

基于机器学习的智能速递机器人

本作品采用人工智能算法,设计一款以 Jetson TX2 芯片和 STM32F407ZGT6 单片机为核心的控制系统,通过深度摄像头采集电梯信息,实现自动乘坐电梯,送货上门的功能。解决了人等人、物品长期占用空间资源等问题,同时也为不方便人士提供了更为便捷的方法。用户(住户或投递员)可以通过上位机给机器人发送指令,机器人领取物品后,自动识别路径,并乘坐电梯送货上楼,到达指定楼层后发送信息提醒用户取件。智能机器人拥有较强的安保措施,确保运输过程中的安全问题。同时,机器人设置无响应返回程序,设定用户反映时间,用户未在规定时间内做出响应,自动返程,以此提高工作效率。本作品针对于人工智能解决快递业务中的最后一百米,为我们的生活带来了便捷。

概述

快递物流的每一环节,都影响着整体的工作效率,对于普遍客户而言,物流快慢也往往影响着交易体验效果。为了克服物流链末端高昂的人力成本、提升物流效率和保障用户“送货上门”的权利,本作品设计了一款针对特定场景的智能速递机器人。该机器人能有效在指定场景例如学校、小区等实现替代人力的精确配送,解决上述问题。

设计框架

本作品 CPU 由英伟达 Jetson TX2 和 STM32F407ZGT6 两款芯片组成,如图 1 所示。通过建立图像库利用谷歌云服务器进行卷积神经网络(CNN)的处理,然后进行在线训练,训练完成后把相关程序和数据移植至英伟达 Jetson TX2 中,从而实现对摄像头采集图片的识别。芯片间的通讯方式采用串口通讯,将英伟达

Jetson TX2 处理的图像数据和 rplidar 雷达的数据传送给 STM32F407ZGT6 单片机,实现路线规划;STM32 兼实现控制按铃装置、电机驱动和实现配置用户界面的功能,具体如下:通过处理加速度计和超声波模块的数据实现电机的速度控制,同时满足实时避障的要求;按铃装置由三路舵机的传动机械装置组成,由 STM32 进行控制;目前第一代作品的用户界面采用 LCD 显示屏和 4*4 矩阵键盘组成,实现人机交换。作品硬件结构框图 1 所示。

算法处理

图片处理算法——卷积神经网络(CNN)

卷积神经网络是一种常见的深度学习架构,卷积神经网络由卷积层和池化层交替叠加构成。该算法擅长处理图像等问

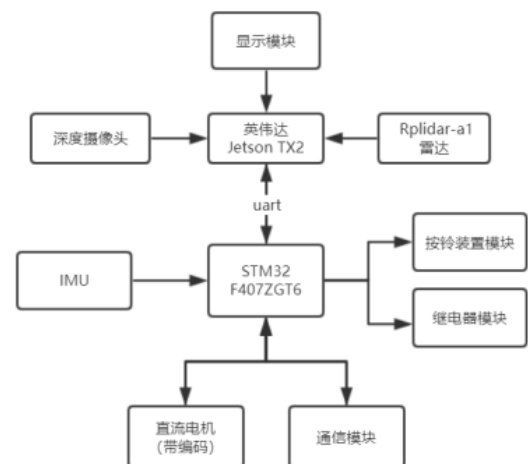


图 1 作品硬件结构框图

题, 将数据量庞大的图像识别问题不断降维, 最终使其能被训练。

非线性映射能力常见的激活函数为 R eLU 和 Tanh, 如式 (1) 和式 (2):

$$f(z) = \max(0, z) \quad (1)$$

$$f(z) = \tanh(z) = \frac{e^z - e^{-z}}{e^z + e^{-z}} \quad (2)$$

卷积层 (convolutions) 中的每个特征值由当前层卷积核和前一特征图进行卷积得到, 以下为神经元输出的结果, 如式 (3):

$$h_{w,b}(x) = f(W^T x) = f\left(\sum_{i=1}^n W_i x_i + b\right) \quad (3)$$

池化层通常是指针对网络特征图作出尺度缩小处理的层, 如式 (4):

$$y_m = \frac{1}{S_1 S_2} \sum_{j=0}^{S_2-1} \sum_{i=0}^{S_1-1} x_{m+S_1+i, n+S_2+j} \quad (4)$$

路线规划算法——Cartographer

Cartographer 主要理论是通过闭环检测来消除构图过程中产生的累积误差。Cartographer 中的 Scan - to - Map 的模式参考公式如下:

$$x_t^* = \arg \max_{x_t} \{p(z_t | x_t, m_{t-1}) p(x_t | x_{t-1}, u_{t-1})\} \quad (5)$$

其中 x_t 和 x_{t-1} 就是当前时刻和上一时刻的位姿, z_t 为当前 scan 里的所有数据的集合, m_{t-1} 为现有的地图信息, u_{t-1} 是上一时刻到这一时刻的运动量。而上式中第一个概率计算可化为:

$$p(z_t | x_t, m_{t-1}) = \prod_i p(z_t^i | x_t, m_{t-1}) \propto \sum_i \log p(z_t^i | x_t, m_{t-1}) \quad (6)$$

避障控制算法——模糊控制算法

模糊逻辑算法主要是根据人类生活经验, 设计出一个模糊控制规则库。将传感器获得的信息作为输入, 经过模糊推理后得出机器人所需要的输出具体步骤如下:

- (1) 计算相应输入变量;
- (2) 输入变量模糊化;
- (3) 模糊推理;
- (4) 解模糊, 转化为输出量。

在实际操作过程中, 数据模糊化过程中, 要使用合适的隶属度函数。

电机和舵机控制算法——增量式 PID 控制算法
将偏差的比例 (Proportion)、积分 (Integral) 和微

分 (Differential) 通过线性组合构成控制量, 用这一控制量对被控对象进行控制, 这样的控制器称 PID 控制器。

具体如式 (7)、式 (8) 和式 (9):

$$u_k = K_p [e_k + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^k e_j + T_d \frac{e_k - e_{k-1}}{T}] \quad (7)$$

$$u_{k-1} = K_p [e_{k-1} + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^{k-1} e_j + T_d \frac{e_{k-1} - e_{k-2}}{T}] \quad (8)$$

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} \quad (9)$$

其中:

Kp——控制器的比例系数

Ti——控制器的积分时间, 也称积分系数

Td——控制器的微分时间, 也称微分系数

仿真分析

物体识别仿真

基于 CNN 卷积神经网络处理进行图片识别, 我们开始是采用谷歌的云服务器平台进行 TensorFlow, 在 jupyter 在线编辑器中进行程序编辑, 通过对神经网络在线训练, 实现深度学习, 实现对图片的识别。对比与多种目标检测模型之后, 考虑识别速度与精度, 本文设计最终采用 yolo v3 模型实现目标检测, 利用图片数据集进行神经网络的训练, 训练后的神经网络进行的电梯按键识别, 识别效果是非常好。

路线规划仿真

本文设计中, 智能速递机器人的路线规划和智能避障用到的算法都是 Cartographer, 其中用到的传感器包括 Rplidar - a1 激光雷达、GY - 85 九轴自由度 IMU 传感器模块和编码器。该算法通过闭环检测来消除构图过程中产生的累积误差, 主要负责处理来自雷达、IMU 和编码器的数据, 并基于这些数据进行地图的构建从而达到路线规划的目的。

短信收发仿真

本文设计的智能速递机器人的储物箱门开关采用的是智能电控锁, 该装置需要用户输入准确的验证码才能打开, 具体实现过程如下: 首先送货方在触摸屏处输入物体储存位置, 此处有储物箱 1 和储物箱 2; 选择完成后 Jetson TX2 芯片自动生成四位随机验证码; 四位验证码通过串口发送至 STM32F407ZGT6 单片机; STM32F407ZGT6 单片机通过 SIM800A 模块向用户发送验证码; 用户在触摸屏处输入准确验证码; 门控打开, 任务完成。