

一种基于 ARM 的餐厅服务机器人设计

邱展旺,农荣超,李树宏,陈婉菁,李柱林

(桂林电子科技大学 机电工程学院,广西 桂林 541004)

摘要:在餐饮行业发展趋于稳定的背景下,为提高餐饮服务质量、降低服务成本,可以将基于 ARM 技术开发的机器人引入餐饮服务行业中,提升餐厅竞争力^[1]。为此,提出了一种新型的餐厅服务机器人的设计,通过 K210 视觉检测物体的形状特征和其所所在的空间位置,利用 D-H 法进行机械臂坐标系的变换并解算出运动轨迹,实现对物体的抓取和放置。

关键词:ARM;餐厅服务机器人;K210 视觉识别

中图分类号:TP311

文献标识码:B

文章编号:2096-9759(2023)06-0123-03

0 引言

近几十年来,随着科技水平的进步,机器人领域得到了很大的发展,传统的机器人不再只是应用在工业制造中,开始进入到餐饮服务行业。在国内一些餐饮企业中,陆续出现了诸如以和人外形相似的机器人及智能送餐小车等服务型机器人^[2],这是机器人进入餐饮服务行业的显著标志;此外,中国制造 2025 规划纲要中也指出机器人发展要涉及智能服务方面,餐饮行业作为典型的服务型行业,可以为机器人未来的发展提供很大的市场。本文针对餐饮服务行业的服务需求,设计了一款外型独特且智能的餐厅服务机器人。

1 整体结构设计

餐厅服务机器人整体由一体式机械臂、餐柜、底盘 AGV 小车三大部分组成。其整体结构由图 1 所示。

1.1 一体式机械臂

一体式机械臂采用的是深圳市幻尔科技有限公司的一款教育型机械臂,机体在材料上选用的是全铝合金,使整个机体具有独特的外型、更优化简捷的结构;同时,各个关节处选用了高精度的 PWM 数字舵机,使整个机械臂本体具有六个自由

度。该机械臂的组成部分有机械臂本体和兼容开发控制板。

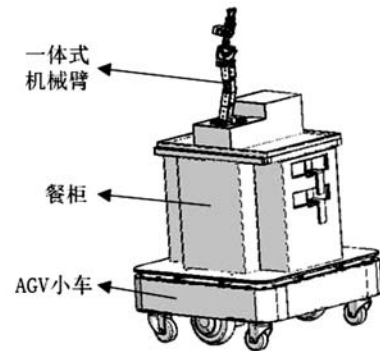


图 1

1.1.1 机械臂本体

机械臂的本体由全铝合金折弯 U 型件、全金属旋转底座、合金机械爪和 PWM 数字舵机组成,U 型件和 U 型件之间、U 型件和舵机之间皆采用螺钉连接,这不仅使整个装配变得更加简易,而且更便于后期的调试工作;合金开合式机械爪是由末端舵机直接驱动开合,从而实现夹取动作;PWM 数字舵机

收稿日期:2023-03-04

项目基金:省部级大学生创新训练项目:S202210595124。

作者简介:邱展旺(1999-),男,广西贺州人,在读本科生,主要研究方向:机器人的应用场景设计。

Net 的大坝变形预测模型的网络结构,后采用 Adam 模型参数进行优化,最终建立了基于 ResNet 的大坝变形预测模型。通过实例验证表明,本文模型拥有收敛速度快、拟合精度高、泛化能力强等特点,可以更加精准地预测大坝的形变量,为判断大坝安全运行状态提供参考依据。

参考文献:

- [1] 张正禄,张松林,黄全义,等.大坝安全监测、分析与预报的发展综述[J].大坝与安全,2002(05):13-16.
- [2] 黄耀英,何一洋,沈振中,等.大坝监测量最佳统计模型优选方法[J].水利学报,2022,53(02):154-164.
- [3] 吴中如.水工建筑物安全监控论及其应用[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [4] 吴中如,陈波.大坝变形监控模型发展回眸[J].现代测绘,2016,39(5):3-8.
- [5] 胡纪元,文鸿雁,周吕,等.基于 IPSO-BP 模型的大坝多源监测数据预报与反演[J].大地测量与地球动力学,2014,34(04):67-70.

- [6] 杨恒,岳建平,邢尹,周钦坤.基于深度全连接神经网络的大坝变形预测研究[J].大地测量与地球动力学,2021,41(02):162-166.
- [7] 魏道红,王博,张明.基于 CNN 的混凝土坝变形预测深度学习模型研究[J].水利水电技术(中英文),2021,52(06):52-57.
- [8] Zhang J, Yu Z, Qi D. Deep Spatio-Temporal Residual Networks for Citywide Crowd Flows Prediction[J].2016.
- [9] Rasp S, Thuerey N.Data-driven medium-range weather prediction with a Resnet pretrained on climate simulations: A new model for WeatherBench [J]. Journal of Advances in Modeling Earth Systems.
- [10] Lu S, Hong Q, Wang B,et al. Efficient ResNet Model to Predict Protein-Protein Interactions With GPU Computing[J]. IEEE Access, 2020,8:1-1.
- [11] 姜成科.基于遗传算法的神经网络在大坝变形预报中的应用[D].大连理工大学,2009.
- [12] He K, Zhang X, Ren S, et al. Deep Residual Learning for Image Recognition[J]. IEEE, 2016.

则是根据不同关节部位的需求选用了不同的型号,如末端合金机械爪的舵机使用的是具有防堵转功能的 LDX-335MG 数字舵机,如若在夹取时发生转堵,舵机则会进入自动计时,累计四分钟后,舵机会自动停止工作;腕部的两个关节使用的是 LFD-06 防堵转低功耗数字舵机,当发生停止不动时,舵机会自动停止运行;臂部的两个关节采用的是 LDX-218 高精度双轴数字舵机,使关节的运动更加精确;驱动全金属旋转底座的舵机选用了大扭力的 LD-1501MG 的大扭矩舵机,使机械臂在携带餐品时能平稳转动。

1.2 餐柜设计

餐柜是机器人实现自动送餐的关键部分之一,是餐品存放的载体。同时,餐柜是处于机械臂和底盘 AGV 小车直接之间的连接结构;对于上层机械臂,既要设计其安装结构,也要根据机械臂的动作特点和充分考虑夹取时的运动干涉问题来设计餐品放置位置;在中层,则设计了两个抽拉式餐柜对部分餐品进行放置,提高机器人的装载能力;对于下层 AGV 小车,仔细分析了 AGV 的结构和运动特征后,选用铝型材作为餐柜的主体框架,型材之间采用角码连接、螺栓紧固,便于装配和电路走线控制。餐柜的外形则设计了钣金外壳,提升了餐柜整体的美观性。餐柜结构设计如图 2 所示。

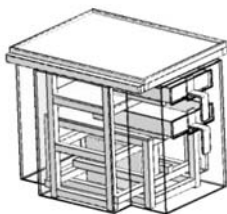


图 2

1.3 底盘 AGV 小车

服务机器人的底盘使用的是较为成熟的 AGV 小车(Automated Guided Vehicle),其仍是基于 STM32 系列的 STM32F103ZET6 单片机所设计研发的一款智能小车。智能小车由两个轮毂电机作为驱动轮,车身边缘均布四个辅助万向轮,可通过两个轮毂电机之间的速度差或反向速度实现转向以及原地旋转,具有很小的转向半径;同时这款智能小车还可以选配搭载超宽带 UWB 和单线激光雷达进行导航定位,可支持在线调度任务,运用在此项目中,可以使服务机器人更好地在室内环境下进行移动^[3]。AGV 小车底盘如图 3 所示。

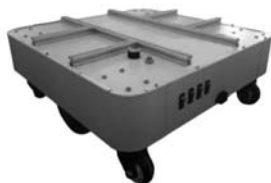


图 3

2 控制系统设计

该餐厅服务机器人的控制系统主要由主控芯片、外设硬件和软件部分组成,其控制原理原图如图 4 所示。

2.1 主控芯片选择

在此项目中选用的是基于 ARM 架构下 STM32 系列的 STM32F103RBT6 单片机作为机械臂的主控芯片,并搭载兼容式底板。STM32F103RBT6 具有 Cortex-M3 内核,64 个引脚,51 个输入输出接口,128K 的 flash,处理器的最高主频可达到

72MHz。此外,STM32F103RBT6 还具有 AD、DA、CAN、UART、SPI 等多种外设接口,并且其内部还拥有多个定时器,可为系统控制设计提供更多方案。

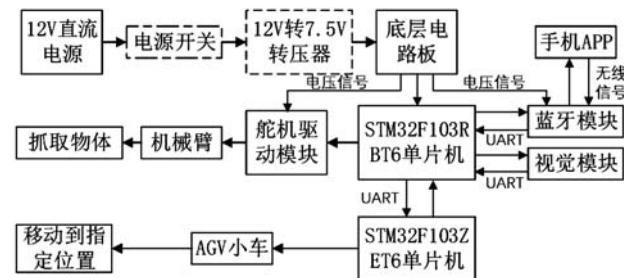


图 4

2.2 硬件模块

2.2.1 视觉识别模块

为实现服务机器人的自动抓取,则需要为服务机器人配备能够自主进行识别的“眼睛”,该“眼睛”能够对物体进行图像识别并将相关数据和坐标反馈到 STM32F103RBT6 中进行分析和处理。在本项目中,挑选了 SIPEED 公司 Maix 产线的 MaixBit 开发板,它是基于嘉楠堪智科技的边缘智能计算芯片 K210(RISC-V 架构 64 位双核处理器最高主频可达到 600MHz)设计的一款 AIOT 开发板。它的核心功能是机器视觉与听觉,包含用于计算卷积神经网络的知识处理单元(Knowledge Processing Unit, KPU)与用于处理麦克风阵列输入的加速处理器(Accelerated Processing Units, APU)。从硬件配置上, K210 板载 Type-C 接口和 USB-UART 等多种外设电路,用户可以直接通过 USB Type-C 线连接电脑进行调试和开发,配置 128Mbit Flash、LCD、DVP、Micro SD 卡等接口并把所有 IO 引出,方便用户扩展。

2.2.2 无线通信模块

目前运用比较多的无线通信方式有 Wi-Fi 和蓝牙。Wi-Fi 是一种短程无线传输技术,能够在很大范围内支持互联网接入的无线电信号,其传输速度非常快,最高可以达到 54mbps。相较于 Wi-Fi, 蓝牙的传输距离较短,大概在一百米以内。蓝牙在 2.4GHz 波段运行,数据传输速率远不及 Wi-Fi, 约为 1mbps。在本项目中,运用到无线通信的模块较少,且模块之间的传输距离较短,故选择蓝牙无线通信能满足项目要求。蓝牙模块选择的是 DX-BT24,可实现单一主机向单一从机通信,并且该模块支持 UART 接口通信和蓝牙串口透传,具有低成本、体积小、低功耗、收发灵敏性高等优点。DX-BT24 的供电电压为 3.3V,故可以直接将其板载在开发板上。

2.3 软件设计

2.3.1 机械臂控制程序设计

机械臂控制程序设计即主控芯片的控制程序设计,是基于 Keil 平台环境下进行模块化编程,对每个单独的模块进行函数封装,最终融合成完整的系统。主要函数模块可分为:舵机驱动模块、通信处理模块、逆运动学解析模块等。

(1) 舵机驱动模块

舵机的驱动频率是 50Hz,那么周期为 1/50,也就是 20 毫秒(ms)。每个舵机需要一路通道的脉宽调制(PWM)周期信号才能驱动,而本次需要驱动的舵机有六个,一共需要六路脉宽信号;在 STM32F1 系列中,一个通用定时器的输出通道为四路,那么要完全驱动六路舵机则需要配置两个通用定时的输出,这样的驱动方式造成资源利用率较低,故本项目不采用这种驱动方式。通过对舵机高低电平响应时间的分析得到:

舵机的转动角度只与高电平(0.5ms-2.5ms 内)时间有关,其余时间都为低电平,故可以将驱动舵机的周期进行分时,可以得到 $20/2.5=6+2$, 即一个周期内可进行 8 个舵机的脉宽复用;实现一个周期的信号只需要一个通用定时器进行配置即可完成,提高了整体资源使用率。为了配合逆运动学解析模块的调用,可以根据定时器产生的脉宽和舵机旋转角度的关系:脉宽=(角度/90+1.5)*(20000/20)进行转换处理。

(2)通信处理模块

蓝牙通信模块处理模块和 K210 通信处理模块主要为 UART 的时钟、引脚模式、通信硬件参数(波特率、数据长度、停止位和校验位等)、中断响应级别以及中断触发方式等配置和 UART 的收发数据协议的定义及数据解析,其中较为重要的是收发数据协议的定义及数据解析。具体思路为:在中断处理部分定义接收数据的帧头、数据内容和帧尾,设置帧头是为了防止接收到其它数据导致数据帧出现问题无法被解析,设置帧尾则是为了判断数据帧的接收是否完成,确保数据帧的完整性;在帧头和帧尾之间就可以将数据进行接收并存放至缓存数组当中,等待解析。其中,蓝牙通信需要提前在手机蓝牙助手进行协议发送的定义,主控芯片才能进行接收处理;K210 则需要在 MaxPy IDE 平台进行通信协议的定义并进行烧录到开发板后才能进行正常的数据传输。

(3)逆运动学解析模块

逆运动学解析模块是在知道末端执行器的空间坐标反过来求解每个关节的旋转量。首先要对机械臂进行正运动学分析:为了便于分析,对本次用到的机械臂进行简化,故直接去掉末端的执行器和腕部关节的分析,整体运动分析可以以图 5 表示:

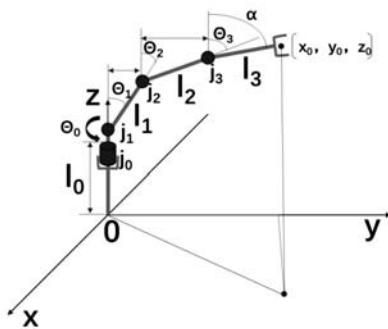


图 5

简化之后剩关节 j_0, j_1, j_2, j_3 和四个关节转动量 $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$; l_1, l_2, l_3 为各个连杆的长度, l_0 为旋转底座与基准平面的高度。正运动学求解就是已知关节转动量 $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$ 计算出执行器末端坐标 (x_0, y_0, z_0) :

$$z_0 = l_0 + l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_3 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (1)$$

在这里,引入一个中间量 k 为机械臂投影在 xoy 平面的投影,可以得到:

$$k = l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_3 \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (2)$$

其中 $k = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$, 且 x_0, y_0 存在以下关系:

$$\tan \theta_0 = \frac{x_0}{y_0} \Rightarrow x_0 = y_0 \tan \theta_0 \quad (3)$$

$$y_0 = \frac{k}{\sqrt{\tan^2 \theta_0 + 1}} \quad (4)$$

逆运动学则跟正运动学相反,它是已知末端执行器的坐

标 (x_i, y_i, z_i) 来求解出关节转动量 $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$ 的具体值;从(1)(2)(3)式中可以看出只有三个方程,未知量却有四个,是无法进行求解的,故仍需引进一个已知角度值 $\alpha, \alpha = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3$ 便可求出每个关节对应的转动量。

程序开始之前对系统时钟、定时器等参数配置,对无线模块 UART 通信、视觉识别模块 UART 通信进行参数初始化,并调用逆运动学分析函数、舵机 PWM 驱动函数等;最后在 main 函数文件中对已配置好或编写完毕的函数文件进行引用初始化,程序执行到 while 函数后进行无限循环,等待接收手机端信号;蓝牙模块在接收到信号后,通过 UART 将信号发送到主控芯片,主控芯片处理数据后驱动舵机转动,等待 K210 进行识别扫描并进行数据比对,比对成功后 K210 向主控芯片返回坐标并进行坐标解析,解析完毕后,执行 PWM 函数进行抓取。

2.3.2 K210 图像识别

K210 图像识别首先是使用高清相机对将要识别的物体进行多次拍照,获取物体的特征信息,然后通过 MaixHub 在线训练平台将该物体的特征信息进行标注数据,模型的训练与转换都在云端完成,对训练完成的物体模型使用摄像头识别时不仅能识别出物体,而且还能将识别到的物体的坐标输出出来。然后通过 MaxPy IDE 平台编写程序将数据进行处理并发送出去,程序执行无误后烧录进 K210 主芯片且需使用信号线将 K210 模块与主控进行硬件连接;K210 上电后便实时对进行物体识别并输出物体标志特征和物体空间坐标,主控芯片将传递来的数据进行接收并解析处理。

2.3.3 蓝牙手机端 APP 设计

机械臂的上位机软件通过 App Inventor 平台制作而成,手机作为上位机给单片机发送指令控制机械臂的动作。为了更好地模拟餐厅环境,软件界面采用与市面上多数商家相似的点单界面,以提供更加人性化的人机交互体验。软件设计过程中,通过对屏幕添加图片及按钮,编辑按钮的触发事件并进行一定的排列使布局更加合理。软件还添加了蓝牙组件,手机搜索下位机蓝牙端,进行连接并发送指定信号,从而达到控制机械臂的目的。

3 结语

随着我国人口红利的消失,餐饮行业机器自动化、智能化代替人力服务已逐渐成为趋势,后续阶段对餐厅服务机器人的研究和设计会如雨后春笋般出现。本项目顺应这种趋势提出了一种餐厅服务机器人的设计方案,其在外形上拥有自身的独特性,并且由于机械臂和视觉识别模块的存在,可实现将餐品自动送到客户的面前,让客户体验到“最后一步服务”,同时该服务机器人具备送餐能力,可以降低服务员的劳动强度,降低服务成本,相信能够为未来餐厅服务机器人的发展带来更多的可能。

参考文献:

- [1] 乌泽,熊颖,甘云鹤,冯敏,杨成慧.基于嵌入式的餐饮配送服务机器人的研究[J].电子世界,2020(07):145-146.
- [2] 翟佳星.餐饮机器人样机系统研究[D].长安大学,2018.
- [3] 周志强.智能餐饮服务机器人的设计研究[D].上海工程技术大学,2017.
- [4] 严海蓉,薛涛,曹群生,时昕.嵌入式微处理器原理与应用-基于 ARM Cortex-M3 微控制器[M].北京:清华大学出版社,2014.