

基于无线传感器网络的早期火灾图像探测系统

焦竹青¹, 孙顺远², 陈树越¹

(1 常州大学 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164; 2 江南大学 物联网工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 针对传统火灾监控系统存在的不足, 设计了一种基于无线传感器网络的新型早期火灾图像探测系统. 首先利用图像传感器实时采集现场图像, 并通过低功耗的无线传感器网络将图像信息传送至 ARM 处理器中, 再利用火灾图像识别算法对获取的图像进行分析处理, 从而判断是否发生火灾, 最后采用 GPRS 和 Internet 方式实现远程监控. 该火灾图像探测系统能够进行早期火灾的检测与报警, 具有较高的技术先进性和良好的应用前景.

关键词: 早期火灾; 火灾探测; 无线传感器网络; 图像识别

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)05-0104-04

Early Fire Image Detection System Based on Wireless Sensor Network

JIAO Zhu-qing¹, SUN Shun-yuan², CHEN Shu-yue¹

(1 School of Information Science & Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China;

2 School of IoT. Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Aim at the shortage of traditional fire monitoring systems, a novel early fire image detection system based on Wireless Sensor Network. The image sensors are used to collect real-time spot images, while the image information is transmitted to ARM processor by Wireless Sensor Network which has low power consumption. The fire image detection algorithm is made use to analyze and deal with the images to judge the generation of fire, and GPRS and Internet are utilized to achieve remote monitoring. Then, the fire detection system, with high technological advance and a good prospect, can be used to check and forecast whether the early fire happens.

Key words: early fire; fire detection; Wireless Sensor Network; image recognition

1 引言

火灾严重危及人类的生命和财产安全. 如果在火灾初期就及时采取措施, 会大大降低损失, 因此研究及时准确的早期火灾探测方法具有重要的现实意义. 传统探测方法主要利用感烟、感温、感光或复合型传感器对现场的烟雾、温度、火焰等敏感现象进行检测和识别^[1-2], 传感器性能直接影响到火灾自动报警的准确度和可靠性.

无线传感器网络(Wireless Sensor Network)的发展, 为安防监控领域提供了实用、可行的技术方案^[3]. 与一般探测手段相比, 图像传感器能够提供更加实时、直观的现场信息^[4], 将图像信息以无线方式

传送到用户终端, 根据火灾的图像特征对获取的数字图像进行分析和判定, 可以在火灾发生的最初阶段做出迅速反应^[5], 有利于火灾的早期预报和控制.

本文提出一种早期火灾图像探测系统设计方案. 系统利用图像传感器实时采集现场图像, 通过低功耗的无线传感器网络将图像信息传送至 ARM 处理器, 利用图像识别算法进行早期火灾判断, 并实现远程监控.

2 系统原理与体系结构

2.1 火灾图像探测原理

图像信息的丰富性和直观性则为早期火灾的辨识和判断奠定了基础. 可燃物燃烧时, 会释放出频率

收稿日期: 2011-08-10; 修回日期: 2011-09-21

基金项目: 国家“八六三”计划项目(2006AA10A301); 常州大学引进人才基金项目(ZMF11020012)

范围从紫外到红外的光波,尤其是在红外波段,火焰图像与背景在外形和轮廓上有明显的区别.火灾图像探测系统用于时刻监视其周围环境变化,利用图像传感器获取燃烧所发出的红外图像,根据图像识别算法进行分析处理,从而达到判断火灾势态、及时报警的目的.

2.2 系统体系结构

无线传感器网络通过微型传感器实时感知环境

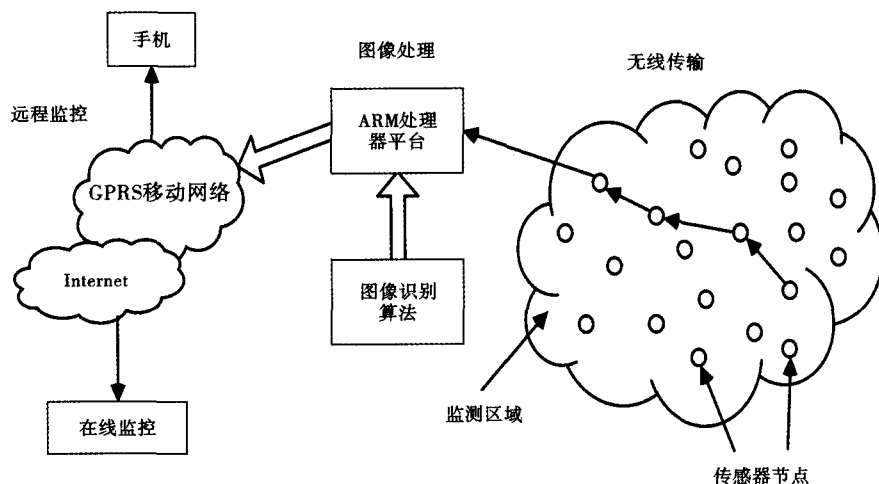


图1 系统总体结构图

图1中,无线传输部分采用低功耗无线图像传感器节点,实现对现场图像的采集、无线发送和接收;图像处理部分基于ARM处理器平台和图像识别算法实现图像的预处理、特征提取及识别;远程监控部分通过GPRS和Internet方式实现远程通信和在线报警.

系统中无线传输部分由若干传感器节点组成,节点中包含图像传感器、微处理器和无线通信模块.各节点按照区域划分为不同簇,每个簇成员都把数据传输给簇首,簇首节点间通过一定的路由选择机制选择合适的路径,将数据发送给路径上的其它簇首,再经过若干簇首的转发,传送到汇聚节点,完成无线组网传输过程.

3 硬件设计与实现

3.1 图像传输部分

降低能耗和提高数据传输速度是火灾探测系统需要首先考虑的问题^[7].红外CCD图像传感器价格昂贵,而普通CCD传感器在某些涉及个人隐私的场合也不适用.CMOS图像传感器具有功耗低、速度快、成本较低、体积小的特点,符合无线传感器节点的配置要求^[8].本设计选用OV9650型图像传感器,OV9650芯片支持RGB和YUV/YCbCr视频输出

或监测对象的信息,不仅具有设备简单、成本低、能在恶劣环境下工作的特点^[6],而且能够快速、准确的发现火灾并实现远程报警,具有其它火灾探测技术所不具备的优势.

基于无线传感器网络的火灾图像探测系统由图像传输、图像处理和远程监控3部分组成.系统的总体结构如图1所示.

格式,输出图像的最大分辨率为 1280×960 .通过SCCB接口,设置传感器的曝光控制、增益、白平衡校正、饱和度和视窗大小等.

考虑功耗、中断源个数及特性和处理速度等因素,选用TI公司的MSP430F149芯片作为图像传感器节点的微处理器.该芯片是一款16位超低功耗混合信号处理器,不仅能够低电压下以超低功耗状态工作,而且具有强大的处理能力和丰富的片内外设,可使整个电路简化,减少节点的功耗和体积.

图2为传感节点微处理器模块示意图.微处理器芯片外接图像传感器和FLASH存储器,并通过无线传输模块与汇聚节点交换数据.

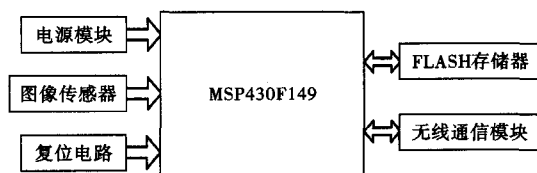


图2 传感节点微处理器模块

传感器节点的无线通信模块通过SPI总线与微处理器进行通信,实现所在节点与网络中其它节点的无线数据传输功能.图像传感器节点传输的是图像数据,数据量大、实时性高,因此本设计选用高速、

低功耗、低成本无线通信芯片 nRF24L01. 该芯片工作在 2.4~2.5 GHz ISM 频段, 通过 SPI 总线进行工作模式设置, 输出功率和通信频道可通过程序进行配置. 支持 802.15.4 通信协议的无线通信芯片, 传输速度较低, 一般不超过 250kb/s, 用 nRF24L01 射频芯片传输图像数据时, 功耗更低, 传输速度更快.

3.2 图像处理部分

图像处理部分作为火灾探测终端, 在设计时应充分考虑其体积小, 功耗低, 存储容量大和处理速度高的要求. ARM 处理器具有强大的处理功能, 可以在 Windows CE 系统中运行应用程序不断采集实时图像, 同时对采集到的图像数据进行特征提取, 然后利用红外图像识别算法进行处理.

本设计选择 S3C2440A 型 ARM 处理器. 该处理器采用基于 ARM920T 内核的 32 位微控制器, 最高运行频率为 400MHz. S3C2440A 提供了一套较完整的通用外围设备, 免去了添加、配置附加外围接口的麻烦, 不仅降低了整个系统的功耗, 而且缩小了线路板的面积.

S3C2440A 处理器的硬件结构如图 3 所示. 在存储器设计方面, S3C2440A 不仅外扩 FLASH、SDRAM 等存储芯片, 而且通过 GPIO 口扩展键盘、LCD 和蜂鸣器等人机接口单元. 利用 USB 接口完成传感器网络汇聚节点与 ARM 之间的数据交换, 并通过 UART 接口与手机及远端计算机进行数据交换.

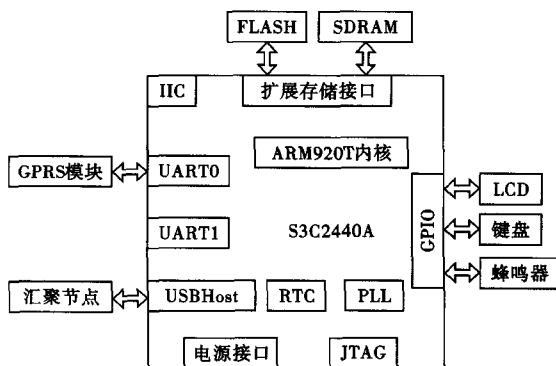


图 3 S3C2440A 处理器硬件结构

3.3 远程监控部分

GPRS (General Packet Radio Service) 是在 GSM 基础上发展起来的一种无线分组交换技术^[3], 提供端到端的广域无线 IP 连接, 传输速度最高可达 150~170kbps, 具有方便、快速、低成本、永久在线、流量计费等特点. 本设计中 GPRS 模块选用 MC55,

通过该模块的串口发送 AT 命令实现对模块的控制.

MC55 模块内嵌 TCP/IP 协议栈, 通过 GPRS 网络和 Internet 上的 PC 机进行数据交换. 模块外部提供两个全双工串口, 实现所有 TCP 通道同时传输, 功耗较低. 其中, SMS 支持 PDU 和 Text 模式的短信息发送与接收; DATA 有 5KB 的 Buffer, 用于 GPRS 数据传输, 最大数据包长度可达 1.5KB, 满足了报警信息实时传输的需要. MC55 通过 UART 接口将短信息发送至 ARM 中预先存储的号码, 帮助 ARM 处理器和远端计算机建立 TCP 连接.

4 软件设计与实现

4.1 传感器节点软件设计

尽量降低能耗是无线传感器网络软件设计的主要原则. 在传感器节点的软件设计中, 对于节点各个模块的时序要进行优化设计, 暂时不用的电路模块要尽快关闭或切换至低功耗状态. 本设计中各簇成员节点工作在星型结构的传感器网络中, 按照图 4 所示的流程进行软件设计.

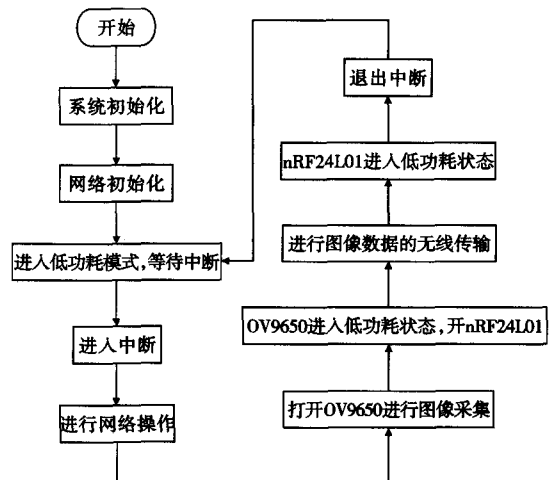


图 4 节点软件设计流程图

如图所示流程中, 首先进行系统的初始化以及网络的初始化工作, 然后在中断程序中实现系统应用, 即采集和传输图像, 最终完成无线传输部分的网络操作. 整个程序设计中, 对于各个模块的工作时序进行了严格控制, 系统大部分时间工作在低功耗模式, 其他各个模块在不用时也使其尽快进入低功耗工作模式, 从而降低整个系统的能耗.

4.2 火灾图像识别算法

在火灾发生的初期, 火势不断增强, 火焰的图像表现为火焰面积呈现连续的、扩展性的增加趋势. 将

连续采集的多帧图像作为一组,经过二值分割后再做运算比较,如果图像没有很大变化,系统将放弃该组图像,继续进行下一组检测。如果该组图像存在一定的像素变化,说明可能有火灾现象,开始实施火灾判定。

红外图像可以体现出火焰在特定温度下的光谱辐射度。火焰温度越高,同一波长对应的辐射度越高,图像直方图的纵坐标数值也就越大。通过前期实验测试并记录每个温度级对应的红外图像像素值,选取某一温度值作为火灾发生的阈值。当系统检测到图像中有明显区域像素值大于识别阈值时,可以判定有火灾发生,并随即启动报警程序。

为了避免产生误判,对于平均像素值增大,而又没超过阈值的红外图像,利用边缘连续性好、计算简单的 LoG 算子检测算法快速提取火焰边缘。根据火焰图像边缘形成的面积特征^[9],采用智能图像识别算法进行识别,最终判定是否为火灾状况。图像识别的程序设计思路如图 5 所示。

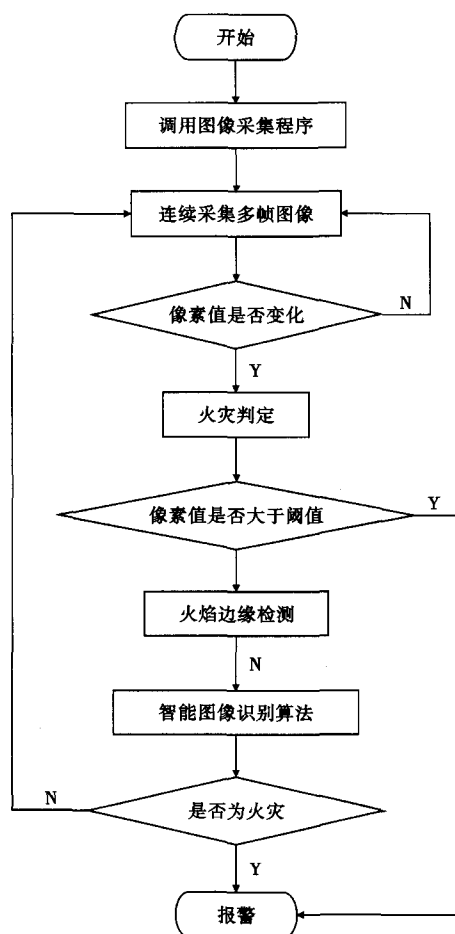


图 5 火灾图像识别软件设计流程图

5 结束语

文中设计出新型的早期火灾探测系统。基于无线传感器网络的火灾图像探测系统相对于传统的火灾探测器而言有很多的特色:

- (1) 可在大空间、大面积的环境中使用;
- (2) 可在室外环境中使用;
- (3) 可对早期火灾做出快速反应;
- (4) 可提供直观丰富的火灾信息;
- (5) 可实现远程报警和在线监控功能。

图像传感器网及火灾图像的特性决定了系统在器件选型、功能模块构建及算法设计上与一般的无线传感器网络系统存在明显差异。该方案充分考虑了上述问题,使系统能够完成早期火灾的检测与报警,其成本较低,易于管理和维护,体现出较高的技术先进性和良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 冯引安,侯瑞宁. 基于嵌入式系统的火灾图像探测系统设计[J]. 低压电器, 2009, (8): 38-41.
- [2] 施伟荣. 现场总线技术在火灾自动报警系统中的应用探讨[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(8): 132-135.
- [3] 陈方华,周孟然. 基于无线传感网络和 GPRS 的煤矿安全监测系统[J]. 煤炭工程, 2008(8): 83-85.
- [4] 杨莹. 图像识别火灾探测报警系统的研究与设计[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(8): 186-188.
- [5] 吕立新,丁德锐,杨克玉,等. 基于 ARM 和图像识别算法的火灾探测系统设计[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(10): 2530-2533.
- [6] Al-Mahadeen, Bassam M. A wireless image sensors network for monitoring dust on roads in arid conditions [J]. Electronics World, 2010, 116(1892): 36-39.
- [7] 鲁琴,罗武胜,张勇. 多媒体传感器网络中基于两跳簇结构的图像传输方案[J]. 传感技术学报, 2007, 20(11): 2476-2480.
- [8] 刘超伟,赵俊淋,易卫东. 基于 nRF24L01 的无线图像传感器节点设计实现[J]. 电子测量技术, 2008, 31(6): 136-139.
- [9] 严云洋,高尚兵,郭志波,等. 基于视频图像的火灾自动检测[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(4): 1075-1078.

作者简介:

焦竹青 (1983—),男,博士,讲师.研究方向为智能采集与信息处理。