

融合多传感器数据的智能火灾预警系统设计研究

李明洋

(北京盛世长远科技有限公司, 北京 100044)

摘要 随着建筑智能化水平不断提升, 智能化火灾预警系统应运而生。火灾预警系统是保证火灾获得可靠应急救援的重要依据, 因此, 为保证系统预警更加准确、可靠、及时, 本文结合多传感器数据融合、通信和智能化等技术, 融合温度传感器、烟雾报警器、火焰传感器采集的数据, 将多传感器数据进行聚类, 设计智能火灾预警系统, 对系统进行测试。结果表明, 基于多传感器数据融合的火灾预警系统对火灾预警准确率更高, 可为智慧消防的研究和实践奠定基础。

关键词 多传感器数据; 智能火灾预警系统设计; 软件设计; 系统实验测试

中图分类号: TP21; TP27

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.011.009

0 引言

为保证人民的生命财产安全, 要高度重视火灾监测, 将损失控制在最小范围。传统的火灾预警系统虽然可以检测火灾发生, 但灵敏度比较低, 易出现误报情况, 很难满足现代化消防安全需求。因此, 开发先进的火灾预警系统, 提高系统灵敏度, 降低误报率很有必要。随着传感技术、通信技术、智能化技术的迅速发展, 多传感器数据融合技术的应用范围日益扩大。在火灾预警系统中应用计算机技术可实现多传感器数据的观测与分析, 有效克服单一传感器的局限性, 提高火灾预警系统的可靠性。

1 火灾预警研究现状

在火灾预警研究方面, 许多学者侧重单一传感器的设置与应用。例如: 叶佩等(2023)提出应用光电传感器装置对火灾烟雾浓度进行检测, 达到火灾预警目的^[1]; 胡其志等(2020)将分布式光纤温度传感系统作为基础, 提出将视频火灾监控与消防联动控制相结合, 构建一种新型隧道火灾监测与报警系统^[2]。随着时间推移, 火灾预警系统在运行过程中出现的问题不容忽视, 例如: 系统独立性较强, 融合不足。为了解决这一类问题, 许多学者开始侧重研究多传感器数据在火灾监控系统中的应用。张军等(2024)基于STM32, 设计一款数据采集和火灾预警系统, 利用传感器检测的温度、湿度等数据, 建立操作的概率函数, 利用Jousseline距离对数据进行预处理, 最后采用D-S证据理论将多元判别信息进行融合, 研究结果表明, 这一系统整体更加稳定、准确^[3]。尹铁凤等(2024)采用多传感器融合技术设计一种火灾

预警系统, 可有效提升系统的安全性和可靠性^[4]。刘阔等(2024)以多传感器信息融合为基础, 设计一种火灾探测和自动化预警系统, 测试结果显示, 系统可完成多传感器数据融合, 获取更加可靠、全面的数据, 火灾判断与识别准确率提升^[5]。

基于国内学者的研究, 本文基于多传感器数据、通信、人工智能等技术, 设计一种智能火灾预警系统, 旨在提高系统预警准确性和及时性, 保证火灾得到准确识别, 保证人民的生命财产安全。

2 数据融合方法

实现多传感器数据融合的关键在于运用多传感器数据资源, 通过中央处理器对数据进行分析和处理。具体而言, 多传感器数据融合包含步骤较多, 其中, 数据融合依托融合算法对不同传感器数据进行合成处理, 获得对该目标的一致性解释。在多传感器数据融合中, 这一步骤是核心, 需将多个传感器数据进行处理, 从而获得更加准确、全面的信息。

数据融合方法较多, 如加权平均法、卡尔曼滤波、贝叶斯估计、神经网络等。其中, 自适应加权融合估计算法只需利用传感器提供的数据即可获得均方误差最小的数据融合值, 在火灾预警系统中有广泛的应用空间。

3 多传感器数据的智能火灾预警系统设计思路

3.1 火灾预警系统设计

3.1.1 感知层

在感知层中设置多种传感器, 如温度传感器、烟雾传感器等。各传感器互相配合, 信息高度融合, 使

工作人员及时了解环境情况，做出相应决策。

3.1.2 数据处理层

对数据处理层进行设计时，需明确其主要功能是对数据进行识别、处理和传输。通过多传感器数据融合，并将数据进行处理，对火灾特征进行初步识别，再将相关信息传输到决策层。

3.1.3 决策层

决策层接收处理后的数据后，采用地理信息系统、人工智能、大数据、云服务器等先进的技术手段对数据进行高效计算和处理，再将处理结果划分不同级别，最后由决策层输出数据，管理人员和现场人员会根据传输的信号迅速做出决策，及时处理。

3.2 通信技术与多传感器数据融合

3.2.1 LoRa 物联网通信系统

物联网可将物体与物体进行连接，使其彼此实现智能化感知与识别。物联网在许多领域中多有应用，将这一技术与火灾预警系统相结合，可以充分发挥其优势，将分散的传感器进行连接，打造全自动、智能化系统。LoRa 全称 Long Range Radio，中文是远距离无线电。在相同功耗下，与其他无线传播方式相比，LoRa 技术支持传输更远距离，既可以实现低功耗，又可以开展远距离传输。同时，在 LoRa 条件下，用户可以构建私有通信网络，无需向电商运营商缴纳费用，成本较低。因此，在火灾预警系统设计中，可采用 LoRa 技术连接分散的传感器。

3.2.2 多传感器数据融合处理技术

传统火灾预警系统主要利用火灾探测器对环境中的明火、烟气等信息进行探测，再将信息传输到管理中心。这些探测器彼此独立，一旦某一探测器出现故障，就会影响数据的可靠性，同时，一旦发生火灾，探测器可能受到其他因素影响，无法实现对数据的准确、高效采集。因此，采用多种传感器对环境数据进行采集，构建数据融合系统很有必要。然而，传统的多传感器融合检测精度有待提升，涉及庞大的数据量，对计算能力提出严格要求。因此，在本系统中，采用先进的多传感器数据融合技术将各传感器数据进行有效融合处理，在不同环境下，不同传感器会对相应数据进行采集，中间站对传感器采集的数据进行预处理，提高数据质量，再开展局部融合，从而获得更加准确的结果；融合完毕后，融合中心会接收到处理后的数据，对数据进行全面融合，利用复杂算法和模型获得最终的融合值，为后续决策提供参考依据。将各类传感器数据进行有效融合和处理后，系统对火情的识别准确性和灵敏度大大提升。

3.2.3 智能火灾预警硬件设计

出现火灾险情后，传感器与烟雾传感器会对现场的温度、烟雾等数据进行自动化采集，将其转化为电信号，利用放大电路对转化后的信号进行处理，最终信号会转化为数字化形式，主控制器接收到数字信号后，将数据与报警阈值进行对比，一旦数据超出与之范围，系统会在第一时间发出警报，报警信息会显示在 LED 液晶显示屏之上。系统主要硬件设备如下。

3.2.4 单片机

本系统设计中选择 STC89C51 单片机。该单片机性能很高，拥有 8 位处理器、8051 内核，同时，用户可在不拆卸设备情况下，利用特定接口进行编程，方便用户及时更新程序，使用方便，且功能多样化，扩展能力良好。该款单片机存储高达到 8 千字节的程序代码，允许开发者编写更复杂的程序；拥有 EEPROM 存储功能，允许用户及时将重要参数进行保存，即使断电也不影响数据保存；拥有 512 字节的 RAM 空间，程序运行期间，开发者可利用这部分内存存储部分临时数据。该款单片机的时钟频率最高达到 80 MHz，这意味着其处理速度更快，计算能力更强，可满足对时序要求高的场合需求，高效完成任务。在本系统设计中，该款单片机十分适合。

在本火灾预警系统中，信息采集模块可以及时接收传感器的模拟信号，将其转化为数字信号以供单片机处理，补充单片机模拟输入端子不足的问题；单片机可使用 i2c 接口准确接收和分析数据，并根据预设逻辑，对数据进行运算和处理，处理完毕后会生成相应输出数据。单片机可对蜂鸣器进行控制，产生报警声音，并对显示屏进行控制，通过显示屏显示报警信息，同时单片机需同步监测按键输入，作为调整系统参数的方式。

3.2.5 传感器

在本火灾预警系统中涉及的传感器有温度传感器、烟雾传感器、火焰传感器。随着温度升高，部分材料会散发有害气体，伴随气体浓度不断升高，传感材料的电阻阻值会随之降低，此时可采用 IM1253B 电流电压检测计模块对气体传感材料的电压和电流进行采集，然后进行计算，获得传感材料阻值，及时记录，并对相关数据进行收集，为后续操作提供参考依据。

(1) 温度传感器。本系统中，使用 LM-PT100 温度传感器，灵敏度较高，运行稳定。(2) 烟雾报警器。火灾报警系统中的烟雾传感器包含两种：一是光电；二是离子感烟。在本系统探测部分使用 MQ-2 型烟雾探测器，灵敏度较高，运行稳定，成本较低。当烟雾传感器

检测到可燃气体时，随着气体浓度变化，传感器的电导率会发生改变，当电导率增大，输出电阻会下降，输出模拟信号也会随之降低。（3）火焰传感器。火焰传感器有两种：一是远红外；二是紫外。两种传感器有相似的工作原理，但火焰检测波长存在一定差异。本系统采用红外火焰传感器，保证火焰与火源信息得到有效感知与采集。因此，系统可利用传感器的检测结果，将相关信息以字符的方式显示在显示屏之上。

3.3 电源

本系统使用基于ASM1117芯片的电源电路。ASM1117是一种线性稳压器，可对输入电压进行降低处理，使其处于较低状态，输入电源滤波可将电源中的噪声等元素去除，保证电源信号稳定，电路具有稳定电路的功能，减少电压波动，保证电源稳定。

3.4 LCD1602 液晶显示屏

LCD1602 液晶显示屏具有较低功能消耗，体积小巧，可以用于显示字幕、数字或特殊字符。该显示屏可以在同一时间显示两行信息，每一行容纳 16 个字符，整个显示屏可能有多个四行。除了数字、字母之外，显示屏还可以显示常用符号，如标点符号、其他特殊符号等。

3.5 蜂鸣器

蜂鸣报警器拥有一体化结构，当电流发生变化，设备内部振动片会迅速振动，产生报警声音。根据工作原理与供电方式的差异性，可将其划分为两种：一是压电式；二是电磁式。本系统使用 FT-10.5T-9.0A1 常规压电式蜂鸣器。

4 软件设计

本系统软件中包含多个环节，其主要工作流程如下：一是对系统进行初始化处理，系统需采集温度传感器、烟雾传感器、火焰传感器的信息；二是随着火灾现场温度迅速升高，会出现烟雾和火焰，传感器会及时采集数据信息，并将其转化为数字信号，将信号发送到中央处理器，对多个数据进行融合与处理，将数据与报警阈值进行对比，一旦发现数据低于阈值，系统会自动返回初始化状态，重新对数据进行采集；若数据高于阈值，系统就会及时报警，再将信息传递至显示屏，与此同时，蜂鸣器也会发出警报，相关人员会在第一时间获取报警信息，做出相应决策。

5 系统实验测试

5.1 系统采集与联网测试

首先，对传感器功能、单片机和连接网络进行测试。通电后，等待系统完成初始化，对每个传感器的

数据采集情况进行观察，确定传感器可以正常运行，保证检测数据准确。确定测试准确无误，再对单片机、网络连接进行测试，确定单片机能否正常运行，网络是否连接正常。测试结果显示，单片机可正常运行，网络可正常传输数据，用户可随时了解内部环境。

5.2 系统火灾预警实验测试

本实验测试中，分别对明火、引燃火两个早期着火场景进行测试。制作体积合理的模拟箱，将其作为火灾场景模拟试验环境；将传感器依次设置于箱内壁上，对不同火灾参数进行检测。开展明火测试时，直接点燃棉和塑料制品，各传感器记录数据，再融合各数据，将其与火灾判别函数中的数值进行对比。根据设定阈值，当数据超过阈值，蜂鸣器会报警。开展阴燃火场警测试时，对材料进行加热，使其保持阴燃状态，同样将测试数据与阈值对比，超出阈值，蜂鸣器会自动报警。可通过多次测试的方式验证系统预警准确性。实验结果显示，与单一数据预警相比，对数据融合处理后，系统预警准确率提升 2% 左右。

6 结束语

本文将单片机、多传感器数据融合、物联网等技术相结合，设计智能化火灾预警系统。该系统可将温度传感器、烟雾传感器、火焰传感器采集的数据进行融合与处理，实现对火情的准确判断，及时预警，保证火灾及时得到处理。随着时间推移，火灾预警系统功能会日益完善，相关人员需加强对系统功能的优化，不断完善多传感器数据融合技术，提高火灾预警及时性和准确性，保证人民的生命财产安全。

参考文献：

- [1] 叶佩, 张奇浩, 尹煜, 等. 透射式隧道火灾预警装置的光学设计研究 [J]. 中国计量大学学报, 2023, 34(02):311-317.
- [2] 胡其志, 殷秋雨, 李鸣, 等. 分布式光纤在公路隧道火灾监控中的应用研究 [J]. 公路, 2020(04):383-387.
- [3] 张军, 方明明, 王栋. 基于多传感器融合的家庭火灾早期预警系统 [J]. 绥化学院学报, 2024, 44(12):152-155.
- [4] 尹轶夙, 李述茂, 王瑞祥. 基于多传感器数据的智能火灾预警系统设计 [J]. 消防界: 电子版, 2024, 10(14):51-53.
- [5] 刘阔, 刘文元, 曾会彬, 等. 基于多传感器信息融合的火灾探测和自动化预警系统设计 [J]. 自动化与仪表, 2024, 39(05):89-93.