

基于视觉识别的物料分拣机器人设计

黄树琳, 张 锋

(广东石油化工学院 电子信息学院, 茂名 525000)

摘要:针对现今国内自动分拣系统落后、功能单一以及效率低下等问题,研究开发了一套基于视觉识别检测的物料分拣机器人。该机器人的软硬件设计均采用模块化的设计思想,并运用开创性思路,可依据场景的不同,设置不同的工作模式,实现对需要分拣物料的辨别与定位,包括物料颜色及形状的认识,对物料中心坐标的定位以及对投放区的判别,最终实现物料分拣机器人的智能化分拣。多次试验的结果表明,该机器人系统能够高速、准确地进行物料分拣,为市场日益多样化的需求提供了更为简单有效的新思路和解决方案。

关键词:物料分拣;视觉识别;机器人;openMV;ATMEGA 328p

中图分类号:TP391.41;TP242 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-9944(2019)11-0036-03

Design of Material Sorting Robot Based on Visual Recognition

HUANG Shu-lin, ZHANG Feng

(School of Electronics and Information, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China)

Abstract: Aiming at the problems of backward automatic sorting system, single function and low efficiency in China, a material sorting robot based on visual recognition and detection is developed. The software and hardware design of the robot both adopt modular design idea, and using innovative ideas, can according to the different scenarios, set different work mode, realize the need to identify and sorting materials localization, include identification of material color and shape, location and area of placement to the center coordinates of materials, finally realizes the intelligent sorting material sorting robots. The results of many experiments show that the system can be used for material sorting at high speed and accurately, which provides more simple and effective new ideas and solutions for the increasingly diversified market demands.

Key words: material sorting; visual recognition; robot; openMV; ATMEGA 328p

随着电子信息地高速发展,视觉识别逐渐被运用到各行各业的方方面面,乃至人们的日常生活,而这也为更加智能化的自动分拣系统的诞生提供了可能。自动分拣这一概念最早是从美国、德国这些国家提出来的,之后被各行各业所认同,成为流水线智能分拣的一个重要环节,也被人们所需要。

目前,虽然已有机器人分拣技术,但仍存在许多不足,如不可移动、操作单一、适应面窄、无法智能分拣等。针对这种需要重复性分拣、耗费大量人力的现象,在此根据机器人物料分拣系统所需要的技术要点,包括图像获取和预处理、智能识别、坐标变换、通信等,研究设计了一种基于视觉识别的物

收稿日期:2019-07-29;修订日期:2019-10-17

基金项目:广东省故障诊断重点实验室开放基金项目(772718);茂名市科技计划项目基金项目(650309);茂名市 STEAM & 创客教育工程技术研究中心建设项目(518125)

作者简介:黄树琳(1997—),男,本科,研究方向为机器人及嵌入式开发;张锋(通讯作者)(1979—),男,硕士,高级实验师,研究方向为人工智能研究、工业物联网技术。

料分拣机器人, 可用于多场景的智能分拣作业中, 也可用于教学和实验应用^[1]。

1 机器人系统方案设计

1.1 系统整体构成

基于模拟情景的要求, 物料分拣机器人分为 3 个部分: 动力装置、抓取装置、识别装置, 如图 1 所示。

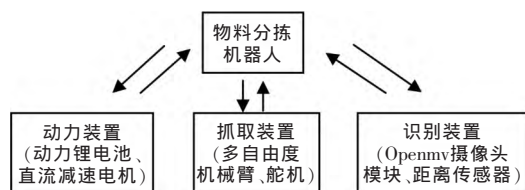


图1 机器人系统整体构成

Fig.1 Overall composition of robot system

该物料分拣机器人采用通用的前置双电机驱动, 能够适应绝大多数复杂路况, 从而抵达指定地点进行物料分拣; 在机械臂设计中采用 3D 建模, 具有可塑性, 可依照分拣物料的形状特点进行手爪设计, 实现安全可靠的物料抓取; 设计中还通过摄像头获取外界图像, 配合距离传感器, 实现对物料形状、大小及颜色的智能判断, 最终实现安全可靠、高性能地智能分拣。

1.2 系统关键技术

该机器人系统选用星瞳科技提供的 openMV 机器视觉模块和 openMV 程序设计软件 openMV-IDE。该机器视觉模块以 STM32F427 为内核, 以 OV7725 为图像采集模块, 具有高分辨率、低功耗等优点。使用 openMV-IDE, 实现了对图像的采集及失真校正和图像的处理及分析, 完成物料分拣机器人的视觉识别。

openMV 机器视觉模块的程序设计中, 采用视觉识别算法^[2], 其原理是通过对外界环境的颜色特征和形状特征的提取, 利用图像滤波、二值化、膨胀和腐蚀等算法对摄像头采集的图像进行预处理, 并使颜色特征和形状特征检索结果相结合, 根据情景需要设置权重, 求得所需分拣物料特征符合度 D 为

$$D(q, t) = \frac{\omega_c D_c + \omega_s D_s}{\omega_c + D_s} \quad (1)$$

式中: q 为摄像头所获取的实时图像; t 为所需分拣物料图像; D_c 为基于颜色直方图的颜色特征相似度; D_s 为基于形状轮廓的形状特征相似度; ω_c, ω_s 分别为根据情景需要所设置的颜色加权、形状加权,

实现所需分拣物料的智能识别。

辅以工件坐标定位算法^[3], 依靠感光点构成的分辨率, 并以顶角建立关于 x, y 的直角坐标系, 获取所需分拣物料的坐标, 并进行路径规划, 实现对工件坐标定位与跟踪^[4]。工件坐标定位算法如图 2 所示。

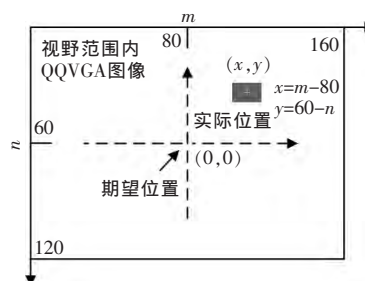


图2 工件坐标定位算法

Fig.2 Workpiece coordinate positioning algorithm

2 机器人系统硬件设计

系统的硬件设计采用 ATMEGA 328P 单片机为核心控制器, 通过与 openMV 机器视觉模块、电机驱动模块、机械臂和过电流保护电路构成。其硬件整体框图如图 3 所示。

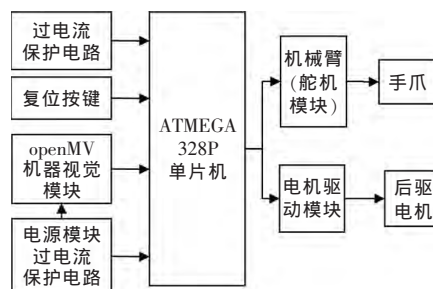


图3 硬件设计整体框图

Fig.3 Hardware design overall block diagram

2.1 主控芯片

设计中, 作为主控芯片的 ATMEGA 328P 单片机, 是以 AVR 为内核的 8 位高性能、低功耗芯片, 能够满足众多数场合的需要, 并且 Arduino 是市售常用的单片机, 具有众多的软件库, 可大大缩短开发者进行软件设计的开发时间。

2.2 机器视觉模块

设计中, 采用 openMV 作为机器视觉模块, 以实现设计所需的视觉识别及图像处理。openMV 集成 OV7725 摄像头和 STM32F427 单片机, 采用 Python 编程, 可以满足设计要求。

2.3 机械臂

设计中, 采用 SolidWorks3D 设计软件进行机械

臂设计,以应对不同场合的对机械臂的物理结构要求,满足不同场合的需要。机械臂由双维度的机械臂及手爪构成,并通过 LD-2015 双轴数字舵机实现机械臂的高精度控制。

3 机器人系统软件设计

3.1 软件设计方案

系统软件采用模块化设计,使用 arduino-IDE 编程软件实现主控 MCU-ATMEGA 328p 对各个模块的控制,包括 openMV 视觉识别模块、电机驱动模块、舵机模块及电源工作状态的控制;采用 open MV-IDE 软件完成 openMV 机器视觉模块的软件设计,包括图像识别、物料颜色特征识别、物料形状特征识别及所需分拣物料的坐标定位。

3.2 物料分拣及工作模式

该机器人在进行物料分拣时,首先根据需要进行分拣的物料及物料分拣的工作环境(场地)的颜色及形状特征,进行 RGB 校准与图像检索初始化。随后根据用户需求,选择进入 2 种工作模式:①定时定量分拣(挡位设定);②立即进行物料分拣。程序还设有看门狗及状态响应检查(自检程序),以保证物料分拣机器人在意外情况发生时如突然掉电、状态错误等,仍能保证物料分拣正常,避免因意外死机造成的不可预估的损失。

机器人系统的程序流程如图 4 所示。

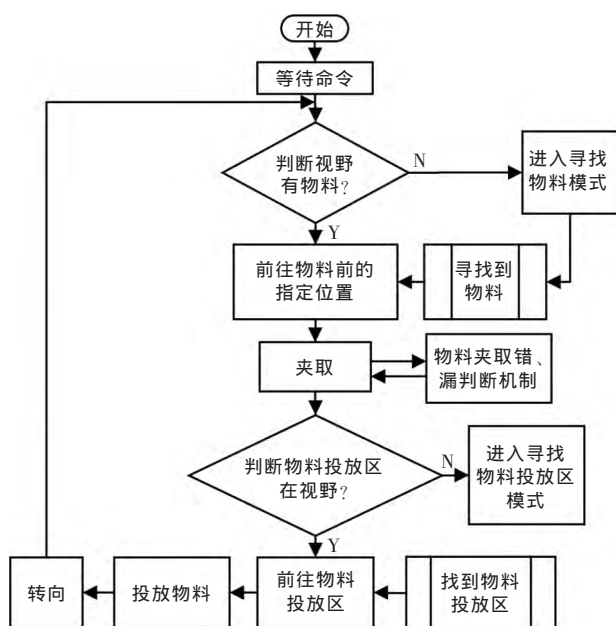


图 4 系统程序流程

Fig.4 System program flow chart

4 机器人系统测试

4.1 设计的模拟场景

设计中,将产业分拣车间等比列缩小,物料分拣机器人不拘于固定的行走路线,可根据实际情况,更快速、更准确地完成某一项的工件分拣,智能执行该工件分拣的最优方案,实现更高效的物料分拣。

设计时的模拟要求以下:机器人最大质量 $> 5000\text{ g}$;禁止无线通讯;尺寸(长 \times 宽 \times 高)不得超过 $400\text{ mm}\times 400\text{ mm}\times 500\text{ mm}$;场地大小为 $2400\text{ mm}\times 2400\text{ mm}$,出发区为(白色) $400\text{ mm}\times 400\text{ mm}$,物料投放区为(黄色) $300\text{ mm}\times 300\text{ mm}$,储存区为(绿色) $400\text{ mm}\times 400\text{ mm}$;以带颜色的小球作为需要被分拣的工件;根据实际要求快速、准确地夹取规定颜色的小球,并且不能有收集球的行为。

为此,设计时需尽量减轻车身重量、缩小尺寸,使车身结构简单与轻便。采用重量较轻的电木板取代金属钢板搭建车身骨架;采用 open MV 替代传统的摄像头模块,且保证摄像头有良好的视野;采用 3D 建模完成机械臂设计。物料分拣机器人实物如图 5 所示。

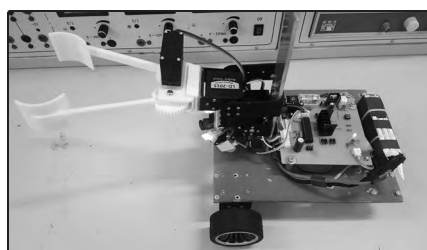


图 5 机器人实物

Fig.5 Robot object

4.2 测试试验

目前,所设计的物料分拣机器人结构结实、稳定,程序运行流畅,重量小于 2 kg ,体积符合模拟情景的预期规定要求,能很好地实现对物料(小球)的抓取,并投放至储存区,利用对摄像头的升降控制实现了对物料位置的精准识别。整套机器人装置成本低廉,综合性能好,运行速度尚有待优化,夹球准确度还有待提高,整体基本完成设计需求。

在测试试验中,使用多种颜色的小球作为分拣对象,按用户所需求定量夹取规定颜色的小球,在不改变环境光照的条件下通过多次试验,统计的分拣测试结果见表 1。(下转第 55 页)

表1 各级谐波源的电压总谐波畸变率

Tab.1 Voltage THD of multiple harmonic sources

谐波源的电压/kV	总谐波畸变率/(%)
0.38	2.6
6~10	2.2
35~66	1.9
110	1.5

4 试验测试及结果分析

试验对信号源的谐波进行分析与测试。试验电压 220 V,基波频率 50 Hz,在相同试验条件下,同时选取专业谐波测试仪器和在线检测系统进行测量。

试验结果表明,与现有的试验仪器比较,在相同试验环境下,谐波在线检测系统测量值能达到专业仪器的同等测量精度,且测得的谐波次数更高。现有的谐波测量仪器能测得 40 次谐波,在线检测系统能达到 50 次及以上,且测得 THD 满足国家标准。与专业测试仪器相比较,基于现有的电力谐波在线检测系统,可进行更多检测功能的拓展,包括电压闪变模块等,扩展性好,性价比高。

5 结语

文中提出的一种电力谐波实时检测系统能够上位机直观展示谐波分析过程,在线检测谐波分析结果,且达到专业仪器测试同等精度水平。该实时检测系统以上位机为载体通过 LabVIEW 设计谐波分析程序与图形界面进行人机交互。下位机 CompactRIO 平台上的 FPGA 通过调理电路、传感器等与待测电网连接,完成数据转换与测量,通过以太网及串口与上位机通信,实现数据交互计算。在线检测系统设计灵活,简便直观,可塑性强,可根据测试需求进行功能更改和扩展。试验结果验证测量精度高,满足测量需求。

参考文献:

- [1] 许童羽,程浩忠,周玉宏,等.基于 LabVIEW 的配电网谐波在线监测与分析系统[J].继电器,2008,36(1):63-66.
- [2] 刘睿,陈凌,万望龙,等.基于 FPGA 的电力系统谐波智能检测装置的设计[J].电子世界,2015,23(16):133-135.
- [3] 赵红,高军伟,成亮,等.基于 LabVIEW 和 cRIO 的电能质量综合监测系统[J].青岛大学学报:工程技术版,2015,30(1):22-27.
- [4] 张伏生,耿中行,葛耀中.电力系统谐波分析的高精度 FFT 算法[J].中国电机工程学报,1999,19(3):63-66.

(上接第 38 页)

表1 多次夹取试验的统计数据

Tab.1 Clip the experimental data sheet several times

物料 颜色	统计/计数					准确率 /(%)
	试验 次数 /次	准确夹 取次数 /次	错误夹 取次数 /次	检错机制 作用次数 /次	最终正确 夹取次数 /次	
红	150	143	7	7	150	100
蓝	150	139	11	9	148	98.6
绿	150	144	6	5	149	99.3

数据统计结果显示,在 450 次的物料分拣中,该物料分拣机器人最终正确夹取物料并投放的准确率为 99.3%,其中防错夹、漏夹判断的检错机制起作用共 21 次,达成高效率、高准确性和智能化的物料分拣机器人设计,完成了该设计的预期要求。

实践结果表明,本文设计实现了预期的设计要求和设计目标,成功地以物料分拣机器人替代人力资源,实现对物料的智能分拣,大大节约了人力资源,提高了自动化分拣水平和质量,为分拣场景的多样化需求提供了新的设计思路和解决方案,具有现实意义。

然而,设计中仍存在一些可改进空间以适应更多分拣场合的需要。例如,增设语音控制功能,以实现更便捷地控制;增设显示模块,可为用户更直观

地显示已分拣物料数量等相关数据;增加上位机功能,令用户可直接地通过上位机远程查看或控制物料分拣机器人的当前状态。

5 结语

在基于视觉识别的物料分拣机器人系统的软硬件设计中,物料分拣机器人通过视觉识别算法,实现了对所需分拣物料的精准判断和辨别,并通过自定义坐标的建立,实现了对所需分拣物料的锁定和最优路径规划,而且可以根据分拣场所的不同,实现对不同物料的夹取和归类投放,最终实现整个机器人分拣系统的高效率、高准确性的智能化自动分拣。

参考文献:

- [1] 朱冬冬,秦琴,屠子美,等.基于视觉检测的机器人分拣系统设计[D].上海:上海第二工业大学,2017.
- [2] 邹浩,郭雨婷,李佳盈,等.基于 OPENMV 的色彩引导机器人系统研究[J].科技资讯,2018,16(25):85-86.
- [3] 沈飞.未知环境下移动机器人路径规划模糊控制器的设计[J].自动化与仪表,2018,33(7):46-49,58.
- [4] 庄琼云.基于 OpenMV 的智能寻迹机器人设计与实现[J].黎明职业大学学报,2018,30(4):80-84.