

文章编号:1672-058X(2013)07-0057-05

# 基于 ZigBee 技术的无线火灾概率分级预警系统设计\*

王留留, 廖晓纬, 沈晓波

(淮南师范学院 电气信息工程学院, 安徽 淮南 232038)

**摘要:**针对传统火灾报警系统在布线、扩容等方面的不足,在无线火灾预警产品缺少的现状下,利用无线传感器网络技术和多传感器融合技术设计了一个无线火灾概率分级预警系统;该系统采用 ZigBee 技术快速建立星形预报警网络,节点扩充容易,根据多传感器融合信息,将火灾发生趋势按概率等级给出预警;经过试验验证,能够适应各种复杂环境的火灾预警和报警要求。

**关键词:**分级预警;火灾概率;ZigBee;多传感器融合

**中图分类号:**TN99

**中文文献标志码:**A

**文献标志码:**A

在各种灾害中,火灾是最经常、最普遍的威胁公众安全主要灾害之一,随着社会的发展,其引起的危害和损失越来越大,因而火灾预防、监控技术的发展是一个必然趋势。火灾预防国内多数采用火灾危险性分析来判断,而火灾监测则利用有线报警器监控火灾已发生或发生后情况。市场上尚没有独立的成型无线消防监测系统,国家也暂时未制定无线火警监测系统验收标准。火灾的预防国内主要是从材料可燃性、储存、使用方法等方面给予分类警示,人工判断火灾危险性。但普通公众对火灾隐患危险分类意识和经验不足,需要人工来给予监查,急需一个能够综合判断多种环境的火灾预警系统,自动判别来降低人为干预,提高预警率,为将火灾消灭在萌芽状态赢得宝贵的时间。

火灾监控目前市场上主要采用点对点形式的有线火灾集中监控系统,首先设计规划好易出现火灾隐患的监控点,在各监控点安装监控设备,然后通过综合布线将各监控点的监控信号连接到监控中心,监控中心对上传的监控信号做出判断,通过综合布线系统发出相应的控制信号,控制监控点设备告警,或是启动监控点设备进行灭火。但是这种集中监控模式具有不可克服的缺陷:大量布线,占用了有限的管道资源;部分监控点失效则整体火灾监测处于失控状态;监控点只能预先规划设计,无法根据实际发展环境进行更改和扩展,限制了火灾监测的有效性;由于对监控信号的处理都集中在监控中心,导致监控中心一旦出现故障,就会造成重大的火灾隐患;系统因传感器固定无法更新换代。

针对上述存在的问题,本系统将多传感器检测融合技术和 ZigBee 无线技术相结合,建设新型无线火灾概率分级预警系统,适应各种复杂环境的火灾预警和报警要求。

收稿日期:2012-12-13;修回日期:2013-01-15.

\* 基金项目:淮南师范学院科研项目(2011LK97q);安徽省优秀青年人才项目(2011SQRL139).

作者简介:王留留(1983-),女,安徽阜阳人,硕士,助理实验师,从事信号处理研究.

# 1 火灾概率分级预警系统电路设计

系统主要包括路由节点、协调器、PC 上位机和及其他外围电路。协调器和上位机间通过 RS232 串口建立数据通道,路由节点和协调器的无线传感器网络主控单元均用 CC2430 处理器实现,之间通信遵循 ZigBee2006 协议栈,整体采用“星型组网模式”自动组网,节点扩充个数根据具体环境不同而设置,网络拓扑结构亦随着变化。

## 1.1 路由节点设计

路由节点均包含无线传感器网络单元和传感器组(黄、绿、蓝、灰、白 5 个颜色数据线分别代表火焰传感器、温湿度传感器、CO 气体传感器、烷类气体传感器、烟雾传感器),以弥补使用一种传感器所存在的不足,提高监测火灾感知能力,降低误警率。路由节点之间、路由节点和协调器之间通过无线传感器网络主控电路建立无线数据通道。路由节点主要完成以下 3 个功能:接收各传感器采集的实时信号,将各传感器采集的环境信号处理为预警数据,并对比内置的火警预测等级参数完成一次预警分析,生成预警信号,向受控设备发出控制信号;向协调器发送预警数据及与本路由节点相连接的其他路由节点的预警数据;接收协调器发送的火警预测等级参数及转发与本路由节点相连接的其他路由节点的火警预测等级参数,具体流程如图 1 所示。

## 1.2 协调器设计

协调器在整个 ZigBee 网络中仅有一个,包括无线传感器网络主控单元和有线数据端口 RS232 串口,路

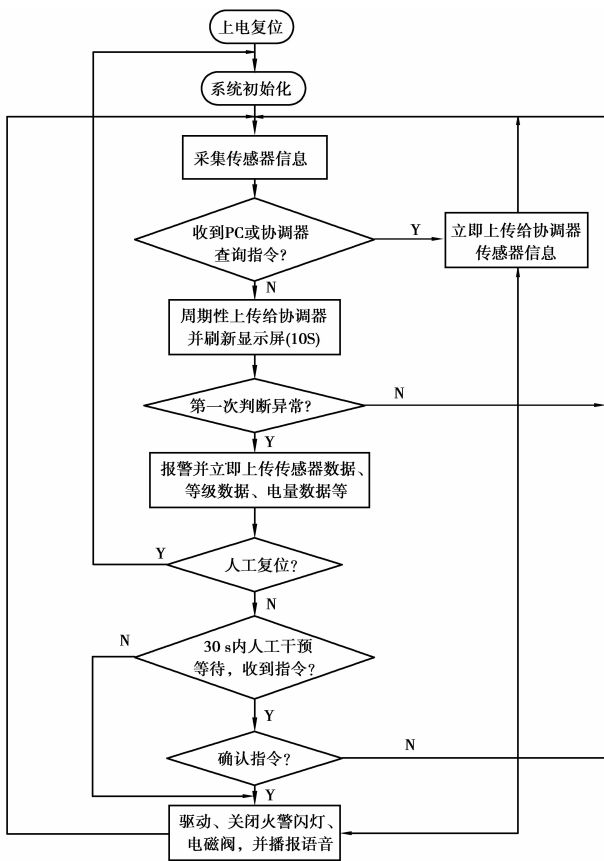


图 1 路由器程序流程图

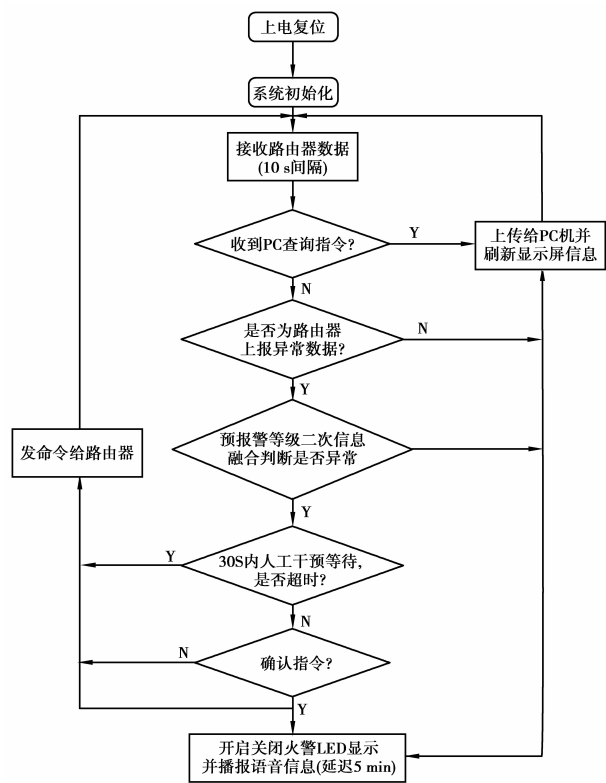


图 2 协调器程序流程图

由节点和协调器之间通过无线传感器网络主控单元建立无线数据通道,协调器和上位机间通过有线数据端口建立数据通道。协调器主要完成以下 4 个功能:用于将连接的各路由节点的预警数据和区域内无线传感器网络拓扑状态数据进行汇聚,形成标准数据传送至上位机;汇聚的预警数据利用聚类算法完成二次预警分析,生成区域内预警信号,向受控设备发出控制信号;接收上位机发送的火警预测等级参数向本区域内各路由节点转发;液晶屏显示火灾报警节点网络编号或节点编号,利用高亮度 LED 绿灯代表正常,黄灯代表临界,红灯代表火灾,采用语音芯片提供语音警告事故地点服务,具体流程如图 2 所示。

### 1.3 PC 上位机设计

上位机采用 C#语言编写,用于接收并显示协调器上传的各路由节点无线传感器网络拓扑状态数据,接收协调器上传的各路由节点传感器的采样数据,并可以通过 AT 命令控制网络中的节点状态。

## 2 火灾概率分级预警通信协议设计

本系统采用 ZigBee2006 协议栈,整个协议栈分为 MAC 数据层、PHY 物理层、NWK 网络层、APL 应用层,网络路由协议则固化在 TI 公司提供的协议栈里面,本系统主要在 PHY 物理层和 APL 应用层里面完成多传感检测接口程序和实现控制程序,主要在路由节点与协调器和协调器与 PC 机之间存在通信协议约束,具体格式如表 1 和表 2 所示。

表 1 路由节点与协调器通信协议

命令(3)	节点网络地址(2)	节点物理地址(8)	数据载荷区(13)	校验和(2)
HeadCmd[3]	ShortAddr	IEEE_Addr[8]	Payload[13]	FCS

表 2 协调器与 PC 通信协议

帧头(1)	命令(3)	节点网络地址(2)	节点物理地址(8)	数据载荷区(13)	校验和(2)
&	HeadCmd[3]	ShortAddr	IEEE_Addr[8]	Payload[13]	FCS

其中网络地址(ShortAddr)和校验和(FCS)占两个字节,低位在前,高位在后。物理地址 IEEE\_Addr 低字节在前,高字节在后。命令、FCS、节点网络地址、物理地址和数据载荷区共 26 字节。命令包括下发的命令类型 DMR、DRS、DUS 和上传的命令类型 JON、UMA、UMR、UMU。使用方法如设置传感器阈值, DMS+ShortAddr + IEEE\_Addr[8] + 温度阈值(2)+湿度阈值(2)+火焰传感器阈值(2)+CO 传感器阈值(2)+CH4 传感器阈值(2)+烟雾传感器阈值(2)+FCS。

其中格式和字节要求同表 1。FCS 命令包括下发的命令类型 DMR、DMS、DRS、DUS 和上传的命令类型 JON、UMA、UMR、UMU,使用方法同表 1。

## 3 火灾概率分级预警算法设计

系统路由节点利用阈值设定(在通信协议中完成)和多传感器数据融合进行一次火灾概率判断,根据传感器对火灾预警的优先级,当传感器检测值超过预先设定的阈值时,具体火灾预警分级如下:

ALARM\_LV1:(CH4/CO)&&(温度/火焰);ALARM\_LV2:(温度 && 湿度 && 火焰);ALARM\_LV3:(温度 || 湿度)&& 火焰;ALARM\_LV4:(温度 && 湿度) || 火焰;ALARM\_LV5:(温度 || 湿度)

本系统协调器利用模糊聚类算法进行二次火灾概率判断,FCM 聚类步骤如下:首先去除量纲影响得到  $n \times m$  的数据矩阵,初始化隶属矩阵,取定  $c$  个模糊子集和传感器个数  $m$ ;计算每组聚类中心  $c_i$ ;求目标函数值,当值小于某个给定的阈值或相对于上次值变化量小于某个阈值时算法停止。重新计算隶属度  $U$  和聚类中心  $c_i$ 。得到分类后,对于未知的采样样本通过贴近距离来判别属于哪一类,其中  $x_k$  为每种传感器在不同时段的  $Z$  分数。

$$\delta(A, B) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |A(x_k) - B(x_k)|$$

计算得出个样本与各类之间的贴近距离大小,  $\delta(A_i, B_j) = \max \delta(A_i, B_j) i = 1, 2, \dots, c$ 。则此时  $B_j$  属于第  $i$  类。其中  $A$  为个各类的中心向量,  $B$  为样本,  $m$  为在  $i$  类下的样本数。

#### 4 火灾概率分级预警系统测试

系统在 IAR7.30B 编程实现 ZigBee2006 协议栈,烧写进协调器和路由器节点,打开上位机软件,组成火灾概率分级预警系统,并将其应用到教室火灾预警中,经过实际布点试验测量,得出具体系统参数如表 3 所示。

表 3 火灾概率分级预警系统技术参数

技术类型	技术参数	技术类型	技术参数
供电电源	交流 50 HZ/220 V	组网节点数	$\leq 100$
工作频率	2.4 GHZ	节点间通信距离	$\leq 30$ m
工作方式	DSSS	一次预警延时性	$\leq 0.5$ s
发射功率	-25.2~0.6 dBm	二次预警延时性	$\leq 6$ s
拓扑方式	星型组网	传感器支持	火焰传感器/ CO 气体传感器/烷类气体传感器/ 温湿度传感器/烟雾传感器
通信协议栈	IEEE802.15.4/ZigBee2006/RS232	误警率	$\leq 5\%$
火灾预警等级	5 级	工作环境	-40~80 °C

通过表 3 可以看出火灾概率分级预警系统能够满足大多数复杂环境的火灾预报警要求,开创了火灾预防的新方向,但因为 CC2430 处理器速度同引入模糊聚类算法不匹配,使得整个系统的反应时间变长,在后期处理器芯片选择或算法精简方面需要进一步研究。

#### 5 结 论

将 ZigBee 技术和多传感器融合技术两大物联网核心技术相结合,设计了可对火灾实时监控的预警系统,将火灾即将发生的初期进行分级报警,该设计方案已初步应用于实践,但系统的稳定性和鲁棒性及延时性需增强,后期将会在算法和处理器上做出新的改进,希望为火灾预防开创新的方向。

**参考文献:**

- [1] 李文仲,段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实战[M].北京:北京航空航天大学出版社, 2007
- [2] 金纯,罗祖秋,罗凤,等. ZigBee 技术基础及案例分析[M]. 北京:国防工业出版社, 2008
- [3] 沈晓波,廖晓纬,陈帅.基于 ZigBee 技术的无线自适应火警监测系统研究[J].数字技术与应用,2011(8):73-74
- [4] 关学忠.基于 ZigBee 技术的多点温度监测系统的设计[J].自动化技术与应用,2011(10):41-44
- [5] 陶冶. 基于 ZigBee 的森林火灾预警系统的设计与实现[J].计算机应用, 2011,31(02):209-211
- [6] 傅坚尧.智能火灾预警系统的研究与实践[J].消防科学与技术, 2011,30(11):1038-1041
- [7] 赵英.基于多传感器数据融合的火灾预警系统[J].现代电子技术, 2010,33(24):173-175
- [8] 高金辉.传感器融合技术在火灾预警探测中的应用研究[J].河南师范大学学报,2010,38(2):56-59
- [9]熊橙梁. 智能电气火灾预警系统研究[J].通信技术, 2012,45(2):19-21

## The Design of Wireless Fire Probability Grading Pre-alarm System Based on ZigBee Technology

**WANG Liu-liu , LIAO Xiao-wei , SHEN Xiao-bo**

(School of Electrical and Information Engineering, Huainan Normal University, Anhui Huainan 232038, China)

**Abstract:** According to the insufficiency in wiring and expansion of traditional fire alarm system, under the condition of the shortage of wireless fire pre-alarm products, a new wireless fire probability grading pre-alarm system with wireless sensor network technology and multi-sensor fusion technology is designed. The system is based on ZigBee technology to rapidly create star-like pre-alarm network, expands node easily, gives pre-alarm for the trend of fire occurrence probability level based on multi-sensor fusion and can meet the requirements for fire pre-alarm and alarm in a variety of complex environments after experiment test.

**Key words:** grading pre-alarm; fire probability; ZigBee; multi-sensor fusion

责任编辑:代小红