

基于模糊控制的智能火灾报警系统*

贾云辉 邱 杨 谢富华 彭 晶 何 宏

(天津理工大学电气电子工程学院天津市复杂系统控制理论及应用重点实验室 天津 300384)

摘 要:针对火灾频繁发生问题,设计了一款能实现温度及烟雾浓度检测的智能火灾报警系统。该系统以 MQ-2 烟雾传感器、DHT11 温度传感器和 FIGARO TGS 813 传感器为火灾探测器,STM32F103ZET6 为控制系统核心,应用模糊控制理论提高了系统的精度,同时减少了误报率,实现火灾自动声光报警并通过无线 Wi-Fi 传输数据,由 GSM 远程通信发送报警信息至手机用户端。经过反复实验测试基于模糊控制的智能火灾报警系统具有较强的实用性,适用范围广,适用于智能家居的安防系统。

关键词:模糊控制; Wi-Fi 通信; 智能火灾报警

中图分类号: TP272 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Fire alarm system based on fuzzy control

Jia Yunhui Qiu Yang Xie Fuhua Peng Jing He Hong

(School of Electrical and Electronic Engineering, Tianjin Key Laboratory of Complex System Control Theory and Application, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)

Abstract: A view of the frequent occurrence of fire, this paper designed an intelligent fire alarm system to realize temperature and smoke concentration detection. The fire detectors are MQ-2 smoke sensor, DHT11 temperature sensor and FIGARO TGS 813 sensor and core control is STM32F103ZET6 in this system. The fuzzy control theory is used to improve the accuracy of the system and reduce the false alarm rate. Through the wireless Wi-Fi transmit data, and send alarm information to the mobile phone client by GSM remote communication. After the test, the system, with strong practical, wide range of applications, suitable for security system of smart home.

Keywords: fuzzy control theory; Wi-Fi network; intelligent fire alarm

0 引 言

科技不断进步,现代化楼宇建设更是复杂化、高层化,火灾频繁发生,智能火灾报警系统的优化迫在眉睫^[1]。要求智能火灾报警系统对火灾的提前报警预测,保证人身安全与财产不受损失具有重要的现实意义。目前,智能火灾报警系统用途广,但是也存在很多问题和不足,智能火灾报警系统的误报率问题就是其中之一。

针对火灾报警系统的误报率问题,本文的智能火灾控制系统是基于模糊控制理论,可以自我调整各火灾探测器的权重系数,以此使火灾控制系统更加智能化^[2]。同时选用 STM32 F103ZET6 单片机为控制核心,对温度传感器、烟雾传感器与 FIGARO TGS 813 传感器采集到的测试样

本环境信息与期望输出的结果进行比较判断,从而判断火灾发生情况,实验数据表明基于模糊控制的智能火灾报警系统具有较强的实用性。

1 系统总体设计

根据多传感器数据融合的结构特点,本文的火灾报警系统分为 3 层融合结构,信息层、特征层和决策层^[3]。信息层:利用火灾探测器对火灾现场的环境因素进行数据采集,并进行整合,预处理然后传给特征层;特征层:对来自信息层的火灾数据进行整合处理,通过模糊规则推出火灾发生的概率,大致分为 4 种情况(无、小、中、大);决策层:主要是对来自特征层的 4 种等级做出决策性判定,最后给出火灾的结果,传送给用户并作出报警。系统的结构如图 1 所示。

收稿日期:2017-06

* 基金项目:天津市科技支撑重大科技工程专项基金(14ZCDGSF00028)、国家级大学生创新创业训练计划(201610060075)项目资助

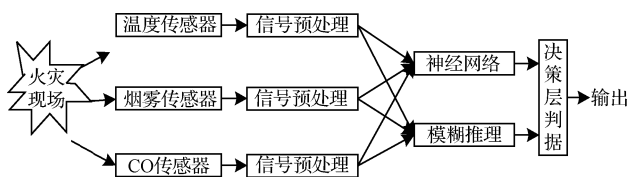


图1 系统总体结构框图

2 多传感器数据融合

根据系统总体结构框图可知,该系统采用多传感器数据融合技术,针对火灾发生时伴随烟雾、高温、CO气体、发光等现象,本文利用 DHT11 温度传感器、MQ-2 烟雾传感器和 FIGARO TGS 813 传感器分别检测温度、烟雾、CO 等信息,并在模糊规则下进行数据的整合,提高系统的可靠程度,在一定程度上减少误报率^[4]。

2.1 DHT11 温度传感器

DHT11 是一种复合式传感器,可以同时探测温度与湿度,内部分别有 NTC 温度元件和电阻测湿元件,该传感器可在恶劣环境下工作,抗干扰能力强^[5-6]。DHT11 输出的是数字信号,可直接传至单片机处理。DHT11 可测量 0~50℃ 温度范围,同时使用寿命较长,可以满足火灾探测的需求。图 2 所示为 DHT11 温度传感器。

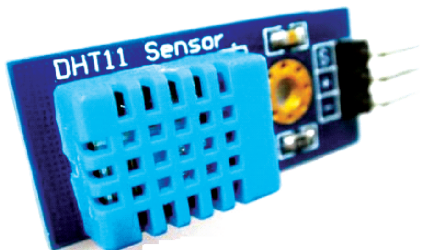


图2 DHT11 实物

2.2 MQ-2 烟雾传感器

在对该传感器的选择上相当注重产品在实际使用中的效果。所以本系统选用 MQ-2 烟雾传感器,这款烟雾传感器不但便宜,能够在市面上很好地推广,而且在检测过程中的实际效果也比较理想。其工作原理如式(1)所示:

$$U_{\text{输出}} = (R_1/R_1 + R_s) * V_c \quad (1)$$

式中: V_c 即电源电压, R_1 是芯片内固定阻值, U 输出是 MQ-2 输出端电压, R_s 是传感器电阻,随着气体浓度变化,自身导电率也随之变化,进而影响 MQ-2 的输出电压。MQ-2 传感器(如图 3 所示)输出模拟电压信号,使用时需连接到控制器 AD 转换端口,经转换成数字信号后方可处理^[7]。

2.3 CO 浓度传感器

用旁热式日本 FIGARO TGS 813 型传感器(如图 4 所示),半导体材料,属于气敏型传感器,因为 CO 气体可轻松的干扰半导体微结晶粒子的导电能力,所以用 FIGARO TGS 813 型气敏元件来校验 CO 的浓度^[8]。



图3 MQ-2 传感器实物



图4 费加罗气体传感器

3 模糊控制算法

独立情况下的模糊控制和神经网络各自有不同的优点和缺点。模糊控制技术的主要核心在于规则,通常情况下规则是专家经验、理论知识和科研成果的表达;神经网络核心是所有参数的权值大小,它的知识表达是隐晦的,通过权值的侧重点来侧面突出参数在实际中的影响^[9]。基于二者的利弊发现,一般情况下火灾报警系统仅仅通过模糊控制就能很好的达到预期效果,所以选用模糊规则控制火灾报警系统。

3.1 模糊语言规则

火灾发生时会产生大量烟雾,环境温度升高,同时伴有高浓度的 CO 气体,故此本系统将烟雾、温度、CO 浓度作为本次模糊控制的模糊变量。分别记为:

$$\begin{cases} T: \text{温度} \\ S: \text{烟雾} \\ L: \text{CO} \end{cases}$$

其中各参数的模糊子集{NP,PB,PM,PS},分别为:

$$\begin{cases} \text{NP: 可能性为零} \\ \text{PS: 可能性很小} \\ \text{PM: 可能性适中} \\ \text{PB: 可能性很大} \end{cases}$$

论域的设定可根据习惯设定,本文设定为[0,100]。然后选择隶属函数,它可以选择 trimf 函数、Gaussian 函数 Bar-shape 函数,但是三者火灾报警系统模糊控制中所

显示差别不大,故此选用 Trimf 函数,Trimf 隶属函数的公式为 $u(x)^{[10-11]}$,三角形函数图如图 5 所示。

$$u(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ \frac{x-c}{b-c}, & b < x < c \end{cases} \quad (1)$$

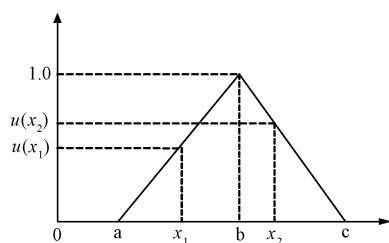


图 5 三角形隶属函数

火灾报警系统有 CO、温度、烟雾 3 种传感器的输入信号,但三者均使用三角形隶属函数,所以只例举温度信号的隶属函数,如图 6 所示。

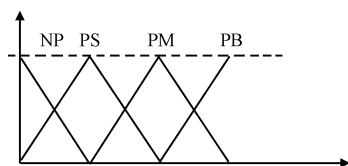


图 6 温度信号的隶属函数

通过大量的实验总结和专家经验得出一般环境下的模糊语言控制规则,一共 64 条。列举一条规则:if(CO is PB)and(温度 is PB)and(烟雾 is PB)then(火情 is PB)。该规则中的权重系数比例大小为:温度 $T >$ 烟雾 $S >$ 光亮^[12-13]。部分规则如图 7 所示。

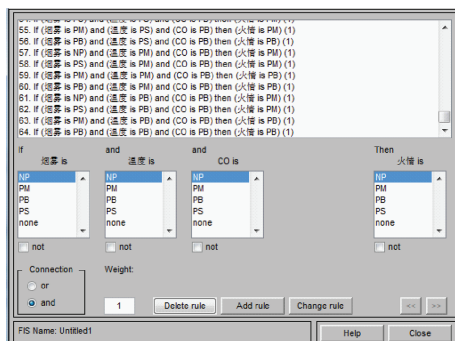


图 7 模糊语言控制规则

3.2 MATLAB 仿真

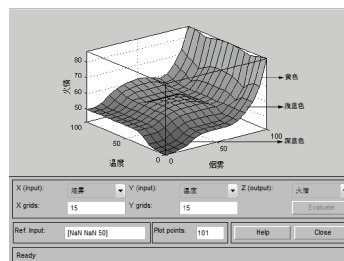
仿真步骤^[14-15]为:

- 1) Command 命令窗口 → fuzzy → ERTER 键 → SFI 编辑界面;
- 2) 设计输入输出变量参数,编辑隶属函数为 trimf 函数;
- 3) 双击 FLS 编辑器中间图标进入规则编辑器,将上

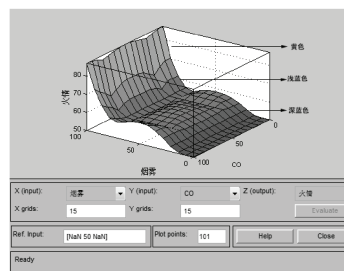
述规则添加到其中;

4) View → rules, surface, 对比仿真概率图。

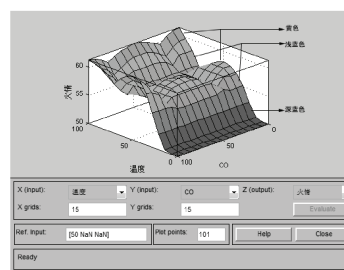
火灾概率分布如图 8 所示。



(a) 温度、烟雾信号的火灾概率分布



(b) CO、烟雾信号的火灾概率分布



(c) 温度、CO信号的火灾概率分布

图 8 火灾概率

由图 8 可以看出图中颜色深沉的区域,火灾发生概率很大;颜色适中区域表示发生火灾概率适中,而浅颜色区域表示发生火灾的概率最小。同时火灾概率图表面平滑,表明 64 条规则设计正确,经过大量的实践也证明了该系统在不同的环境,不同的气候都可以很好做出正确的判断,充分显示了火灾系统的准确性以及合理性。

4 系统的软件实现

系统的软件设计包括两部分:系统控制器信息采集报警部分及上位机人机交互部分。

4.1 系统控制器程序设计

该程序主要采用了自检模式,不断采集环境数据通过模糊规则进行判断。首先将传感器采集到的数据传输给单片机,单片机将接收到的环境数据通过模糊神经网络推理整合数据与提前设定的环境报警阈值进行比较判断,确定是否环境有异常,并发出相应的报警信号。智能火灾报警系统主程序流程如图 9 所示。

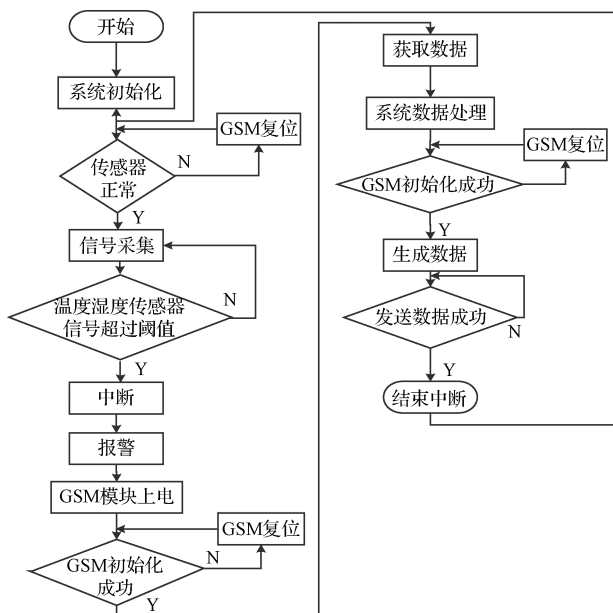


图9 程序流程

设置当环境温度 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 时,认为温度异常,设置寄存器变量 a 为 1,否则为 0;当 CO 浓度 ≥ 30 ppm 时,认为烟雾异常,设置寄存器变量 b 为 1,否则为 0。两者均为 0 时表示环境状况正常;其中至少有一个为 1 时,表示环境异常,此时 STM32 主控芯片控制火灾报警器发出报警信号,同时控制指示灯闪烁。

4.2 上位机人机交互

当智能火灾报警系统检测到环境异常,说明已经有火灾发生,此时主控制器通过 Wi-Fi 通信模块与 PC 机进行通信,告知火灾的发生。

应用网络串口调试助手连接 PC 机,其 PC 机与 Wi-Fi 通信调试过程如图 10 所示,模块发送数据“基于 STM32 的智能火灾报警系统”,PC 机加入该网络,接收到数据;PC 机发送数据“天津理工大学”,模块接收数据。证明该系统可实现无线通信。

4.3 系统测试与分析

为了验证系统的有效性和可信度,取 8 组实验样本进行测试,系统测试结果如表 1 所示。

表 1 系统测试结果

序号	测试样本			期望输出结果				系统判断结果
	环境温度/ $^{\circ}\text{C}$	烟雾浓度/ppm	CO 浓度/ppm	大火	中火	小火	无火	
1	55	188	125	0.75	0.12	0.08	0.05	大火
2	60	130	103	0.7	0.15	0.1	0.05	大火
3	45	90	70	0.75	0.13	0.07	0.05	大火
4	20	50	68	0.3	0.50	0.15	0.05	中火
5	20	70	42	0.3	0.20	0.45	0.05	小火
6	20	31	43	0.3	0.25	0.35	0.1	小火
7	25	42	20	0.1	0.08	0.12	0.7	无火
8	30	10	20	0.1	0.1	0.1	0.7	无火

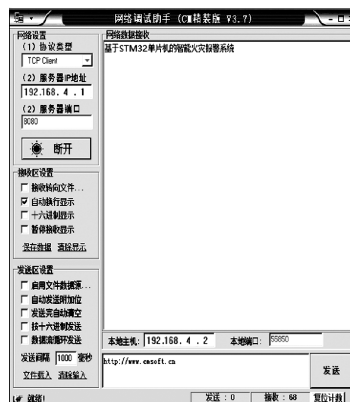
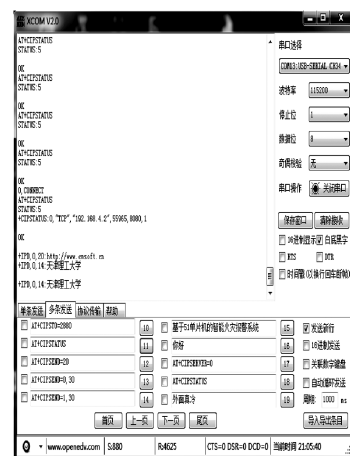


图10 人机交互界面

由表1可知,系统期望输出的结果和判断的结果相吻合,充分说明基于模糊控制的智能火灾报警系统可以准确区分火灾发生的4种情况。同时也显示该系统能够在火灾早期,做出准确的判断,并且做出警报,对不同的火灾都具有很高的灵敏度,达到了降低误报率的目的。

5 结 论

本文设计的基于模糊控制的智能火灾报警系统,以多数据融合技术火灾现场进行探测,应用模糊控制理论提高了系统的精度,同时减少了误报率,经测试该系统具有较强的实用性,可以推广使用,适用于智能家居的安防系统。

参 考 文 献

- [1] 郭冰陶,刘珊,刘强,等.基于多传感器数据融合的智能火灾监控系统设计[J].自动化与仪表,2016,31(2):29-32.
- [2] 邓亚超,陈彪.模糊神经网络在火灾探测系统中的应用[J].安防科技,2012(3):40-42,60.
- [3] 陈雷,杨丽娟.基于可信度的多传感器火灾报警系统的设计与仿真[J].国外电子测量技术,2016,35(4):67-70.
- [4] 楼天良,项新建.多传感器火灾集成监测中复合推理方法研究[J].仪器仪表学报,2002,23(增刊1):22-23,26.
- [5] 董早鹏,刘涛,万磊,等.基于Takagi-Sugeno模糊神经网络的欠驱动无人艇直线航迹跟踪控制[J].仪器仪表学报,2015,36(4):863-870.
- [6] 江云亮,梁高卫.基于STC12C5A60S2单片机的智能烟雾报警系统设计[J].电子世界,2017(9):99.
- [7] 张群强,赵巧妮.基于MQ-2型传感器火灾报警系统的设计[J].价值工程,2015,34(13):96-98.
- [8] 杨卫东,邓冠群,张国平,等.基于STM32单片机的库房安全远程控制系统[J].电子测量技术,2015,38(8):94-98.
- [9] BHARATHKUMAR V, IRSHAD S M, GOWTHAM S, et al. Microcontroller based digital meter with alert system using GSM[C]. IEEE International Conference on Intelligent Systems and Control, 2017:444-448.
- [10] 杨哈.基于模糊神经网络的智能火灾探测系统研究[D].北京:北京化工大学,2010.
- [11] 李艳艳.新型烟雾探测系统[J].消防科学与技术,2013,32(5):502.
- [12] SOUKUP R, BLECHA T, HAMACEK A, et al. Smart textile-based protective system for firefighters[C]. Electronics System-Integration Technology Conference, 2014:1-5.
- [13] 王锡淮,肖健梅,鲍敏中.模糊神经网络和遗传算法结合的船舶火灾探测[J].仪器仪表学报,2001,22(3):312-314.
- [14] 李秀娟,于力.基于MATLAB模糊控制器设计和仿真[J].电子测量技术,2004,27(3):22-23.
- [15] 陈学军,杨永明.一种基于双波段红外视频火灾探测器的研制[J].电子测量与仪器学报,2016,30(3):473-479.

作 者 简 介

贾云辉,1993年出生,在读研究生,主要研究方向为测试技术与自动化。

E-mail:734349984@qq.com

何宏(通信作者),1960年出生,教授,硕士生导师,主要研究方向为检测技术与自动化装置、电子信息处理。

E-mail:heho604300@126.com