文章编号:1673-9590(2022)01-0111-04

一种基于树莓派的口罩自动检测装置

张丽艳,赵艺璇,李林
(大连交通大学 计算机与通信工程学院,辽宁 大连 116028)

摘　要:应用树莓派设计了一种可以自动识别顾客是否佩戴口罩的仿真装置. 首先,超声波传感器检测到有人经过时,调用树莓派摄像头进行拍照;照片从客户端传输到服务端计算机,树莓派 LED 闪烁 1s 作为提示. 运用 SSD 目标检测算法进行人脸是否佩戴口罩的检测;最后,服务端将检测结果反馈给客户端,如检测到人脸佩戴口罩,舵机会按正反顺序各旋转 90°,模拟控制门的开和关,检测到未佩戴口罩舵机不转动表示装置始终呈关闭状态. 经测试,SSD 模型 mAP 值达到 97.21%,装置可以实现较好的检测效果.

关键词:树莓派;客户端;服务端;SSD 模型;mAP
文献标识码:A　　**DOI**:10.13291/j.cnki.djdxac.2022.01.021

此次新型冠状病毒的出现给民生、经济、贸易等方面都带来了前所未有的重创,口罩作为阻断病毒传播的有效手段在此次抗击疫情中起到了至关重要的作用. 目前商场、药店、饭店等都已经开放,但是这些公共场所大都有必须佩戴口罩才能入内的要求. 公共场所客流量大,单纯靠人工来检测如此大人流量是否佩戴口罩并不现实,因此需要寻求一种可以自动检测是否佩戴口罩的设备.

本文设计了一款可以自动检测顾客是否佩戴口罩的设备,并模拟控制门的开关. 以树莓派作为主控制系统,应用超声波传感器检测是否有人出现在指定区域,并控制摄像头自动拍照,将图片成功传输给服务器端之后,LED 灯亮起,并在服务端进行目标检测,检测到佩戴口罩,舵机控制闸门的开启、关闭,检测到未佩戴口罩,装置不开启.

1　总体方案设计

本文设计了基于树莓派的口罩检测系统,可以放置在一些必须要佩戴口罩的公共场合门口,在一定区域内自动检测行人是否佩戴口罩,并控制闸门的开关,以减少工作人员的工作强度. 本系统以树莓派[1]为核心控制模块,外接摄像头、超声波传感器、SG90 舵机、LED 灯. 主要工作过程为服务端(用户 PC)首先发送可以接收数据的信息给客户端(树莓派),随后客户端通过摄像头模块和超声波传感器对目标进行数据采集,随后将数据信息无线传输给服务端,传输成功 LED 灯亮起,随后在服务端通过 SSD 方法对数据进行目标检测,检测完成后将结果反馈给客户端通过程序控制舵机的开关,控制过程为检测到口罩执行先开门后关门的操作,未检测到口罩则不开门. 图 1 所示为系统总体结构图.

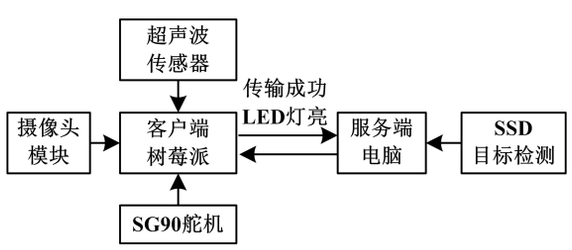

图 1　系统结构图

2　系统硬件设计

本文选择“Raspberry Pi 4B”为控制处理器[2-3],树莓派采用 Python 进行编程,使用 Linux 和 Windows 系统为操作系统的 ARM 微机主板开发,以 SD / MicroSD 卡为内存硬盘. 具有 40 个 GPIO 驱动接口以连接更多硬件,实现系统整体功

收稿日期:2020-06-13
基金项目:辽宁省教育厅高等学校科学研究计划资助项目(JDL2020029)
作者简介:张丽艳(1974-),女,副教授 ,博士,主要从事信号处理、嵌入式系统开发的研究
E-mail:DALIANZHANGLIYAN@163.com.

能.在进行工作前需要对树莓派进行基础配置[4].本系统在硬件设计部分主要包括摄像头模块、超声波传感器、LED 灯和舵机.运用超声波传感器检测顾客是否出现在阈值区域内,如检测到区域内有人则运用摄像头进行拍照;LED 灯亮表示数据从客户端向服务端传输成功;SG90 舵机模块进行开、关控制.

2.1 摄像头模块

本系统使用树莓派专用 500 万像素广角摄像头对目标进行数据采集即拍照,以 OpenCV 作为拍照模块处理图像的主要工具.摄像头含有 OV5647 感光芯片,静态图片分辨率为 2 592 dpi×1 944 dpi,支持 1080p30,720p60 以及 640×480p60/90 视频录制.

2.2 LED 模块

本系统使用 LED 灯指示树莓派拍摄照片已成功传输给服务端进行图像处理.LED 灯正极连接树莓派 GPIO 端口的 BCM21,控制灯的亮灭,LED 负极连接树莓派的接地端口 GND.使用 LED 模块的流程为先默认 LED 灯熄灭,待文件传输完成后灯亮 1s 后熄灭,此程序可随着文件传输重复执行.

2.3 超声波传感器

本系统选择 HC-SR04 超声波传感器作为检测顾客在设定阈值区域内出现从而可以调用摄像头进行拍照的模块.超声波传感器具有稳定的性能,可以准确地测量距离和小目标,可适用于机器人躲避障碍物、物体范围、水位感知及公共安全领域[5].HC-SR04 模块有 VCC、GND、Trig(控制端)和 Echo(收信端)的四个接口.VCC 是 5V 电源,GND 接地,Trig 是控制终端触发信号输入,在本系统中用 GPIO 口的 BCM20 号控制,Echo 为接收端等待回响信号输出,在本系统中用 GPIO 口的 BCM16 号控制.超声波测距模块的工作原理大致分为以下四个步骤:

(1)触发信号:触发 Trig 端口给至少 10 us 的高电平信号用于测距;

(2)模块内部:发送 8 个 40 kHz 的方波自动检测返回信号;

(3)输出回响信号:返回信号触发 Echo 输出一个高电平,输出测试距离如式(1)所示;

$$\text{测试距离} = \frac{(\text{高电平时间} \times \text{声速})}{2} \quad (1)$$

(4)设定阈值:想要检测固定区域内出现的目标需要设定一个阈值范围,并将其与拍照模块相连接,如检测到阈值范围内的目标则触发拍照,本系统设定阈值为 0.3~0.5 m.当控制端发出高电平,就在接收端等待输出,当接收到输出信号则开始计时,当检测到的输出信号由高电平变为低电平时停止计时,利用时间差代入公式即可算出距离,设定固定距离阈值并连接拍照模块可以实现自动对出现在阈值内的目标拍摄照片.

2.4 舵机

本系统使用 SG90 伺服马达作为仿真装置开关.伺服马达又称舵机,是一种可以变化角度且可以保持的控制系统.SG90 舵机有三个引线接口,分别是红线电源 VCC,黑线接地 GND,黄线控制线使用 PWM 脉冲宽度调制技术,该系统用 GPIO 端口 BCM17 控制.在伺服器内部,以 20 ms 的主周期和 50Hz 的频率生成标准信号作为基准电路,由微处理器生成的 PWM 信号进入到舵机并产生直流偏置电压,从而控制伺服器的顺向和逆向旋转.该系统使用 180°舵机,生成 PWM 信号,脉冲宽度在 0.5~2.5 ms 之间[6-7].平滑齿轮的控制信号是 PWM 信号,需要通过改变占空比从而改变舵机的旋转角度,其中占空比表示高电平所占周期电平周期的比例.本系统执行代码使舵机从 0°旋转到 180°,每次旋转 10°,实现缓慢开关,转动角度用占空比控制,从 2.5%~12.5%设定旋转角度为 0°~180°,在 20 ms 周期后结束.要实现运用 PWM 控制舵机旋转固定角度需要将一个周期 20 ms 分为两次中断执行,分别是高电平持续时间为 0.5~2.5 ms 的短定时中断以及一次长定时中断.通过改变高电平持续时间及占空比控制舵机旋转角度,从而达成本系统模拟自动门开关的目的.

3 系统软件设计

本文系统在软件部分通过套接字 socket 建立客户端树莓派与服务端计算机的联系实现了信息传输,并将接收到的客户端传输图片应用 SSD 目标检测算法进行戴口罩与未戴口罩两类检测.软件系统结构如图 2 所示,首先需要客户端通过超声波传感器持续监测与障碍物的距离,设定阈值为 0.3~0.5 m,在此范围内触发客户端树莓派摄像头拍照,否则不拍照;随后通过 socket 无线传输将所拍摄图片传输给服务端,传输完成 LED 灯亮起;在服务端通过 SSD 目标检测算法对图像进行是否佩戴口罩的检测并将结果反馈给客户端;最

后在客户端设定程序,如识别结果为佩戴口罩则控制舵机先正向、后反向各旋转 90°表示闸门装置的开启和关闭,如识别结果为未佩戴口罩则舵机不工作,闸门装置保持关闭状态.

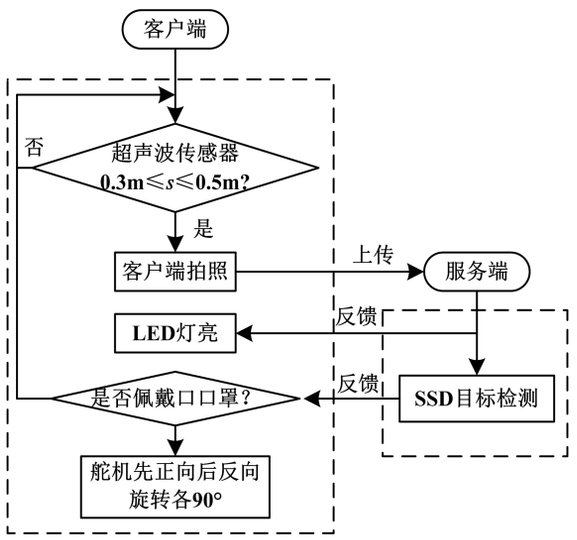

图 2　软件系统结构

3.1　数据集建立

本文系统从网络中搜集了戴口罩与未戴口罩的正面人脸图片共 1 651 张. 从中随机选取 1 000 张图片作为训练集, 551 张图片作为验证集,100 张图片作为测试集,并对训练集和验证集样本利用 labelImg 图像标注工具进行人工标注并制作成所需. xml 格式. 本系统将目标类别分为两类进行标注,分别是戴口罩类别 mask 及未戴口罩类别 face.

3.2　SSD 目标检测算法

本文在服务端检测是否佩戴口罩使用了主干网络为 mobilenet 的 SSD 目标检测算法, MobileNet-SSD 的网路结构是在 SSD 网络结构上改进的,将主干网的 VGG16 替换成 MobileNet,去掉了主干网 MobileNet 最后的全局平均池化、全连接层和 softmax 层,在 MobileNet 网络的最后卷积层 conv13 的后面增加了八个卷积层,并抽取其中的四层分别是 conv14_ 2、conv15_ 2、conv16_ 2、conv17_2 和 MobileNet 原网络中的 conv11、conv13 层,用于目标检测的分类和定位. MobileNet-SSD 网络与 SSD 网络相比,虽然检测准确率略微下降,但是参数量由 33.1×10^6 下降到 6.8×10^6,有较为明显的轻量级、低延迟的特点,在本文应用背景中有较大的优势[8-9].

本系统输入为大小是 300 ×300 的图像,首先经过一层标准卷积,其次将特征图输入到 13 层修正后的深度可分离卷积,具体操作为先通过卷积核为 3×3 的 Depthwise 卷积操作得到输出特征图,再利用卷积核为 1×1 的 Pointwise 卷积操作进行各通道的特征融合得到输出. 候选框的回归和目标分类利用 MobileNet 最后两个卷积层的输出以及新添加的四个卷积层实现,最后利用非极大抑制输出最终预测框[10-11]. 图 3 所示为 MobileNet-SSD 结构.

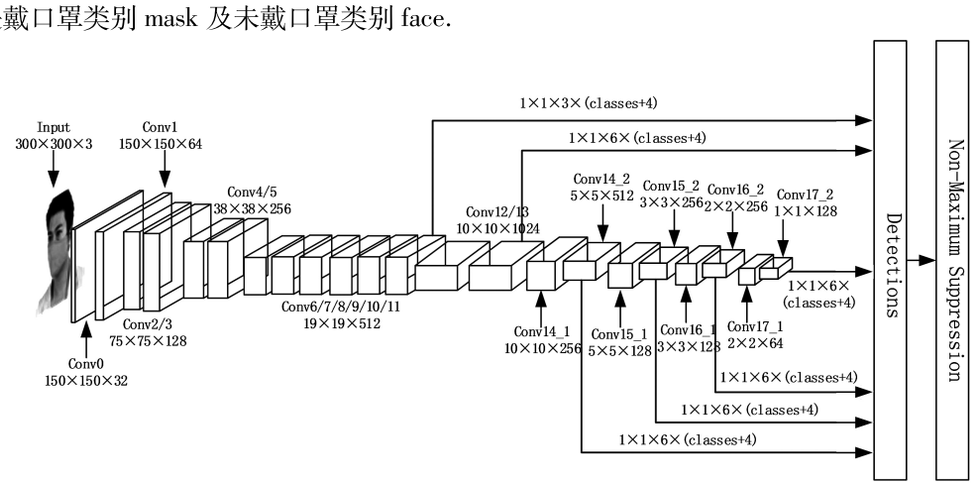

图 3　MobileNet-SSD 网络结构

4　系统测试及结果分析

本文系统应用 SSD 目标检测算法判断顾客是否佩戴口罩,训练过程中在手动标注的训练集与验证集共 1 551 张图片检测两类分别是戴口罩与不戴口罩的模型 mAP 值达到 97. 21% ,可以看出模型检测效果十分优秀,可以应用到本系统对客户端传送给服务端的图片进行是否佩戴口罩的检测.

5 结论

本文应用客户端树莓派与服务端计算机运用软硬件交互的方法实现了口罩检测并模拟自动门功能.应用超声波传感器实现了检测阈值范围内出现的人,运用 SSD 目标检测算法得到了一个很好的检测效果,系统基本实现了实时监测顾客是否佩戴口罩并通过舵机模拟门的开关功能.

参考文献:

[1]NADAFA R A , HATTUREA S M , BONALA V M , et al. Home security against human intrusion using raspberry Pi[J]. Procedia Computer ence, 2020, 167:1811-1820.

[2]JOZEF HRBČEK, EMÍLIA BUBENÍKOVÁ. Embedded image processing on raspberry Pi connected to the industrial control system[J]. Multidisciplinary Aspects of Production Engineering,2019,2(1):62-71.

[3]JAEPUNG AN,SANGHUN PARK,INSUNG IHM. Construction of a flexible and scalable 4D light field camera array using raspberry Pi clusters[J]. Springer Berlin Heidelberg,2019,35(10) :1475-1488.

[4]BHARTIYA C , ASHISH P . Image processing based rose harvesting system using raspberry Pi[J]. International Journal of Engineering & Technical Research, 2015 (4) :1049-1052.

[5]SHEN MINGQI,WANG YUYING,JIANG YANDAN, et al. A new positioning method based on multiple ultrasonic sensors for autonomous mobile robot[J]. Sensors, 2019,20(1):17.

[6]邓文涛,田昌,赵娟.基于 AT89C52 的智能避障小车设计[J].科技创新导报,2019,16(30):50,52.

[7]罗莎莎. 基于 MobileNet-SSD 模型的道路目标识别研究及其安卓应用开发[D].广州:华南理工大学,2019.

[8]WANG Y Y,WANG C,ZHANG H. Combining a single shot multibox detector with transfer learning for ship detection using sentinel-1 SAR images[J]. Remote Sensing Letters,2018,9(8):780-788.

[9]HOWARD A G, ZHU M, CHEN B, et al. MobileNets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications[J]. Computer Science,2017(2):1-9.

[10]HU XUN,LI HONG,LI XINRONG, et al. MobileNet-SSD microscope using adaptive error correction algorithm: real-time detection of license plates on mobile devices[J]. IET Intelligent Transport Systems, 2020 (2) :1-9.

[11]任锴,陈俊,叶宇煌,等.基于 SSD-MobileNet 的火情检测预警系统[J].电气开关,2020(1):34-38.

Automatic Mask Detection Device based on Raspberry Pie

ZHANG Liyan, ZHAO Yixuan, LI Lin

(School of Computer and Communication Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

Abstract: Raspberry Pi is used to design an automatic door simulation device that can automatically identify whether customers wear masks. When the ultrasonic sensor detects someone passing by, it calls the Raspberry Pi camera to take a picture, the picture is transmitted from the client to the server computer, and the Raspberry Pi LED flashes for 1 second as a reminder. The SSD target detection algorithm is use to detect whether the face is wearing a mask. Finally, the server will feedback the detection result to the client. If someone is detected without wearing a mask, the servo does not rotate, indicating that the automatic door is always closed. After testing, the mAP value of the SSD model reaches 97.21%, and the device can achieve a better detection effect.

Keywords: raspberry Pi; client; server; SSD model; mAP