

一种欠驱动果蔬采摘机械手的设计

周东祺 周可 俞雯

(浙江大学城市学院工程分院 浙江 杭州 310015)

摘要: 本文设计了一种 2-1 分布的三指欠驱动机械手, 以 STM32F103 单片机为控制核心, 结合薄膜电阻器检测电路, 步进电机控制电路等实现了对夹持力的测量, 包络果实。本设计具有适应性强、出力大、控制简单的特点。

关键词: 2-1 分布手指; 欠驱动; STM32F103

0 引言

机械手是在机械化、自动化生产过程中发展起来的一种新型装置。它促进了机械手的发展, 使得机械手能更好地实现与机械化和自动化的有机结合。本文介绍的欠驱动机械手弥补了当今传统机械手体积大、结构复杂等缺陷, 具有结构紧凑、质量小、制作成本低、操作简单、对控制系统要求不高特点, 能够很好完成果蔬的夹取任务, 因而具有良好的应用前景。

1 机械手的结构设计

机械手作为直接接触果实的结构, 若设计不当则在抓取果实时, 很有可能会使果实受伤, 所以机械手结构的设计对于无损采摘的实现是至关重要的, 在设计时主要考虑了以下两个方面: 一是手部结构, 二是机械手的传动及运动。

1.1 手部结构

本设计的手部结构通过仿人手设计, 并且通过对人手的分析发现, 人手使用最频繁的 3 根手指为食指、拇指和中指, 考虑到设计和制造的复杂程度和成本问题, 要求手部结构尽可能简单, 所以设计了 3 指欠驱动手指, 3 指结构能自适应被抓取物体的形状, 实现包络抓取功能。包络抓取是指机器人手指各个关节依次与被抓物体接触, 最终所有关节均与物体接触, 从而达到限制物体运动而实现抓取操作的过程。手指结构如图 1 所示, 由两个串联的近似四杆机构组成, 图中 17、18、19 分别为远指节, 中指节, 近指节。在包络过程中将直接与果实接触。该连杆机构, 极位夹角较小且无死点, 手指运动平稳, 并且连杆机构结构简单制造方便。因连杆可受拉力也可受压力, 所以只需一个动力源即可实现手指的张开和闭合。

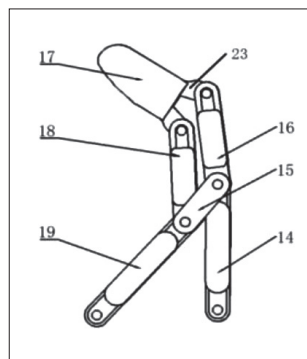


图 1 手指结构图

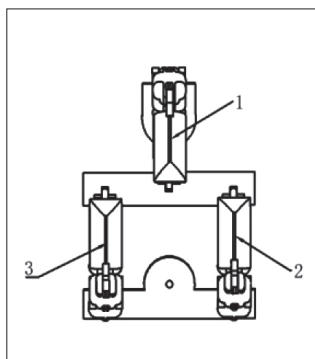


图 2 手指分布俯视图

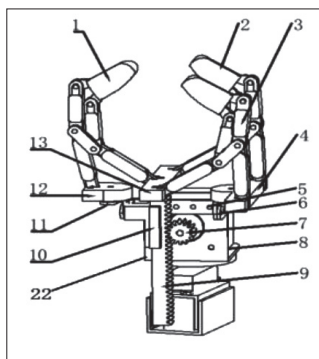


图 3 机械手传动图

由于三个手指结构完全相同, 并且考虑到被抓取物体体积过小时, 机械手完全包络物体时指尖末端会有干涉的问题。所以将三个手指分布成 2-1 形式如图 2 所示, 在有效地避免了手指间的干涉问题的同时加强了对圆柱形果蔬的包络性。

1.2 机械手的传动及运动

在传动设计方面, 由于设计的是欠驱动机构, 欠驱动机构指的是驱动器数目少于机构本身自由度数目的机构。与全驱动多指手爪相比, 欠驱动机械手具有驱动器数目少、成本低、控制简单、可靠性高的特点, 由于欠驱动机械手手指机构中存在作为动力约束的弹簧或扭簧, 使机械手本身具有一定的柔性, 可实现无损采摘, 所以手指无固定运动轨迹, 能根据被包络物体的不同调整运动轨迹, 只需一个动力源即可完成运动, 在设计时采用了步进电机, 因其具有优秀的启停响应以及误差不会积累的特性, 并且有较好的位置精度和运动的重复性, 所以采用步进电机。机械手传动如图 3 所示, 图中电机输出轴 8 与齿轮 7 连接, 通过齿轮齿条机构相啮合将动力传动到齿条 9 上, 齿条与手指上的主推滑块 13 连接, 带动手指 1、2、3 转动, 直至完全包络物体。由于其结构简单以及只有唯一动力源, 有利于实现无损化采摘。

2 控制系统设计

对于果蔬采摘作业来说, 完成机械手的机械设计之后, 需要设计相应的控制系统使机械手具有抓取的功能。该装置的机械手部分, 使用了 STM32F103 单片机进行控制, 机械手控制系统硬件部分主要由 STM32F103 单片机、步进电机以及配套的驱动器、压力薄膜传感器组成, 控制系统简图如图 4 所示。

2.1 硬件部分

薄膜压力传感器及其检测电路: 设计了 9 路 ADC 采样模块, 通过模块读取压力薄膜传感器的变化。我们选用的压力薄膜传感器, 其量程为 0 ~ 2kg。第一版模块, 改变压力后, 读取的数值变化不明显。之后我们通过仿真软件改善了电路, 配置了指示灯, 当压力超过阈值时, 小灯亮; 未超过阈值时,

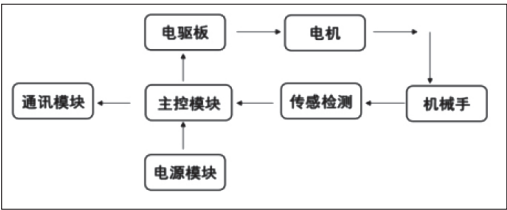


图 4 控制系统

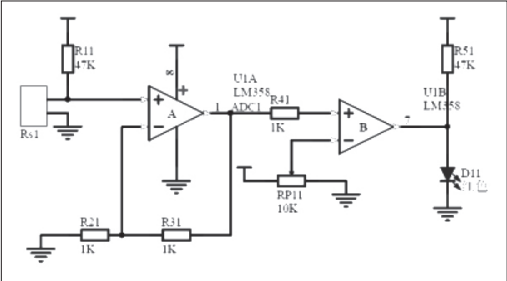


图 5 ADC 采样原理图

小灯灭。一路 ADC 采样的原理图，如图 5 所示。ADC 采样模块 PCB，如图 5 所示。

将该柔性薄膜压力传感器在分压测量的基础上，增加运算放大器电路如图 6 所示，可提高电压测量分辨率，增大驱动电流。将其进行电路仿真，仿真结果如图 7 所示，信号被放大了两倍，在实际运用中可以通过改变 R3 和 R2 的电阻值来改变放大倍数，获得合适的分辨率。

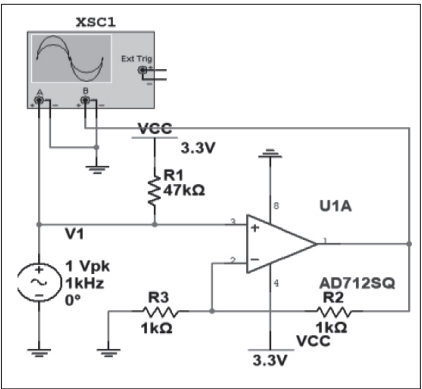


图 6 运算放大电路

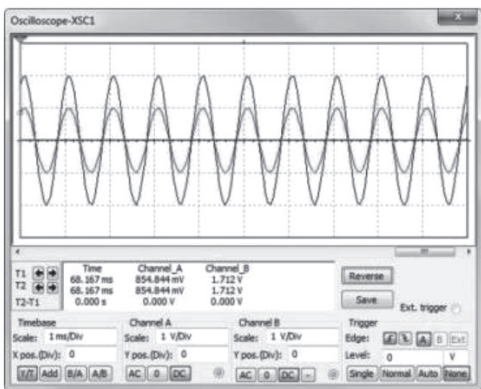


图 7 电路仿真结果

步进电机及其驱动器：采用 42 步进电机及其驱动器，其使用 9V ~ 42V 直流供电以及 H 桥双极恒相流驱动，限大 4.0A 的八种输出电流，以及限大 32 细分的 6 种细分模式。拥有半封闭式机壳以适应更严苛的环境，内置温度保护以及过流保护。

主控制器模块：采用主控板为 STM32F103C8T6，其最小系统板使用 MircoUSB 接口供电，且自带电压稳压芯片，方便进行电平转换。5V 可以由 MircoUSB 接口接入或者由排针标示 5V 接入，也可以直接接入标示为 3.3 的引脚为核心板提供电源。调试接口采用 SWO，并使用低负载 RTC 晶振方案。

2.2 软件部分

通过控制电机的运转可以实现机械手前进、后退、停

止动作。抓取时按采样频率进行接触力电压信号的测量，控制手指某个关节达到一定的接触力值就可以停止抓取。在 keil uvision5 开发环境下进行控制程序逻辑的设计，其主要程序模块有：系统初始化模块、信号处理模块、步进电机控制模块以及通讯模块。

系统初始化模块：控制程序运行后，首先会进行程序的初始化操作。控制程序初始化对程序中用到的所有变量进行初始化，包括信号处理、定时器中断的中间变量的初始化。

信号处理模块：使用力反馈控制系统实现闭环控制。在本项目中采用电阻式薄膜压力传感器来获取各个手指抓取时的压力，通过外围放大电路，读取压力传感器的数值。将读到的数值通过 printf 函数打印在串口调试助手的窗口上。同时，对电阻电压对应的关系进行标定，即通过 ADC 读取单片机引脚 3.3V 对应的电压值，通过比例关系可以推算通过压力改变，传感器改变的电阻值对应的电压值。利用输入信号的给定值与压力传感器检测到的实际值比较计算，以控制电机的转速与方向。

步进电机控制模块：课题研究的机械手在松开或抓取时，编写了力控制程序的逻辑使其可以做到带动手指运动，且手指夹持力最大的部分在于中间关节。即实现中间关节上的压力薄膜传感器读到的值大于多次测试得到的果蔬可承受的最大夹持力，电机将停止转动。

通讯模块：为实现手套对机械手的遥控，两者之间利用蓝牙进行无线通讯。

3 结语

本文通过对于欠驱动原理的研究分析，设计了一种果蔬采摘欠驱动机械手。该装置具有以下特点：机械手用一个步进电机控制 2-1 分布的三个手指，可以实现对果实的包络抓取；通过设定果蔬的最大抓取力度数值，实现了对所有关节中最大接触力的有效控制；该机械手控制简单可靠、抓取稳定、不损伤果实等。该机械手弥补了当今传统机械手体积大、结构复杂等缺陷，其结构紧凑不同于传统机械手，能够更好完成果蔬的夹取任务，具有更加良好的应用前景。

基金项目：本项目属国家级大学生创新创业训练计划支持项目，项目编号 201913021008。

参考文献：

[1] 刘晨,赵艳红,毕嘉彤,李东来.一种新型欠驱动机械手的研究[J].南方农机,2019,50(22):132.
[2] 高瑞祺.一种双连杆混合传动的机器人手指设计[J].现代制造技术与装备,2018(12):58-59+61.
[3] 杨捷,赵晓栋,宋申祥,等.果蔬采摘欠驱动灵巧机械手的设计[J].机械工程师,2015,3:93-95

作者简介：周东祺（2000.08-），男，汉族，浙江衢州人，在校大学生，研究方向：机电一体化。