

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2105686

基于多传感器的火灾监测及小型灭火系统研究*

柳浩 李淮江 房腊早

(淮北师范大学 物理与电子信息学院 淮北 235000)

摘要: 针对目前环境监测及追踪火源灭火的问题,提出了一种主控系统和控制实施系统共同协作的方式,对发生火灾的环境进行数据采集、传输和灭火处理。采用 STC15F2K60S2 微处理器和 STM32F103C8T6 微处理器分别作为主控系统和控制实施系统的控制核心,采用多传感器、放大电路、车轮电机驱动模块、GSM 和蓝牙无线通信模块进行数据监测处理,实现温度、烟雾、火焰和人体检测,机器小车执行避障逻辑对火源进行追踪等功能。实验证明,该系统可以有效监测环境数据以及超出阈值时进行报警,并对当前环境状况进行分析处理,实现小车搜寻火源和喷水功能,达到预期效果。

关键词: 环境监测;追踪火源;微处理器;多传感器;无线通信

中图分类号: TP212.9 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1050

Research on fire monitoring and small extinguishing system based on multi-sensor

Liu Hao Li Huaijiang Fang Lazao

(College of Physics and Electronic Information, Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China)

Abstract: In order to solve the problem of environmental monitoring and fire extinguishing, this paper proposes a cooperative mode of the master control system and the control implementation system, which can collect, transmit and extinguish the data in the environment where the fire occurs. Using STC15F2K60S2 microprocessor and STM32F103C8T6 microprocessor as the main control system and control the implementation of the system control core, using multi-sensor, amplifying circuit, wheel motor drive module, GSM and Bluetooth wireless communication module for data processing, temperature, smoke, flame and the human body detection, machine car perform obstacle avoidance logic of fire to track, and other functions. The experimental results show that the system can effectively monitor the environmental data and alarm when the threshold value is exceeded, and analyze and deal with the current environmental conditions. Realize the car search fire source and water function, to achieve the desired effect.

Keywords: environmental monitoring; fire tracking; microprocessor; multi-sensor; wireless communication

0 引言

随着科学技术的不断探索,使得工业发展迅速,社会各个层面的建设日新月异,包括电力设施的推进、电子产品的普及、煤气管道的增加等都为人们带来了便利的生活,但是在日常生活中潜藏着越来越多的火灾隐患,可能会导致社会公共安全。由于各种电力和火力的频繁使用,火灾的发生是意想不到的,用户不能及时得到监测目标环境状况的信息,也无法与内部取得联系,所以为了可以让用户及时得到目标环境信息,防止火灾的发生以及进一步蔓延,对目标环境进行及时处理是一个重要的研究课题。

然而,传统的火灾监测系统是通过简单的报警装置警示群众,发现火灾及时报警,这种方式对于控制火灾的效率非常低,不利于火灾的救援,安全性低、控制火势难度大等弊端。近年来,一些研究人员对火灾报警系统开展了深入研究。其中,赵民生^[1]通过物联网 ZigBee 无线通信技术引入报警系统,将传感器采集的数据传送至 Web 服务器;苑香平等^[2]利用单片机外置的蓝牙模块与 PC 端自带的蓝牙进行配对,传输传感器对火灾现场采集的数据,进行多通道报警;大部分系统是通过物联网技术获取目标环境信息,做到及时报警,但是不能有效解决火灾蔓延的问题。本文设计了一种通过多传感器对目标的监测系统,实现当前环境

收稿日期:2021-01-11

* 基金项目:安徽省“115”产业创新团队项目(06)资助

信息的实时监控,对室内具体环境^[3]进行准确的判断,若发现温度^[4]、气体值超标时,系统将进行报警处理,控制 GSM 通信系统及时对用户发送实时环境信息,同时检测到火焰时小车对火源进行定位搜索,发现火源并对目标进行喷水灭火处理,有效缓解了火灾事故的蔓延和对目标环境事态的掌控。

1 系统的总体设计

主控监测系统^[5]和控制实施系统分别为该系统的两个子系统。主控监测系统采用模块化的方式设计,由多传感器信号检测、微控制器处理和无线传输 3 个模块组成;主要实现对目标环境的实时监测;控制实施系统由多传感器信号辅助、微控制器处理、电机驱动和无线传输 4 个模块组成。通过移动机器^[6]主要实现对火源进行定点灭火处理。两部分的系统共同协作,实时监测环境的变化,对接收的数据进行处理之后,使系统更加完善、可靠。

1.1 主控监测系统

本系统适用以室内为主,为了满足系统硬件的稳定性和可靠性以及多数据的同时检测,系统以 STC15F2K60S2 单片机^[7]为核心分布控制外围功能模块。系统主控监测图如图 1 所示。主控监测系统主要功能是 STC15F2K60S2 作为主控芯片,分析处理 LM35 温度传感器^[8]、MQ-2 烟雾传感器^[9]、火焰传感器^[10]和热释电红外传感器^[11]采集的信号数据,并在 OLED 显示屏显示,单片机异步串行接口与 HC-05 蓝牙连接后,通过安卓手机 APP 观察实时数据;按键可以调整阈值且有紧急报警功能,采集的信号经 STC15 处理之后,判断当前环境是否超标,如果检测环境数据超标,紧急报警功能启动并且 GSM 通信系统发送短信至用户,使得用户及时得到数据信息。

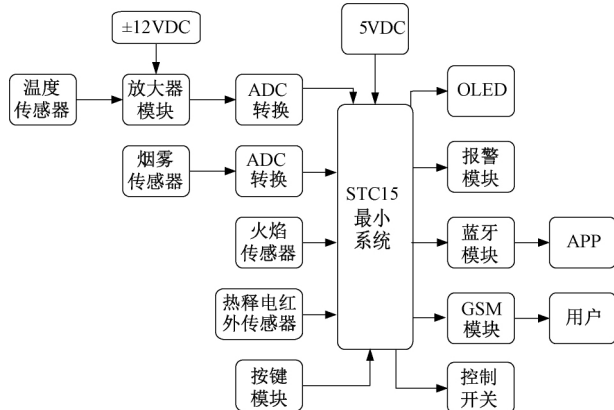


图 1 系统主控监测图

1) 微控制器与电源电路设计

STC15 单片机内部含有 8 通道的 10 位高速 ADC^[12],两组超高速异步串行通信端口 UART^[13],主要完成对传感器的 ADC 转换,以及蓝牙和全球移动通信系统 GSM 的无线传输。 $\pm 12\text{ V}$ 电源对温度传感器和放大器电路提供稳

定的电压电源,5 V 直流电源 STC15 单片机进行供电。最后使用 STC15 最小系统板自带的 3.3 V 和 5 V 接口实现蓝牙和 GSM 通信的工作电压。

2) 信号放大电路的设计

系统选用 LM35 模拟式温度传感器,在常温下 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间^[14],输出的电压信号约为 $250\sim 300\text{ mV}$,电压信号很小,难以输出有效信号,不利于对信号的采集、传输和分析,所以需要进行放大信号。通过放大电压之后的电压要在 $0\sim 5\text{ V}$ 之内,以提高 ADC 的采样精度。利用 AD620AN 放大器^[15],对该信号进行放大处理。需要采用增益电阻 R_G ,将 R_G 阻值选择为 $10\text{ k}\Omega$,放大倍数 $G = 49.4\text{ k}\Omega/R_G + 1$,增益为 5.94 倍。LM35 采用正负电源模式,在负电压端添加电阻 $240\text{ k}\Omega$,可以测得零下的温度。信号输出端使用 10 nF 的电容进行滤波处理;MQ-2 烟雾传感器为烟雾采集模块,由于输出的模拟电压比较大,因此不需要对信号进行放大,而且采集得到的数据稳定,也不需要保持采样电路;火焰传感器和热释电红外传感器都是通过数字式接口与微控制器 IO 口连接,输出高低电平,判断当前信号。

3) 按键与声光报警模块的设计

按键模块使用 4 个按键来控制整个系统,其中连接 MCU 的 P2.0 为“set”键,P2.1 是“+”键,P2.2 是“-”键,这 3 个按键是对温度和烟雾的阈值设定,P2.3 按键设置为紧急报警按钮,当火灾被及时发现时,人为需按下紧急按钮,可以快速地控制火情。MCU 正常工作模式下 I/O 口的电流约为 5 mA 左右,对于采用直流电压供电的 5 V 有源蜂鸣器来说,达不到它的工作电流,以至于单片机的 I/O 不可以驱动蜂鸣器,因此该电路使用 PNP 型三极管 9012 来对有源蜂鸣器的电流起放大的作用。将红色的 LED 灯与限流电阻串联起来并与有源蜂鸣器并联,起到了保护电路的作用。

4) 显示模块与用户上位机的设计

OLED 显示屏的 SDA 和 SCL 端口与微控制器连接,传感器采集的模拟信号和数字信号分别通过 MCU 自带的 A/D 转换和判断高低电平处理之后,在 OLED 显示各个传感器的数据。单片机与蓝牙 HC-05 进行通信时,蓝牙的 TXD 引脚与单片机的 RXD 引脚连接,RXD 引脚与单片机的 TXD 引脚连接,蓝牙模块的 STATE 引脚和 KEY 引脚可以保持悬空状态,实现与 APP 的数据传送。GSM 通信的模块是 SIM900A^[16],可以发送短信、数据接收等多种形式,该模块 5VRXD 和 5VTXD 与微控制器 RXD 和 TXD 交叉互联,用 AT 指令集预先设置通信人员的号码,通过微控制器处理发送相应的 AT 指令至 SIM900A,实现不同的短信内容。

1.2 控制实施系统

控制实施系统采用 STM32F103C8T6 微控制器^[17]为核心,通过程序控制分析各个传感器采集信号的数据,进行

定位、寻迹、喷水等功能。控制实施系统的总体架构如图2所示。

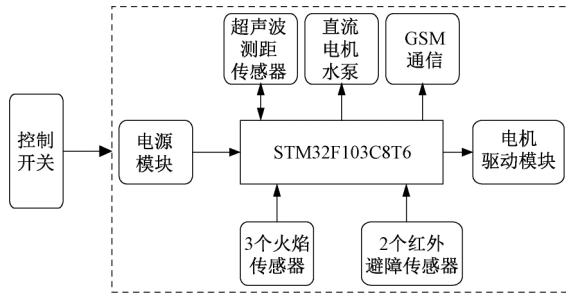


图2 控制实施系统总体架构

该系统包括微控制器 STM32 及其最小系统、控制开关、电源、电机驱动、多传感器监测模块和 GSM 移动通信组成。微控制器主要功能是与主控监测系统之间的交互，主控监测系统检测到数据异常及有火焰信号时，控制开关启动，控制实施系统开始响应；各个传感器采集数据、电机运转和地面机器小车^[18]走向通过微控制器控制对火源进行定位，同时直流电机水泵进行喷水；感知单元主要是火焰传感器、红外避障传感器和超声波测距传感器组成。GSM 模块主要是为了发送当前灭火实时情况。

硬件电路的组成包括 STM32F103C8T6 单片机最小系统、开关按键、电源模块、火焰传感器、红外避障传感器、超声波测距模块、直流电机马达水泵和电机驱动。本文电源模块使用 12 V 的锂电池，通过两个固定版 AMS1117-5.0 稳压器芯片将 12 V 转换为 5VDC 电源，分别为 STM32 最小系统、超声波测距模块、直流电机马达水泵、电机驱动和 GSM 模块供电，GSM 模块通过外围添加至系统中；最小系统板用 AMS1117-3.3 稳压器将 5 V 转换为 3.3VDC 电源，分别为火焰传感器和红外避障传感器供电。火焰传感器和红外避障传感器通过数字式接口与单片机 IO 口连接，只接收高低电平，超声波测距模块的控制端和接收端接收微控制器发出的信号，进行数据处理分析。通过 NPN 型三极管对直流电机马达水泵进行驱动，达到喷水的目的；L293D 电机驱动器^[19]两桥分别与微控制器连接，主要驱动小车两路的直流电机，控制电机的运转情况。

2 软件设计

2.1 主控系统软件设计

主控系统流程如图3所示。主控系统主要是对目标环境变量的监测，实时上传数据，并对数据进行分析处理。首先对串口、ADC 和 OLED 显示初始化；然后进入循环，判断按键是否按下，按键触发进行按键设置处理，分别设置温度和烟雾的阈值以及紧急报警；更新传感器数据，计算温度和烟雾的数值，通过 OLED 显示数据；微控制器发送 AT 指令，蓝牙传输数据；如果数据超过设定阈值，报警装置启动，发送短信给用户，以及控制开关打开。

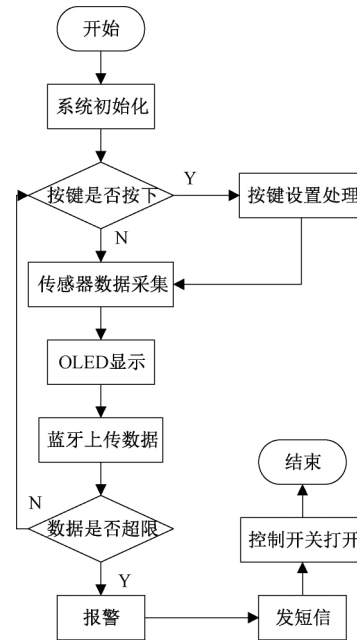


图3 主控系统流程

2.2 控制实施系统软件设计

控制实施系统软件设计流程如图4所示。首先使小车和水泵初始化，火焰传感器和避障传感器开始数据更新任务，进入小车状态机程序，控制开关是否开启，如果开启，执行避障逻辑程序，小车开始前进、左转、右转，避障传感器分为两个，哪个方向有障碍物，就往另外一方向转，再判断是否有火，如果有火，调整车的位置，使车的正中间对准火焰，并获得火焰的距离，自动调整喷射距离，直到把火焰喷灭，发送短信通知用户。

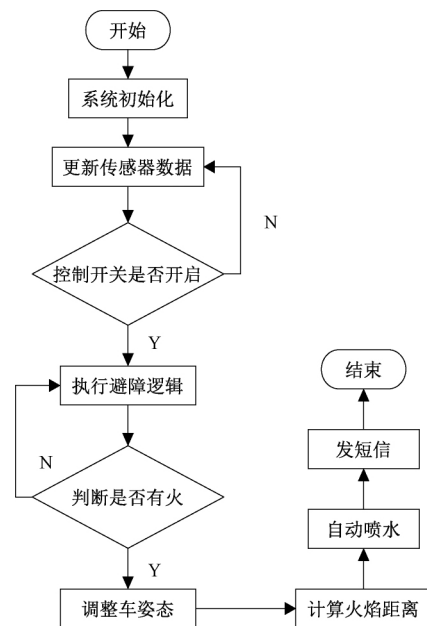


图4 控制实施系统软件设计流程

3 系统测试及分析

为了验证此次设计的可靠性和实用性,使得该系统测量的数据更加可靠,实验选用 5 m×5 m×10 m 的房间里进行测试,由于整个系统适用于特殊场合(不能在露天情况下使用),可以放在易于燃气泄露或者着火的地方。本次实验主要测量火焰有无情况,通过模拟火情发生的情况,对系统进行不同程度的测试。首先测得火焰,然后进行报警,之后小车启动,寻找火源,进行喷水。主控监测系统主要监测室内环境状况,实验监测过程实物图如图 5 所示,打开监测系统,通过监测数据显示屋内数据正常,OLED 显示屏显示数据如图 6 所示。

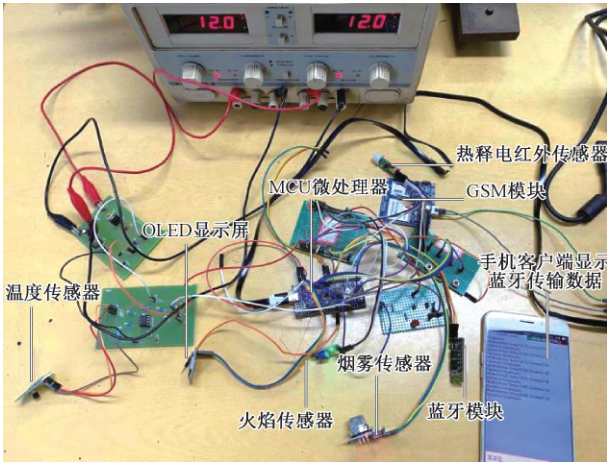


图 5 实验监测过程实物图

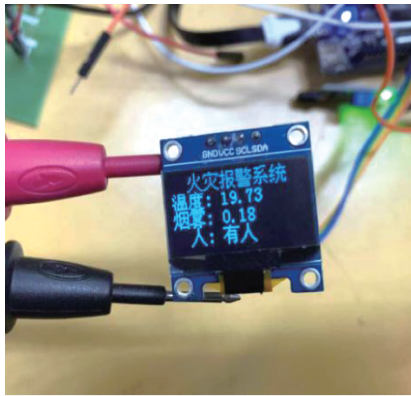


图 6 OLED 显示屏显示数据

打开手机蓝牙串口 APP,连接提前配置的蓝牙设备“LIUHAO”,手机蓝牙串口实时接收微处理器发送的数据,蓝牙上位机显示数据如图 7 所示。

接下来使用火源在火焰传感器可测得的范围之内,以此促使火焰传感器测得信号,主控系统发出警报,控制开关启动,小车执行避障逻辑,喷水装置启动,控制实施系统实验过程如图 8 所示,如果水源供给不足,同时主控系统和控制实施系统 GSM 模块向用户发送短信如图 9 所示。



图 7 蓝牙上位机显示数据

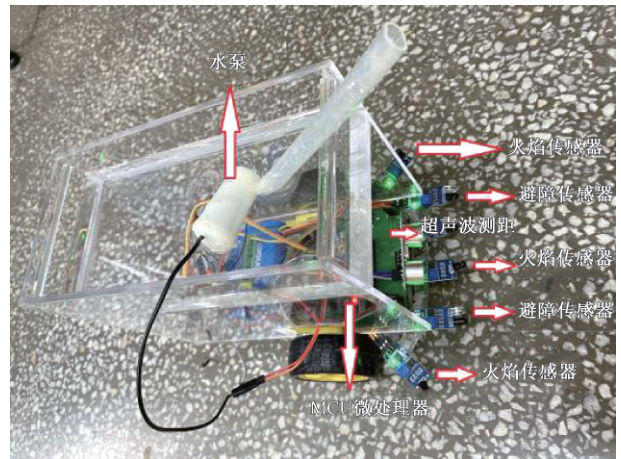


图 8 控制实施系统实物图



(a) 主控系统短信 (b) 控制实施系统短信

图 9 发送短信图

为了验证控制实施系统是否可以完成对火焰的搜索和喷水功能,在火焰传感器监控范围内放置不同方向的火源,使机器小车在执行避障程序的过程中,通过火焰传感器来搜寻火焰,当传感器检测到火焰信号时,超声波测距装置启动,机器小车进行姿态调整,将喷水口对准火焰,进行喷水处理。经过多次的实验,小车对火源追踪和喷水系统的准确度统计如表 1 所示,从表中得知控制实施系统可以完成搜寻火焰和喷水系统自动启动功能。利用主控系统和控制实施系统协同工作可以有效防止火灾的发生和缓解火灾的

进一步蔓延,具有很好的使用价值。

表1 测试小车对火源追踪和喷水系统的准确度统计

方向	正确次数	误测次数	误判率/%
正前方	10	0	0
左前方	10	0	0
右前方	10	0	0

4 结 论

本文设计了适合特殊场合(封闭区域)的火灾监测预防系统,该系统以主控监测系统 STC15F2K60S2 和控制实施系统 STM32F103C8T6 微处理器为核心,针对多功能应用和模块化的硬件结构实现了多传感器环境监测以及对火源的定位,利用蓝牙和 GSM 无线通信技术完成数据传输等功能。结果表明,传感器实时采集的数据准确,可靠,有利于对火情的掌控,并及时做到相应的处理。后续的工作将继续研究通过机械臂抓取灭火器进行灭火,选择更好的驱动系统对发生火源的地方进行追踪处理。

参考文献

- [1] 赵民生. 基于物联网 ZigBee 技术的消防报警系统的设计与研究[J]. 今日消防, 2021, 6(1): 39-41.
- [2] 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.
- [3] 王爽, 郭颖, 李娜, 等. 嵌入式智能家居管理系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2019, 38(4): 149-153.
- [4] 朱银龙, 华超, 宋爱国, 等. 基于 LabVIEW 与单片机的温度采集监控系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2019, 27(12): 93-96, 101.
- [5] 宋佳, 王艳丽, 吕海翠. 基于电力载波技术的粮仓温度监测系统[J]. 电子测量技术, 2020, 43(21): 173-176.
- [6] 张琪, 宋爱国. 基于 Android 的小型移动机器人远程控制系统设计[J]. 电子测量技术, 2017, 40(12): 33-37.
- [7] 徐伟, 田会峰, 常徐. 基于飞行器的环境监测系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2019(5): 7-9, 14.
- [8] 全斐. 基于 MSP430g2553 的多路温度巡检系统[J]. 中国仪器仪表, 2020(3): 56-61.
- [9] 董贺鹏, 吴坤, 王圳, 等. 基于 SIM800 和 STC89C52 的智能报警系统设计[J]. 物联网技术, 2020, 10(5): 35-37, 42.
- [10] 颜杰, 秦飞舟, 袁延. 基于 STM32 的智能灭火小车设计[J]. 电子测量技术, 2019, 42(7): 89-93.
- [11] 施利明, 曹永刚, 王月兵, 等. 基于热释电传感器的聚焦超声场声功率测量方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2019, 40(11): 32-39.
- [12] 杨峰, 胡彬, 罗青青. STC 单片机 AD 转换及 EEPROM 使用[J]. 数字技术与应用, 2011(9): 169-171.
- [13] 王云坤, 桑忠启, 王旭, 等. STC 单片机 UART 通信波特率误差容忍范围研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2020, 20(12): 15-18, 22.
- [14] CHIN V S, TEO P G, IBRAHIM M Z M, et al. Development of low-cost temperature sensing fan using mapping method on arduino uno and LM35 temperature sensor [J]. Technical Journal of Electrical Electronic Engineering and Technology, 2019, 3(2): 1-12.
- [15] 吴绒绒. 一种可穿戴心电检测的高阻抗前端研究[D]. 南京: 南京大学, 2019.
- [16] 姚钢, 李泽彬, 黄奇, 等. 基于物联网技术的智能家居安防系统设计[J]. 物联网技术, 2020, 10(7): 79-81, 84.
- [17] 张建民, 陈业成, 李焯, 等. 基于手势识别的远程写字系统[J]. 自动化与仪器仪表, 2020(7): 105-107.
- [18] 储开斌, 郭俊俊. 智能车运动轨迹跟踪算法的研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2020, 34(6): 131-137.
- [19] 张翠云. 基于单片机的无线遥控小车设计与实现[J]. 机电工程技术, 2020, 49(7): 184-186.

作者简介

柳浩, 硕士研究生, 主要研究方向为智能传感器。

E-mail: 820269034@qq.com

李淮江(通信作者), 教授级高级工程师, 硕士生导师, 淮北师范大学传感器研究所所长, 主要研究方向为智能传感器。

E-mail: msylhj@sina.com