

基于3D视觉的物料无序抓取机器人工作站设计

朱国云

(深圳鹏城技师学院, 广东 深圳 518000)

摘要: 自动化生产过程中, 上料是一个自动化程度高, 实现相对容易的环节, 然而物料不规则性和品类众多也导致这个环节的生产柔性不高。传统工艺是制作各种针对性工装夹具来实现定位和分拣, 这种方式导致工作站效率低下, 生产柔性差, 产品换线周期长。为满足需求, 新的工作站采用7协作机器人代替传统的四轴和六轴工业机器人, 采用3D视觉替代传统的工装夹具在视觉检测和定位, 软件方面采用视觉编程软件和机器人编程软件, 配合上位机实现工作站的自动定位和无序抓取和自动分拣, 实现了分拣精度高、操作方便, 安全可靠、转产容易、通用性强的目标。

关键词: 3D视觉; 位姿估计; 协作机器人; 视觉引导

搬运和装配是流水线生产的重要组成部分, 根据统计, 它占总生产时间的53%左右, 而抓取是装配的关键技术之一, 传统物料抓取大多为固定线路固定抓取点, 大大影响了生产的柔性和速度。为了提高生产效率和满足日益增长的柔性生产需要, 将3D视觉技术应用到机器人抓取工作已经变得非常重要。机器视觉是人工智能正在快速发展的一个分支。简单说来, 机器视觉就是用机器代替人眼来做测量和判断。机器视觉系统是通过机器视觉产品将被摄取目标转换成图像信号, 传送给专用的图像处理系统, 得到被摄目标的形态信息, 根据像素分布和亮度、颜色等信息, 转变成数字化信号; 图像系统对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征, 进而根据判别的结果来控制现场的设备动作。机器视觉是一项综合技术, 包括图像处理、机械工程技术、控制、电光源照明、光学成像、传感器、模拟与数字视频技术、计算机软硬件技术。一个典型的机器视觉应用系统包括图像捕捉、光源系统、图像数字化模块、数字图像处理模块、智能判断决策模块和机械控制执行模块。机器视觉系统的特点是提高生产的柔性和自动化程度。在一些不适合于人工作业的危险工作环境或人工视觉难以满足要求的场合, 常用机器视觉来替代人工视觉; 同时在大批量工业生产过程中, 用人工视觉检查产品质量效率低且精度不高, 用机器视觉检测方法可以大大提高生产效率和生产的自动化程度。而且机器视觉易于实现信息集成, 是实现计算机集成制造的基础技术。

一、工作站设计必要性分析

传统的2D机器视觉是基于RGB相机提供的灰度或者彩色图像进行分析或比对识别物体, 通过轮廓图案匹配识别目标的位置、尺寸和方向等参数。由于2D视觉技术无法提供物体的空间坐标信息, 因而在视觉引导机器人操作中, 2D视觉技术很难估计出物体的姿态, 不能满足机器视觉系统对目标识别和定位的要求。不仅如此, 2D视觉技术还严重依赖环境光照以及目标与背景的对比如。

与2D视觉技术不同, 3D视觉技术可以提供目标物体的六自由度的位姿数据, 能够实现对目标物体的识别和姿态估计, 在基于3D视觉技术引导的机器人识别与抓取方面应用广泛。目前, 利用3D视觉技术, 在分拣、拆垛、码垛和上料等智能物流仓储领域常见的自动化应用场合中, 可以引导机器人准确完成相应的操作。3D视觉技术是通过3D摄像头采集视野内空间每个点位的三维坐标信息, 通过算法复原智能获取三维立体成像, 不会轻易受到外界环境、复杂光线的影响, 技术更加成熟稳定, 我国工业自动化已进入成熟阶段, 作为工业领域的重要工具, 3D视觉在工业领域的应和极为广阔。目前的自动化生产柔性不高, 还达不到无序分拣的水平, 使用3D视觉, 配合协作机器人的完成物料的抓取和分拣变得可行且必要。

二、机器人工作站设计与规划

(一) 项目预期目标

本工作站前端为AGV小车运送物料, 计划实现协作机器人自动从料框中抓取无序摆放的工件, 节拍要求为20秒/件, 抓取成功率高于99%, 为后续加工和装配等工序提供精确高速的上料服务。

(二) 动作流程设计

系统采用PLC作为主控制器, 送料可以通过AGV小车循迹送料, 料框中为无序摆放的曲面物料, 使用3D相机对曲面工件料框进行拍照, 获取实际场景的数据, 每一次抓取之后都需要进行重新拍照; 然后根据工件数模创建零件的全局模型, 使用匹配算法定位零件以确定零件的坐标; 对实际场景和协作机器人坐标进行手眼标定, 得到标定矩阵将待抓取的零件位置转换到机器人坐标系中, 最后机器人运行事先编好的固定程序执行抓取和放置物料操作。

(三) 相机的选型

经过反复对比和调研, 最终选择英特尔实感深度摄像头D415, 如图4所示, 其具有非常适合3D扫描等高精度应用的标准视场角, 在深度传感器上采用卷帘门, 具有紧密聚焦的视场角。D415采用集成的RGB传感器, 非常适合面部认证、3D扫描或体积捕获。这款摄像头将英特尔模块和视觉处理器集成在一个小巧外形中。它重量轻、功能强、成本低, 可与可定制的软件搭配使用, 从而为组装和创建新一代传感解决方案和设备提供一站式服务, 使其更好地理解周围环境并与之互动, 是开发和生产的理想选择。

(四) 机器人的选型

通过对比, 最终选择珞石ER3 Pro 7轴协作机器人作为本工作站的机械手臂, 协作机器人安全可靠, 非常适合布署在人机协作的应用场景中。其采用本体集成控制器方式使机器人占用空间大

大缩小,人机交互采用笔记本和拖动交互面板,并配有1路手持使能和急停安全设备,拖动示教方式给目标点示教带来了极大方便,其支持笛卡尔空间和轴空间两种拖动方式,也支持点位和连续轨迹示教方式;高动态力控使的人机协作成为可能,生产更加安全可靠。

三、工作站的硬件设计

(一) 机器人工作站的构成

基于3D视觉的物料无序抓取机器人工作站采用珞石ER3 Pro 7轴协作机器人作为执行机构,选择英特尔实感深度摄像头D415作为3D机器视觉,配置来料料框和分拣成品料仓,硬件组成框架图如图5所示;3D相机完成3D视觉拍照、机器人自动抓取,放置到成品库中,实现不同颜色无序杂乱工件的抓取和分拣。

(二) 协作机器人本体的安装

协作机器人分包括机械臂本体(集成了控制器)、手持使能器和电源适配器三个部分,安装相对比较简单,将协作机器人固定在铝型材台架上,连接电源适配器、手持使能装置和网线,开机即可进行编程调试。

(三) 3D视觉系统的运行环境与硬件连接

1. 视觉系统的构成

基于3D视觉的机器人工作站视觉系统通常有两种,一种是相机固定在机械臂上,相机随着机械臂一起移动,称为“眼在手”。另一种是相机固定在独立支架上,称为“眼在外”。本项目采用第一种“眼在手”的方式。

2. 视觉系统运行环境

视觉系统对电脑的配置要求不高,CPU为Intel i3或以上;内存为4G或更高;操作系统为Win10 64bit,支持USB3.0或以上接口。

3. 视觉系统的硬件连接

3D视觉相机固定安装在机器人的手臂上,采用“眼在手”的方式连接,3D视觉与协作机器人通过网络路由器连接在一起,通过以太网进行通信和数据交换。

四、工作站的软件设计

(一) 协作机器人与3D视觉的通讯

协作机器人与3D视觉通过Socket进行网络通信,详见机器人程序。

(二) 视觉识别的软件设置

hVision提供了大量的视觉算子,编程调试时可根据任务需要将用到的视觉算子拖拽至流程编辑区,再连线建立算子拓扑关系,构建视觉任务,常用的视觉算子有RS相机、手眼标定、图像显示、分支、TCP连接、数据接收、颜色抽取、斑点检测、位姿转换、斑点检测、形态学处理、有向物体定位、物体位姿、抓取位姿等。

(三) 视觉程序的编写

3D视觉程序采用流程图编程方式,网络配置需要配置好网络参数,包括IP地址和端口,确保相机与协作机器人能进行通;实际编程过程中,先拖入RS相机、图像显示和手眼标定进行手眼标

定,标定质量直接影响后续实际工件抓取的准确度,要求平均误差小于1;标定完成后设置好内参和外参,再删除图像显示算子和手眼标定算子,进行深度补偿,深度补偿的必须确保相机水平,深度图像一致性好;然后按照下面的流程一步一步进行编程,设置各项参数并进行优化调试。

(四) 协作机器人程序的编写

协作机器人程序包括初始化程序、与3D相机的通信程序、拍照获取工件位姿程序、工件抓取程序、与主控的通信程序。

五、3D视觉机器人工作站项目调试

(一) 项目调试关键技术点

1. 项目调试时,在相机拍照时必须保存内参,并在变量管理器中创建String0;手眼标定过程中要打开视觉连续运行,确保图像采集为实时视频,拍照不少于12张图片,12张图片尽可能数据差异大些,通过内部计算,输出结果的误差平均值应小于1,否则后续的有向定位会有问题,另外内参和外参的路径设置必须设置好;

2. 深度补偿时,要注意把相机调至与标定板水平,这样容易得出比较好的结果,记录下位置点为拍照点,方便机器人程序编写。

(二) 项目调试结果

通过项目的调试、优化机器人轨迹可以实现协作机器人自动从料框中抓取无序摆放的工件,节拍最快可达10秒/件,正常抓取成功率高于100%,由于3D视觉没有配备专用的光源,自然光对工件表面反射不一致,往往会导致同样的视觉程序前一天使用正常,第二天可能出现不能识别和抓取的情况,通过反复测试和分析发现主要就视觉编程时抽取的颜色和3D相机实时采集的工件颜色偏差过大,从而导致相机无法实现有向定位,无法获取工件的位姿。解决办法一:从颜色抽取算子开始从新编写视觉程序并调试;解决方法二,使用相对固定光源,打开实训室照明灯,拉上窗帘,营造稳定的视觉光源环境。

六、后续研究的方向

3D视觉技术在机器人抓取应用中仍然面临许多挑战本项目研究的基于3D视觉的物料无序抓取机器人工作站仍然是基于传统的视觉比对算法实现,只能实现指定对象工件的识别、抓取和分拣,为了让视觉系统能准确地识别出目标工件,可以利用3D相机拍摄采集目标工件的图像数据,再通过深度学习标注训练工具软件,对不同类型的目标工件图像进行分类识别深度学习,完成工件识别模型训练。后续将引入深度学习和人工智能技术,研究基于深度学习的目标识别定位抓取系统,使机器人工作站具有更好的柔性。

参考文献:

- [1] 刘攀. 机器人3D视觉系统标定及目标识别技术研究[J]. 硕士专业论文, 2018(5).
- [2] 艾青林, 刘赛, 沈智慧. 基于双重配准的机器人双目视觉三维拼接方法研究[J]. 机电工程, 2018(10): 1110-1115.