

基于单片机的智能防盗报警系统设计

田德恒¹
TIAN Deheng

摘要

为实现防盗报警系统的智能化,提高安防系统的实用性和用户的实用感受,基于不同防盗需求,设计基于单片机的智能防盗报警系统,在门禁模块引入优化后的人脸识别系统,为后续的扩展和拆分预留结构。经过软硬件的设计并测试后,所设计的系统能正常运行,发挥各项功能,有效提升了门禁模块的人脸识别速率与准确率,较好实现了防盗报警系统的智能化改进。

关键词

单片机;微处理器;智能防盗报警;系统设计;人脸识别;门禁模块

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2024.09.050

0 引言

随着智能技术的不断成熟与发展,各种智能化程度的应用不断推进,并成为当今社会发展的必然趋势。传统防盗报警系统已无法满足现代化家居生活及生产的需求,且仅能在一个住宅单元内使用,无法实现相关部门的并网监管^[1],同时还存在系统硬件设备延展性不足、线路安装复杂、信息整合难度高等问题,且功能相对单一。为解决上述问题,智能防盗报警系统应运而生。智能防盗报警系统应能实现如下功能。

(1) 根据房间类型不同需求,确定合适的传感器。

(2) 根据房间类型的差异,能实现对信息数据的整合,以此为基础对报警系统硬件结构进行调整与优化,实现个性化的拓展。

(3) 对门禁模块使用的识别技术与算法进行优化改进,最终能做到及时将检测的异常环境信息通过各种途径进行智能化报警。

同时,智能防盗报警系统还应做到具有较好的隐蔽性^[2],在软件与硬件设计中应利于后续的扩展与改进,并以用户利益为出发点,具有性能好、使用寿命长等基本特点。

1 基于单片机的智能防盗报警系统硬件设计

设计方案由硬件和软件两个基本组成部分,以单片机作为整个应用系统的控制核心,并根据单片机的应用特点对硬件和软件进行如下框架设计。

1.1 硬件框架设计

传统防盗报警系统以单片机为终端,引入模块化设计理

念,采用常见的热释红外报警器收集包括入侵人员等在内的环境异常信息,并及时向作为中央控制器的单片机传递相关信息,实现由单片机控制的声光报警和报警短信的发送。其硬件逻辑架构如图1所示。

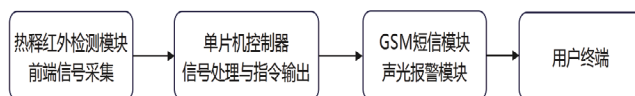


图1 基于单片机的防盗报警系统硬件架构逻辑图

随着各种智能设备应用的不断推广,智能防盗系统的需求呈现出多元化、个性化等特点^[3],对其硬件的选用提出更高要求。同时,不同环境的异常存在显著差异,需要防盗系统在后续能实现实时扩展,因此引入ARM A9微处理器作为中央处理器,负责对异常环境信息进行实时处理与分析,并及时发送各项防盗指令。

智能防盗报警系统中,将传统防盗系统置于门禁模块,能动态检测到包括门口环境的红外扫描、密码锁状态、人脸识别功能以及监控视频等多维信息,基于Wi-Fi实现信息的及时传输。数据分析与处理由传统的单片机转变为ARM A9微处理器,在信号传输至微处理器之前需要经过Zigbee系统的实时数据的整合与初步处理,然后再将整合与初步处理滞后的数据传输至微处理器,实现微处理器对全过程、全方位、全智能的动态监管^[4]。ARMA9发出的指令经由Zigbee系统发出,对出现的异常情况进行初步控制,极大程度上降低盗窃风险。采用5G通信器实现对异常情况的远程报警,使终端用户通过Zigbee协调器利用互联网获取环境状况和报警信息,改进后的系统硬件结构框图如图2所示。

1. 莱芜职业技术学院 山东济南 271199

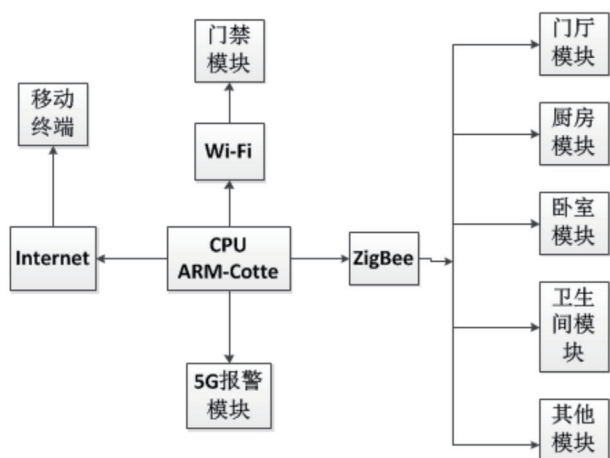


图2 系统硬件设计框架结构图

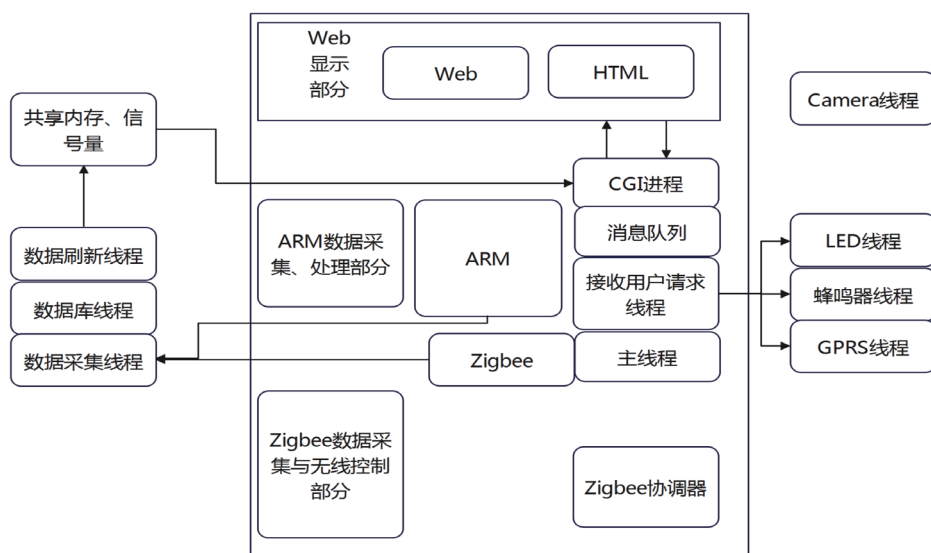


图3 系统软件设计框架结构图

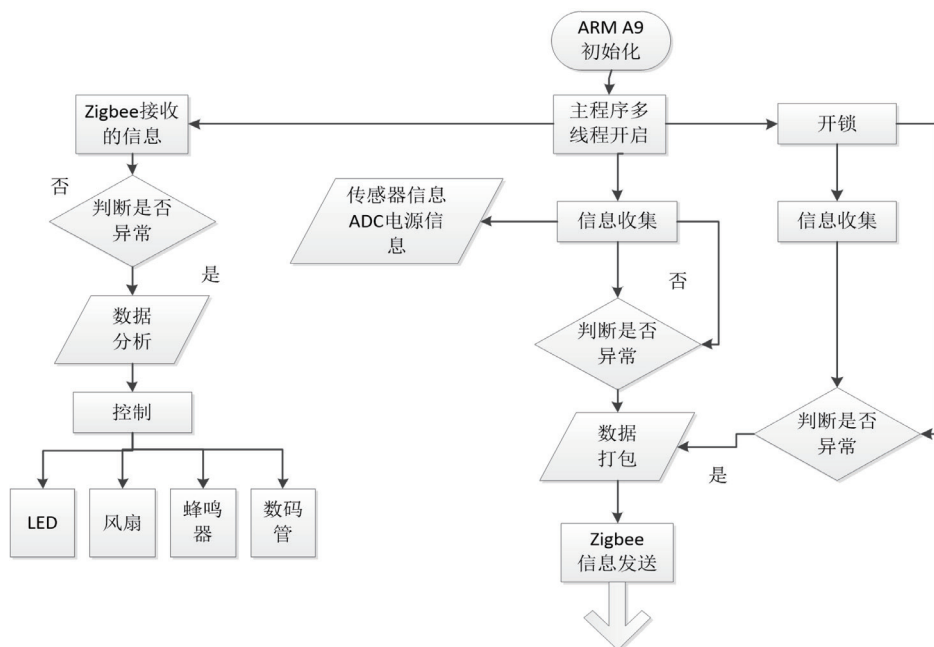


图4 系统主程序逻辑图

需要注意的是为实现多个传感器的协同工作，需要在每一个具体的功能模块，包括门厅模块、厨房模块、卧室模块、卫生间模块和其他模块等，设置 Zigbee 终端节点，利用终端节点对传感器定时采集的数据和信息进行融合。同时环境等相关信息通过 Wi-Fi 发送至 CPU，并由 CPU 对其进行数据处理后对是否出现异常情况进行判断和甄别，若出现异常情况，则需下达相应的报警指令。

另可通过增加路由器等途径实现节点的网络重构，将路由器作为中间件实现由上到下的即时通信，最终实现对多个功能分区的实时环境监测。

1.2 系统软件框架设计

基于硬件设计框架，将系统软件查询进行如下分区设置：Web 页面实现对环境信息的实时查询，将各个模块采集到的实时环境信息通过 Wi-Fi 传输至 Web 页面，终端用户可以通过 5G 移动终端设备访问 Web 页面，对现场各种信息及时实时了解与掌握，在主系统设计时应以高运行速度和能耗低为基本原则对软件框架进行搭建，结框架结构如图 3 所示。

需要注意的是，由于移动终端网络的不稳定性和不确定性，可能会引致信息轰炸等问题^[5]。为改善这一问题，可利用消息队列途径，预先对 ARMA9 微处理器发送的指令进行智能化排序，在移动终端网络无法满足接收所有数据信息情况下，按照预先设置的顺序对需接受信息进行顺序发送。同时，还能只保留一定时间区域内的指令，删除重复的指令。

2 系统程序设计

2.1 主程序设计

依据改进后的智能防盗系统硬件与软件整体设计框架，基于各个职能模块的功能需求，结合智能防盗报警主需求，设计如图 4 所示的主程序流程图。可以看出，整个系统中，需要在门禁模块、ARMA9

微处理和 Zigbee 系统中实现对分类判断器的设定, 门禁模块的主要职能是实现高准确率、高速率的人脸识别^[6], 并负责对人脸识别异常信息和正常信息进行及时显示与传递; Zigbee 系统则主要完成向 ARMA9 微处理器发送检测到的异常环境信息, 并通过对微处理器指令的执行实现对报警器和电器的控制。

2.2 门禁模块程序设计

门禁模块采用基于单片机的微处理系统。微处理系统的职责之一是通过主程序实现对所有模块的初始化设置, 然后利用人脸识别对环境信号进行采集^[7], 判断是否出现异常。当检测到异常情况时, 会将采集的数据传输至单片机, 进而使 ARMA9 发出指令, 进行声光报警, 同时驱动 5G 报警模块向移动终端用户发送报警短信, 用户能在分区查询功能对门禁系统出现的异常情况进行实时与动态监控。其程序流程如图 5 所示。

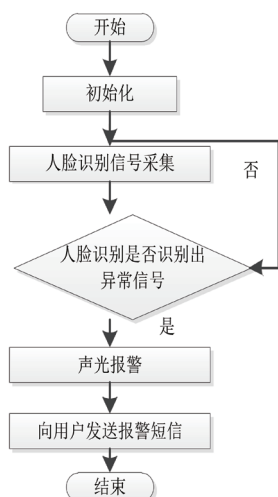


图 5 门禁模块程序流程

2.3 GSM 短信子程序设计

门禁模块中可利用单片机通过指令集控制 5G 报警模块向终端用户发送报警短信, 其短信格式和短信内容可利用 5G 报警模块进行设置, 图 6 为短信子程序流程。本次设计中主要包括短信配置信息、延时程序和节点协调。短信配置信息包括目标收集号码设置和将异常信息转化为短信等; 延时程序的主要职责是通过对报警信息的优化与排序, 降低发生“短信轰炸”的概率^[8], 最大程度提高资源配置与使用效率, 提升硬件使用寿命; 节点协调主要用于处理来自传感器节点的报警信息。

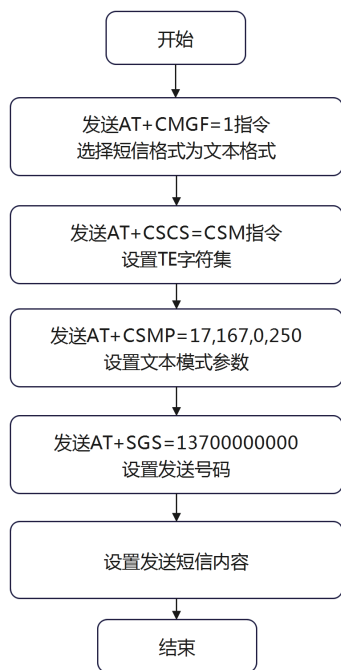


图 6 GSM 短信子程序流程图

2.4 门禁模块人脸识别与设计

结合前文设计的系统整体硬件与软件设计, 对

门禁模块中包括人脸识别与设计等在内的关键技术环节进行如下设计。

第一步: 人脸检测采取基于 Adaboost 级联多层分类器的算法实现。在基于 Adaboost 级联多层分类器算法下, 强、弱学习分类器的职能是不同的, 其中弱学习分类器的主要职能是通过对图像特征的对比与分析^[9], 对识别出的人脸图片与预先设置的图片库进行比对进而得出判断, 同时利用权重的设定对模块实现迭代与更新。弱学习分类器通过不断更新即可得到强学习分类器。强学习分类器的使用能极大程度提高人脸检测与识别的运行效率和准确率。但不可忽视的是, 在实际应用过程中, 单一强学习分类器的功能比较单一, 无法满足实际需求, 因此引入级联多层分类器结构, 利用多个强学习分类器的联合检测提升检测效率和准确率, 具体结构如图 7 所示。

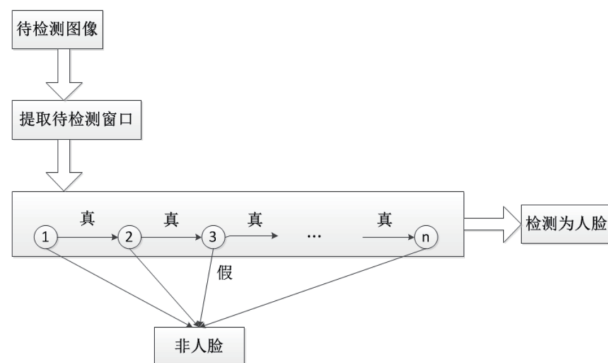


图 7 级联多层分类器结构

第二步: 采用 Adaboost 算法实现人脸特征提取。人脸特征提取的主要目的是通过对特征点和形状约束, 将提取到的人脸特征与预先设定的人脸特征进行比对, 构建出人脸特征比。在此过程中, 一般将包括眼睛、鼻子和嘴巴等在内的、具有显著特征点的关键特征进行高精度的提取。构建回归树对其关键节点进行残差控制, 以实现回归目标是 Adaboost 算法的实质, 其基本模型为:

$$S^{(t+1)} = S^{(t)} + r_t(I, S^{(t)}) \quad (1)$$

若初始数据中有数量为 n 的特征点需要提取, 将其表示为 (I_i, S_i) 作为输入数据。在使用 Adaboost 算法时, 构建训练集是前提, 再计算出预测值与实际值之间的差值后并入输入数据, 由此得到训练集的数据集合 $(I_i, S_i^{(t)}, \Delta S_i^{(t)})$ 。

其次, 引入残差控制回归树, 计算得到 Adaboost 的学习效率, 得到公式:

$$f_0(I_i, S_i^{(t)}) = \arg \min \sum |S_i^{(t)} - r_t| \quad (2)$$

接下来, 通过对 r_t 的迭代得到的更新公式为:

$$f_k(I_k, S_k^{(t)}) = f_{k-1}(I_{k-1}, S_{k-1}^{(t)}) + v r_t \quad (3)$$

对(2)和(3)循环执行至迭代收敛,并输出提取的特征。

然后,辅之以 1301-32ERT 算法,降低光强、形状等环境噪声对后续识别的不利影响。

最后,需要引入欧式算法实现人脸识别职能。欧式算法的关键在于计算出特征在映射空间的距离^[10],并以此对特征空间的相似度进行确定,本设计中设定的实验设置阈值为0.6。

其中, $S^{(i)}$ 为特征点坐标集合; r_i 为残差预测值; I 为特征点连接后的形状。

2.5 扩展设计

不同房间的防盗职能不同,所面临的外部环境也存在显著差异,需要通过多个传感器的协同才能实现智能防盗系统。设计中,需要在每个房间即不同的环境中设置一个 Zigbee 终端节点,终端节点将采集的房间环境异常信息进行融合后发送至主控制系统,再由主控制系统对出现的异常环境信息进行判别后发出相应防盗报警指令。

3 验证结果与分析

3.1 人脸识别算法验证与分析

算法性能验证的具体措施如下。

第一步,从 ORL 数据库中随机选择一定人数的人脸特征图片为实验对象,人数确定在 200 人。

第二步,随机抽取 200 人中的任意一员,将其全部 20 张图片分成训练集和测试集两部分,其中训练集图片为 16 张,测试集图片为 4 张,进行人脸识别并记录其正确率。

第三步,将该名测试者的照片分为训练集 17 张、测试集 3 张,再次进行人脸识别,并记录其正确率。

第四步,将该测试者的照片分为训练集 18 张、测试集 2 张,进行人脸识别后记录其正确率。

最后一步,将该测试者的照片分为训练集 19 张、测试集 1 张,进行人脸识别后记录其正确率。

识别正确率超过 90%,说明本次设计是合格的,同时发现人脸识别准确率最高时为训练集 18 张图片、测试集 2 张图片,即 18:2。

3.2 应用验证与效果分析

为更好地达到该系统的经济性,在门禁模块测试时采用型号为 OV2640 的摄像头,其特点是像素相对较低,但能在实际运行中满足识别需求^[11]。具体测试过程如下:首先,通过 Adaboost 算法对图片进行人脸检测,用特定符号标识出识别到的人脸,即对特征点进行编码;然后,对检测到的特征编码与图像库中预先存储的特征编码进行对比分析,若对比结果未超出设定的阈值,则判定为匹配成功,显示出“验证通过”信号,反之则显示“未验证通过”信号,并传递至 ARMA9 进行下一步处理。

4 结论

防盗系统的结构与其具体需求是相关的,因此本文通过分区、分职能的硬件设计与软件设计,大幅提升基于单片机的防盗智能报警系统的应用广度和深度,实用性能显著提高。进一步,将人脸检测算法引入至门禁模块的人脸识别职能中,使得门禁模块在识别速率和准确度等各方面均有大幅提高。经过实践与测试,该系统所有功能在正常运行情况下能满足设计需求,且人脸识别速率和准确率有较大提高。但该系统仅对门禁模块进行具体数值确定,其余模块的具体数值并未确定,后续可针对不同防盗需求进行实验以确定最佳阈值,提升防盗系统的智能程度。

参考文献:

- [1] 郭向东.基于单片机的智能防火防盗报警系统设计[J].自动化与仪器仪表,2022(3):82-86.
- [2] 欧朴康,甘伟,李聪豪,等.基于物联网的贵重物品智能防盗系统[J].物联网技术,2023,13(1):123-125.
- [3] 边红.实验室智能安防报警系统研究[J].自动化技术与应用,2021,40(2):132-136.
- [4] 李小敏,赵艳丽,杨延宁.一种基于 RFID 和 SIM800C 的远程防盗智能门禁与安防系统的设计[J].电子设计工程,2023,31(14):113-117.
- [5] 叶晨.基于 FRID 的智能门禁系统设计[J].信息系统工程,2018(6):36-38.
- [6] 韩进,杨永明,崔吉凤.基于 STM32 和树莓派的智能门禁系统[J].电子设计工程,2021(2):228-234.
- [7] 冯梦楚,史春洋,王威龙,等.基于 AT89C51 单片机的多用防盗报警系统设计[J].电脑知识与技术,2019,15(22):256-258.
- [8] 韩爽,张迪.基于 STC89C51 单片机的防盗报警系统设计[J].计算机测量与控制,2019,27(11):270-274.
- [9] 李宇航,秦红星,史苗红,等.基于 STM32 的宿舍智能防盗报警系统设计[J].物联网技术,2023,13(3):36-39.
- [10] 蔡俊铨,廖晓芳,朱俊宇,等.基于 PHP+MySQL 的宿舍管理系统[J].电脑知识与技术,2020,16(36):60-63.
- [11] ZHANG X, YANG W, TANG X, et al. A fast learning method for accurate and robust lane detection using two-stage feature extraction with YOLO v3[J].Sensors(Basel,Switzerland), 2018, 18(12): 4308.

【作者简介】

田德恒(1979—),男,山东济南人,硕士,工程师,研究方向:电子信息、半导体材料。

(收稿日期:2024-06-11)