

一种桌面机械臂控制系统的研究与设计

刘学¹ 李娅菲¹ 朱烜璋²

(1 湖南科技学院信息工程学院 湖南 永州 425100;

2 湖南科技学院信息中心 湖南 永州 425100)

摘要: 针对桌面机械臂开发了一套控制软件系统, 该系统支持 USB、蓝牙、WiFi 等多种控制模式, 并设计了基于广度优先的绘图路径规划算法, 可用于实现机械臂绘图和写字功能。

关键词: 机械臂; 控制系统; 路径规划

0 引言

在智能制造快速发展和专业人才不足背景下, 机械臂大量代替人工。但目前成熟的机械臂技术仍然在工业机器人领域, 它们一般外形庞大、操作力量大、价格高昂, 不太利于个人使用。桌面机械臂凭借小巧轻便、易操作、精度高以及成本低特性, 越来越受到科研领域和发明创造爱好者的关注, 也逐渐走进人们的日常生活。但是目前市面上没有专门针对桌面机械臂而开发的控制软件系统。基于此, 研究设计一套包括多种控制方式和写字画图的路径规划等方案的桌面机械臂控制系统有着重要意义。

1 硬件环境

系统控制的硬件环境主要分为机械臂本体、下位机和扩展硬件 3 个部分, 主要电子零部件为控制板和通信模块, 系统硬件环境如图 1 所示。

机械臂主体中的 4 个步进电机以及扩展设备、滑轨、传送带的步进电机由 MKS Gen 5 轴控制板通过电机驱动来控制。由于主控板最多连接 5 轴, 在机械臂主体 3 轴基础上, 滑轨、传送带可以任选 2 轴搭配, 舵机机械爪与真空吸盘则可以任选 1 个通过控制板上的 PWM 信号来控制, ESP8266 物联网模块和 HC-05 蓝牙模块负责将上位机数据转发给主控板处理。

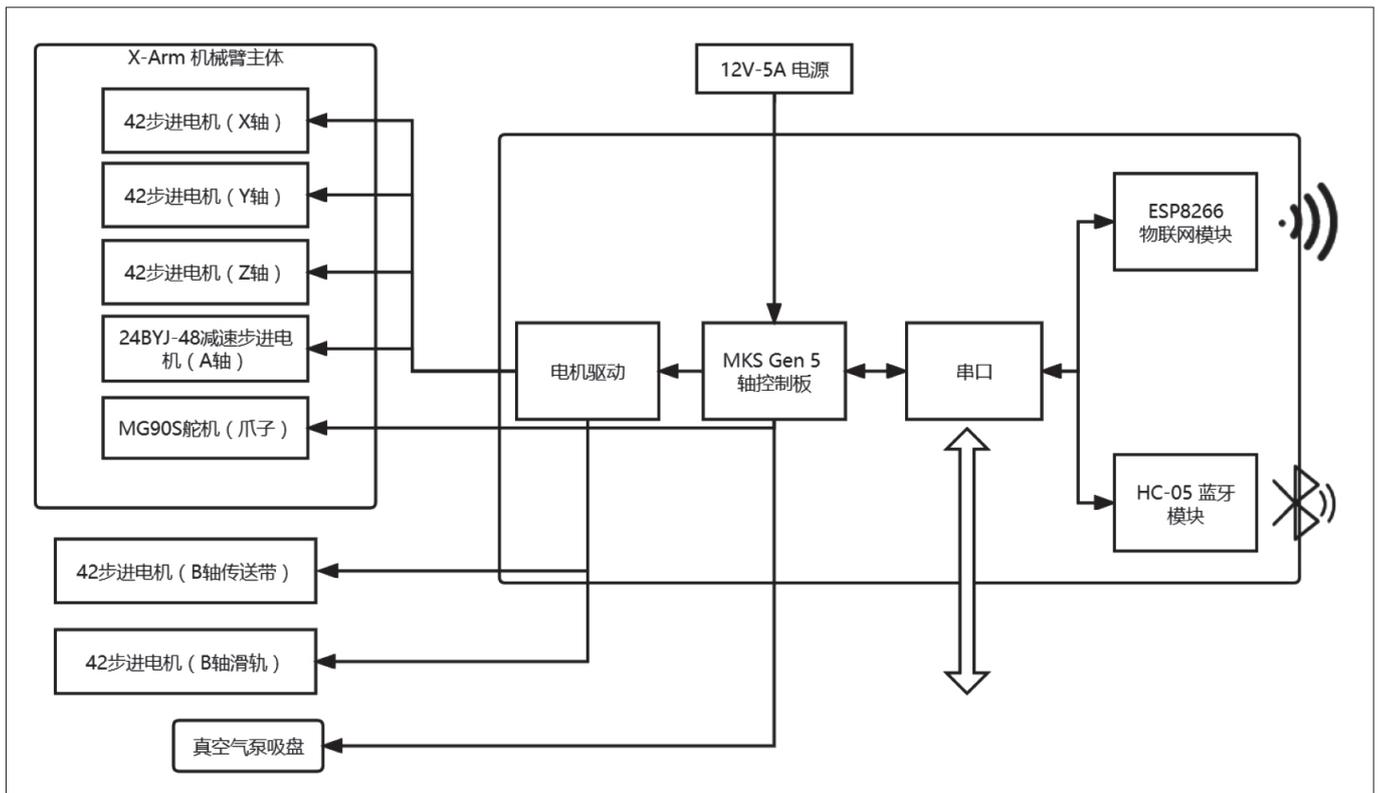


图 1 系统硬件环境图

2 控制系统设计

2.1 系统功能设计

系统应该具备良好的交互界面，并提供实时操纵、图形化编程和绘图功能。为实现这些功能系统应该具备与机械臂通信的能力，能够将用户操作转化为机械臂的运动，能够处理图形和构建绘图路径。系统可通过3种控制方式实现以上功能：PC端上位机软件USB控制、Android移动设备蓝牙控制和基于物联网的WiFi控制。

2.2 系统结构设计

系统初始化时，通过串口对接入局域网设备、开启蓝牙设备进行扫描，建立连接池。用户通过I/O设备或图形化编程生成用户指令序列，系统使用处理器将用户指令序列处理为系统指令序列后压入消息队列，之后系统使用分发器对消息队列内的系统指令序列进行分发。系统工作流程如图2所示。

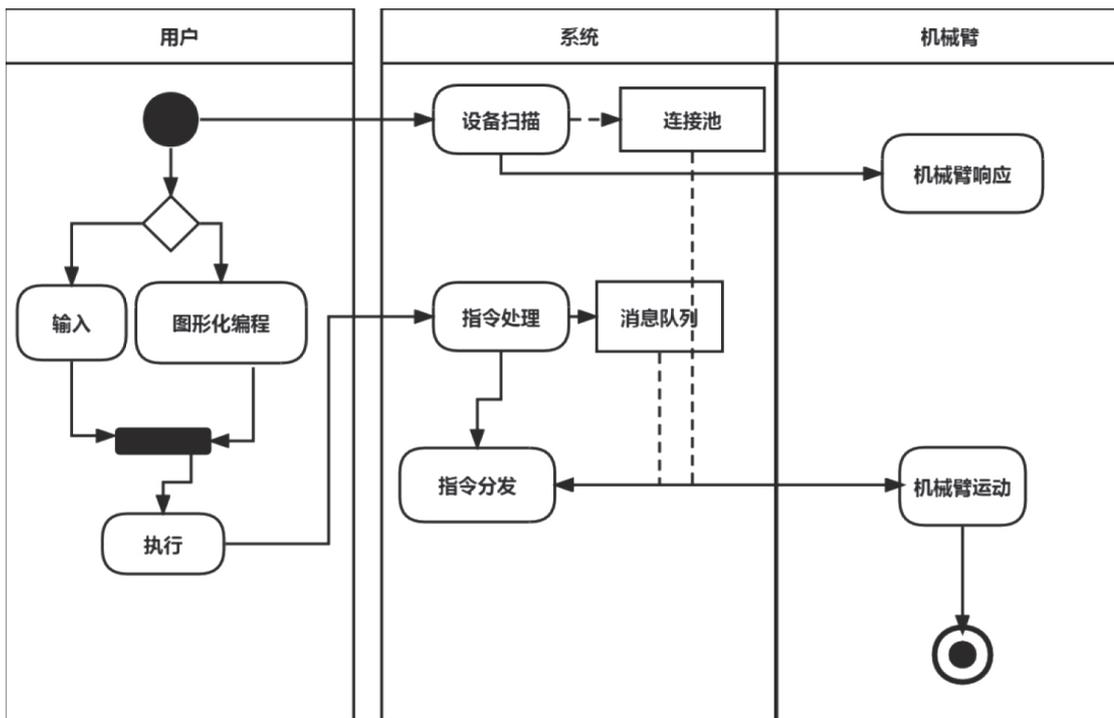


图2 系统工作流程

USB连接PC端上位机软件直接通过图形界面与下位机通信完成机械臂的连接、初始化和实时编程控制。移动端和服务端软件则分别通过蓝牙和物联网中间件转发上位机的控制指令，实现对机械臂的控制，上位机还需负责将用户编写的控制脚本翻译成机械臂能够识别的G-CODE代码。

为实现系统功能和完成工作流程，上位机的通信与控制部分主要由扫描器(Scanner)、处理器(Processor)、分发器(Distributor)及两种数据结构——连接池

(ConnectionPool)和消息队列(MessQueue)等模块组成。

扫描器(Scanner)：Scanner是一个接口，定义了start()方法用来启动扫描器，error()方法用来定义错误。WiFiScanner、SerialScanner、BluetoothScanner是针对不同通信方式对扫描器的不同实现，主要功能是扫描不同通信方式的机械臂并建立连接来构建连接池。

处理器(Processor)：Processor是一个接口，定义了do()方法用来启动处理器，error()方法用来定义错误。BasicPro、BlockPro是针对不同来源的用户指令集对处理器的不同实现，主要功能是将用户指令集加工处理为系统指令集。

分发器(Distributor)：Distributor定义了send()方法用来启动分发器，stop()方法用来终止分发器，主要功能是将消息队列中的消息分发写入连接池里记录的对应连接通道。

连接池(ConnectionPool)：ConnectionPool定义了

add()、delete()等方法来管理连接，其属性pool是连接(Connection)的集合，记录了每个连接的一些必要属性，Conn是一个接口，作为Connection的属性，它保存有不同连接方式的持久性连接通道。

消息队列(MessQueue)：MessQueue定义了push()、pull()等方法来管理队列，其属性message是消息(Message)的集合，记录了全体消息的内容和接收者。

2.3 系统算法设计

为了实现绘图以及写字功能，需要识别笔迹并规划出合适的绘图路径，首先通过对图像的处理来识别笔迹，接着用矩阵扫描的算法来规划绘图写字路径，最后通过对路径穿插抬笔落笔动作来实现绘图写字功能。

2.3.1 图像的二值化

图像的二值化就是将图像上的像素点的灰度值设置为0或255，也就是将整个图像呈现出明显的黑白效果的过程，如图3所示。

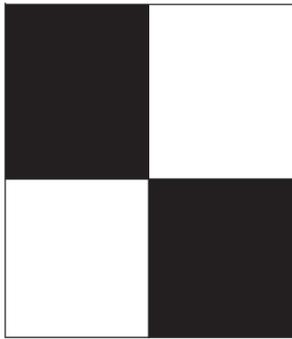


图3 二值化示意图

通过对图像进行二值化可以使图像变得简单,而且数据量减小,能突显出感兴趣的目标的轮廓。对一个只有 2×2 像素点的图片进行二值化可以得到矩阵 I :

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 255 \\ 255 & 0 \end{bmatrix}$$

2.3.2 矩阵的扫描

对矩阵进行扫描可以获得绘制图像的路径,假定一个如图4所示的 4×7 像素点图片,二值化后可得到的二值矩阵 I 为:

$$I = \begin{bmatrix} 255 & 0 & 0 & 255 \\ 0 & 255 & 255 & 0 \\ 0 & 255 & 255 & 0 \\ 255 & 0 & 0 & 255 \\ 0 & 255 & 255 & 0 \\ 0 & 255 & 255 & 0 \\ 255 & 0 & 0 & 255 \end{bmatrix}$$

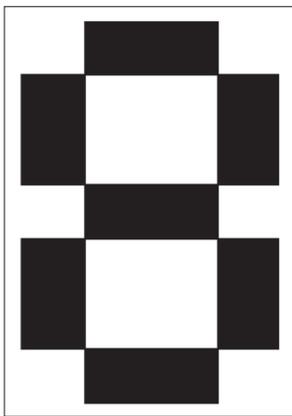


图4 4×7 像素图

根据人的书写或绘画习惯,一般在一段曲线中,以上一点原方向的右方或下方书写。按此模式可以以初始点为圆心,沿顺时针方向搜索临近节点,在没有寻找到曲线上的某点之前,算法会遍历矩阵直到遇到曲线上的点,然后以这点为圆心。按此算法持续搜索,最终完成如图5所示的绘图路径得分图。

2.3.3 路径的生成

在书写的过程中会存在抬笔和落笔的过程,抬笔对应的是一段曲线的结束,落笔对应的是一段曲线的开始。

机械臂在抬笔和落笔的过程中可能会存在需要通过位移来进入下一段曲线书写的情况,因此需要规划曲线书写顺序。曲线是无向的,所以起始部分也可以是结束部分。如图6所示,假定某张图片经

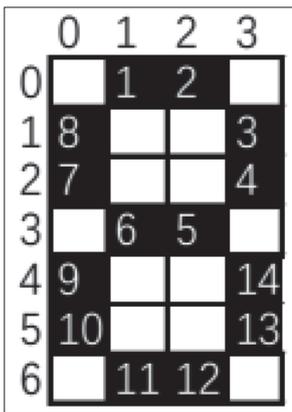


图5 生成的绘图路径

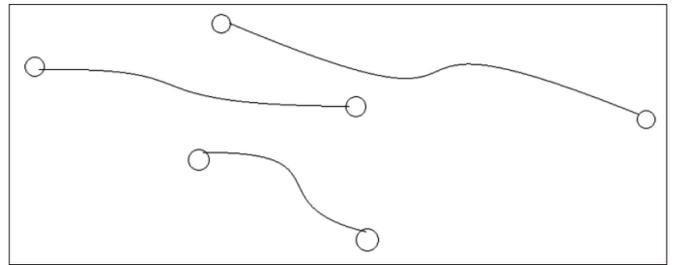


图6 二值化曲线图

二值化后扫描到的3条有一定长度的曲线的点序列。

曲线起点(终点)用0表示,3条曲线分别记为 $\widehat{v_1v_2}$, $\widehat{v_3v_4}$, $\widehat{v_5v_6}$ 。假定机械臂初始位置为 v_0 ,则应寻找从 v_0 到 $\{v_1v_2v_3v_4v_5v_6\}$ 中距离最短的点,假定该点为 v_1 ,则接下来应寻找从 v_2 到 $\{v_3v_4v_5v_6\}$ 中距离最短的点,以此类推,直到点集为空。

3 结语

在开源模型 RobotArm 及 GRBL 开源固件的基础上,研究设计了一套高精度、多功能、可扩展、易使用的桌面机械臂控制系统。基于 GRBL 运动控制器使其能够兼容第三方控制程序,便于二次开发,同时以图形化编程为切入点减少了操作人员的学习成本,而提供的 USB、蓝牙、WiFi 等多种控制模式降低了使用门槛。另外,控制系统除了实现机械臂的基本运动以外,还集成了一套绘画写字的路径规划算法,使得桌面机械臂拥有更多元的应用场景。

参考文献:

- [1] 马芸慧,方业云.机械臂运动轨迹在线控制系统设计与研究[J].内燃机与配件,2022(02):218-220.
- [2] 曹洪鑫,张向慧,张忠海,等.基于ROS机械臂实时控制系统的研究现状和趋势分析[J].计算机测量与控制,2022,30(03):1-7+14.
- [3] 巢惠世,梁宏斌,蔡土淇.基于Linux的机械臂实时控制系统研究[J].信息技术与网络安全,2020,39(04):81-85.

作者简介:李娅菲(1984.10-),女,汉族,湖南永州人,硕士,实验师,研究方向:智能通信。