

基于机器视觉的工业机器人自主抓取仿真设计

何宝枝

佛山职业技术学院，佛山市三水区，528137；

摘要：目前在工业生产制造过程中，工业机器人是按照固定的代码指令和特定的抓取路径工作，同时工件也是在固定位置按照特定位姿进行放置。如果工件位姿改变，工业机器人将无法成功抓取工件，导致生产任务中断甚至失败。为了有效地解决上述问题，本项目将基于 RobotStudio 软件进行虚拟工业机器人工作站的搭建，对工业机器人的选型、检测工作范围、工作站的布局、机器人的轨迹规划和机器人自主抓取系统，进行检查，实现工业机器人自主抓取仿真。

关键词：工业机器人；RobotStudio；自主抓取

DOI：10.69979/3029-2727.25.06.062

引言

本项目借助 RobotStudio 软件来开展仿真模拟设计方面的工作。在设计期间，会充分借助 RobotStudio 所具备的那些先进的工具以及各类功能，创建并配置虚拟工作站，导入或者去设计工件模型，设定机器人抓取任务以及规划其抓取路径，运用视觉系统针对目标工件完成定位以及姿态识别的相关操作，还有对机器人抓取轨迹加以规划等系列事宜，从而保证该设计能够符合工业应用当中对于精确性的标准以及对效率方面提出的要求。

1 工业机器人模型的创建及其工作站的搭建

1.1 工业机器人运动学建模

为了对不同姿态以及各种配置之下的可达范围予以验证，着手开展机器人运动学方面的建模工作。工业机器人的正逆运动学属于工业机器人运动控制领域极为重要的概念。在工业自动化与机器人技术范畴当中，正运动学、逆运动学这二者属于两个基础性的数学模型，它们对机器人关节和其末端执行器之间所存在的位置关系加以描述。

所谓正运动学，就是依据机器人各个关节所呈现的角度亦或是所处的位置，进而算出机器人末端执行器具体的位置以及其姿态情况。正运动学需要把每个关节的旋转角度或者所产生的位移，经由一连串的数学变换操作，最终得出机器人手臂末端于三维空间当中的坐标以及其方向指向。这一过程大体上是较为直接的，毕竟当关节角度得以明确之后，末端执行器的位置与姿态便能够凭借数学公式径直计算出来。

逆运动学，也被称作运动学逆问题，实际上就是正运动学的逆向流程。它所涉及的情况是，要依据机器人末端执行器所期望达到的目标位置以及其应呈现出的

姿态，反过来推算出机器人各个关节应当具备的角度或者所处的位置。这一过程普遍来讲要比正运动学繁杂许多，毕竟它一般并非是简单的一对一对应关系，而是得去求解一组方程，在某些时候还可能会出现多个解的情况。在实际的运用当中，针对逆运动学方面的问题，需要把机器人的工作范围、对障碍物的规避以及最优路径规划等诸多因素都考虑进去，以此来保证机器人可以安全且精准地抵达目标位置。

1.2 工业机器人选型工作

ABB 所推出的 IRB 2600 系列机器人，凭借着自身所具备的高性能以及独具特色的创新设计，在工业自动化这一领域当中脱颖而出，成为了其中的佼佼者，其所占比例达到了 22.1% (1063)。

IRB 2600 有着紧凑的机身，其负载能力颇为出色，并且在设计方面经过了精心优化，对于弧焊、物料搬运以及上下料等一系列目标应用而言，是较为适合的。它提供了三种不同的配置，在安装方式上能够做到灵活选择，像落地、壁挂、支架、斜置、倒装等多种方式均可采用。IRB 2600 所采用的是集成式的设计模式，所有的工艺管线全部都内嵌于机器人的手臂之中，如此一来，一方面降低了因为受到干扰以及出现磨损而致使停机的风险，另一方面也确保了其运行加速度始终能够维持在最大的状态，能够较为轻松地直接抵达目标设备，而且不会对辅助设备造成干扰。对机器人的安装进行优化，这可是提升生产效率的一种行之有效的手段。

1.3 自主抓取工作站的布局

首先，打开 RobotStudio 软件，在【新建】选项中选择【工作站和机器人控制器解决方案】，在其中更改解决方案名称并选择 IRB 2600 12kg 1.65m 的机器人型号，创建一个基于 IRB 2600 的工作站。随后导入输送

链并参考大地坐标合理放置输送链的位置。然后建立一个放置台和底座。放置台用于放置机器人抓取的工件，底座用于提高机器人的高度，便于机器人抓取及放置操作。最后创建简易的工具相机和工件。工具相机主要功能有两方面：一方面是抓取工件，另一反面是对工件拍照。至此，工作站的模型的布局已经全部完成。

2 基于 Smart 组件的目标识别与定位

2.1 传感定位系统架构

在【建模】选项中选择【Smart 组件】，然后把新建的 Smart 组件命名为传送带。然后把传送带组件功能赋予给输送链，并把输送链自身的【可由传感器检测】勾选删除，避免误触发传感器。

在传送带组件中，添加一个名为 PlaneSensor（面传感器）的组件。这个传感器将被放置在输送链的一侧，以便能够准确地检测到经过的工件。PlaneSensor 的主要功能是在工件触碰到传感器时触发传感器连接的算法。当工件与传感器接触时，传感器会立即感应到这一变化，并激活与之连接的特定算法。这个算法的作用是为后续步骤提供关键的信息和指导，确保整个生产过程的顺利进行。

为了提高工作效率，在制造和组装过程中，需要将工件从输送链的一端移动到放置面传感器的另一端，需要对工件进行一些预处理。

一开始，要把工件移至传送带上。为了让后续工作开展起来更为便利，需将工件的本地原点设定在它的上表面处。把工件的上表面当作一个参考点，如此一来，在后续展开的各项操作当中，对工件进行定位以及处理都会变得更加容易。紧接着，要对工件进行设置拷贝操作，并且得保证工件在传送带上能够维持一定的速度运行，又或者是在抵达特定的位置时可以停止移动。给工件添加上传送带组件属性。随后在传送带组件里添加间隔时间输出脉冲这一设置，还要把对象从当前所在的位置移动到一条直线之上，同时进行拷贝、操纵以及添加逻辑组件等操作。最后，得把拷贝出来的那些工件连接到队伍当中去。

最后，需要将拷贝出来的工件连接到队伍里面。这意味着需要将所有的工件组织在一起，以便在整个制造过程中进行统一管理和监控。这可以通过将工件分配给特定的工作组或队列来实现。

在对传送带组件展开开发工作期间，若想要达成工件能够旋转这一功能，那就得采用某些特定的技术方面的办法。更确切些，得在传送带组件里面引入一个叫做 Random 的功能模块。该模块关键的作用就在于生成随机数，其主要的功用便是给每一个工件赋予一个独有的旋转角度。

仅仅持有随机数是远远不够的，要知道随机数其自身并不能够被直接拿来运用到旋转操作当中。此外，还得引入一个叫做 VectorConverter 的功能模块。该模块关键在于能把随机数转变为向量，要知道旋转操作在本质上就是借由改变向量来达成的。

总而言之，在传送带组件里添加上 Random 以及 VectorConverter 这两个功能模块之后，便能够达成工件随机旋转的效果，如此一来也就提升了生产线所具备的灵活性还有多样性。

2.2 智能工件姿态分析与识别

在自动化生产的流水线上，精准无误地确定工件所处的位置以及呈现的姿态，这一点有着极为重要的意义。要达成这样的目标，那就得经过一连串的检测环节以及相关的计算步骤。

关键的问题在于明确送来的工件其偏移角度到底是多少。这一目的可借助组件检测系统来达成。当工件碰到面传感器的时候，面传感器能够检测到工件，并且能知晓其与待抓取点之间在位置以及角度方面存在的关系。在获取了位置和角度相关的关系数据之后，便能够在程序当中运用偏移指令去对机器人或者操纵装置的所在位置做出调整，从而让其可以精准无误地抵达待抓取点。

为了方便测量触碰到面传感器的工件与待抓取点之间的距离和角度需要创建一个小正方体作为参考物，并将其本地坐标设置为与待抓取点的坐标一致。这个距离和角度的测量结果将等价于待抓取点与触碰到面传感器的工件之间的距离和高度。

3 工业机器人视觉系统整体实现

3.1 视觉引导式吸附功能设计

第一步，对 IRB 2600 机器人进行调整，将其第 5 轴的角度设置为 90 度。

第二步，创建一个 Smart 组件系统，讲其命名为相机吸盘，将本此项目的吸盘工件放到新建的相机吸盘组件系统中，并将相机吸盘的本地原点设置到吸盘工具的上表面。

第三步，修改相机吸盘的本地原点与法兰盘坐标系的坐标方向一致，然后把相机吸盘工具安装到 IRB 2600 机器人上。

第四步，建立工具坐标系。工具坐标系是一个虚拟的参考点，通常位于工具的工作中心或者是工具与工件接触的点。这个参考点允许机器人控制系统知道工具的确切位置和方向，从而可以进行精确的操作。

3.2 智能视觉驱动抓取功能设计

首先，相机吸盘抓取功能设计。输入信号首先被感

应系统接收并转换为电信号。该电信号激活执行机构，进而触发安装对象。SensedPart 作为被检测对象，通过传感器识别后，由抓取子对象执行抓取动作。逻辑运算单元处理输入信号与拆除子对象之间的逻辑关系，并与 NOT 逻辑门配合，实现当存在抓取目标时，输入信号将阻止拆除动作的功能。

其次，相机吸盘自主循环抓取功能设计。相机吸盘自主循环抓取功能主要是当机器人抓取一定的次数时，本次项目是设定为 10 次，清除放置台上的工件。每一次相机吸盘工具抓取放置，然后拆除工件，都会使 Counter 组件的值加 1。当 Counter 组件的值与 Comparer 组件设定的数值 10 相等后，通过 NOP 逻辑门等待 3 秒，就会清除队列并且 Counter 组件中清零。

最后，相机吸盘闪光功能设计。通过增加闪光操作，模拟机器人抓取工件前，通过拍照闪光的方式，来模拟实际工业生产当中的具体情形，进而

3.3 机器人轨迹规划

在规划机器人轨迹期间，有一个重要步骤便是设定并捕捉等待点。所谓等待点，其实就是一个特定的空间位置，机器人在着手执行任务之前，往往会移动到该位置，然后暂停下来，静候进一步的指令。

在仿真菜单栏里选中【TCP 追踪】这一选项，随后查看程序运行期间机器人的运动轨迹。这个界面当中，能够看见机器人在执行相关任务之时的具体移动路径，像是它的等待点，抓取点，还有放置点等等。这些相关信息会以线条的形式呈现在 RobotStudio 里面，如此一来，便可以很直观地知晓程序运行时机器人的运行状态以及其行为模式的具体情况。工件姿态同 RobotStudio 软件之间实现通信，这一过程是靠着在 Smart 组件里添加上 2 个 VectorVonverter 组件以及 3 个 RapidVariable 组件才得以完成的。占比达到了 7.0%，具体数量为 35。

4 视觉集成机器人编程环境通信架构

4.1 视觉模块与编程语言的高级交互实现

工件姿态与 RobotStudio 软件通信是通过在 Smart 组件中添加 2 个 VectorVonverter 组件和 3 个 RapidVariable 组件完成的。

VectorVonverter 组件用于转换 Vector3 和 X\Y\Z 之间的值。

RapidVariable 组件用于设置或获得 RAPID 的值。

编写程序，输入三个变量作为输入参数，分别是 x 轴偏移量、y 轴偏移量、z 轴角度的角度偏移量。

```
VAR num x:=0;
```

```
VAR num y:=0;
```

```
VAR num zj:=0;
```

RapidVariable 组件就是为了实时得到三个变量的值。

在 Smart 组件设计菜单中，把两个 VectorVonverter 组件连接 PositionSensor 组件，以获取在仿真过程中工件的中心点与待抓取点的偏移位置和偏移角度。

随后把获得的 VectorVonverter 组件的值通过 RapidVariable 组件传到 RAPID 中。

4.2 实时工件姿态感知与编程语言协同通信实现

当把 Smart 组件设计完成后，在运行仿真程序时，工件的偏移位置和偏移角度就会实时在 RAPID 中显示。一个毫米级，一个米级。弧度制左面 PositionSensor 组件与 RAPID 中的显示的尺寸级别不同，PositionSensor 组件显示的是毫米级，RAPID 显示的是米级的。而 z 轴的角度的偏移量是通过弧度制转换到 RAPID 中的。由此，得到了工件姿态与 RAPID 的通讯。

4.3 虚拟环境交互式仿真展示

在完成通讯后，执行仿真程序，查看最终效果。

5 结论

通过本次研究，证明此项目可行，并且可以运用在工业工厂的操作中。本文针对工业机器人运动学模型以及对目标工件的定位与姿态识别而进行自主抓取行为研究，以 ABB 公司的六自由度工业机器人 IRB 2600 为研究对象。主要研究工作及成果：在 RobotStudio 软件中进行自主抓取工作站的搭建；对工件机器人抓取轨迹规划；利用 Smart 组件完成机器视觉对目标工件的定位识别与自主抓取；仿真演示，确定了本项目的可行性。通过上述的实验步骤，本文完成基于机器视觉的工业机器人自主抓取仿真设计。

参考文献

- [1] 耿宇航, 韩玉振, 王林玉, 等. 基于 YOLOv8 的机器视觉在汽车制造中的研究与应用 [J]. 中国汽车, 2024, (05): 55-59
- [2] 郭金山. 基于机器视觉的农机自动化作业系统设计与实现 [J]. 南方农机, 2024, 55(10): 154-155+159
- [3] 宋忠东, 刘翠莲. 基于机器视觉的智能制造实践平台应用研究 [J]. 科技创新与应用, 2024, 14(13): 22-25
- [4] 于玲. 工业机器人视觉定位技术与应用探讨 [J]. 科技与创新, 2024, (08): 50-52+56