

基于 Arduino 和 IOT 的家庭消防逃生报警系统

陈惠玲, 刘佳文, 秦子敬, 宋天琪, 蒋羽田, 李万清

(杭州电子科技大学, 浙江 杭州 310018)

摘要: 家庭安全一直是人们所关注的问题,但近五年来,每年家庭火灾的次数占总火灾发生次数的 50% 以上,亡人比例大幅上升。随着人们生活水平的提高,人们的安全意识逐渐加强,对家庭防火安全指数提出了更高的要求。而传统家庭消防逃生报警系统无法实现无线互联、自适应环境生成个性化探测指标并及时通知其他人并报警。为了解决这一问题,以 Arduino 作为核心控制器,采取物联网和传感器技术,将 ESP8266 模块与相关的硬件电路进行无线连接,通过 APP 获取室内实时监测的数据、火灾报警、远程开锁等。这种系统主要运用物联网技术,通过 MQTT 协议实现信号无线实时传输,弥补了传统系统的不足,能在第一时间联系到干系人,实现预警和协助逃生的目的。

关键词: 家庭; 逃生报警; 无线互联; Arduino; 物联网

中图分类号: TP302

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2020)05-0148-06

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2020.05.028

Home Fire Escape and Alarm System Based on Arduino and IOT Technology

CHEN Hui-ling, LIU Jia-wen, QIN Zi-jing, SONG Tian-qi, JIANG Yu-tian, LI Wan-qing

(Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Home is the soul bay for us forever. However, in the past five years, the number of home fires has accounted for more than 50% of the total number of fires every year, and the proportion of deaths has risen sharply. With the improvement of people's living standards, people's safety awareness has gradually strengthened, so higher requirements have been put forward for the family safety and fire prevention. The traditional home fire escape alarm system can not achieve wireless interconnection, generate personalized detection indicators according to the environment and timely notify other people by giving an alarm. In order to solve this problem, using Arduino as the core controller, we take the IOT and sensor technology to connect the ESP8266 module with related hardware circuits wirelessly, and obtain real-time monitoring data, fire alarm, remote unlocking, etc. This kind of system mainly uses the IOT technology to realize real-time wireless transmission of signals through the MQTT protocol, which makes up for the shortcomings of the traditional system, and to contact the related people immediately to achieve the purpose of early warning and assisting in escape.

Key words: family; fire escape alarm system; wireless interconnection; Arduino; IOT technology

0 引言

近五年来,国内火灾每年发生次数都在十万次以上,每年家庭火灾发生的次数占总火灾发生次数的 50% 以上,其中家庭火灾死亡的人数占到了总人数的 70%^[1] 以上。以杭州蓝色钱江保姆纵火案为中心展开调查发现,火灾亡人主要原因在于火灾发生察觉过晚,家中没有报警信号发出,未能及时向外界求救等等。虽然现在市场上出现了一些消防产品,然而众多消防产品却功能单一,尚无法找到一款能较好解决当前困

境的系统,因此国内家庭物业在消防逃生报警系统^[2] 建设方面还有很大的提升空间。如何利用现代互联网、物联网^[3] 等先进技术提升家庭消防逃生报警系统建设水平是本系统着重解决的问题。

1 系统总体设计

1.1 系统介绍

本系统是一个包括手机 APP、火灾探测器和具有着火状态下自动解锁功能的门锁,其主要针对家庭设

收稿日期: 2019-07-05

修回日期: 2019-11-06

网络出版时间: 2020-01-10

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(201810336049X)

作者简介: 陈惠玲(1998-),女,CCF 会员(99547G),研究方向为计算机体系结构;李万清,博士,副教授,硕导,研究方向为深度学习和大数据分析。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20200110.1123.048.html>

计的消防逃生报警系统^[4],具有无线传输的优点。如图 1 所示,系统通过网络传输硬件设备,将用户的手机、云服务器、传感器、门锁联系在一起,进行信息的交换和通讯,实现智能化的识别、定位、跟踪、监控和管理。根据传感器获取到的烟雾浓度、温湿度等数据,对室内进行实时监控,能够在第一时间发现室内的火情

并将门打开,帮助用户逃生。如果用户远在外地,也能及时收到火情并确认火情情况,立即报警以减少财产损失。通过云服务器的筛选管理,将火情及时传达给居住在火灾现场的另一区域用户,以最大可能地协助救援、减少人员伤亡。

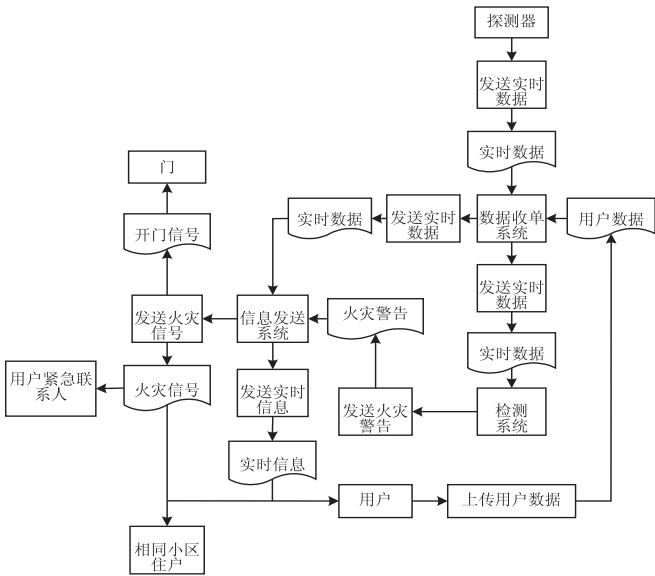


图 1 业务流程

1.2 系统架构

如图 2 所示,系统使用 Arduino 作为核心控制器,采取物联网和传感器技术,将 ESP8266 模块与相关的硬件电路进行无线连接,通过 APP 获取室内实时监测

的数据、火灾报警、远程开锁等。这种系统主要运用物联网技术,通过 MQTT 协议实现信号无线实时传输,弥补了传统系统的不足,能在第一时间联系到干系人,实现预警和协助逃生的目的。

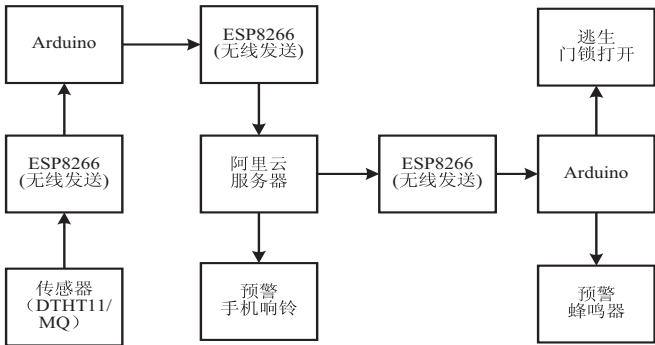


图 2 系统架构

2 系统硬件设计

2.1 采集端硬件设计

采集端和控制端之间通过 MQTT 协议形成一个无线通信网络。采集端主要由传感器组成。采集端通过测量室内的温湿度和气体浓度获得数据,进而通过 ESP8266^[5]无线模块将数据传输到控制端。

如图 3 所示,系统采用 DHT11^[6-7]作为温湿度传感器,其温度量程范围分别为 0℃~50℃,误差为 2℃,具有极高的可靠性与卓越的长期稳定性,因此能较好地满足前期预警需求。通过将 DHT11 的 DATA

引脚与 Arduino 相连,人工编写程序上传到 Arduino 并重启后,DATA 引脚可采用单总线数据格式实现 DHT11 和 Arduino 的通讯和同步,通讯时间为 4 ms 左右,通讯成功后可在 Arduino IDE 的串口监视器中看到测量数据。

主要实现代码如下:

```
int chk=DHT11.read(DHT11PIN);
Serial.print(" Humidity(%) :");
Serial.println((float)DHT11.humidity,2);
Serial.print(" Temperature °C):");
Serial.println((float)DHT11.temperature,2);
```

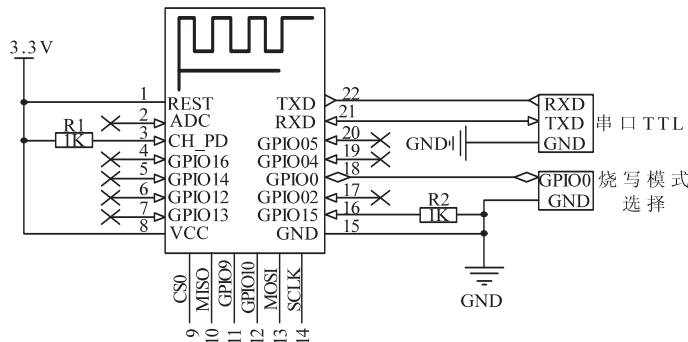


图 3 DTH11 电路结构

同时,系统还采用了 MQ2 传感器,MQ2^[8] 气体传感器对液化气、丙烷、氢气的灵敏度高,对天然气和其他可燃蒸汽的检测也很理想。但是 MQ 系列传感器需要预热初始化后才可使用,为了提高传感器准确率,本系统采用了小波能量频谱分析^[9]的方法,以准确判断 MQ 系列传感器能否达到加热要求,进而进行数据转换以进行数据传输。正常情况下,传感器以模拟量输出时,OUT 端的电压在 1 V 左右,当传感器检测到被测气体时,电压每升高 0.1 V,实际被测气体的浓度增加 200 ppm。因此控制端可根据收到的电压信号判断气体浓度是否达到阈值。

2.2 传输模块设计

2.2.1 基于 TCP/IP 的串行通讯

本系统的 Arduino 与传感器之间采用基于 TCP/IP 协议的串行通讯^[10]方式,与传统串行通讯系统相比,其在接受容量、精确程度以及递送速度上更有效。在火灾发生的情况下,信号干扰的现象较多,而串行通讯的通讯时钟频率较易提高,因此其抗干扰能力较强,能够较好满足设计需要。

2.2.2 基于 ESP8266 芯片和 MQTT 协议的无线传输

如图 4 所示,本系统使用 ESP8266 芯片作为 WIFI^[11]模块,外接 DHT11 温湿度传感器和 MQ2 气体传感器和 Arduino,形成一个组网。Arduino 作为控制器,其他设备作为客户端。客户端负责采集环境参数^[12],并将数据传送到服务器进行处理。

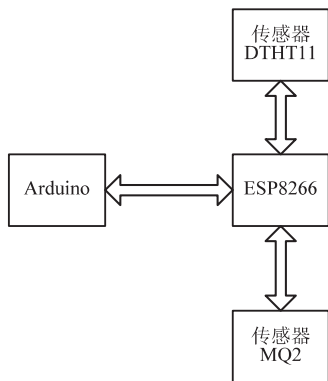


图 4 WIFI 模块组网

ESP8266 芯片作为 MQTT 协议^[13]的 Publish,与服务器建立 TCP 连接,通过 post 请求将室内数据及相应的数据危险级别作为 Topic 和 payload 通过 Broke 使用 Find 接口传递给用户设定的 Subscribe,实现数据的无线传输。MQTT 可以通过极少的代码和有限的带宽,为连接远程设备提供实时可靠的消息服务,这保证了信息传输的可靠性。Arduino 获取参数模块的主要实现代码如下:

```
OkHttpClient client=new OkHttpClient();
Request request = new Request. Builder(). url ( requesturl ).
build();
Response response =client. newCall ( request ). execute();
String responseData=response. body(). string();
userList= ( ArrayList<Environment> )JSON. parseArray ( responseData,Environment. class );
```

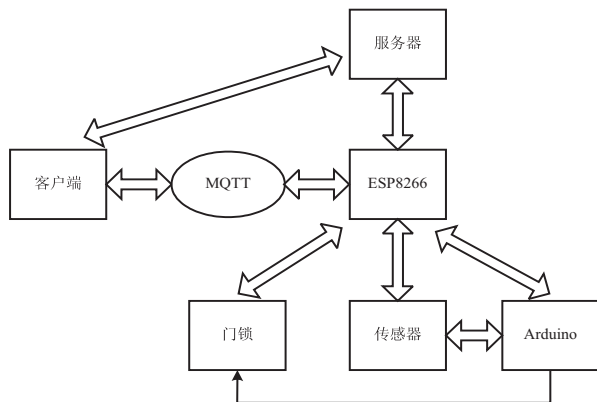


图 5 MQTT 协议传输示意图

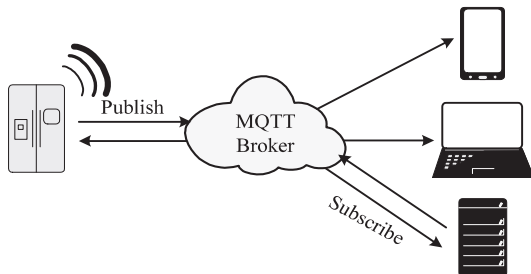


图 6 MQTT 数据交换示意图

2.3 控制端硬件设计

2.3.1 核心控制器

系统采用 Arduino UNO Rev3^[14]作为核心控制器。

如图 5 和图 6 所示,Arduino 获取到数据后使用

与 Raspberry Pi 相比较,其以 ATmega328P 作为开源微处理器,不需要设计其他电路即可与不同的传感器进行交互,更容易连接外部感应器。由于其使用 Atmel 公司的微处理器嵌入式系统,具有体积小的优点,较好契合系统尺寸小的要求。

Arduino 使用 onResponse() 实现与采集端进行数字信号的交互,再使用 5 倍 dewPoint() 快速计算露点(空气饱和并产生露珠的温度),数据获取时延较小。在成功获取数据后,其通过 ESP8266 将数据传送到服务器以获取执行命令,该模块主要程序代码如下:

```
public void onResponse(org.json.JSONArray jsonArray) {
    wendu_length=jsonArray.length();
    for(int j=0;j<jsonArray.length();j++){
        mAdapter.refresh(ardunio_wendu,ardunio_date,ardunio_shidu);
        ardunio_wendu.add(jsonArray.getJSONObject(j).getInt("wendu"));
        mAdapter.refresh(ardunio_wend);
    }

    double dewPoint(double celsius, double humidity) {
        double A0=373.15/(273.15 + celsius);
        double SUM=-7.90298 * (A0-1);
        SUM+=5.02808 * log10(A0);
        SUM+=-1.3816e-7 * (pow(10, (11.344 * (1-1/A0))))-1);
        SUM+=8.1328e-3 * (pow(10, (-3.49149 * (A0-1))))-1);
        SUM+=log10(1013.246);
        double VP=pow(10, SUM-3) * humidity;
        double T=log(VP/0.61078);
        return (241.88 * T)/(17.558-T);
    }
}
```

2.3.2 控制端门锁编程设计

系统主要利用服务器端传送的开关锁命令来实现对门锁的控制,当收到服务器发来的命令 cmd 为 openthedoor 时,Arduino 会控制门锁打开,以下是锁的收发端程序:

```
data,address=s.recvfrom(2048)
cmd=data.decode('utf-8')
if cmd=='openthedoor':
    signalpin=4
    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setup(signalpin,GPIO.OUT,initial=GPIO.LOW)
    GPIO.output(signalpin,GPIO.HIGH)
    time.sleep(0.1)
    GPIO.output(signalpin,GPIO.LOW)
else:
    logging.critical("Wrong Comman")
```

3 系统软件设计

3.1 服务器端设计

3.1.1 服务器端架构

为了保证该系统的高并发性,服务端采用了 nodejs 进行开发,由于 nodejs 的异步 I/O 以及事物驱动这些特性,使得其本身对高并发有着较好的处理,可以使服务端在处理大量请求的情况下依旧保持正常服务。系统架构包含应用层、表现层、服务层、数据存储层以及基础设施层,如图 7 所示。

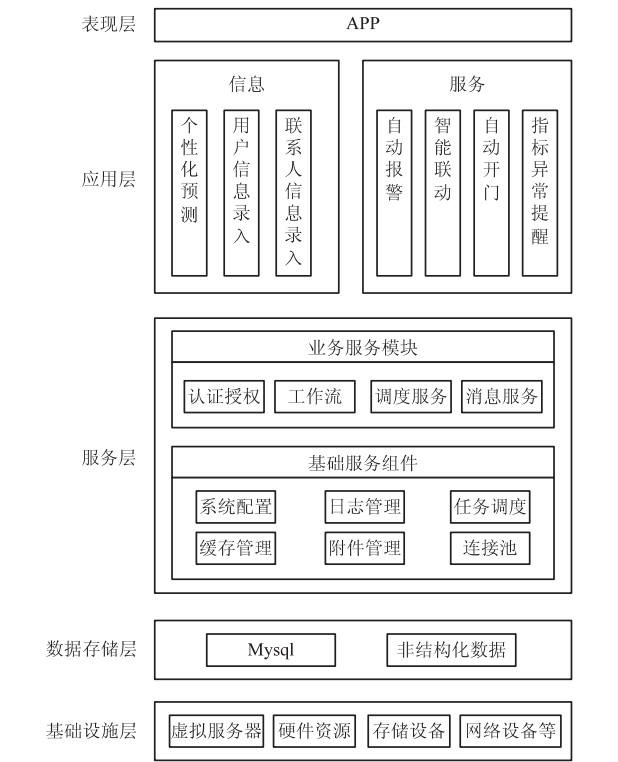


图 7 系统服务器架构

· 基础设施层。

基础设施层是整个平台架构的最底层,是平台可以正常运作的最基本要求,其中包含虚拟服务器、硬件资源、存储设备、网络设备等。通过该层的各个部分协同工作来保证平台的正常运行。

· 数据存储层。

数据存储层是存放平台数据的地方,用户数据、平台数据以及日志信息都存放在该层中,对于用户信息以及用户数据等关系性数据是存放在 Mysql 关系型数据库中,对于系统日志以及用户上传的附件等信息是采用非结构化存储保存在服务器中的。数据存储层为上层的服务层提供了数据支撑,并且采用数据与服务分离的方式,保证了平台数据的共享性以及高效性。

· 服务层。

服务层是整个平台的核心,服务层通过对外提供 API 接口来提供功能,其分为业务服务模块和基础服务组件两个部分,业务服务模块中提供了用户的认证

授权、工作流、调度服务以及消息推送服务等业务服务,在基础服务组件中包括了系统配置、日志管理、任务调度、缓存管理、附件管理和连接池。这两个部分组合起来构成了服务层,提供系统所需功能。

· 表现层。

该平台是通过手机 APP 的形式来对服务进行表现的。

· 应用层。

应用层分为了两个部分,分别是信息部分和服务部分,信息部分主要包括对火灾的个性化预测、紧急联系人信息录入以及房屋信息录入,服务部分有自动报警、智能联动、自动开门以及房屋空气指标异常提醒功能。

3.1.2 服务器端功能设计

当服务器接收到的数据达到火灾报警阈值时,系统会通过接口获取着火点经纬度和用户预留信息,进行小区内局域网报警和远程通知。同时,服务器端通过相关接口获取危险事项等数据,再通过相关接口发送命令报文到 Arduino 改变门锁状态,实现现场自动或远程开门功能。

3.2 客户端程序设计

3.2.1 查看温湿度

用户出门在外时可通过 APP 实时查看家中环境情况。当服务器端收到客户端的 request 请求后,会通过可对外开放的获取温湿度信息的接口来获取温湿度信息,再使用 MQTT 协议将包含温湿度数据的报文发送到客户端并显示出来。

3.2.2 拨打紧急联系人电话

由于 Android 系统存在应用权限,所以系统初始化时需要先获取拨打电话的权限,当获取到权限后,可使用 intent 启动拨打电话。该功能的主要程序如下:

```
//申请授权
ActivityCompat. requestPermissions ( MainActivity. this, new
String[ ] {Manifest. permission. CALL_PHONE} ,
MY_PERMISSIONS_REQUEST_CALL_PHONE);

//获得授权后通过 intent 拨打电话
Intent intent = new Intent ( Intent. ACTION_CALL ,Uri. parse
("tel:" +mobile));
startActivity ( intent );}
```

3.2.3 控制门锁状态

着火情况下,被困者可能因为无法找到钥匙等打开门锁无法逃生,而紧急联系人也无法协助逃生。而本系统中用户及紧急联系人可通过输入密码打开门锁。该操作是由 APP 获取用户行为传输数据到服务器,再通过服务器传送命令到 Arduino,进而实现开关门。主要实现代码如下:

```
if entered_passcode == correct_passcode :
    socket. socket ( socket. AF_INET , socket. SOCK_DGRAM ).
sendto ( "openthedoor". encode ( ) , ( 127. 0. 0. 1 , 2048 ) )
    print ( "密码正确,开锁成功" )
entered_passcode = " "
else :
    print ( "密码错误,开锁失败" )
entered_passcode = " "
```

4 系统测试

4.1 测试环境

基于 Arduino 和物联网的家庭消防逃生报警系统使用 Intel Xeon Platinum 8163 (Skylake) 2.5 GHz、双核 CPU 4 GB、40 GB 存储、4 G 内存的阿里云服务器,服务器带宽 100 Mbps,系统版本采用 centos6.1 操作系统。部署完毕后,对服务性能进行测试,测试软件采用 loadRunner,通过模拟用户来对服务器进行大量发包,以进行系统的性能和负载能力检测。

4.2 测试结果分析

本测试利用了 loadRunner 来对服务器进行了大量的并发访问,对服务端的不同开发语言版本进行了测试,分别对 java 和 nodejs 进行了测试。在测试过程中,分别模拟了每秒 10、50、100、150 个并发请求访问平台,测试结果如图 8 所示。可以发现,平均响应时间和请求量线性相关,每秒应答处理数量基本上是恒定的。在并发请求量不高时,java 和 nodejs 的平均响应时间相差不多,但是当并发请求数量大于 50 之后,nodejs 就明显要比 java 的处理速度要快,系统采用 nodejs 进行开发,在系统大规模使用时,响应时间要优于传统系统。但是 nodejs 采用的是单线程,所以在应答时间^[15]上 nodejs 的处理时间要比传统 java 服务器要长。但此劣势可通过反向代替、负载均衡来弥补。基于以上测试和对比,本系统初步实现了高性能服务器的开发目标。

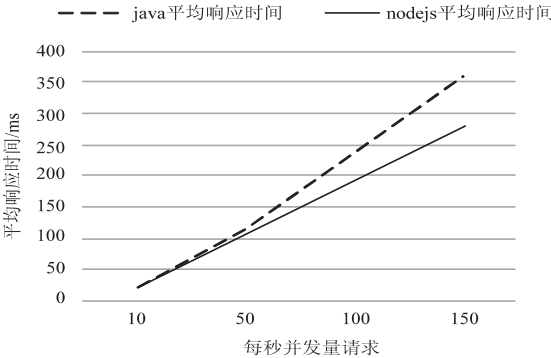


图 8 服务器测试对比

5 应用效益

如今市场上的消防报警系统并不只此一款,但缺

少辅助逃生功能。所谓知己知彼,百战不殆,通过前期对同类消防产品的调查和了解发现,这些系统主要都是安装于居民楼楼道、走廊当中,鲜有安装于室内的系统,并且存在警报声传入室内后声音很小、门锁无法打开等问题。与同类系统相比,本系统具有以下创新性:

- 个性化定制火灾报警指标。根据每家每户环境的特征进行定性分类,设置不同的火灾报警点,弥补了传统探测器灵敏度不够高的缺陷,提高系统开锁的准确度。

- 灾情发现早,报警更及时。通过传感器探头主动探测阴燃、烟雾、明火,然后在事发现场发出警笛声,同时也通过物联网与互联网融合技术,将报警信息发送到干系人手机。

- 自动开门,提高逃生成功率。家装火警响起的同时门锁可通过探头探测到的情况和控制中心传来的信息远程控制使房门自动打开,便于逃生和救援。

- 无线系统,安装简便。该方案是一套无线系统,从而安装时不需要破拆墙体。所有信息互联全部采用无线网络,安装方便。

在人们的家庭火灾风险防范意识逐渐增强的环境下,本系统的优势会逐渐凸显,因此其拥有较好的使用价值和前景。

6 结束语

设计并实现了基于 Arduino 和物联网技术的家庭消防逃生报警系统。该系统可实现对室内温湿度及可燃气体浓度的检测,当检测的指标达到阈值时,自动开启门锁协助逃生并发送火灾信息到干系人终端进行报警。系统以 Arduino 为核心控制器,通过 ESP8266 与 DTHT11 和 MQ2 传感器及门锁进行通信和控制,成本低,体积小。组网内部使用串行通信方式,提升了系统的抗干扰性。通过 MQTT 推送机制,将内外网相连,实现数据无线传输,速度快,可靠性高。用户在日常生活中也可在终端设备查看室内环境信息和密码开锁。该系统在保障家庭安全的同时也便利了用户的生活,为类似物联网项目提供了一种可行的解决方案。

参考文献:

- [1] ANWAR F,BOBY R I,HUSSAIN S,et al. A real-time integrated fire detection and alarm (FDA) system for network based building automation[J]. Indian Journal of Science and Technology,2018,10(41):1-14.
- [2] 张 萍. 基于 ESP8266 和 OneNET 云平台的远程报警系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2017,17(12):64-67.
- [3] JALDELL H,SUND B. Security officers responding to residential fire alarms:estimating the effect on survival and property damage[J]. Fire Safety Journal,2018,97:1-11.
- [4] 王大鹏. 火警自动报警系统设计研究[J]. 建设科技,2014(14):115-117.
- [5] 曹 杰,蓝贤桂,刘 琦,等. 基于 ESP8266 的智能家居控制系统设计[J]. 电子质量,2017(10):29-30.
- [6] 王亚飞,沈根浩,冯朝霞,等. 室内安全实时监测及远程联动报警系统[J]. 电子世界,2017(16):128-129.
- [7] LEE J I,HEJZLAR P,SAHA P,et al. Deteriorated turbulent heat transfer (DTHT) of gas up-flow in a circular tube:heat transfer correlations[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer,2008,51(21):5318-5326.
- [8] 杨 倩,林佳纯,李松权. 实验室智能安全监控预警系统设计[J]. 大学物理实验,2019,32(3):68-71.
- [9] 冯云飞. 基于小波分析的一种 MQ 系列气体传感器数据处理方法[J]. 内燃机与配件,2018(5):236-239.
- [10] 盛 磊. 基于 TCP/IP 协议的串行通讯系统设计[J]. 安全技术,2018,51(3):55.
- [11] 丘 源,经本钦,李精华. 基于 ESP8266WiFi 模块和 MQTT 协议的物联网传感节点设计[J]. 物联网技术,2019(6):24-26.
- [12] BIASE V D,LANEVE G. Geostationary sensor based forest fire detection and monitoring: an improved version of the SFIDE algorithm[J]. Remote Sensing,2018,10(5):741.
- [13] 卢于辉,秦会斌. 基于 MQTT 的智能家居系统的设计与实现[J]. 智能物联技术,2019,51(2):41-47.
- [14] 恽奕翀,Asep Budianto,李鸿鑫. 基于 Arduino 平台的压电式智能门锁系统设计[J]. 电子世界,2019(12):170-171.
- [15] 张 静. 基于 NodeJS 的自适应浏览器高性能 Web 应用平台研究[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2017.