

基于ROS的实训室工件智能整理机器人

张震 徐献圣

(佛山职业技术学院 广东佛山 528137)

摘要: 智能机器人专业交叉融合了人工智能、自动化控制、物联网等多种学科。教师在课堂上只讲授理论知识, 会使学生觉得非常枯燥, 不利于理解智能机器人相关内容。为了让学生深刻地学习理解智能机器人相关课程, 本文提出了一种基于ROS的智能机器人。

关键词: 智能机器人 教学平台 ROS 人工智能

中图分类号: TP242-4; G434 **文献标识码:** A

DOI: 10.12218/j.issn.2095-4743.2022.26.062

引言

如今信息化发展迅速, 人工智能与机器人构成的新型载体已经融入人们的日常生活中。教育部预测, 未来人工智能(含智能制造)相关十大领域在2025年将面临3000万的人才缺口。而人工智能与机器人是高职人才培养新专业布局的重点。根据《职业教育专业目录(2021年)》, 新增智能机器人技术专业, 会不断地有职业高校开设智能机器人等相关专业, 对于课程资源的需求就会迅速增长。因此, 对于实训室工件智能整理机器人的需求也日益增长。

一、创新点

1. 本文采用了自定义的坐标转换算法, 可以提高实训室工件分拣的精确度。
2. 本文采用了校准软件进行参照物对照校准, 提高了实训室工件分拣的精确度。
3. 本文采用了自定义的坐标转换算法, 提高了机械臂运动速度, 提高了实训室工件分拣的速度。

二、实现算法

1. 整体实现算法

智能整理实训室工件的机器人实现算法主要的流程如图1所示。

2. 目标预处理

(1) AR码标识符

由于不同实训室的工件外观型号不一, 通过视觉特征识别目标时计算量过大, 会降低分拣速率。因此, 本算法中, 机器人的识别目标是自制的AR code (Augmented Reality code, AR码)。识别目标一共有两种, 实训室工件和收纳箱。实训室工件主要有由一个小型方盒(本文采用的收纳盒

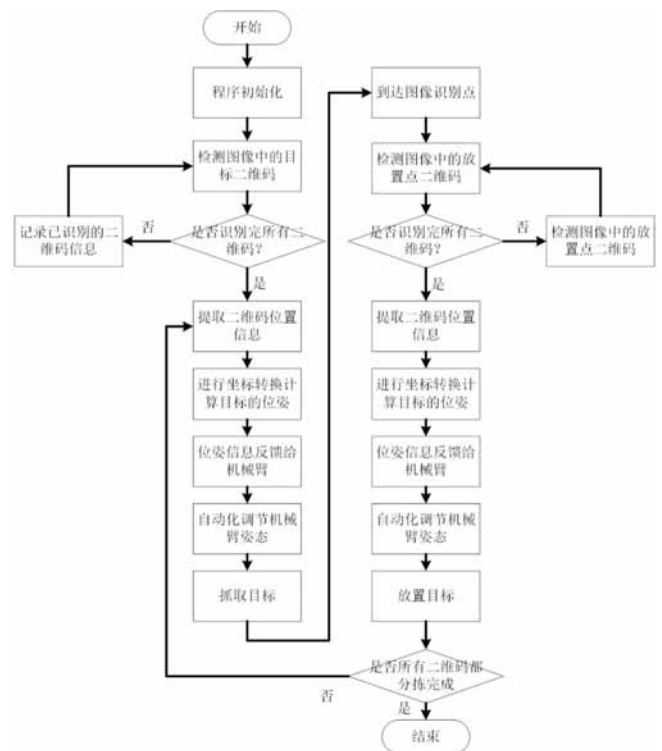


图1

体积为15*15*4厘米)装纳。方盒的中间位置贴上二维码标签。收纳箱也是贴上AR码坐标标识, 贴在收纳箱存放工件方盒的凹槽位置。

(2) 校准

由于二维码的制作工艺不同, 会导致二维码的大小不一, 影响AR码定位的精确度。因此, 需要一个参照物用于AR码的定位校准。本文案选用的是6×8的黑白相间的棋盘作为校准对象, 每个正方形都是2.4厘米的长度。校准的参数有横轴、纵轴、大小、弯曲四个校准标准。将棋盘的格子数量

和格子长宽预设好，然后启动校准程序，那么，程序将会以预设好大小的棋盘作为参照物用来定位AR码。

3. 分拣算法

目标预处理完成后，接下来是分拣算法。分拣算法是基于任务空间坐标系和关节空间坐标系的自定义算法。能够自动控制机械臂运动到目标处进行抓取运动。

(1) AR码定位

分拣的第一步是定位目标AR码位置。本文采用任务空间坐标系进行定位，构建两个坐标系。

第一坐标系是以摄像头为原点的任务空间三维坐标系。用于对AR码进行定位，能够通过ROS系统的AR码服务直接获取坐标数据。被定位的AR码坐标点假设为P1 (x1, y1, z1)。

第二坐标系是以机械臂底座中心作为原点的任务空间三维坐标系。用于描述机械臂与分拣目标AR码的位姿关系，并不能直接获取坐标数据。但是，可以直接获取摄像头相对于第二坐标系的位置，因为摄像头与机械臂的末端执行器位置相对固定。被定位的AR码坐标点假设为P2 (x2, y2, z2)，摄像头的坐标点假设为P0 (x0, y0, z0)。

那么获取P2点数据需要进行坐标转换。第一个坐标系的x轴与第二个坐标系的y轴平行，第一坐标系的y轴与第二坐标系的z轴平行，第一坐标系的z轴与第二坐标系的x轴平行。假设AR码第一坐标系的坐标点为P1，那么要得到AR码在第二坐标系的坐标点P2，可以引入坐标系转换公式：

$$P2(x_2, y_2, z_2) = \begin{cases} x_2 = z_1 + x_0 + C_x \\ y_2 = x_1 + y_0 + C_y \\ z_2 = y_1 + z_0 + C_z \end{cases}$$

其中，Cx, Cy, Cz为误差补偿常数，用于调整补偿坐标定位的误差，可以根据实际情况人为设置误差补偿常熟，提高AR码坐标P2的精准度，从而提高机械臂抓取目标的成功率。

获取到第二坐标系得AR码位置点P2后，主控模块将任务空间坐标通过任务空间坐标控制服务将P2的坐标点数据发

送给机械臂，机械臂的末端执行器就会到达的坐标点。

(2) 机械臂移动

当获得AR码的位置点P2后，机械臂则会自动控制自身关节，将末端执行器移动到P2位置的抓取点进行抓取目标。本文采用的是4自由度的机械臂，即任务空间坐标系的三轴以及围绕z轴旋转的4自由度。本文采用的机械臂一共是用4个关节来描述机械臂的姿态，因此会建立4个关节矢量维度的关节空间坐标系。

控制机械臂运动则是关节空间坐标，假设机械臂到达P2点的关节空间坐标为R (θ1, θ2, θ3, θ4)。即要进行坐标转换，计算R点的4个关节的转角。θ1是表示关节1的旋转角，其坐标系对应的是(x1,y1)，并且旋转轴心是z1轴；θ2是表示关节2的旋转角，其坐标系对应的而是(x2,y2)，以关节2舵机旋转轴截面构建二维平面坐标；θ3是表示关节3的旋转角，以关节3舵机旋转轴截面构建二维平面坐标，θ4是表示关节4的旋转角，以关节4舵机旋转轴截面构建二维平面坐标。L1表示连杆1的长度，L2表示连杆2的长度，L3表示连杆3的长度，L4表示连杆4的长度。

描述关节空间主要是通过D-H参数，4个关节的D-H表见表1所例：

通过机械臂逆运动学来进行坐标转换，首先要构建本方法的连杆变换矩阵，假设由第i-1连杆转换为第i连杆，那么就需要连杆矩阵 ${}^{i-1}T_i$ ，连杆矩阵的计算公式如下所示。

$${}^{i-1}T_i = \begin{pmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & l_{i-1} \\ s\theta_i c a_{i-1} & c\theta_i c a_{i-1} & -s a_{i-1} & -s a_{i-1} d_i \\ s\theta_i s a_{i-1} & c\theta_i s a_{i-1} & c a_{i-1} & c a_{i-1} d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

其中，s表示sin，sθ表示sin(θ)，c表示cos，cθ表示cos(θ)。

其中， 0T_i 的证运动学计算方程如下，矩阵J是表示从基座到末端执行器的旋转矩阵，而矩阵Q表示末端执行器基于基座坐标系的方向姿态，即末端执行器的任务空间坐标：

表1 关节空间D-H参数表

连杆	连杆长度 (单位mm)	连杆转角 (单位°)	连杆偏距 (单位mm)	关节角 (单位°)
连杆1	l1	a1	d1	θ1
连杆2	l2	a2	d2	θ2
连杆3	l3	a3	d3	θ3
连杆4	l4	a4	d4	θ4

$${}^0_4T = \begin{bmatrix} j_{11} & j_{12} & j_{13} & q_x \\ j_{21} & j_{22} & j_{23} & q_y \\ j_{31} & j_{32} & j_{33} & q_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{3 \times 3} & Q_{3 \times 1} \\ 0_{1 \times 3} & 1 \end{bmatrix} = {}^0_1T(\theta_1) {}^1_2T(\theta_2) {}^2_3T(\theta_3) {}^3_4T(\theta_4)$$

假设矩阵 ${}^i-1_iT$ 的逆矩阵是 ${}^i-1_iT^{-1}$ ，那么四个自由度的关节角通过以下公式计算，首先是 θ_1 的计算公式：

$${}^0_1T^{-1} {}^0_4T = {}^1_2T(\theta_2) {}^2_3T(\theta_3) {}^3_4T(\theta_4)$$

计算后，最后得到 θ_1 的计算值为：

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{q_y}{q_x}\right), \theta_1 = \theta_1 + 180^\circ$$

因为关节2、3、4都是平行的，因此左乘 1_2T 和 2_3T 的逆矩阵都不会有效果，因此2、3、4的关节计算公式都是相同的，如下所示，其中E为4×4的单位矩阵：

$${}^3_4T^{-1} {}^2_3T^{-1} {}^1_2T^{-1} {}^0_1T^{-1} {}^0_4T = E$$

计算后，最后得到的 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 的公式如下：

$$\theta_{234} = \arctan\left(\frac{j_{33}}{c\theta_1 j_{13} + s\theta_1 j_{23}}\right), \theta_{234} = \theta_{234} + 180^\circ$$

那么，可以通过公式来计算关节空间坐标R点，机械臂可以通过R点来设置自身4个关节的转角，从而将末端执行器移动到目标AR码位置。

(3) 末端执行器抓取或放置。

末端执行器，是一个控制夹板的行程距离来进行夹取放置目标的夹爪。夹爪实际张开的距离为变量d，夹爪的最大行程值为dmax，通过行程系数q控制乘以夹爪的最大行程值

来得到实际张开距离d。实际是通过夹爪控制服务发送行程系数m来控制夹爪的值。夹爪的控制公式为。

$$d = m \times d_{\max}, 0 \leq m \leq 1$$

三、实验效果

1. 硬件载体

本文所采用的硬件载体及参数见表2所例。

本文的自动化控制算法是装载在TX2主控模块中，使用液晶屏来编写开发机器人自动控制代码指令。

本文的智能机器人主要有一个4个关节的机械臂，并且有一个控制底座，一个末端执行器作为夹爪组成。

摄像头按照在末端执行器上方，用于获取目标坐标，目标坐标是以摄像头为原点的笛卡尔坐标。

具体的结构抽象图如图2所示。

2. 软件载体

本文实验所用的运行环境是Ubuntu 18.04。采用的架构是ROS melodic版本。

算法软件开发环境是Python的2.7.14版本，Anaconda的5.3.1版本，Pycharm的11.0版本。采用Python语言开发实现本机器人的功能。

桌面应用采用Qt的5.15.3版本进行开发。采用Qt与Python开发了2个桌面应用。第一个是校准桌面应用，第二个是机械臂控制桌面应用（图3）。

3. 实验结果

本实验是采用了100个实训室工件、10个收纳箱进行实验。通过控制变量法来提高实验的效果。

表2

名字	型号	数量
主控模块	NVIDIA JETSON TX2	1
工作台	长×宽：150×150（cm）	1
液晶显示屏	13.3寸	1
关节单元（底座）	VKESM-A3	1
关节单元（臂杆）	VKESM-A2	3
摄像头	1080P分辨率摄像头	1
末端执行器	行程15厘米	1
末端负载	2kg	1
电源适配器	DC 12V	1
底座尺寸	直径×高度：150×90（mm）	1

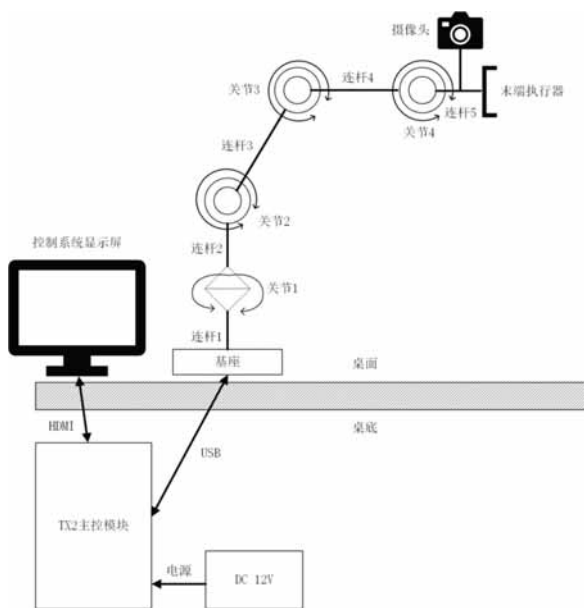


图2

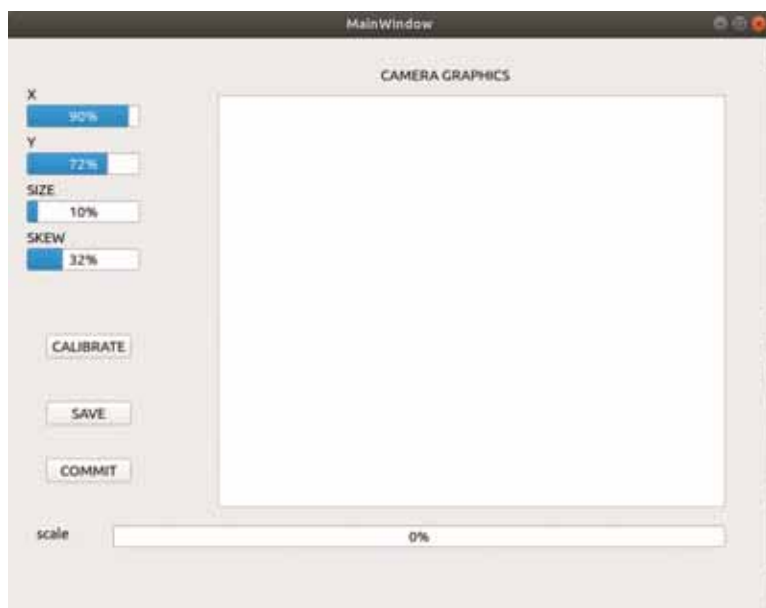


图3

最终的实验结果能在10分钟内能完成100个实训室工件放置到收纳箱中。

结语

本文能够在短时间内将实训室工件放置归位到收纳箱中，能够解决实训室工件整理难的痛点。但是二维码作为标识码的局限性很大，因此需要其他的替代识别目标的方式。

参考文献

- [1]安峰. 基于开源操作系统ROS的机器人软件开发[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017, 17(5):4.
- [2]颜兵兵, 牛昊维, 刘启生,等. 基于ROS的果实采摘机器人实验教学设计[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(10):6.