



汽车停车防乘客驻留系统的设计与实现

戚金凤, 罗国荣

(广州科技职业技术大学 汽车工程学院, 广东 广州 510550)

摘要: 为防止儿童在停车后被锁在车内导致死亡的汽车安全事故, 研究并设计了一种汽车停车防乘客驻留的智能系统, 通过检测汽车 P 挡停车信号和车门上锁信号判断驾驶员停车离开的场景, 接着检测车厢内是否有乘客驻留, 若检测到有乘客驻留则发送信息给驾驶员, 同时控制汽车车窗下降、汽车危险报警灯闪烁等操作达到防止儿童被锁在车内造成死亡安全事故的目的, 应用热释电红外传感器与基于摄像头的卷积神经网络图像识别技术检测汽车车厢内是否存在乘客, 通过嵌入式控制系统车窗下降和危险报警灯闪烁, 同时通过 4G 及 WIFI 网络及时将车厢内的图像传送至驾驶员手机, 以 C 语言及 JAVA 语言在 Linux 系统中编写了驱动程序、车载上层应用程序和手机客户端应用程序, 并完成了实际的调试。结果表明, 所设计的智能系统能有效防止乘客驻留, 而且效果良好, 可移植性强。

关键词: 人工智能; 卷积神经网络; 汽车安全; 嵌入式系统; 汽车防乘客驻留; 图像识别

中图分类号: U463.676

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2020) 06-0104-09

一、背景分析

汽车安全技术是汽车发展的一个关键技术问题, 汽车停车后存在诸多的安全隐患, 驾驶员由于疏忽而将儿童锁在车中导致儿童窒息死亡的事故频发, 为此需要构建一个汽车停车后防止乘客驻留的智能系统, 监测汽车室内情况, 控制车内设备通风降温, 及时传送信息给驾驶员, 对于防止儿童被锁车内造成的死亡事故具有重要作用与现实意义。王艳丽等为实现在拥挤环境的公交车乘客的检测统计, 首先通过基于帧间差分区域检测确定感兴趣区域, 提出了一种基于特征和乘客头部检测方法, 上下车乘客的信息能够有效地被检测出来^[1]。李晓松等构建 yolo 卷积神经网络模型将安装在车门正上方的摄像

头拍摄的图像进行训练, 把图像中乘客的肩部和头部区域作为检测目标, 能有效检测公交车乘客^[2]。郝晓莉等提出了一种 Fuzzy ART 网络神经分类器对汽车内乘客脸部区域进行识别检测, 实现对运动车辆中乘客数量的检测^[3]。上述文献都能通过图像识别技术检测汽车内乘客, 但也存在错检漏检的情况。本研究采用热释电红外传感器与基于摄像头的卷积神经网络图像识别技术相结合的方式检测汽车车厢内是否存在乘客, 通过嵌入式控制系统的算法运算决策, 控制汽车车窗下降和危险报警灯闪烁, 达到汽车车厢通风降温和警示路人的目的, 同时通过 4G 及 WIFI 网络及时将车厢内的图像传送至驾驶员手机, 以 C 语言、JAVA 语言在 Linux 系统中编写了驱动程序、车载上层应用程序和手机客户端应用程序, 并完

投稿日期: 2020-08-05

基金项目: 2018 年广东省普通高校青年创新人才自然科学类项目“停车防人员遗留车内智能监测报警系统研究”(项目编号: 2018GkQNCX135)。

作者简介: 戚金凤(1985-), 女, 广东廉江人, 广州科技职业技术大学汽车工程学院副教授, 研究方向: 汽车电子; 罗国荣(1981-), 男, 广东茂名, 广州科技职业技术大学汽车工程学院高级工程师, 研究方向: 人工智能。

成了实际的调试,结果表明,所设计的智能系统能有效防止乘客驻留,而且效果良好,可移植性强。

二、系统整体架构设计

系统架构分车机系统和手机客户端二部分,其中车机系统采用以 ARM Cortex-A9 四核 iMAX 处理器为核心组成的嵌入式控制系统,如图 1 所示。车门上锁及 P 挡探测模块主要是通过检测 P 挡驻车信号电压和汽车车门上锁信号电压来判断驾驶员停车离开的场景;热释电红外传感器探测模块及 USB 摄像头采集模块主要是监测汽车车厢内的环境,识别车厢内是否存在乘客滞留的情况;车内温度采集模块是对汽车车厢内温度进行采集记录;语音模块检测到有人驻留在汽车车厢内即发出语音报警声,由麦克风及其放大电路、数字功放和驱动软件组成;GPS 卫星定位模块主要是定位汽车位置,由 GPS 接收机天线系统、GPS 接收器主机控制系统和电源供电系统构成,与相应的驱动软件构成 GPS 卫星定位模块组成;电源模块为整个系统提供稳定的低压电

源,电源取自 12V 的汽车蓄电池,经变压器、降压控制电路,供给整个系统用电;车窗下降驱动模块与 4G 无线通信模块能够当检测到乘客驻留在车内后,驱动电动车窗电动机下降一定距离,使车内空气流通以防止车内人员因闷热窒息而死亡;同时向车主的 android 手机发送危险信息,并把车内的相关情况汇报给车主,通知车主作紧急处理;LCD 显示模块能够将车内的温度、汽车室内人体识别的数据采集情况、车内照片等信息显示出来;存储模块能够存储车内照片、数据等,由 SD 卡及控制电路组成;转向灯闪烁报警模块能够检测到有人驻留在汽车车内后控制转向灯报警,引起车外的人注意,模块由继电器、转向灯控制电路组成。

三、系统硬件设计

(一)热释电红外人体探测电路

该电路是以 BISS0001 红外专用芯片、热释电红外线传感器 pirsensor 和三极管 TB 为核心组成的传感运算放大器控制电路。如图 2 所示,热释电红外线

戚金凤,罗国荣:汽车停车防乘客驻留系统的设计与实现

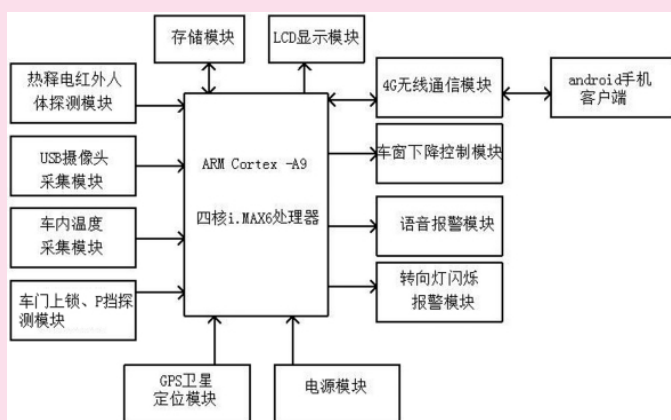


图 1 汽车停车防乘客驻留系统架构

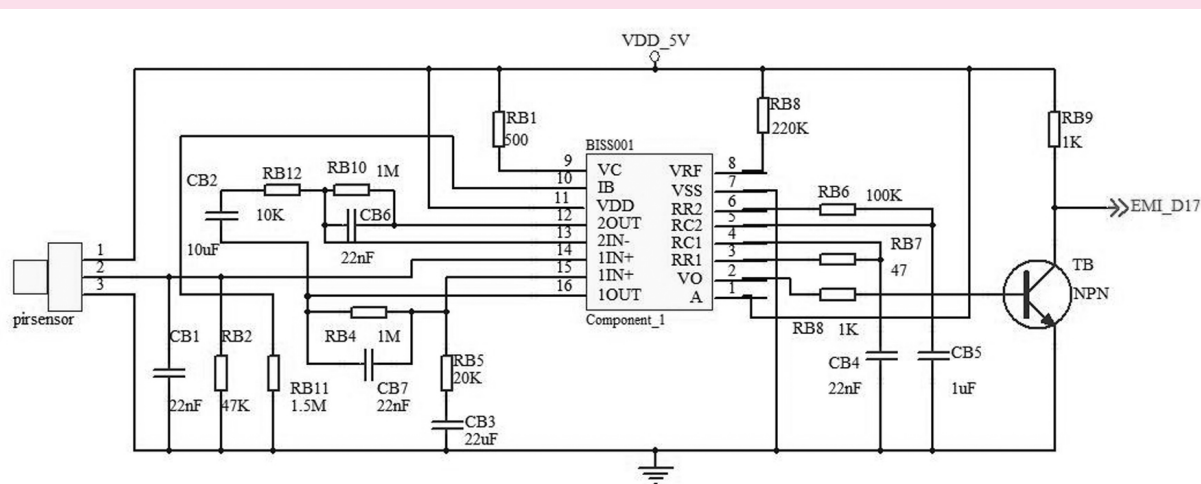


图 2 热释电红外人体探测电路

(五)车窗下降电路

该电路是以 PM1 光电耦合器、K1 继电器和 QM1 三极管为核心部件组成的继电器驱动电路,如图 4 所示,为汽车左前门车窗控制电路,继电器开关与汽车左前门车窗控制开关 a1、b1 引脚并联,微处理器通过 CSPI1_MOSI 引脚输出控制信号经光电耦合器进行电气隔离后,控制三极管的导通或截止,从而控制继电器开关通断,间接控制车窗下降。同理,其余三个车窗控制电路及转向灯闪烁报警电路与此相同,不再赘述。

(六)GPS 卫星定位电路

GPS 卫星定位电路是以恩智浦半导体公司 GNS7560 芯片为主组成的射频接收电路,该芯片具有捕获和跟踪灵敏度高,时间快,准确性强,功耗最低的优点,RF 射频前端天线将接收的 GPS 信号送入 GNS7560 芯片,经过芯片内部 CMOS RF 前端射频放大器进行信号放大及处理输出符合基带处理要求的中频信号,通过芯片的引脚送至 iMX6Q 微处理器。

(七)4G 无线通信电路

4G 无线通信电路是以 EC20 芯片为核心部件组成的收发电路,该芯片的最大上行传输速率为 50Mbps,最大下行传输速率为 100Mbps。由电源管理集成电路 (PMIC)、基带 (Baseband)、射频电路 (Transceiver)、DDR+NAND 存储器、外围接口电路组成。外围接口电路主要是传输数据的各种工业标准接口电路,与处理器外围接口引脚进行连接。

(八)iMX6Q 微处理器电路

iMX6Q 微处理器是主频为 1.4GHz、四核的 ARM Cortex-A9 处理器,具有 1MB 的 L2 缓存和 32KB 的指令数据缓存,具有 GPU2D/3D 等强大的多媒体图形加速功能,支持 DDR 及 NAND 内存,拥有 4 个 USB2.0、1Gbps 的以太网、5 个 SPI、5 个 UART、3 个 SD 的数据连接接口此外还有电源管理和数据加密的功能。iMX6Q 微处理器电路的设计包括晶体振荡电路、电源电压控制电路、系统引导电路、内存电路、与上述传感控制电路的连接接口电路等。由于篇幅的限制,此处给 iMX6Q 微处理器内部资源、车机系统主板、摄像头电路、热释红外线传感器电路、P 挡信号检测及转向灯控制电路设计实物图,如图 5 所示。

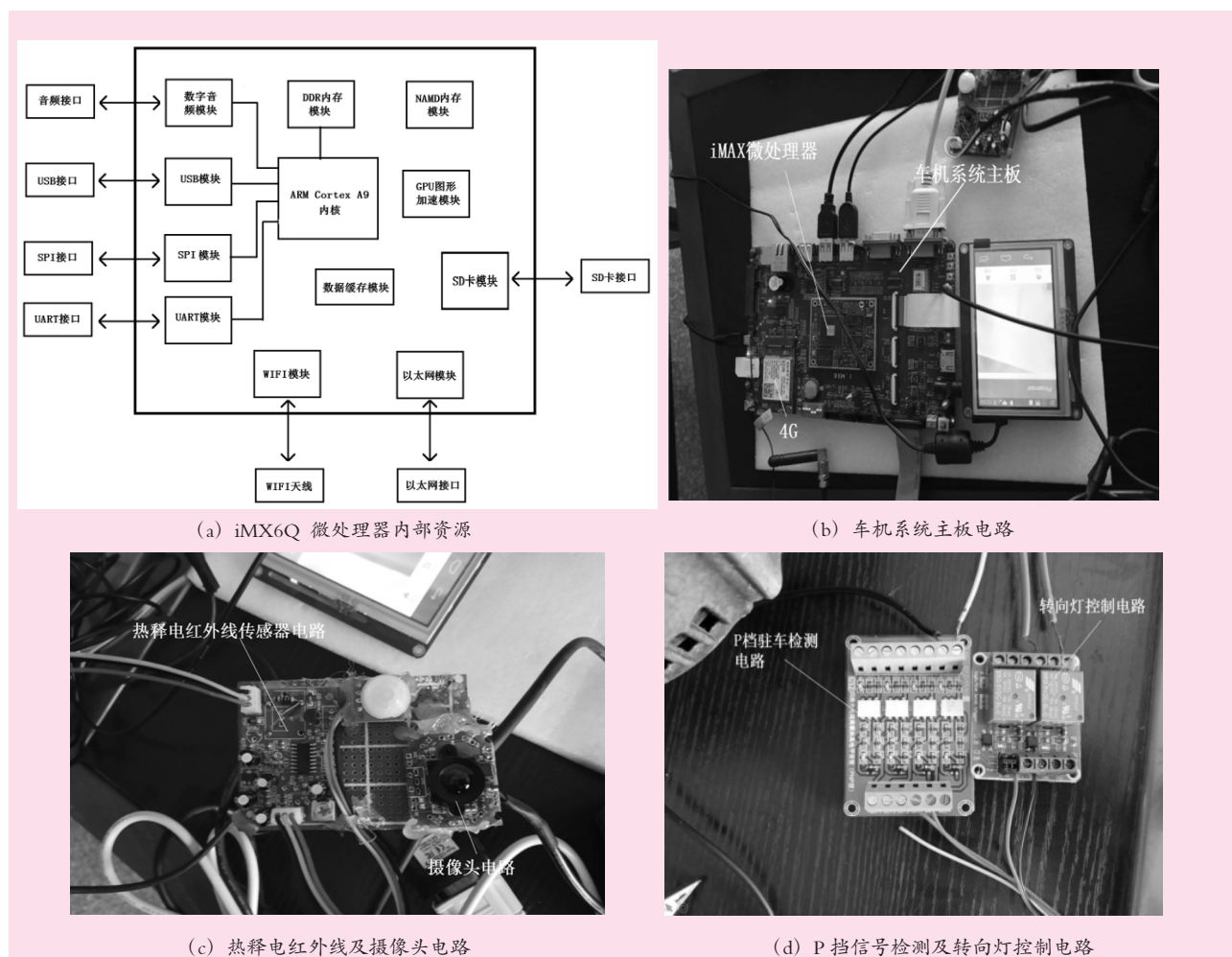


图 5 iMX6Q 微处理器及相关传感控制电路

四、系统软件设计

系统软件设计分车机系统软件和手机客户端软件,都是基于 android 操作系统开发,系统软件的架构如图 6 所示,可以看出,应用层中的汽车停车防乘客驻留系统应用程序需要感知或控制硬件层的各个电路,必须间接通过 android 操作系统和各电路的驱动程序才能实现,android 操作系统可通过开源网站获得,应用交叉编译技术可将操作系统注入车机系统开发板,但 android 操作系统不支持本项目中各硬件电路,需要设计开发各硬件电路的驱动程序及应用层软件程序。

(一)车机系统的驱动程序设计

1.字符设备驱动程序

热释电红外人体探测电路、车门上锁和 P 挡探测电路输出的是高低电平的数字信号,因此编写字符设备类型的驱动程序,主要是实现基于 Linux 系统的 cdev 字符设备结构体中的 file_Operations 操作结构体,包括打开、读、写、输入输出控制、初始化及关闭等函数的实现,其中输入输出控制为关键函数,

其逻辑算法主要是判断各电路的输入引脚的高低电平,若是高电平则应用变量保存结果,并以 PIRSENFOR 的驱动文件名保存,利用交叉编译工具将驱动文件添加至 Linux 内核中,如图 7 所示。

2.基于 USB 摄像头的图像识别

android 系统的 Linux 内核已内置了 USB 摄像头的驱动程序,因此只需将摄像头拍摄的照片进行图像的智能识别以区分车内是否有乘客驻留,本文在 resnet18 卷积神经网络模型^[6]的基础上设计图像识别模型,该模型共 71 层,其中初始卷积层还包含了 1 个批量归一化层,1 个 ReLu 层,1 个最大池化层,残差块 1、2、4、6 和 8 还包含了 2 个批量归一化层,2 个 ReLu 层和 1 个加法层,残差块 3、5、7 还包含了 3 个批量归一化层,2 个 ReLu 层和 1 个加法层。其网络模型结构如表 1 所示。该模型通过一定数量的汽车车内图像数据集进行训练,即可得到一个区分车内有无乘客驻留的图像识别神经网络模型。

(二)应用层的程序设计

应用层的程序设计包括车机系统和手机客户端

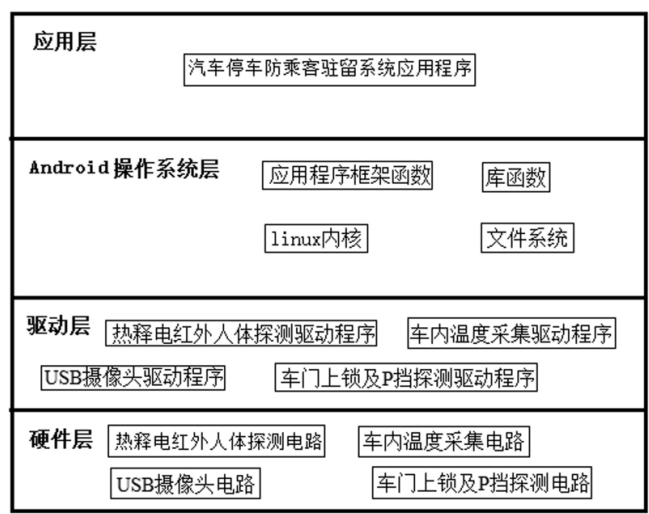


图 6 系统软件架构

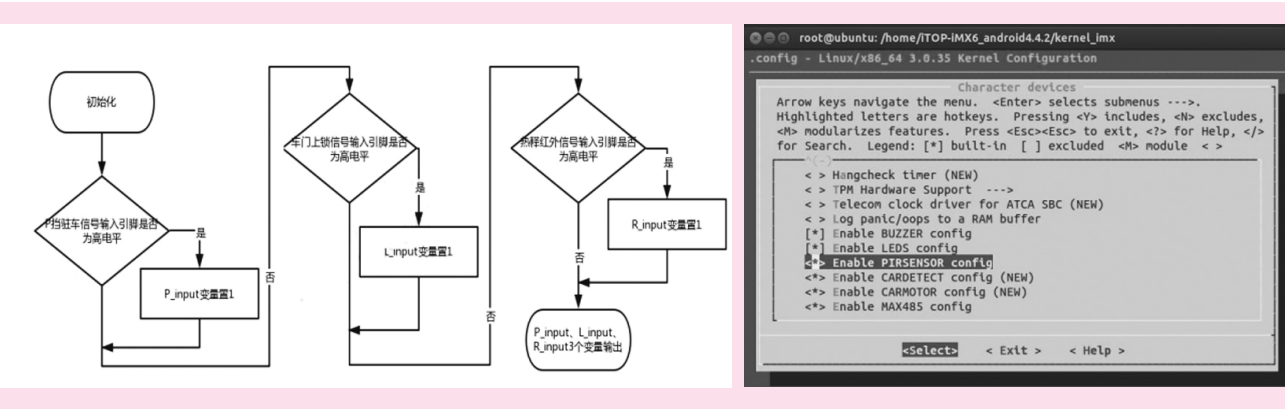


图 7 输入输出控制算法及其文件

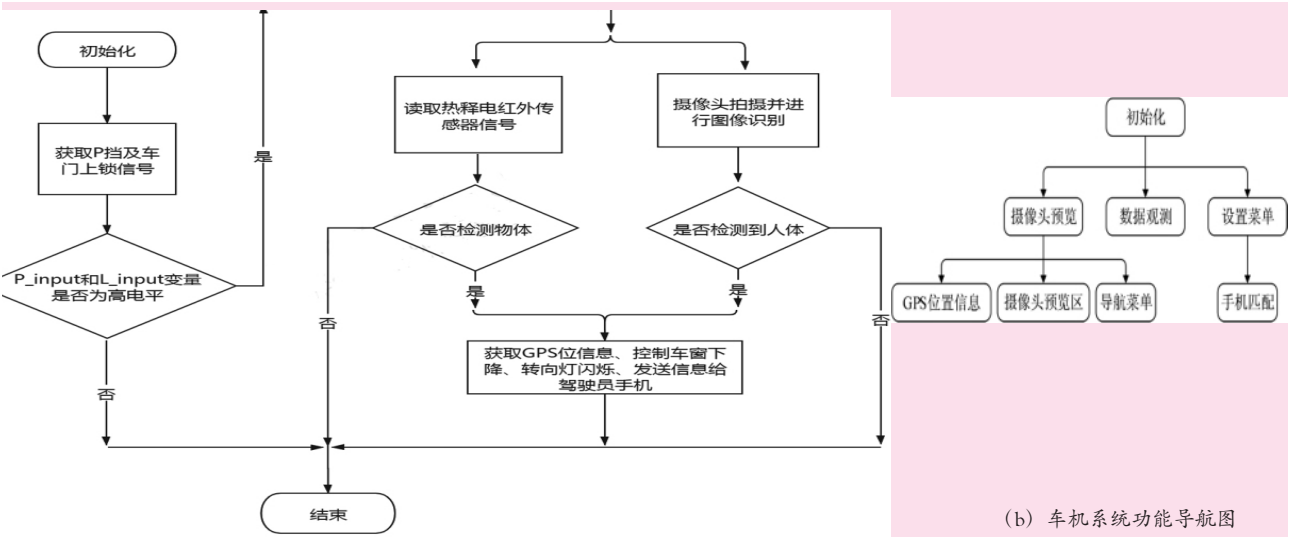
的应用程序设计, 每隔 1 分钟读取 P 挡和车门上锁的信号状态, 若两者都满足条件即可判断驾驶员长

表 1 RESNET18 网络模型

名称	输出大小 (长×宽)	卷积层数	图像或卷积核大小 (长×宽×通道)
输入层	224×224	无	无
初始卷积层	112×112	1	7×7×64
残差块 1	56×56	2	3×3×64
残差块 2	56×56	2	3×3×64
残差块 3	28×28	3	3×3×128
残差块 4	28×28	2	3×3×128
残差块 5	14×14	3	3×3×256
残差块 6	14×14	2	3×3×256
残差块 7	7×7	3	3×3×256
残差块 8	7×7	2	3×3×256
全局平均池化层	1×1	无	无
全连接层	1×1	无	无
Softmax 层	1×1	无	无
分类输出层		无	无

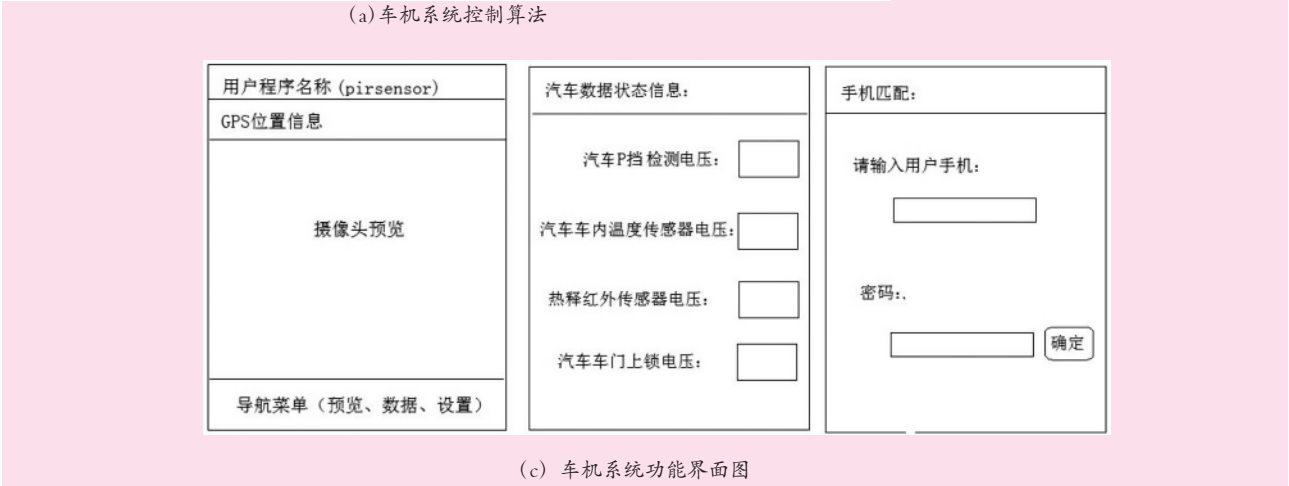
时间离开车辆, 接着读取热释红外线传感电路的信号状态, 调用摄像头连拍 5 张照片并应用图像分类识别神经网络模型进行识别, 只要热释红外线传感电路识别到物体或图像识别模型识别到人类, 即控制汽车车窗下降、转向灯闪烁, 同时获取 GPS 位置信息并将该信息与 5 张照片通过 4G 网络传送到驾驶员手机中。车机系统应用程序功能导航图包含摄像头预览区、数据观测区、设置菜单区。摄像头预览区包含汽车当前的 GPS 位置信息、摄像头的工作状态、导航菜单切换区。数据观测菜单, 显示汽车 P 挡电压、汽车车内温度传感器电压、热释红外传感器电压和车门上锁电压的状态; 设置菜单, 主要功能是设置与用户手机的匹配, 可输入手机号码和密码, 即可向车主的手机发送相关信息。车机系统应用程序算法及功能导航如图 8 所示。

手机客户端应用程序也基于 android 操作系统开发, 接收车机系统发送过来的信息并显示出来, 由网络下载、图片显示和高德地图显示三部分组成, 如图 9 所示, 手机上电后便一直在后台运行, 若接收到车机系统数据, 即通过铃声提醒用户切换到该应用



(a) 车机系统控制算法

(b) 车机系统功能导航图



(c) 车机系统功能界面图

图 8 车机系统应用程序算法及功能导航

程序来查看情况。该应用程序功能界面如图 10 所示,包含用户程序名称、图片显示区、图片画廊预览区、导航菜单切换区。其中图片画廊预览区应用缩略图的方式显示车机传系统发送过来的 5 张照片,位置菜单显示汽车和用户在地图中所在的位置;设置菜单,主要功能是设置与主控机的匹配、铃声等。

五、实验及调试

(一)图像识别神经网络模型训练

图像识别神经网络模型试验是在 Matlab2019b 及其 Deep Learning Tool 工具箱软件环境下完成的。硬件环境中 CPU 采用英特尔 Celeron 双核 T3500,主频 2.1GHz;GPU 采用英特尔 GS50 graphics controler,1GB 显存,内存 8GB。

图像数据采集是通过摄像头拍照及网络搜集的方式获得,分别采集了车厢载人和车厢无人的试验

图像试验样本共计 750 幅,为了避免训练过程中因图像过少产生过拟合的现象,将原始图分别进行旋转变换和翻转变换,将图像扩充至 3750 幅,并随机选择 70%用于训练,30%用来测试。最后将图像缩放至 298×224 像素。

分别在 adam、rmsprop 和 sgdm3 种优化算法,0.001 和 0.01 2 种学习速率的条件下,组合 6 种训练方式训练,训练结果如表 2 所示。由表 2 可知,在学习速率为 0.01 的情况下,虽然训练时间有所缩短,但验证测试损失度较高,造成图像识别的准确度较低,而在学习速率为 0.001 的情况下,3 种优化算法的验证测试准确率显著提高,其中 sgdm 验证测试准确率最高,结果表明,优化算法及学习速率对模型的影响非常大,降低训练学习速率和选择合适的优化算法可以显著提升模型识别图像的准确度。如图 11 所示。

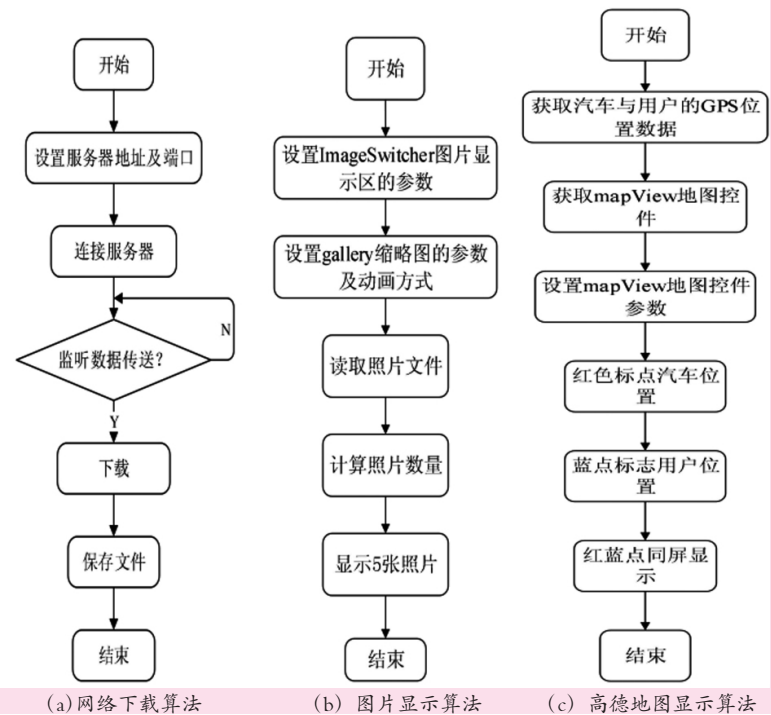


图 9 手机客户端应用程序算法

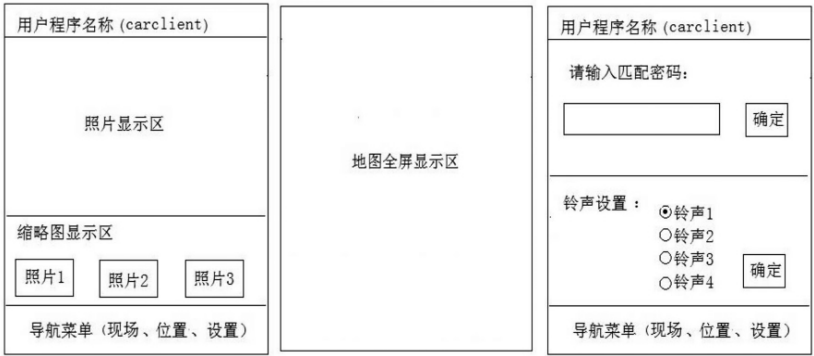


图 10 手机客户端应用程序功能导航

(二)系统整体试验

系统的整体试验是在吉利远景 SUV X6 车型上

对车机系统及手机用户程序进行功能测试。

车载系统功能测试主要对该系统的各个模块进

表 2 6 种测试结果

优化算法训练方式	训练耗时(hh:mm:ss)	小批量训练准确度度(%)	验证测试准确度度(%)	小批量训练损失度(%)	验证测试损失度(%)	学习率
Rmsprop 优化算法	07:49:41	50.00	80.51	0.917300000	0.4627000	0.01
	07:23:40	100.00	96.36	0.017100000	0.1267000	0.001
adam 优化算法	07:15:58	83.33	82.53	0.678500000	0.5356000	0.01
	08:12:16	100.00	97.27	0.008200000	0.1059000	0.001
sgdm 优化算法	08:02:30	100.00	92.83	0.076500000	0.2391000	0.01
	08:09:18	100.00	98.89	0.000033976	0.0246000	0.001

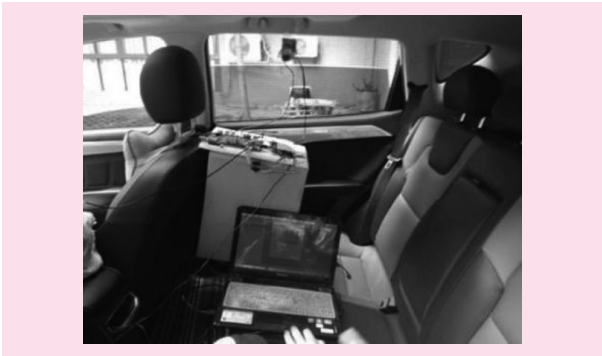


图 11 整车试验

行功能验证,从图 12(a)可以看出,P 挡驻车信号、温度、车门上锁等信号运行正常,摄像头能清晰地对车

厢后座空间进行拍照,车窗电机控制信号能有效控制车窗下降,并能将照片和 GPS 定位参数通过网络上传到服务器。

同样地,手机客户端用户程序功能测试对该用户程序的各个模块进行功能验证,从图 12(b)可以看出,程序能建立服务器连接,能够正确下载并保存文件,图片显示区能将下载的照片显示出来,能把汽车的 GPS 位置和用户的 GPS 位置以 2D 的形式在高德地图上显示出来,同时也可以设置不同的铃声。

综上所述,本系统的整体试验结果显示车载系统及手机客户端中的各模块功能符合期望结果。

六、结语



(a)车机系统功能试验结果



(b)手机客户端功能试验结果

图 12 系统整体试验结果

戚金凤,罗国荣:汽车停车防乘客驻留系统的设计与实现

为防止驾驶员由于疏忽而将儿童锁在车中导致儿童窒息死亡这一事故的发生, 本文构建一个汽车停车防止乘客滞留的智能系统, 通过硬件及软件的设计和实现, 能有效地监测到汽车停车后车厢内是否存在乘客滞留, 能控制汽车车窗下降通风降温, 并能及时传送信息给驾驶员, 有效地防止了乘客驻留在车内这一现象的发生。

参考文献:

- [1] 王艳丽. 基于视频图像的公交车乘客检测方法研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [2] 李晓松. 面向公交乘客检测的卷积网络模型优化[D]. 哈尔

滨: 哈尔滨工程大学, 2018.

- [3] 郝晓莉, 陈后金, 蔡伯根等. 基于脸部检测和 Fuzzy ART 的乘客检测算法[J]. 北京交通大学学报, 2007, (5): 19-22.
- [4] 牛金星, 周仁魁, 刘朝晖, 等. 红外探测系统自身热辐射杂散光的分析[J]. 光学学报, 2010, (8): 2267-2271.
- [5] 施隆照, 杨小玲, 伍水顺. NTC-热敏电阻串? 并联温度补偿电路设计[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2003, (4): 417-420.
- [6] 徐艺文, 王芝燕, 李立春, 等. 基于卷积神经网络的水表故障检测算法[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2020, (3): 314-317.

[责任编辑: 刘 聘]

Design and Implementation of Vehicle Parking Prevention and Passenger Residence System

QI Jin-feng, LUO Guo-rong

(School of Automotive Engineering, Guangzhou University of Science and Technology, Guangzhou 510550, China)

Abstract: For the purpose of preventing car safety accidents in which children are locked in the car after parking, a kind of intelligent system of car parking and preventing passengers from staying is studied and designed. The scene of driver stopping and leaving is judged by detecting car P stop signal and door lock signal, using pyroelectric infrared sensor and camera-based convolutional neural network image recognition technology to detect the presence of passengers in the car box, through the embedded control system window drop and danger alarm lights flashing, and through the 4 G and WIFI network timely transmission of the image in the car box to the driver's mobile phone, in the Linux system with C and the language of the driver, the upper application of the vehicle and mobile phone client applications, and completed the actual debugging, the results show that the designed smart system can effectively prevent passengers from staying, and the effect is good, Strong portability.

Keywords: artificial intelligence; convolutional neural network; car security; embedded system; car anti-passenger presence; image recognition