

何强, 王武. 基于物联网的火灾智慧远程报警系统[J]. 智能计算机与应用, 2025, 15(7): 133–137. DOI: 10. 20169/j. issn. 2095–2163. 250719

基于物联网的火灾智慧远程报警系统

何 强, 王 武

(贵州大学 电气工程学院, 贵阳 550025)

摘 要: 当前民用火灾报警器普及率并不高, 且传统火灾报警器是在火灾发生处报警, 家中无人时发生的火灾往往是火势大了才得知情况, 基于此设计了一款远程报警系统。系统包括用户端、云平台端和远程报警终端, 主要功能为发现火灾、天然气泄漏或入室盗窃时远程报警。着火时, 用户端自动采取初步救火措施以及智能家居的远程控制; 报警数据通过云平台的中转, 实现单一远程终端对多用户端的工作模式。该系统相较于传统报警系统, 可以提供远程报警, 在着火初期就发现火情, 显著提升火源位置无人在场场景下的应急救援响应时效。

关键词: ESP32; 远程报警; 智能家居; 物联网

中图分类号: TP277

文献标志码: A

文章编号: 2095–2163(2025)07–0133–05

Intelligent remote fire alarm system based on IoT

HE Qiang, WANG Wu

(School of Electrical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Currently, residential fire alarm systems are not widely adopted, and conventional fire alarms only trigger alarms at the location where a fire occurs. In cases where there is no one at home, fires often remain undetected until they have reached an advanced stage. To address this challenge, a remote alarm system has been developed. This system consists of user terminals, a cloud platform terminal, and remote alarm terminals. Its primary functions include remote alerts for fire incidents, natural gas leaks, or intrusions. In the event of a fire, the user terminal also autonomously initiates initial firefighting measures and provides remote control for smart home devices. Alarm data is transmitted via the cloud platform, enabling a transition from a single remote terminal to a multi-user terminal operational mode. Compared to traditional alarm systems, this system offers remote alarm capabilities, facilitating early fire detection and significantly enhancing the response time for unattended fire emergencies.

Key words: ESP32; remote alarm; smart home; IoT

0 引 言

进入 21 世纪以来, 中国城市化进程不断加快, 一座座现代化的居民小区如雨后春笋般崛起。随着经济的发展, 厨房中液化气、天然气和电力等能源的使用越来越普遍。然而, 在提供便利的同时, 安全隐患也随之加剧。尤其是居民小区火灾事故的发生率逐年攀升, 其中以燃气泄漏和电器短路引发的厨房火灾最为突出, 成为家庭火灾的主要起因^[1–2]。火灾发现得越早灭火难度越低, 一旦错过最佳灭火时间, 救援难度就会大大增加^[3], 而传统火灾报警器为线下报警, 即在火灾处报警, 不能远程报警和联网

控制^[4]。当用户不在家, 而家中因各种原因着火时, 常常会因为救火不及时造成经济损失和公共空间危害。因此, 研究并实现一种结构更简单、报警更精准、成本更低廉的火灾智慧远程报警系统, 具有重要的现实意义和应用价值。

火灾探测技术起源于国外, 可追溯至 18 世纪末, 英国学者基于金属热膨胀原理研制出首台感温火灾探测器^[5], 该技术主导消防市场逾百年。中国智能火灾报警系统研究虽起步较晚, 但在政策法规与技术创新的双重驱动下发展迅速。随着《中华人民共和国消防法》和《消防产品监督管理规定》等政策法规的完善, 中国逐步加强了火灾防控和预警措

作者简介: 何 强(1998—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统。

通信作者: 王 武(1970—), 男, 硕士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 嵌入式系统。Email: 1260191952@qq.com。

收稿日期: 2023–11–15

哈尔滨工业大学主办 ◆ 专题设计与应用

施,在智能化火灾报警系统研发方面取得了显著进展^[6]。韩倩倩等^[7]针对文物建筑火灾报警系统布线复杂问题,研制了基于 LoRa 的无线报警系统;苑香平等^[8]基于 STC12C5A60S2 单片机设计了家庭火灾监控报警系统;毕晓君等^[9]针对高层火灾报警系统报警滞后和缺乏火灾定位等问题,开发了具备实时定位与智能疏散引导功能的高层建筑安防系统。

综上所述,本文针对家庭用户设计了一种利用物联网技术的远程报警系统,其主要功能为:当用户家中发生火灾、天然气泄漏或有人入室盗窃时,用户端设备自动发出声光报警,同时通过 WiFi 通信将数据传输到远程终端设备并发送邮件通知用户,实现远程报警。可将远程终端置于物业管理或小区安保人员处,着火时物业管理人员及时得知情况并安排救援和报警,将危险扼杀在摇篮中。

1 总体方案设计

系统总体结构设计如图 1 所示,主要包括用户端、远程报警终端和云平台端。用户端数据通过 WiFi 上传云平台,云平台再将数据下发到远程终端,实现单一远程终端对多用户的工作模式。

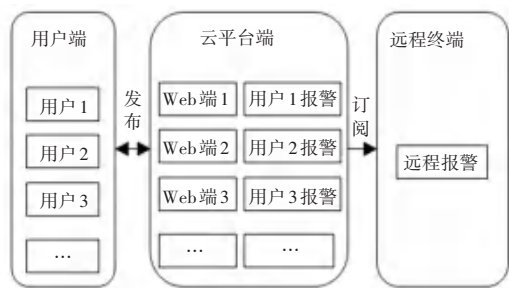


图 1 系统总体结构图

Fig. 1 System overall structure diagram

用户端由主控芯片、数据采集模块、设备控制模块、报警模块和显示模块组成。数据采集模块将采集的数据在 ESP32 汇总后,通过 MQTT 协议将数据发布上传云平台,并在显示模块上显示相关信息,当采集的数据到达设定阈值时触发报警,同时设备控制模块会控制相关设备的启动与关闭。云平台端通过网页实现数据可视化以及远程控制设备,接收到报警信息时通过邮件告知用户。远程报警终端以 ESP32 作为主控芯片,显示模块是一块 LCD 屏,报警模块为蜂鸣器和 LED 灯;连接 WiFi 后通过 MQTT 协议订阅从云平台获取数据,当有用户家中有报警信息时,发出声光报警,并在屏幕上显示用户的房间号和报警类型等相关信息。

2 硬件设计

2.1 主控芯片

用户端和远程终端均采用 ESP32 作为主控芯片。与 STM32 单片机和 Arduino 单片机等常见单片机相比,ESP32 成本和耗能低、集成度高、速度快,其最突出的优点是集成了蓝牙和 WiFi^[10],不用再外接无线通信传感器,可以减少开发成本,加快开发速度。同时具有 IIC、SPI、UART 等常用外设接口,超高性能的主控和强大的驱动能力和拓展能力,适合于各类智能控制,因此将 ESP32 作为主控芯片。

2.2 数据采集模块

数据采集模块由 AHT10 温湿度传感器、YL-38 火焰传感器、HC-SR501 人体红外传感器、MQ-2 和 MQ-4 气体传感器组成。

AHT10 是一款高精度、完全校准、贴片封装的温湿度传感器,出厂时已经精确校准,直接输出经温度补偿后的湿度、温度等信息^[11]。YL-38 火焰传感器可以检测波长在 760~1 100 nm 范围的光源,这个范围内其对火焰发出的光最敏感,红外接收管接收火焰发出的光线,将光照强度量化为电压信号,光线越强则输出的电压值越高^[12]。HC-SR501 人体红外传感器通过感应人体发出的红外辐射变化来实现自动检测功能^[13]。MQ-2 和 MQ-4 气体传感器所使用的气敏材料是在清洁空气中电导率较低的二氧化锡(SnO_2)。当传感器所处环境中存在可燃气体时,传感器的电导率随空气中可燃气体浓度的增加而增大^[14]。MQ-2 对丙烷、烟雾等有良好的灵敏度,用于检测烟雾,MQ-4 对甲烷有良好的灵敏度,用于检测天然气泄漏。

2.3 设备控制模块与报警模块

设备控制模块包括按键、继电器、水泵、步进电机和风扇等被控设备;报警模块为蜂鸣器和发光二极管。设备控制模块主要通过高低电平的变化和 PWM 来控制设备;蜂鸣器和发光二极管都采用高低电平触发,其中蜂鸣器为低电平触发,发光二极管为高电平触发。

2.4 显示模块

用户端和远程终端的显示模块都是串口液晶显示屏。与 ESP32 通过 UART 通信进行数据传输,屏幕的数据接收管脚 RX 与 ESP32 的数据发送管脚 TX 连接,接收 ESP32 发送来的数据并显示相应信息。

3 软件设计

由于 Micro Python 是面向外围对象的嵌入式编程语言^[15],相较于 C 语言拥有更多库函数,代码编写更加简洁,因此本文采用 Micro Python 编写程序。

3.1 程序设计

用户端主要用于采集相关数据,判断是否需要报警,并将数据整合成 JSON 数据格式上传云平台,控制风扇和步进电机等设备的开关,显示相关数据及设备的开关状态。系统工作流程如图 2 所示。

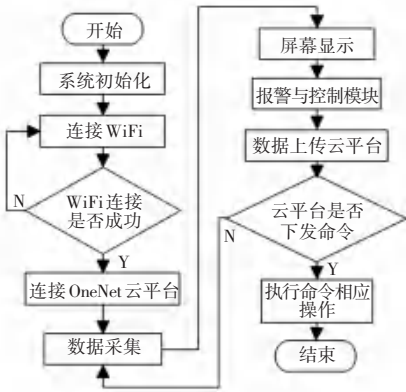


图 2 系统工作流程图

Fig. 2 System workflow diagram

为防止误触报警,系统可以通过按键关闭或开启自动报警功能,同时采用火焰和烟雾数据一起判断是否着火,温湿度数据辅助判断火势情况。报警及控制模块流程图如图 3 所示。

传感器初始化完成后开始采集环境数据,若自动报警功能开启,当检测到火焰时,若烟雾浓度小于设定阈值则不报警,反之则判断为着火,关闭继电器断电,使用备用电源,开启水泵辅助降温灭火,步进电机旋转关闭天然气第二开关,发出声光报警并开启排风扇,直到按下按键,风扇、水泵和报警器才会关闭;若天然气泄漏,检测到甲烷浓度高于设定阈值时也会声光报警、开启排风扇和关闭天然气第二开关;发现有人入室盗窃也会报警;排风扇和照明灯等设备和阈值都可以通过用户端的按键和网页远程控制。

远程报警终端的功能主要是当有用户家里报警时,获取到报警位置和报警类型。初始化完成后开始连接 WiFi 直到连接成功。WiFi 连接成功后,等待 MQTT 协议订阅的报警信息,获取到报警信息后解析 JSON 格式数据,发出声光报警并在屏幕上显示相关信息。

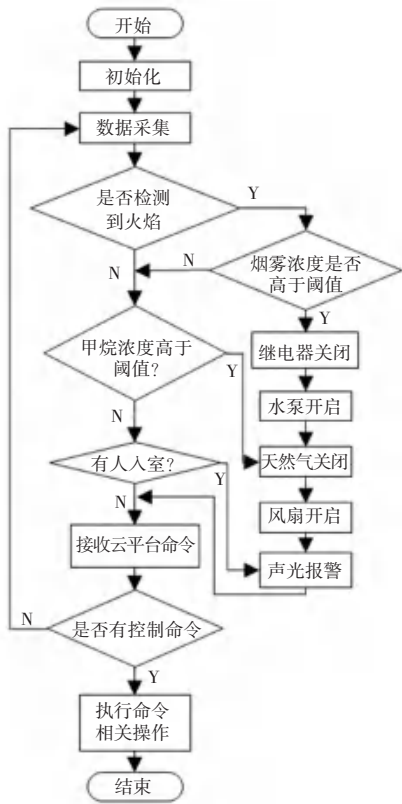


图 3 报警及控制模块流程图

Fig. 3 Alarm and control module flowchart

3.2 MQTT 协议

MQTT 协议是本系统传输数据的主要协议,是一种开放的网络协议,可在设备之间传输消息,常用于物联网应用^[16]。MQTT 协议使用发布/订阅架构,发布者发布数据时要有一个主题,若订阅者订阅了该主题,则可以接收到相关数据,若没有订阅该主题则无法获取数据。通过 MQTT 服务器的中转,可以实现一对多、多对一和多对多的工作模式。与 HTTP 协议相比,MQTT 在无线领域有更多的应用,因为其速度更快,需要更少的带宽,并且需要更少的功耗^[17]。

在本系统中,用户端采集环境信息后,将数据整合为 JSON 数据格式,作为发布者使用 MQTT 协议将数据上传到云平台,当需要报警时,更换为报警的主题发布数据;远程终端作为订阅者从云平台获取数据,只有当用户端的数据为报警数据时才接收数据,当用户端数量增多时可以有效减少终端的计算量。

4 系统测试

将程序写入 ESP32 后,通过 type-C 数据线连接移动电源给系统供电进行模拟实验,测试系统性能。

模拟实验包括点燃纸巾让其放出烟雾模拟着火、打火机放气模拟天然气泄漏、手掌靠近 HC-SR501 人体红外传感器模拟有人入室。上述实验各进行 20 次重复测试,设备采集的数据到达报警阈值后,用户端迅速发出声光报警并将数据上传云平台,随后自动执行相关设备启动与停止。云平台 and 远程终端收到报警信息后,分别进行邮件报警和远程终端报警,邮件报警与远程终端报警相较于用户端报警的滞后时间见表 1。由于云平台每 5 s 刷新一次从用户端接收到的数据,因此邮件报警和远程终端报警相较于用户端报警的平均滞后时间大于 5 s。

在纸巾燃烧模拟实验过程中,逐渐将纸巾远离传感器设备,测试设备报警的极限距离,最终设备检测到着火的最远距离为 1 m,检测的极限距离与火势大小呈正相关,采用同样的方法,检测到有人入室的最远距离为 0.8 m。

表 1 远程报警滞后时间

Table 1 Delay time of remote alarm

报警类型	邮件报警滞后/s		终端报警滞后 /s	
	平均值	最大值	平均值	最大值
着火	5.3	7	5.6	7
天然气泄漏	5.7	8	5.8	9
防盗检测	5.5	7	5.7	8

远程终端着火报警页面如图 4 所示。页面中显示报警类型和报警位置,温湿度数据辅助判断火势。当检测到火焰但烟雾浓度未达到设定阈值时则不会报警。当有多个用户一起报警时,邮件分别通知用户,远程终端交替显示报警信息。

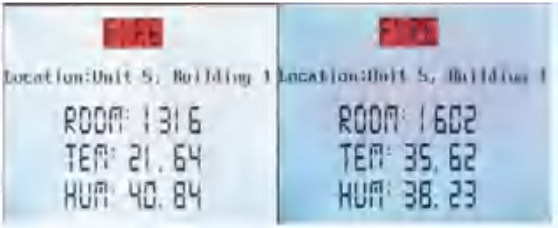


图 4 远程终端着火报警图

Fig. 4 Fire alarm diagram of remote terminal

网页控制端页面如图 5 所示。界面显示温湿度数据、烟雾传感器数据和天然气传感器数据。每个用户可单独调整天然气报警的阈值和火灾报警的烟雾阈值,远程控制风扇和灯光等设备的开启和关闭,同时可自行选则是否开启自动报警功能。使用网页控制端远程控制灯光和风扇的开启和关闭,测试远程控制耗费的时间,各进行 20 次实验,测试结果见表 2。



图 5 网页控制端

Fig. 5 Web control terminal

表 2 远程报警滞后时间

Table 2 Delay time of remote alarm

控制设备	耗费时间/s	
	平均值	最大值
风扇	2.5	3
灯光	2.3	3

测试结果表明,通过网页端远程控制用户端风扇等设备,且远程控制耗费的时间不超过 3 s,同时网页端和用户端显示屏同步显示采集的数据。

5 结束语

本文以 ESP32 为核心设计了一款民用远程报警系统,利用 WiFi 通信,结合云平台实现单一远程终端对多用户端的工作模式。经过测试,网页控制端和用户端都可以正常控制用户端风扇等设备,显示相关数据,当用户端报警后,远程终端报警和邮件报警的滞后时间不超过 10 s。此远程报警系统可以及时发现居民家中火情,采取相应的救援措施,避免出现重大火灾,危及生命财产的安全,具有一定的推广价值。

为进一步优化系统性能,可以在后续阶段接入

ESP32-CAM 模块,实时捕获图像数据并与传感器的检测数据进行融合。通过多模态数据的协同处理,系统能够获取更丰富的环境信息,实现更精准的环境感知。采用这种数据融合技术不仅提升了报警数据的精确性,还可增强了系统的智能化水平,为复杂场景下的应用提供更高的可靠性和实用性。

参考文献

[1] 谭千盛. 基于 STM32 的远程厨房安全系统设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2019.

[2] 陈春梅,张娟,蒋和松. 基于移动互联网的厨房气体检测与报警系统设计[J]. 无线互联科技,2015,68(16):44-45.

[3] 曹全红. 火灾报警系统现状及智能化未来探讨[J]. 今日消防, 2023,8(7):94-96.

[4] 孙春志,胡笑林,王雪闯. 基于物联网的智能厨房安全系统设计[J]. 物联网技术,2018,8(10):70-73.

[5] 韩丙光,赵子源,刘建. 基于多传感器信息融合的电缆火灾预警建模与仿真[J]. 电子设计工程,2022,30(10):150-154.

[6] 王晓宇. 基于数据融合技术的火灾报警系统研究与设计[D]. 长春:吉林建筑大学,2023.

[7] 韩倩倩,栾茹,岳云涛,等. 基于 LoRa 的文物建筑无线火灾报警系统研究[J]. 消防科学与技术,2020,39(1):86-88.

[8] 苑香平,李绍铭. 基于单片机的家庭火灾监控报警系统设计

[J]. 消防科学与技术,2020,39(11):1532-1535.

[9] 毕晓君,孙梓玮,刘进. 高层火灾智能报警及逃生指导系统[J]. 智能系统学报,2022,17(4):814-823.

[10] 王爱利. 基于 ESP32 的智能家居系统的设计与实现[D]. 沈阳:沈阳师范大学,2023.

[11] 梁涛,赵嗣庆,廖燕俊,等. RT-Thread 和 OneNET 云平台的家居环境检测[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2020,20(5):14-17.

[12] 张天翔. 智能火灾报警系统设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2020.

[13] 范洪艳. 智能化窗户控制装置[J]. 自动化技术与应用,2023, 42(7):61-63.

[14] 董旭,魏魏,李泽滔. 影院智能消防控制系统设计[J]. 智能计算机与应用,2022,12(1):104-107.

[15] 徐英,田萌. 基于大数据挖掘与文本评价的线上教学质量评估[J]. 信息技术,2022,46(11):155-159.

[16] ALSHAMMARI H H. The internet of things healthcare monitoring system based on MQTT protocol [J]. Alexandria Engineering Journal, 2023, 69: 275-287.

[17] JARA OCHOA H J, PEÑA R, LEDO MEZQUITA Y, et al. Comparative analysis of power consumption between mqtt and http protocols in an iot platform designed and implemented for remote real-time monitoring of long-term cold chain transport operations [J]. Sensors, 2023, 23(10):4896.