

# 基于无线传输的高层建筑火灾智能报警系统

吴菲

吉林省长春市公安消防支队, 吉林 长春 130000

**摘要:** 高层建筑是城市现代化的标志之一, 然而消防问题始终困扰高层建筑的发展。对此, 本研究旨在设计开发一种科学的高层建筑火灾风险综合评价系统和新型无线烟—温复合式火灾自动报警系统, 以期实现高层建筑火灾防控。该系统为高层建筑火灾的全时段防控预警提供了科学依据和技术途径以及可靠的火灾风险管理决策支持系统。

**关键词:** 高层建筑; 无线传输; 火灾; 智能报警系统

**中图分类号:** TU976+.56

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2324(2016)03-0460-05

## Intelligent Fire Alarm System of High Rise Buildings Based on Wireless Transmission

WU Fei

Changchun City, Jilin Province Public Security Fire Brigade, Changchun 130000, China

**Abstract:** High-rise buildings are a symbol in a modern city, however fire protection always obstructs the development of construction. Therefore this paper aims at developing the a scientific fire risk comprehensive evaluation system and a new wireless composite fire auto-alarm system to obtain the fire protection for high rise buildings. This system could provide a scientific basis and a technological route for fire protection of high rise buildings in all the time and a reliable decision support system of fire risk management.

**Keywords:** High-rise buildings; wireless transmission; fire; intelligent fire alarm system

虽然建立有效的火灾自动报警系统并不是高层建筑火灾一旦发生后火情控制的唯一措施, 但研究表明, 基于火灾风险评价基础上的准确报警, 是火灾风险控制的要素之一, 基于此, 对高层建筑火灾自动报警系统进行深入研究, 重点针对类似评价对象 X4、X6、X7 类型的已建成使用中的高层民用建筑, 旨在设计开发一种基于无线通信的烟—温复合式高层建筑火灾自动报警系统, 并通过报警算法优化及实证分析, 提高高层建筑一旦发生火灾后报警的准确性和报警系统的可靠性<sup>[1,2]</sup>。

### 1 系统总体方案

本课题设计了兼容无线传感器网络和射频识别技术的无线烟—温复合式高层建筑火灾自动报警系统。本系统综合应用 433 M 有源射频识别、微波通信、计算机通信、数据通信、传感器等多项技术, 能够对高层建筑内环境、位置等进行非接触式信息采集、处理, 对数据进行实时监测, 在数据库及软件的支持下, 完成环境监测功能, 并在环境异常的情况下报警。

射频识别技术的识别过程不需要人工进行干预, 可通过射频信号自动识别特定目标获得相关数据<sup>[3,4]</sup>。其弥补了无线传感器网络只能感知周围环境而无法识别对象的缺陷, 而无线传感网络的传输距离又可以解决射频识别技术有效传输距离短的局限, 两者相结合构成的混合网络具有很大的优势, 可应用于多种工作环境中。本系统在采集终端利用无线传感器网络和射频识别技术对环境信息进行采集和识别, 并将数据发送给分站接入节点, 分站接入节点通过串口或无线传输将数据送入上位机, 上位机软件采用 C/S 架构相结合的技术允许任何一台接入网的客户端通过账号查看所测点环境的实时信息, 同时, 上位机软件根据数据库中的数据对环境的实时信息进行识别、判决和报警<sup>[5]</sup>。

对于要求低功耗的无线火灾报警系统而言, 在系统设计过程中, 首先在器件选型上, 须选择符合低功耗、小型化的射频芯片和 MCU。进而设计出符合要求的无线传输模块, 实现无线模块间的通信, 制定通信协议, 组建无线网络, 并同步进行上位机管理系统的开发。鉴于此, 本研究采用 CC1110 芯片设计开发高层建筑火灾自动报警系统。

### 2 高层建筑无线火灾报警系统硬件设计

收稿日期: 2014-09-02

修回日期: 2014-11-25

作者简介: 吴菲(1981-),女,本科,工程师,研究方向:防火监督. E-mail:jassica0207@sina.com

数字优先出版:2016-04-28 <http://www.cnki.net>

基于 CC1110 芯片构建的无线烟—温复合式高层建筑火灾自动报警系统原理框图如图 1 所示。

### 2.1 数据采集终端

数据采集终端包括无线通信模块及其他外围电路、电源模块、传感器模块，晶振模块。同时，本研究选用烟雾、温度两种传感器来设计本报警系统的数据采集终端<sup>[6]</sup>。

2.1.1 温度探测传感器 本系统温度传感器采用的是 SHT10 温湿度传感器，该传感器采用温湿一体传感结构，由相对湿度传感器、温度传感器、校准存储器、14 位 A/D 转换器、信号放大器和 I2C 总线接口构成。具有体积微小，功耗低，可靠性与稳定性高的特点。本系统传感器数据采集节点的设计框图如图 2 所示。

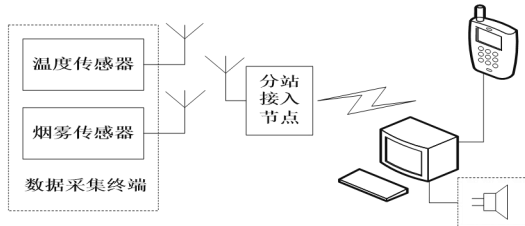


图 1 新型无线报警系统框图

Fig.1 Neotype wireless alarm system

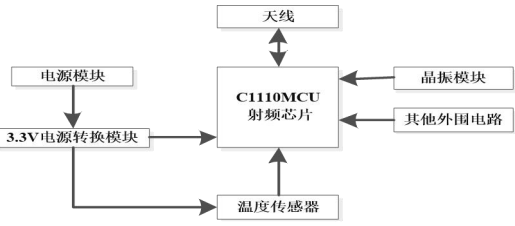


图 2 温度传感终端电路框图

Fig.2 Circuit of a temperature sensor terminal

2.1.2 烟雾探测传感器 由于烟雾探测和气体探测的原理和结构相同，本系统采用的是 MQ2 气体传感器适当改进替代烟雾传感器。烟雾传感器的加热电压为 5 V，采用该电压对 MQ2 供电。烟雾传感器 MQ2 将数据送到 CC1110 中进行转换后，通过天线发送出去。烟雾传感器终端电路框图如图 3 所示。

### 2.2 分站接入节点

分站接入节点由 RS232 串口模块、无线通信模块及其他外围电路、电源模块组成 (图 4)。

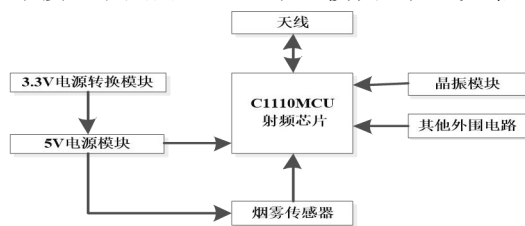


图 3 烟雾传感终端电路框图

Fig.3 Circuit of smog sensor terminal

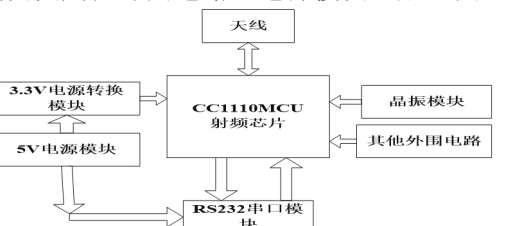


图 4 分站接入节点结构框图

Fig.4 Structure of various modules

## 3 高层建筑无线火灾报警系统软件设计

### 3.1 系统工作流程

设计采用模块化编程，通信协议为自定义。软件设计包括初始化模块、传感器模块、无线通信模块三部分。系统软件流程图如图 5 所示：

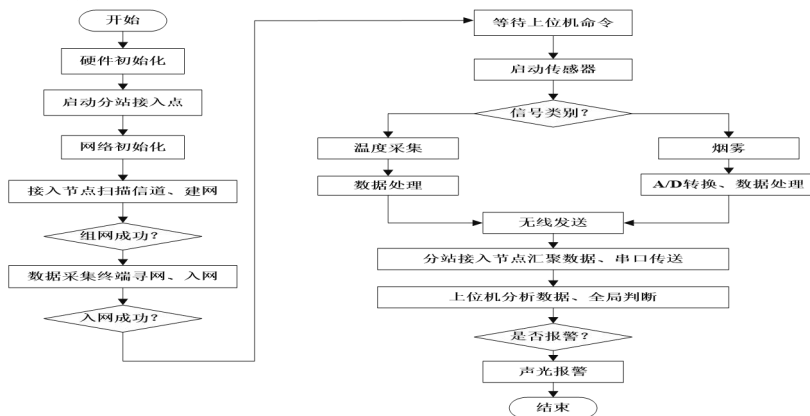


图 5 系统流程图

Fig.5 The structure of the system

### 3.2 系统信号处理

本系统的节点引入信息传输差错控制技术, 以确保数据传输的可靠性。本系统 CC1110 模块前向纠错方案采用卷积码结合交织技术, 以减少在灵敏度极限操作时所产生的总的比特误差率 (BER), 即在较低的 SNR (信噪比) 时也可以有正确的接收, 从而使得系统的传输范围扩大。

### 3.3 基于 SVR 的火灾报警算法研究

在采用信道编码技术保证系统数据传输可靠性的同时, 针对传统火灾报警算法在较复杂环境 (如蒸汽、粉尘等) 中, 多种传感器复合的火灾信息 (如烟—温复合火灾探测) 处理时容易产生误报 (误判)、漏报的问题<sup>[7]</sup>。本研究引入支持向量机回归机 (SVR) 智能火灾报警算法, 进行火灾报警系统中报警算法 (即信息处理算法) 的改进。

SVR 建模的原理: SVR 的建模思路与 SVM 分类相似, 只需引入损失函数理论。损失函数是模型对学习误差的一种度量。标准 SVR 通常采用  $\epsilon$ -不灵敏度损失函数, 如式 (1) 所示。

$$L_g(f(x), y) = \begin{cases} 0, & |f(x) - y| < \epsilon \\ |f(x) - y| - \epsilon, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $\epsilon$  为不敏感系数, 用于控制拟合精度。

在使用  $\epsilon$ -SVR 进行建模中, 需要确定的关键参数包括: 惩罚系数  $C$ , 不敏感损失函数参数  $\epsilon$  和核函数参数  $g$ 。惩罚系数  $C$  的选择应尽量降低算法的复杂度, 避免过度拟合。只有选择恰当的核函数参数  $g$ , 才有可能得到推广能力最佳的 SVM 学习机, 即得到推广能力最好的分类超平面。此外, 研究发现, 参数  $g$  的大小对支持向量的个数影响不大。同时, 为取得函数泛化能力和拟合精度之间的平衡,  $\epsilon$  通常取一个较小的正值。

### 3.4 基于 SVR 的高层建筑火灾报警模型研究

本研究基于建立的高层建筑复合式火灾报警系统软硬件平台, 尝试采用 SVR 算法, 通过对高层建筑烟雾探测信息、烟雾上升速率探测信息、温度探测信息、温度上升速率探测信息四种信息的综合处理, 准确给出其火灾发生的概率, 进而及时判决其火灾是否已经发生<sup>[8]</sup>。

利用 SVR 建模进行高层建筑火灾报警的基本原理, 即将烟感探测信号、温感探测信号作为支持向量回归机的输入, 将明火发生概率、阴燃火发生概率分别作为支持向量回归机的输出, 构建一个多输入、单输出的高层建筑火灾 SVR 报警算法模型。建模的基本思路: 将信号输入值  $x_i(i=1,2,\dots,n)$ , 映射到一个高维特征空间  $\varphi(x_i)$ 。将原非线性模型转化为特征空间的线性回归模型, 如式 (2) 所示:

$$f(x_i) = \omega\varphi(x_i) + b \quad (2)$$

式中,  $\omega, b$  为待定参数。对式 (2) 中的参数进行处理, 结果如式 (3) 所示

$$R(\omega, \xi, \xi^*) = \frac{1}{2} \omega \cdot \omega + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*) \quad (3)$$

式中:  $\xi_i, \xi_i^*$  为松弛因子,  $C$  为平衡因子 (惩罚系数),  $\xi, \xi_i^*$  和  $C$  均不小于 0, 根据支持向量机的基本原理, 求解式 (3) 等价于求解式 (4) 的优化问题:

$$\min \left\{ \frac{1}{2} \omega \cdot \omega + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*) \right\} \quad (4)$$

$$s.t \begin{cases} y - (\omega, \varphi(x_i)) - b \leq \epsilon + \xi_i \\ (\omega, \varphi(x_i)) + b - y \leq \epsilon + \xi_i^* \\ \xi_i, \xi_i^* \geq 0 \end{cases}$$

为便于求解,将式(4)转化为其对偶问题,则可得非线性函数 $f(x)$ :

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i + \alpha_i^*) k(x_i, x) + b \quad (5)$$

式中: $\alpha_i$ 和 $\alpha_i^*$ 为支持向量参数, $k(x_i, x)$ 是核函数。本研究选用径向基核函数:

$$k(x_i, x) = \exp \left\{ -\frac{|x - x_i|^2}{\sigma^2} \right\} \quad (6)$$

将式(6)代入式(5)中,经过等价交换可得到式(7):

$$f(x) = \omega \phi(x) + b = \sum_{i=1}^n (\alpha_i + \alpha_i^*) k(x_i, x) + b = \sum_{i \in SV} (\alpha_i - \alpha_i^*) k(x_i, x) + b \quad (7)$$

式中:SV为支持向量集, $f(x)$ 为输出向量集。

其中,惩罚系数 $C$ ,不敏感损失函数参数 $\epsilon$ 和核函数参数 $g$ 的选择见SVR参数选择部分。

## 4 系统测试

本文设计开发的基于CC1110芯片的高层建筑新型无线火灾自动报警系统,在工作频率433 MHz下进行实验。系统测试时,制作2个温度传感器和2个烟雾传感器作为数据采集终端,1个分站接入节点汇聚网络数据,1台便携式电脑。在正常工作环境下和模拟火灾环境下,分别观察测试结果。

经过测试,系统传感器、分站接入节点和上位机软件均工作正常,在无障碍物的情况下,系统报警距离约100 m,火灾报警时延2~3 s,报警时延小,符合设计要求。本系统的设计主要功能有:

(1) 火情探测功能。在实际使用中,用户可根据不同的防火场所,选用温度探测、烟雾探测中的一种或两种组成复合火灾探测传感器,对火情进行实时的监测。

(2) 无线数传功能。当有火情、系统故障等异常情况发生时,各探测传感器能将采集的信号处理后及时发送到分站接入节点,分站接入节点再通过RS232串口或无线传输将数据送至软件服务器,软件服务器对收到数据进行存储、识别、判决和报警。

(3) 声光报警功能。当确定有火情产生、故障等异常情况发生时,报警器可进行声光报警。当处于火灾报警状态时,火警指示灯点亮。

## 5 报警系统实验分析

### 5.1 实验平台的搭建

以50 cm×50 cm×50 cm的箱子模拟高层建筑中的一个普通房间,房间(箱子)前方设置一个房间门,两侧设有窗口,做实验的时候关闭门和窗。在下次实验前,打开门和窗进行通风,使箱体内部环境与周围环境一致,以免前后实验间的互相影响。实验前,将易燃的木材刨花从房间门放入房间(箱子)底部中央,四个火灾探测器安装到房间(箱子)顶部,并均匀布置。火灾探测器向监控平台传输数据,通过人机交互界面,上位机可以实时监测并显示该房间的火情情况。

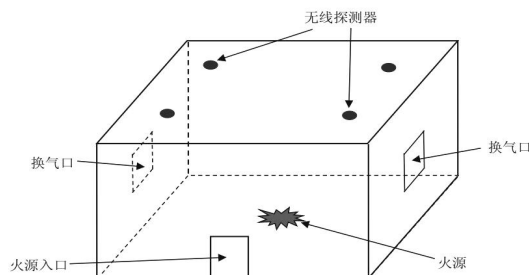


图6 实验平台

Fig.6 Experimental platform

## 5.2 系统实验

实验在室内环境进行, 实验过程中, 首先在标准环境下对系统再次进行灵敏度校验。系统检测室温结果为 20 °C, 与实际建筑室内温度一致。为了保证实验结果的准确性, 实验前进行 30 min 的开窗通风, 系统监测的空气中烟雾颗粒浓度为 50 ppm 左右, 监测结果与用专用检测仪监测的实际环境情况一致。随机选取烟、温传感器各一个, 导出系统正常工作环境下的 30 组监测数据。

在系统的 Option 选项中, 预先设定当系统判定该建筑室内环境发生火灾异常的可能性大于 50% 时, 系统自动进行声光报警。系统的监测结果如图 7 和图 8 所示。

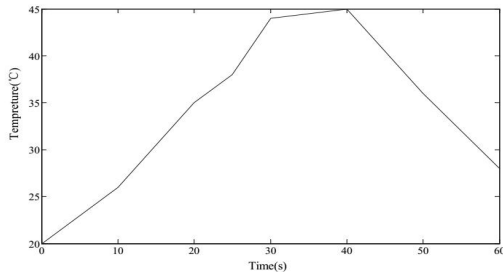


图 7 温度变化系统监测结果

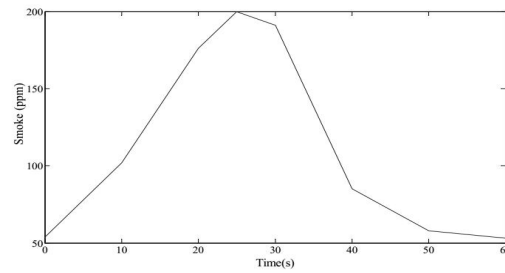


图 8 烟雾浓度变化系统监测结果

Fig.7 Results of systemic detection for temperature variation Fig.8 Results of systemic detection for smog concentrations

从图 7 和图 8 的监测结果可以发现, 如果采用单一的烟感或温感探测器进行报警, 存在明显的不足。例如, 以图 8 温度变化系统监测结果为例, 燃烧已经进行了约 20 s, 但室内环境温度依然较低, 系统并不会发出报警, 因此, 如果实际火灾中, 若等到系统发出报警, 可能火灾早已大面积蔓延开了。而如果采用单一烟感探测器进行报警, 以图 8 烟雾变化系统监测结果为例, 由于燃烧比较充分, 40 s 后烟雾浓度明显降低, 系统报警解除, 但实际上火情可能并没有得到完全控制。

实验结果表明, 本研究所设计开发的基于 SVR 算法的高层建筑无线复合式火灾报警系统, 实验数据采集实时正确, 报警及时准确。

## 6 讨论

本研究开发的高层建筑火灾风险未确知综合评价系统, 实现了高层建筑火灾的预防性。但是, 如何在本研究所设计开发的新型无线高层建筑火灾报警系统基础上, 进一步设计开发其无线消防联动控制系统, 实现高层建筑火灾无线自动报警及消防联动系统一体化, 是有待进一步研究的另外一个课题。

## 7 结论

本研究设计开发了一种基于无线通信的新型烟—温复合式高层建筑火灾自动报警系统, 并引入了前向纠错信道编码技术和基于支持向量回归机 (SVR) 的智能火灾报警算法, 实现了对高层建筑火灾的实时监测和准确报警。通过系统测试和实验分析, 验证了该系统的可靠性, 以及对高层建筑火灾监测和报警的适用性。

## 参考文献

- [1] 吴剑豪.某高层建筑火灾自动报警系统设计[J].智能建筑与城市信息,2011,173(4):88-91
- [2] Derbel F. Reliable wireless communication for fire detection system in commercial and residential areas[J]. Wireless Communications and Networking, 2003(1):654-659
- [3] 张 键.基于神经网络算法的火灾探测系统的研究[J].数字技术与应用,2013,10:130-132
- [4] 牛跃林.高层建筑火灾风险评价及评价软件开发应用研究[D].淮南:江西理工大学,2007
- [5] 段彦频.无线烟雾探测及自动报警传感器设计[J].中外建筑,2006(2):95-96
- [6] 杨鹏云,你云峰,宋学青,等.基于 CC1110 的点对多点无线通信系统[J].云南大学学报:自然科学版,2009,31(S2):304-307
- [7] Gottuk DT, Peatross MJ, Robv RJ. Advanced Fire Detection Using Multi-signature Alarm Algorithms[J]. Fire Safety Journal, 2002,37(4):381-394
- [8] 杨 玫,刘 瑜,孔 波.SVR 模型参数选择方法的研究[J].计算机时代,2009(11):53-55