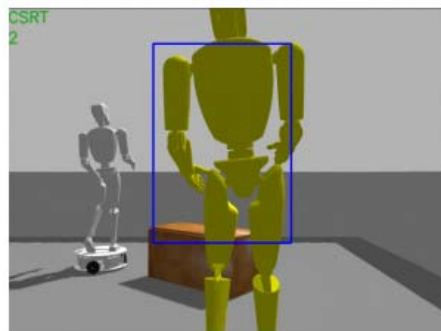


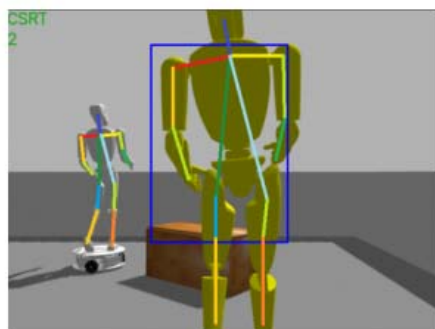
图3 目标人体初始识别

目标人体追踪方法

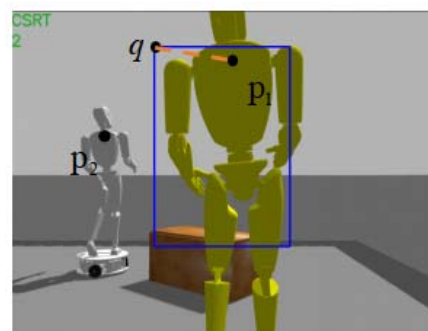
在跟随机器人跟随目标人体过程中，对目标人体的视觉追踪主要依赖于DCF-CSR追踪器。针对DCF-CSR追踪器在经过一段时间的追踪后受人体目标周围的环境影响导致的追踪漂移和精度下降，如下图4 a) 所示。本课题提出的提高持续追踪目标人体精度的方法是引入**自动校准**操作，自动校准的频率为在持续追踪过程中每2秒进行一次。自动校准的具体操作如下图4所示。



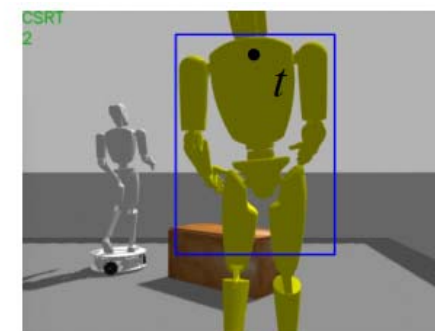
a) 追踪精度下降



b) 获取视野中的人体骨架



c) 获取新的跟踪点 t



d) 展开新的矩形框

图4 自动校准操作

目标人体追踪方法

在跟随机器人跟随目标人体过程中，机器人与目标人体之间存在一段距离，周围的行人有可能会穿过机器人与目标人体之间，造成目标人体的图像完全被遮挡。DCF-CSR算法对于完全被遮挡的目标难以重新识别。本课题引入差值哈希算法用以比较图片相似度进而实现对目标人体被完全遮挡后**重识别**的操作

。



图5 目标人体被遮挡

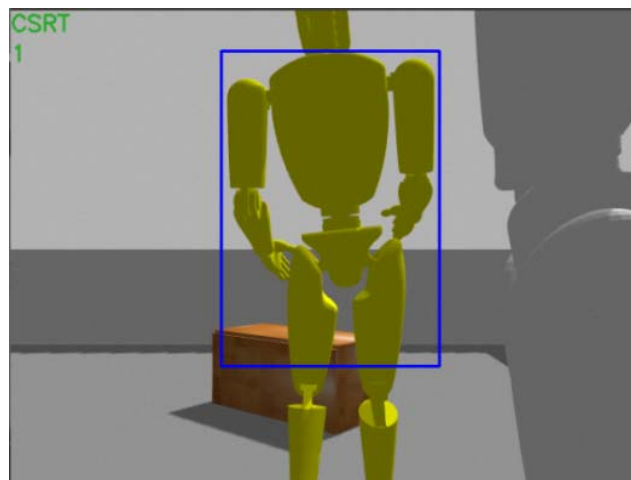


图6 重识别完成



跟随机器人设计

跟随机器人设计

1、跟随机器人平台介绍

本课题使用的机器人为汕头大学人工智能与机器人实验室自主研发的室内服务机器人STELLAX，并根据本课题提出的跟随策略的需要作出了相应的结构硬件上的优化改进。



图7 改进后STELLAX机器人设计图

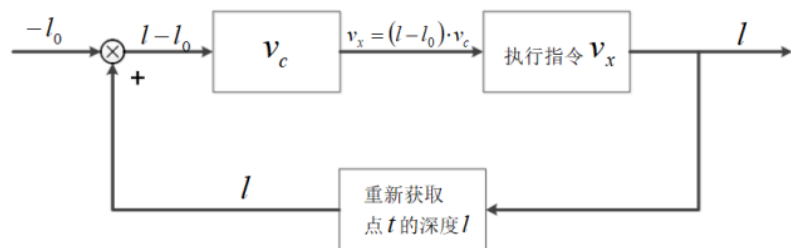


图8 改进后STELLAX机器人实物图

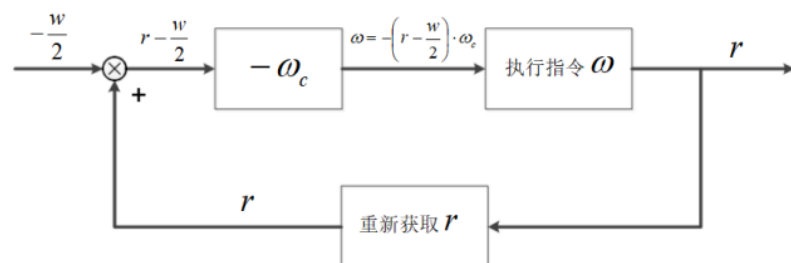
跟随机器人设计

2、跟随运动控制

在机器人跟随目标人体的过程中，最理想的状态为机器人与目标人体保持适当的距离，且目标人体处于机器人的立体相机视野的正中央。在本课题设计的跟随机器人跟随运动采用的是比例控制。



a) 机器人直线速度比例控制框图



b) 机器人自转速度比例控制框图

图9 跟随运动比例控制框图

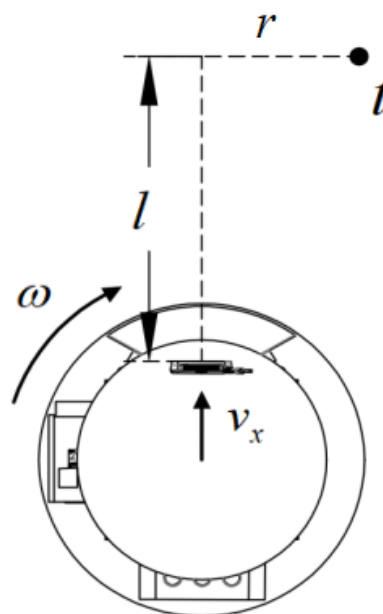


图10 机器人跟随目标人体俯视图

跟随机器人设计

3、实时避障运动控制

跟随机器人在跟随目标人体前进时，需要对前进路径上的障碍进行自主实时规避。本课题设计的跟随机器人使用的是二维激光扫描仪对路径上的障碍进行测量并通过算法对障碍进行实时规避，通过下式产生规避障碍的躲避速度。

$$\text{躲避速度 } v_a = v_{escape} \cdot \sin \alpha$$

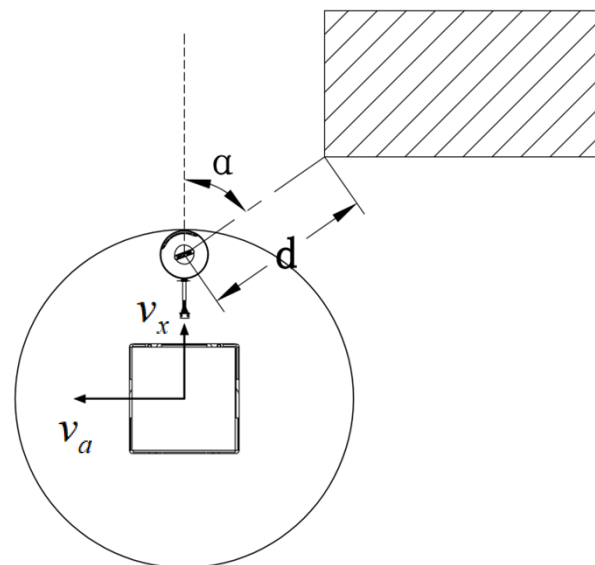


图11 机器人避障示意图

跟随机器人设计

4、基于肢体动作的人机交互策略

为降低成本，同时获得良好的交互效果，本课题设计的跟随机器人通过立体相机识别人体目标的动作指令来完成人机交互。跟随机器人对目标人体的动作识别是通过之前所述用于辅助追踪目标的OpenPose算法实现。目前基于对跟随机器人跟随用户过程中需求的考虑，本课题初步拟定了三类的人体动作及其对应的机器人执行的任务。

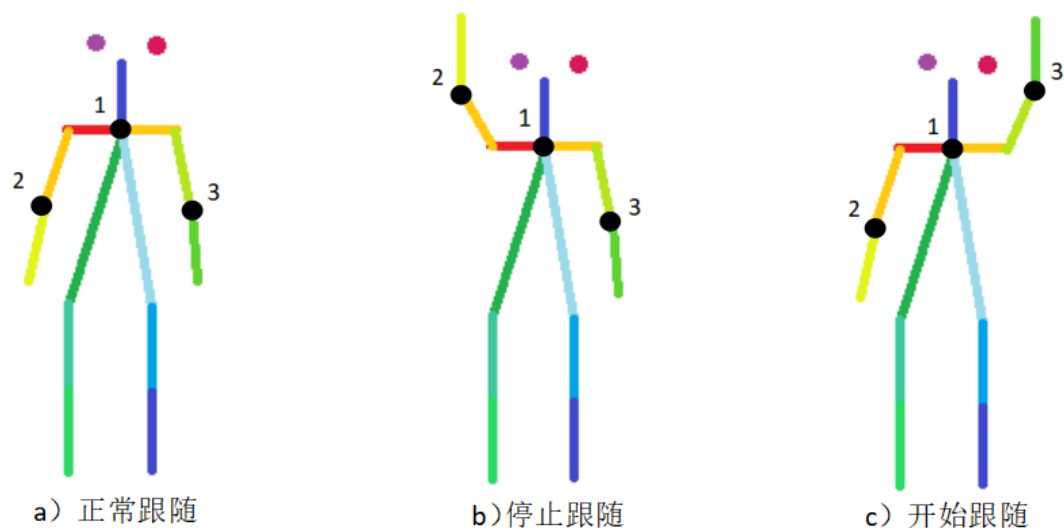


图12 动作指令



实验设计及结果

实验设计及结果

1、仿真实验

仿真的环境为10米×6米的封闭环境，其中设置了箱子作为环境中的障碍进而测试机器人的实时避障算法；同时，环境中设置了两个可以移动的人体模型，其中一个为机器人将要跟随的目标人体，另一个为机器人在跟随目标人体的过程中穿过机器人与目标人体之间的干扰人体，从而测试机器人对目标人体的跟随运动控制算法以及重识别机制。

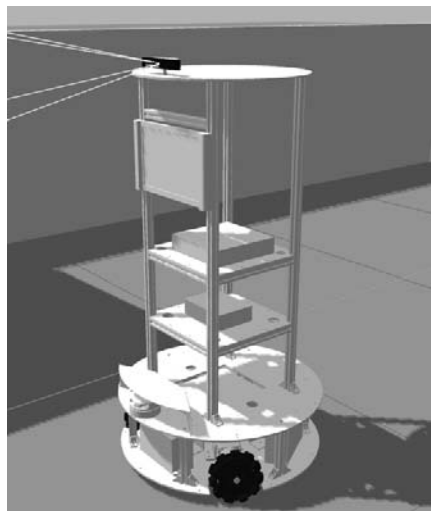


图13 STELLAX机器人仿真模型

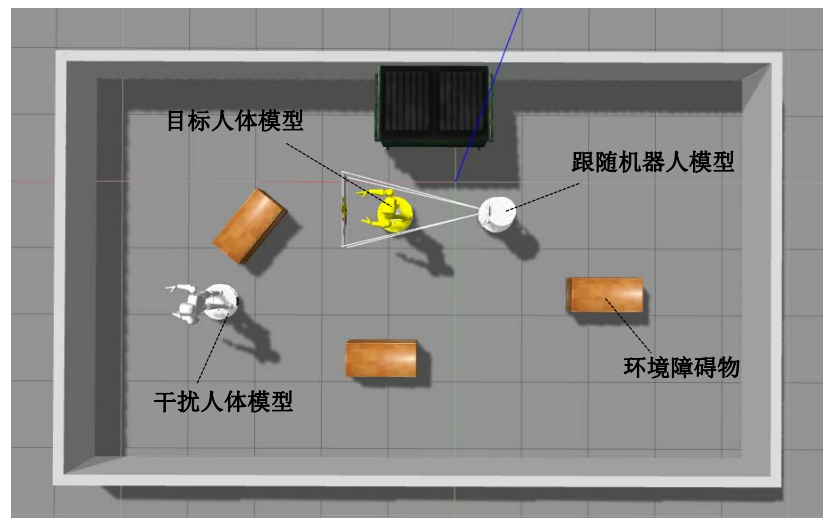


图13 仿真实验环境

实验设计及结果

黄色路径为目标人体模型的移动路径，**绿色路径**为跟随机器人的移动路径。根据仿真实验中的路径结果，本课题提出的跟踪目标人体的方法能使跟随机器人稳定的跟随目标人体，并且面对其他非目标人体干扰后能重新识别目标人体，同时运动控制算法能实现实时避障。



图13 仿真实验目标人体和跟随机器人的移动路径

实验设计及结果

2、实体机器人实验

实验在汕头大学新行政楼一楼进行，其中包含长走廊、房间入口和室内空旷场地。下图为实验环境的平面地图，点s为目标人体的初始位置，点g为跟随机器人的初始位置，点f为目标人体行进路线的终点，黄色路线为实验中目标人体的行进路线。

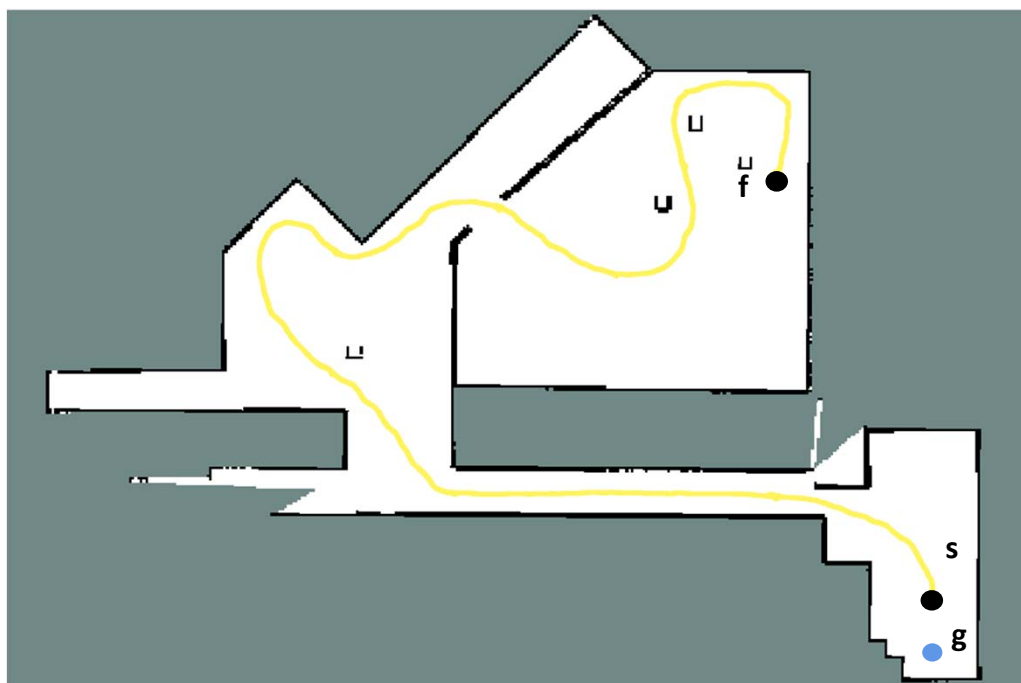


图14 实体机器人实验环境平面图

实验设计及结果

黄色路径为目标人体的移动路径，**红色路径**为跟随机器人的移动路径。实验结果表明，该跟随机器人系统能够稳定地跟踪目标，并在跟踪过程中保持与目标的安全距离，同时能识别目标人体的肢体动作指令。



图15 实体机器人实验目标人体和跟随机器人的移动路径



总结及研究展望

总结及研究展望

服务机器人是人工智能技术的重要应用，跟随特定人体是服务机器人的重要功能。本课题结合判别相关滤波器DCF-CSR算法和人体骨架拟合算法OpenPose提出一种稳定的机器人追踪目标人体方法，同时结合自主研发的室内服务机器人STELLAX实现功能完备的跟随机器人。本课题的主要研究成果如下：**(1) 提出一种追踪目标人体的方法； (2) 开发跟随机器人； (3) 验证了跟随机器人的功能。**

基于判别相关滤波器及人体骨架提取的
跟随机器人系统


A Robot System Based on Discriminant
Correlation Filter and Human Skeleton
Extraction Algorithm

总结及研究展望

本课题提出的追踪目标人体方法和开发的跟随机器人存在的问题及日后的研究工作主要包括：

(1) 对于突然完全消失的目标人体，例如在直角转弯处目标人体的突然转弯，跟随机器人的重识别将无法找到丢失的目标人体；解决这类问题，可**通过加入对目标人体运动的预测进行解决**，提高机器人跟随目标人体的鲁棒性。

(2) 本课题在机器人上添加了英伟达TX2计算单元，机器人的机载运算能力得到提高，但同时不可避免地加大了机器人的功耗以及使机器人的结构更加复杂臃肿。解决这类问题，结合云计算是一个重要的方法，例如将本课题中运算量较大的OpenPose算法置于云端服务器运行，将拟合的人体骨架数据通过无线网络传输给机器人，减低机器人的机载本地运算压力。但由于无线网络传输往往具有较高的延时性，不利于机器人对目标人体骨架的实时判断，这也是云计算面临的挑战。随着5G等移动通信技术的发展，无线网络传输实时性将会提高，“**云计算+机器人**”的策略会使本课题开发的跟随机器人更加轻便。



感谢聆听
请各位老师批评指正