

基于 LabVIEW 机器视觉的餐具分拣系统

张文勇 陈乐柱

(安徽工业大学电气与信息工程学院 安徽 马鞍山 243000)

摘要 随着国内工业机器人行业的高速发展,智能装备也开始应用于工程实践项目中。机器视觉作为机器人的眼睛,近年来取得了令人瞩目的发展,正广泛地应用于各种工况监视、成品检验和质量控制领域。系统主要以碗碟餐具的分拣作为研究对象,采用美国 NI 公司开发的 LabVIEW 软件作为开发环境,通过调用视觉开发工具包 IMAQ Vision 及 Vision Assistant 丰富的专业化控件和函数库,针对碗碟分类的特殊条件,设计出一套方便易用,且同时集成图像采集、图像处理、视觉检测、决策判断的完整的机器视觉应用系统。基于 LabVIEW 的机器视觉系统的应用实现了碗碟分拣,解决了实际应用中的一些问题,为进一步的研究开发奠定了较好的基础。该系统的设计大大提高了餐具分类的准确率与效率。

关键词 机器视觉, Vision Assistant, 图像处理, 分拣

中图分类号 TP242 **文献标识码** A

Tableware Sorting System Based on LabVIEW Machine Vision

ZHANG Wen-yong CHEN Le-zhu

(Electrical and Information Institute of Anhui University of Technology, Maanshan, Anhui 243000, China)

Abstract With the rapid development of the domestic industrial robot industry, intelligent equipment begins to be applied to engineering practice projects. Machine vision, as the eyes of the robot, enjoying diverse applications over condition monitoring, inspection and quality control field, has made remarkable development in recent years. Regarding the sorting of table wares as the research object, this system mainly adopts the LabVIEW software developed by the U. S. NI companies as development environment, by invoking abundant specialized controls and function library of the visual development kit IMAQ Vision and Vision Assistant. Simultaneously, taking the special conditions of the dishes classification into account, this paper designed a set of machine vision application systems, which not only are easy-used but also integrate the image acquisition with image processing, visual inspection and judgment. Based on LabVIEW, the application of machine vision system implements the function of sorting dishes, and solves some problems in practical application, which has laid a good foundation for further research and development. Therefore, the system greatly improves the accuracy and efficiency of the cutlery classification.

Keywords Machine vision, Vision assistant, Image processing, Sorting

1 引言

把视觉技术引入到工业机器人领域将进一步扩展机器人的应用范围。随着行业对自动化程度要求的不断加深和计算机技术的日新月异,机器视觉进入快速的发展时期。本文将在工业机器人中利用机器视觉系统为工业机器人安装“眼睛”,使其更智能地按照人们的意图工作^[1]。

近年来,随着生活节奏的加快和生活水平的提高,外出就餐人数剧增,餐饮行业中餐具的使用数量也在迅速增加,因此餐具清洗和消毒后的分类效率问题成为很多企业关注的焦点。传统的餐具分类是在流水线上进行人工归类,效率较低且成本较高。本文根据餐具清洗消毒后分类的流程和方法,总结我国近几年餐具分类模式的发展与演变,设计了基于 LabVIEW 机器视觉的餐具分拣系统,有效地提高了餐具分类的效率,降低了企业的成本,且精度较高,对促进餐具分类行业的改革和发展具有重要意义。目前,国内大部分研究的成

果集中在机器视觉的算法和理论研究中,已经实现的机器视觉系统的应用较少,在机器视觉系统的应用方面仍有待进一步研究^[3]。系统中餐具位姿的检测和识别算法的开发是基于 LabVIEW 的视觉开发模块的,检测出餐具之后,采用 SCARA 机械手进行抓取分拣。本文研究的基于 LabVIEW 机器视觉的餐具分拣系统的抓取速度快,且可靠性好,可以应用到目前较多的流水线分拣现场。

2 系统描述

基于机器视觉的餐具分拣系统由 PC 机、工业相机、工业镜头、光源、SCARA 机械手等部分组成,各部分基于以太网 TCP/IP 协议建立通讯连接。系统工作的流程如下:首先工业相机连续采集图像并传给 PC 机,然后在 PC 机上进行图像处理、相机的标定、视觉的检测和识别,最后将餐具的位姿和类别发送给 SCARA 机械手,以控制机械手跟踪餐具并实现抓取分拣。本系统中选取的餐具分拣目标以口径大小相近的碗和

碟为对象。图 1 为该机器视觉餐具分拣目标的实物图。



图 1 碗碟实物图

2.1 系统工作原理

系统工作原理如图 2 所示。由相机采集图像,并将图像信号传输到 PC 机;图像信号被转化为数字图像,计算机程序根据这些图像计算目标的场景位置;控制程序生成控制指令,通过以太网 TCP/IP 将控制指令发送给机械手控制系统,机械手控制柜将控制指令解释为脉冲数并分别发送给 4 个伺服电机,从而实现机械手运动抓取。

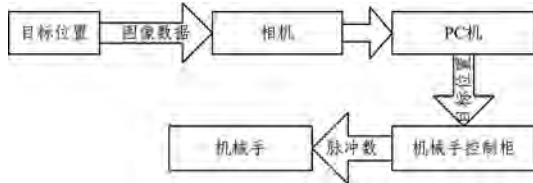


图 2 系统工作原理

2.2 软件开发设计

以可视化编程软件 LabVIEW 为开发环境对机械手视觉运动控制系统进行开发,根据逻辑关系将控制系统划分为:运动准备模块、视觉控制系统模块、运动控制模块等。对各个模块进行设计开发,然后对各子模块进行整合,以形成最终的控制系统。在软件算法方面,采用较成熟的 Vision Assistant 函数库对图像进行优化^[2],并引入显著性分析算法,使得整个机械手可以自动识别和智能学习。系统总体设计框图如图 3 所示。

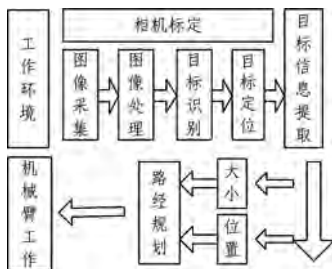


图 3 系统总体设计框图

3 餐具的视觉检测与识别

3.1 相机的标定

相机标定是机器视觉中的重要问题之一,它是求解目标的像素坐标到机械手坐标的变换过程^[5],对于本文所述的分拣系统定位餐具具有重要的作用。结合相机标定的结果,我们可以由目标在图像中的位置计算出目标在机器人坐标系中

的位置,坐标转换思路如图 4 所示。



图 4 相机的标定

视觉系统标定又称为摄像机标定,其本质就是建立像素和目标尺寸间的对应关系,以换算目标物的位置和大小。本文将采用基于形状匹配的像素当量标定方法,来避免对相机参数的复杂求取,且精度满足系统要求。此标定方法多采用标准件法,即通过已知的标准件物理尺寸与图像的像素距离的对比来计算像素当量。如图 5 所示, d 为实际距离, D 为图像中的像素距离,模板由两个实心圆组成,则像素当量为 d/D 。为了便于图像的分割,最大限度地提高标定的精度,标定模板仅由黑白两色构成。



图 5 像素当量标定物

通过标定物的实际几何尺寸和在它图像中所对应的像素距离来计算像素当量,是当今业内最为常用的手段。

3.2 图像预处理

由于本系统的相机为彩色相机,大部分的彩色图像都采用 RGB 颜色模式,处理图像时需要对 RGB 3 种分量分别进行处理,实际上 RGB 并不能反映图像的形态特征,只能基于光学的原理进行颜色调配^[4]。目前也有较多其他颜色模式,例如 HSI 模式,该模式通过色调、饱和度、亮度 3 个分量来表示颜色。HSI 比 RGB 更符合人的视觉特性,但是 HSI 也是三通道,真正反映图像特征的变量是 1,其他变量都是色彩的反映。因此,本文设计方案在采集餐具图像时,将图像直接转换成 8 bit 的灰度值图像进行处理(见图 6),减小了图像的原始数据量和后续处理的计算量,提高了图像的处理速度^[6]。



图 6 灰度值图像

为了给后续视觉检测提供更精确的测量,又进一步对转换成 8 bit 的灰度值图像采取 Reverse 反转处理^[7],即一种颠倒黑白的运算,处理后的效果像是原图的底片,如图 7 所示。使用这种方式反转一幅图像的灰度级可以得到等效的照片的底片,这种类型的处理适合增强嵌入在一幅图像的暗区域中的白色或灰色细节,特别是当黑色面积在尺寸上占主导地位时。



图 7 图像 Reverse 反转

3.3 尺寸检测

本视觉系统采用的是平面光源侧面打光的方法,相机安装在传送带侧边,正对着平面光源。调用 IMAQ Vision 函数使相机连续拍摄,当传送带上的碗碟餐具运动到相机视野范围内时,获取来自不同餐具的侧面及边缘轮廓信息,通过 Vision Assistant 的 Clamp Horizontal Min Caliper 函数在视觉的某个区域建立一个 ROI^[8],测量 ROI 中心到垂边的距离来表示横截宽度,如图 8 所示。视觉系统以两个口径大小相近的碗碟作为实验对象,根据横截宽度的不同来判断碗碟的正反面,包括 4 种情况(A 正、A 反、B 正、B 反),经过多次反复实验,选取一个合适的 ROI,选取的原则在于尽可能地使碗碟在 4 种不同情况下的横截宽度差异较大,以便区分。一个合适的 ROI 会使碗碟在 4 种不同情况下测得的横截宽度呈现梯度分布,使算法中阈值的判断更加准确,避免了 4 种不同情况下横截宽度出现交叉分布的情况,容易出现误判断。由于将两个口径大小相近的碗碟作为实验对象,因此视觉系统并未采用相机从传送带正上方采集图像的传统方案,避免了由碗碟生产制作工艺造成的误差给机器视觉识别带来的误判,进而降低了系统的准确性和可靠性。本视觉系统是在传统的视觉采集方案基础上的改进,具有创新性和实用性,有效地避免了误识别,对系统的推广和应用具有很好的现实意义。



图 8 Horizontal Min Caliper 函数的检测尺寸

3.4 角度检测

为保证视觉系统具有对外界因素(如光照强度、碗碟自身尺寸误差等)的抗干扰能力,在原来的判别条件的基础上增加了角度检测。系统选取的餐具对象为两个口径大小相近的碗碟,但是不难发现碗碟的侧面边缘的曲率在某个高度区域内差异明显,可将其作为区分两者的重要条件。本文方案在建立等高区域的判断横截宽度条件的基础上又增加了碗碟边缘切线的角度大小的判断条件,当两个条件同时满足时,才会输出最终的识别判断结果。在检测碗碟边缘切线的角度大小时,采用 Find Straight Edge 查找直边函数^[13],在视觉采集区域内,建立一个合适的 ROI,搜索碗碟最先进入视觉区域的边缘(即 ROI 底边),找到两点之后形成一条直线,则得到的角度为当前直边与搜索的 ROI 区域底边的夹角。以碗为例,可以通过 Find Straight Edge 函数检测其在某个高度区域内的边缘切线角度为 -3.33° ,如图 9 所示。

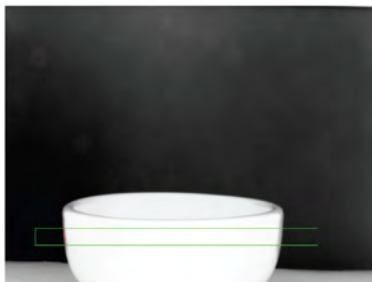


图 9 检测碗的角度

3.5 目标的识别与跟踪

视觉跟踪是计算机视觉领域中的一个重要问题,它是指

对图像序列中的运动目标进行检测、提取、识别和跟踪,并获得目标的运动参数(如位置、速度、加速度等),以及运动轨迹,从而进一步进行处理和分析,实现对目标行为的理解,控制机器人执行“抓取”“放置”动作^[9]。利用视觉跟踪技术,可以大量减少操作人员数目,提高工作效率,极大地提高集成系统的性能,有着广泛的应用前景和重要的应用价值^[12]。

对于本文所述的分拣系统,目标通常由传送带匀速并持续传入相机的视野,系统再对每个目标进行识别、检测等并记录结果^[10],因此必须确保结果与目标正确对应。本文通过尺寸和角度检测对目标进行有效识别,定义碗碟的正反面 4 种情况分别为 A 正、A 反、B 正、B 反。识别结果如图 10 所示。



图 10 识别结果

由识别的定位结果可以看出,本视觉系统的识别准确可靠,可以满足不同餐具在运动情况下的分拣,将实际流水线上各类餐具的分拣引入视觉系统具有重要的推广意义。系统跟踪的方法是识别目标后定位“抓取”位置,通过 TCP/IP 通讯发给 SCARA 机械手^[11],使 SCARA 机械手立即去“抓取”目标,并“放置”到分类的区域。识别定位如图 11 所示。



图 11 识别定位

通常跟踪的目的是记录目标状态,而不估计目标将来时刻的状态^[14]。最终根据识别结果是碗还是碟,机械手将不同的目标“放置”到不同的分类区域进行归类,并不断地重复上述动作。

3.6 实验结果

以两个口径大小相近的碗碟作为实验对象,进行多次反

(下转第 605 页)

与第 3 节中分析的计算值一致。

结束语 本文提出了一种基于 SWIFT 分布式存储系统的云存储方案,构建了云存储平台的基础架构,对 SWIFT 存储系统的总体架构进行了分析,进而详细地对 SWIFT 系统中的关键设计进行了算法分析。SWIFT 本身的架构保证了集群的存储无单节点和无单点业务的特性。SWIFT 系统中 Ring 和 Partition 的引入使得搭建 SWIFT 系统的存储平台在存储容量扩充时数据迁移量最小。基于 NWR 策略的副本决策方法保证了数据的安全性。本文通过实验验证了 SWIFT 关键设计算法的有效性,结果也表明 SWIFT 系统具有良好的扩展性。总体来说,基于 SWIFT 系统设计海量数据存储平台对未来航天系统的发展具有一定的意义,但还需要实际的应用环境来检验。

参 考 文 献

- [1] 刘鹏. 云计算——将计算变成水和电[J]. 中国计算机学会通讯, 2009, 5(10): 49-54.
- [2] WEN X, GU G, LI Q, et al. Comparison of open-source cloud management platforms: OpenStack and OpenNebula[C]// 2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD). IEEE, 2012: 2457-2461.
- [3] GUPTA R. Above the Clouds: A view of cloud computing[J].

Eecs Department University of California Berkeley, 2009, 53(4): 50-58.

- [4] 陆平, 赵培, 左奇. OpenStack 系统架构设计实战[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [5] ARNOLD J. OpenStack Swift: Using, Administering, and Developing for Swift Object Storage[M]. O'Reilly Media, Inc., 2014.
- [6] TOOR S, TOEBBICKE R, RESINES M Z, et al. Investigating an open source cloud storage infrastructure for CERN-specific data analysis[C]// 2012 IEEE 7th International Conference on Networking, Architecture and Storage (NAS). IEEE, 2012: 84-88.
- [7] 李俊, 李勇. 联邦式异构数据库应用系统的集成框架和实现技术研究[J]. 计算机应用研究, 2001, 18(4): 19-22.
- [8] 钟茂生. 软件设计模式及其使用[J]. 计算机应用, 2002, 22(8): 32-35.
- [9] LEWIN D M. Consistent hashing and random trees: algorithms for caching in distributed networks[D]. Massachusetts Institute of Technology, 1998.
- [10] 武志学, 赵阳, 马超英. 云存储系统——Swift 的原理、架构及实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015.
- [11] GODFREY B, LAKSHMINARAYANAN K, SURANA S, et al. Load balancing in dynamic structured P2P systems[C]// Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM 2004). IEEE, 2004: 2253-2262.

(上接第 597 页)

复实验, 实验中机械臂的运动速度、操作范围不变, 传送带的最大速度为 200 mm/s, 系统对不同的餐具目标进行检测识别, 并通过 Scara 机器人实现分拣。系统实验结果如表 1 所列。

表 1 实验结果

传送带速度/ (mm/s)	抓取总数	有效识别	漏抓个数	误抓个数
100	100	100	0	0
120	100	100	0	0
150	100	100	2	0
180	100	100	1	0
200	100	100	2	0

由结果可以看出, 系统的平均识别抓取率为 99%, 满足机器人高速、高精度的特点, 可以快速、准确地完成餐具目标的自主分拣操作。实验中出现漏抓的原因是放置餐具时, 物件密度过大, 导致机器人在自动匹配计算中选择放弃抓取。

结束语 在给定的条件下, 本文系统地分析了机器视觉的结构和各个组成部分的作用和功能。通过分析碗碟的表面反光特性及系统实际工作条件, 选择了恰当的光源, 并结合软件部分的编写及各个打光方式的比较, 给出了系统合适的打光方式。通过比较, 分析并给出了一种适合于本系统的基于像素当量的摄像机标定方法, 最后在 LabVIEW 环境下利用机器视觉技术设计了一个运动餐具分拣系统, 呈现了机器视觉技术在餐具分类中的应用。整个系统在 TCP/IP 协议下通信, 上位机相机采集图像, 经过相机标定、图像预处理、目标识别跟踪等算法计算餐具目标的运动状态并分析类别, 根据餐具的运动状态控制机械手对餐具进行“抓取”。实验结果表明, 所提系统可以连续、快速地抓取流水线上的运动餐具, 并将不同类别的餐具按指定要求分类“放置”于不同区域。后期还需要对系统做进一步的改进, 系统跟踪识别目标定位的信息仅来源于工业相机, 可以在传送带上加入旋转编码器, 时刻记录目标当前的位置信息, 与视觉位置信息综合考虑, 提高系

统的精度和鲁棒性。此外, 可以进一步优化控制算法, 从而减少动态误差, 加强对目标跟踪的能力, 提升系统的整体性能以及实用性。

参 考 文 献

- [1] 贾云得. 机器人视觉[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] NI Vision Concepts Manual[M]. United State: NI, 2005.
- [3] 唐向洋, 张勇, 李江有, 等. 机器视觉关键技术的现状及应用展望[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2004, 29(2): 5-7.
- [4] ADELSON E H, BERGEN J R. The plenoptic function and the elements of early vision. Computational Models of Vision Processing [M]. Cambridge MA: MIT Press, 1991.
- [5] 殷焰, 赵荣椿. 一种新的基于直线特征的摄像机自标定方法[J]. 计算机应用研究, 2006, 23(3): 170-171.
- [6] 刘焕军, 王耀南, 段峰. 机器视觉中的图像采集技术[J]. 电脑与信息技术, 2003(1): 20-23.
- [7] 裴忠发. 基于 LabVIEW 的机器视觉实现[J]. Mechanical & Electrical Engineering Magazine, 2002, 19(4): 53-55.
- [8] 马颂德, 张正友. 计算机视觉—计算理论与算法基础[M]. 北京: 北京科学出版社, 2003: 52-93.
- [9] 刘鹏飞, 韩九强, 段延礼, 等. 基于开放式控制器的机器人视觉伺服系统研究[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(6): 955-960.
- [10] 曹健. 图像目标的表示与识别[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [11] 李国栋. 基于图像雅可比矩阵的关节机器人视觉伺服控制系统研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2009.
- [12] 李锋. 机器视觉应用技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [13] MARR D. A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information[M]// Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. Henry Holt and Co. Inc. 1982: 107-111.
- [14] 张志远, 伏冬孝, 段坚. 工业机器人视觉系统的目标定位[J]. 机械工程与自动化, 2013, 32(5): 130-131.