
《物联网与嵌入式技术》

大作业课题报告

基于手势识别控制柔性臂

学 生 姓 名： 熊勇强

学 科、 专 业： 机械电子

学 号： 22304108

完 成 日 期： 2024.04.23

大连理工大学

Dalian University of Technology

目 录

1	项目概述.....	1
1.1	项目背景.....	1
1.2	研究内容与计划方案.....	1
1.3	小组任务分工.....	2
2	手势识别功能实现.....	3
2.1	手势识别技术背景.....	3
2.2	mediapipe 库介绍.....	4
2.3	检测方法.....	4
2.4	使用说明.....	5

1 项目概述

本项目是课程《物联网与嵌入式技术》大作业，该项目基于组员马翰飞的本科毕设题目柔性臂提出。小组成员分别为：熊勇强、马翰飞、阳一凡、王建涛、郑奥、李虹江、刘行、陈龙、赵思橙、杨瑞昕，共十人。项目目标为远端通过手势识别控制柔性臂。组长为熊勇强。

1.1 项目背景

在工业自动化和机器人技术的快速发展背景下，柔性臂作为一种具有高度灵活性和多自由度的机器人装置，被广泛应用于各种领域，包括生产制造、医疗卫生、服务机器人等。然而，传统的柔性臂控制方法往往依赖于复杂的编程或遥控器，操作复杂且不直观，限制了其在特定环境下的应用效果和灵活性。

手势识别技术作为一种自然、直观的人机交互方式，能够通过捕捉和分析用户的手部动作，将其转化为机器控制指令。将手势识别技术与柔性臂控制相结合，可以为机器人控制带来全新的可能性，提升操作效率和用户体验。

基于手势识别控制柔性臂具有重要的研究意义和实际应用价值：

- (1) 提高操作效率和用户体验：手势识别控制消除了繁琐的编程步骤，使得操作柔性臂更为直观和高效，从而提升了操作效率和用户体验。
- (2) 增强柔性臂的适用性和灵活性：手势识别技术能够实现对柔性臂的实时响应和精准控制，提升了柔性臂在不同工作环境和任务中的适用性和灵活性。
- (3) 推动智能制造和自动化技术发展：手势识别控制柔性臂是智能制造和自动化技术发展的重要方向之一，有助于提高工厂生产效率、降低人工成本，并推动工业智能化进程 1。
- (4) 促进人机协作和工作安全：通过手势识别控制柔性臂，可以降低操作人员与机器之间的物理接触，减少意外伤害的发生，同时促进人机协作，提升工作的安全性和可靠性。

1.2 研究内容与计划方案

由于项目目标是远端通过手势识别控制柔性臂，因此把技术从软件上分为三部分

- (1) 手势识别
- (2) 远端实时通讯
- (3) 实时柔性臂 3D 展示

从硬件或嵌入式上也分为三部分

- (1) 柔性臂制作
- (2) 柔性臂实时接受远端控制信号并执行
- (3) 柔性臂实时姿态数据采集并上传

手势识别我们调用了基于深度学习训练好的模型修改来适配我们的任务，

实时通讯我们采用了 MQTT 协议

3D 展示我们采用了 unity 制作

程序间沟通采用 socket

1.3 小组任务分工

表 1.1 小组任务安排表

任务	负责成员
实时手势识别控制	熊勇强 阳一凡
3D 建模与动作同步	郑奥 王建涛
远程通讯	陈龙 赵思橙
实物组装调试；mqtt 服务器	马翰飞 刘行
ppt/报告/视频	李虹江 杨瑞昕

我负责手势识别部分，下面介绍我怎么实现这个功能

2 手势识别功能实现

功能要求：最少 7 种方便的手势指示前后左右上下，停止。

2.1 手势识别技术背景

手势识别技术是一种将人体动作转化为计算机可识别指令的技术，旨在实现自然、直观的人机交互方式。手势识别可以利用多种方法和技术来实现，主要包括基于传感器的方法、基于计算机视觉的方法以及基于机器学习的方法。

(1) 基于传感器的方法

基于传感器的手势识别方法通过使用各种传感器设备来捕捉手部动作和姿态信息，常见的传感器包括：陀螺仪和加速度计：用于测量手部的角度和加速度变化，可以获取手部的旋转和移动信息。磁力计：用于检测手部在磁场中的定位，可以提供手部的方向和位置信息。触摸传感器：通过检测手部在表面的接触点和压力变化，识别手势和手部动作。

优点：实时性好，响应速度快。对环境光线和背景影响较小。

缺点：需要穿戴传感器设备，可能影响用户体验。对于复杂手势的识别能力有限。

(2) 基于计算机视觉的方法

基于计算机视觉的手势识别方法利用摄像头或深度传感器捕捉手部的图像或视频流，然后通过图像处理和分析技术提取手势特征，常见的方法包括：轮廓检测和跟踪：识别手部的形状和轮廓，跟踪手部的运动轨迹。手部关键点检测：定位手部的关键点（如手指关节），提取手势的姿态信息。

优点：无需额外设备，使用摄像头即可实现。能够识别复杂的手势和动作。

缺点：对光线和背景敏感，需要良好的环境条件。处理实时图像可能需要较大的计算资源。

(3) 基于机器学习的方法

基于机器学习的手势识别方法利用训练好的模型对手势数据进行分类和识别，常见的方法包括：支持向量机（SVM）：用于将手势特征映射到高维空间进行分类。决策树和随机森林：利用树形结构对手势特征进行分类和判别。深度学习模型：如循环神经网络（RNN）、卷积神经网络（CNN）等，用于端到端地学习手势特征和动作序列。

优点：能够学习复杂的手势模式和动作序列。具有较高的识别精度和泛化能力。

缺点：需要大量的训练数据和计算资源。模型训练和优化可能较为复杂。

鉴于目前机器学习成果易于移植使用，摄像头设备较为普遍且无接触，因此使用了实时摄像头图像数据作为输入，并基于深度学习的模型修改适配任务。

2.2 mediapipe 库介绍

MediaPipe 是谷歌开发的一种跨平台、轻量级的机器学习解决方案，旨在实现实时的视觉处理和感知功能。它提供了一套丰富的工具和库，用于处理图像、视频和音频数据，支持许多应用领域，包括姿势估计、手部追踪、面部检测、语音识别等。

我们仅仅使用他的手部姿态估计模块，该模块可以实时估计手部关节点。给出对应关节点在图像的位置，如图 2.1 所示。

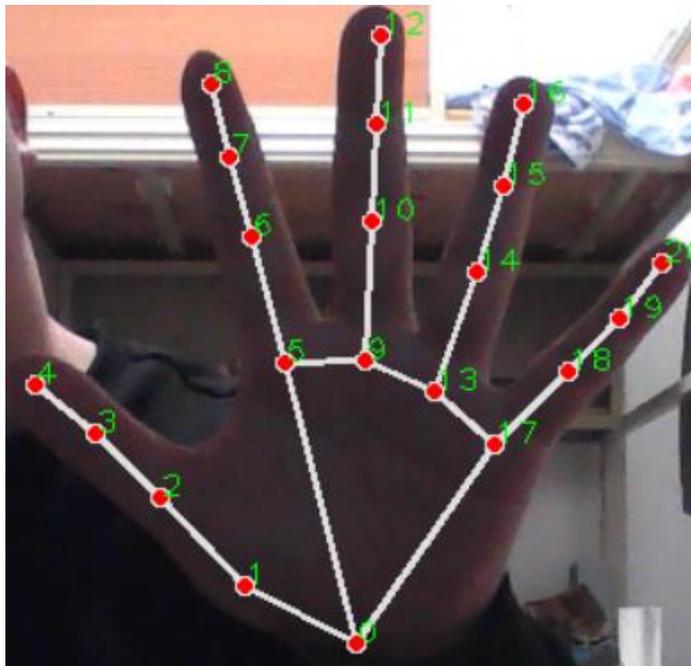


图 2.1 检测到的手指关节图

2.3 检测方法

检测函数主要包括两个方面：1. 判断手指伸出状态 2. 判断手指指向方向。

1. 判断手指伸出状态：通过判断手指末端最后一节方向向量与从掌根到指根方向（以图 2.1 中小拇指为例，即判断 19-20 关节向量和 0-17 关节向量的夹角），同时判断手指末端到掌根的图像距离。这里如果夹角大于 90 度（这里直接把向量单位化点乘和 0 判断即可）或者距离大于 100 像素就判断是手指收缩。输出为长度为 5 的 01 编码。

2. 判断手指指向方向:通过判断拇指指尖到整个手掌的包围盒中心连线的角度来适应指向方向,这里是通过实际测试来得到的具体角度,由于手掌在某些方向的运动不便,因此并非是均匀的四等分。

注意到由于图像平面只有二维平面,手掌应该尽量与摄像头平行,角度过大一方面导致关节点识别失败,一方面由于丢失深度信息导致上述判断失效。

剩下的部分则是具体类别,如输出手指状态为[1, 0, 0, 0, 0]即为仅拇指伸出状态,再进一步检测拇指指向方向,获得上下左右方向并输出。如输出手指状态为[0, 1, 1, 0, 0]则为“剪刀手”手势,输出前进。如输出手指状态为[1, 1, 1, 1, 1],则为整个手掌张开手势,输出后退。如输出手指状态为[0, 0, 0, 0, 0]则为握拳手势,输出停止。

2.4 使用说明

仅拇指伸出,拇指伸出方向为上下左右方向。比出“剪刀手”手势,为前进。五指伸出为后退。握拳为停止。当持续保持某个动作时,速度均加速度上升至上界。具体效果和代码请查看论坛文件。