

基于 ZigBee 的森林火灾监控报警系统*

章杰,魏莲花,赖松林,程树英,陆培民

(福州大学 微纳器件与太阳能电池研究所,福建 福州,350108)

摘要: 为实现低成本森林远程火灾自动报警,设计了一套基于 ZigBee、GPRS 和太阳能光伏的森林火灾监控报警系统。以 CC2430 为节点控制传感器采集图像和数据,本地通信时,数据通过 ZigBee 无线传感网络实现整片森林之间的通信,ZigBee 节点间采用网状网络的自组网方式;远程通信时,协调器将处理好的数据通过 GPRS 技术传到监控中心以实现数据的显示和存储等;出现异常情况时,监控中心开启自动报警系统。系统采用太阳能供电,节约能源、减少布线。实验结果表明,该系统能够快速准确监控远程实时状况,并控制远程协调器,实现自动监控、报警功能,具有广泛的应用前景。

关键词: ZigBee; CC2430; 太阳能; GPRS; 森林火灾

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)21-0045-03

Monitoring and alarm system for forest fire based on ZigBee

Zhang Jie, Wei Lianhua, Lai Songlin, Cheng Shuying, Lu Peimin

(Institute of Micro-Nano Devices & Solar Cells, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: In order to realize an automatic remote alarm system with low cost for the forest fire, a set of monitoring and alarm system for forest fire based on ZigBee, GPRS and solar energy is designed and implemented. The CC2430 controls sensors data and image acquisition. Data and images are communicated between the forests through the ZigBee wireless sensor network in local communication. Mesh network mode with ad-hoc method is used in the ZigBee network in the system. To save, read and display the data in remote communication, the processed data are sent to the monitoring center by ZigBee and GPRS networks. The automatic alarm system is opened by the monitoring center in the case of abnormal situations. The system is powered by solar energy to save energy and reduce wiring. Experimental results show the system can not only monitor remote real-time status quickly and accurately, but also control the remote coordinator and achieve automatic monitoring and alarm, thus it will have broad application prospects.

Key words: ZigBee; CC2430; solar energy; GPRS; forest fire

森林具有维护生物的多样性、维护自然界的生态平衡的作用,是人类宝贵的自然财富。每年全球森林覆盖率锐减,森林火灾是最大的灾害^[1]。目前,森林火灾报警系统采用人工防护、视频监控和卫星遥感,人工防护在偏远地区可行性较低;视频监控系统成本较高、数据冗余率大;卫星遥感施工复杂、成本高。多数系统的传输采用有线、Wi-Fi、CDMA、GPRS 和新兴的 3G 技术^[2-3]。在实际运用过程中,有线系统布线困难;在偏远地区和恶劣的环境,这些技术建立的系统实时性、可靠性降低,受到环境因素的制约,且用户需要承担费用,一旦基站出现故障,则整个网络陷于瘫痪。

ZigBee 网络可以很好地解决以上弊端。ZigBee 是符合 IEEE 802.15.4 标准,具有组网灵活、免执照、低功耗、低成本、时延短、安全可靠等特点的新兴通信技术,理论上能提供 250 kb/s 的传输速率^[4],它不依靠任何基站和基础建设设备。为实现远程森林火灾监控,本文开发出一套基于 ZigBee、GPRS 和太阳能的森林火灾报警系统,该系统能测定着火位置,能连续记录林火发生、发展并自动报警。

1 系统架构

本系统包括 ZigBee 无线传感网络、监控中心、数据采集和传输 4 部分,其中,远程传输包括 GPRS 和 Internet 模块,如图 1 所示。

* 基金项目:福州大学育苗基金(2013-xy-28)

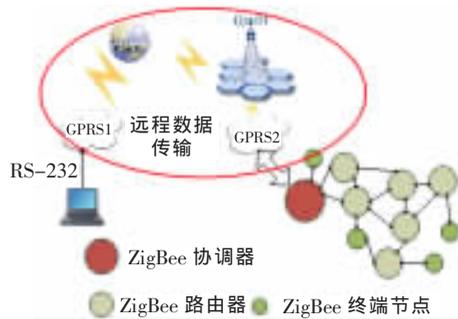


图1 系统结构框图

ZigBee无线传感网络可将整片森林各个地方的系统组成一个互相通信的网络。为确保网络的稳定性和可靠性,系统采用网状网络的组网方式。该网络包含协调器节点、路由器节点和终端节点。协调器节点负责与监控中心的通信和接收路由器节点、终端节点的数据;路由器节点可采集数据和转发数据;终端节点只接收数据和采集数据,不能转发数据,但相对其他节点的功耗更低,故系统中只有边缘不需要转发数据的节点配置为终端节点。

监控中心由装有监控软件、Internet和连接GPRS1的计算机组成。监控中心通过GPRS与协调器通信。设计的监控中心具有移动性,首先由GPRS1获取服务器的IP并通过SMS方式发送至GPRS2,GPRS2根据获取的IP和端口号连接到服务器,实现ZigBee网络与服务器的连接。

2 系统硬件设计

2.1 路由节点的硬件设计

数据采集节点的硬件系统包括图像采集模块、电源模块、传感数据采集模块、控制器及基本外围电路,如图2所示。选用TI公司生产的CC2430为控制器,该芯片内置ZigBee射频前端、内存和微控制器^[5],专门用于IEEE 802.15.4和ZigBee应用程序,且只需简单的外围电路即可工作。内置温度传感器和电压传感器,检测系统的工作环境。电源模块为系统提供电源并最大限度降低系统功耗。串口摄像头采集图像,采用标准JPEG图像压缩算法压缩图像数据。控制器通过RS-232控制摄像头。

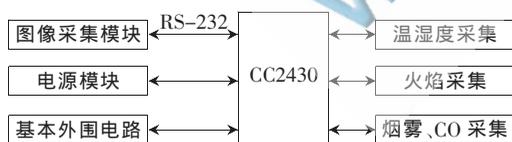


图2 数据采集节点的硬件框图

2.2 电源模块

由于森林面积大、地形复杂,有线供电难以实施,同时为节约能源,该系统采用太阳能供电。该模块由太阳能电池板、蓄电池、防雷击电路、太阳能电池板和蓄电池的防反接电路组成。太阳能电池板通过保险丝、防反接二极管和压敏电阻保护后级电路,同时在蓄电池电压输

出之前加两片保护二极管,以防止瞬间高压破坏蓄电池。一旦检测到蓄电池电压不足以给系统供电时,启动备用电池供电。电源模块的硬件框图如图3所示。

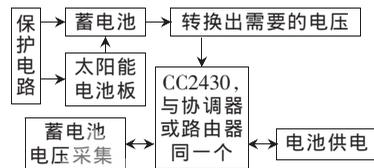


图3 电源模块的硬件框图

2.3 数据采集模块

烟雾采集选用MQ-2气敏元件,CO检测采用MQ-7传感器,均是表面离子式N型半导体,电阻随着烟雾或CO浓度的增大而减小,故输出电压随着浓度的增大而增大。为了减小信号的损失和增强电压的稳定性,传感器的输出电压经过电压跟随器后输入CC2430的A/D采样端。

温湿度传感器是具有I²C总线接口的SHT10,输出的数字信号经过数据处理为实时温湿度数据。火焰采集选用红外火焰探测器,可检测波长在760 nm~1 100 nm范围内的热源,探测角度可达60°,红外火焰探头将外界红外光的强弱变化转化为电压的变化,用比较器设定阈值,输出高低电平,快速检测火源。

2.4 协调器节点的硬件设计

协调器的硬件系统包括数据采集模块、GPRS模块、电源模块、控制器及基本外围电路,如图4所示。GPRS选用华为GTM900-C模块,并通过串口与协调器通信;ZigBee协调器通过AT指令控制GPRS模块。

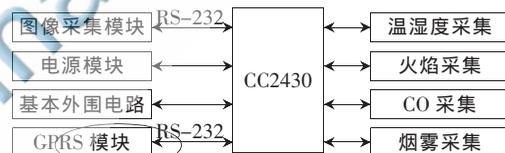


图4 协调器的硬件框图

3 系统软件设计

3.1 协调器的软件流程

图5为协调器工作的软件流程。系统初始化后,协调器根据设定的信道建立网络,并接收新节点加入该网络。ZigBee协议栈通过轮询事件执行任务,根据预设的优先级处理对应事件。协调器的串口工作方式为DMA,比特率为115 200 kb/s,确保数据及时收发。

协调器启动GPRS模块,GPRS模块与ZigBee的串口通信速率为115 200 kb/s。协调器收到服务器的命令并判断系统的工作模式,确定采集图像或者采集传感数据,并判断控制的节点。为了提高通信数据的准确率,数据的接收与发送采用确认握手机制。

3.2 数据采集节点的软件流程

数据采集节点软件流程如图6所示。数据节点采用关联的方式加入网络,子节点通过扫描设定信道搜索它周围存在的父节点。若其中一个节点断开网络,则系统

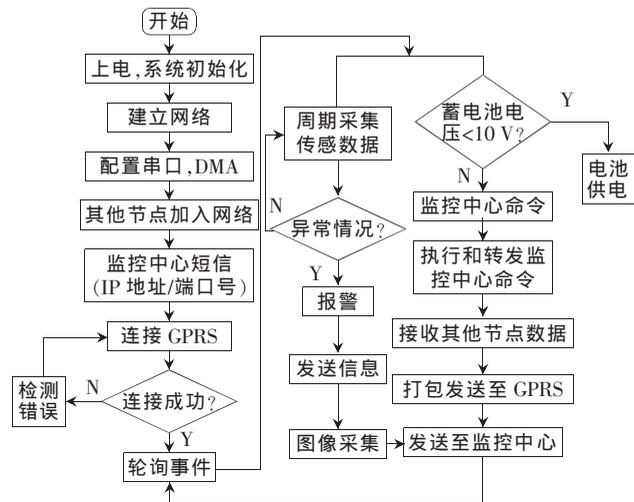


图5 协调器软件流程图

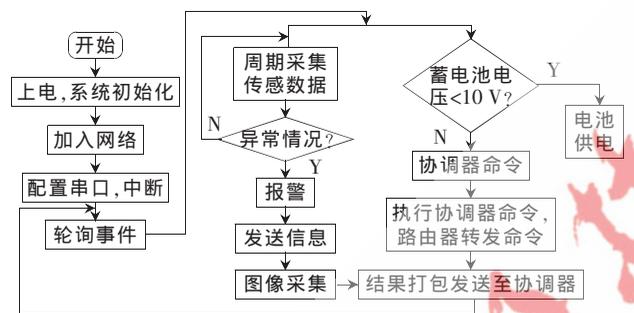


图6 数据采集节点软件流程图

会根据最短跳数算法自动寻找最优路径,并重新加入该网络。

数据采集节点串口配置为中断方式,快速响应传感器的数据。采集的多参数传感数据通过A/D采样后进行阈值判断,超过设定的阈值则及时将此次数据发送给协调器并传送到上位机告知监控人员;同时启动图片传输,采集现场的图像至监控中心,确保及时告知现场实时状况,减少误报。与单纯的传感器报警相比,图片更直观准确;与视频监控相比,确保准确的同时更节约成本。火情的判断具有优先级,白天由于太阳光的照射烟雾为优先判断;室外的黑夜难以检测烟雾,选择火焰为优先判断,提高检测的准确率。为及时处理大量串口数据,设计双缓存串口^[6]。CC2430内存有限,采取分包传输图片数据。为提高图像的采集速度,当传输命令时,该系统选用的比特率为115 200 kb/s,快速发送数据命令和读取相应的返回参数;当传输大量数据时,选用的比特率为384 00 kb/s,使得CPU有更多的时间处理串口数据。

3.3 服务器软件流程

监控中心对远程的现场情况进行实时监控,该平台是采用Microsoft VC++ 6.0编写的基于TCP/IP协议的Socket通信软件^[7]。该系统主要包括5个部分:实时显示远程图像的图像显示部分,远程控制协调器的命令发送部分,获取本机IP和本地端口号的网络连接部分,查询

每一次控制器发送的数据的数据库记录查询部分以及开启声音报警的异常情况报警部分。该系统显示的数据可以是上位机主动查询的数据,也可以是下位机根据传感器参数判断实时采集传送的图像和数据。

4 测试与结果

图7为监控中心主动查询远程现场状况的测试结果。选择编号为FFFFFFFFFFFF00的节点进行测试,亦可选择所有的节点。图7的图像大小为320×240,压缩后图像大小约为12 KB~13 KB。将摄像头和节点放在模拟实验室1。GPRS2和协调器连接,监控软件安装在已连接公网的模拟实验室2,GPRS1通过串口和电脑连接,GPRS1通过短消息的方式将IP和端口号发送给GPRS2。点击主动查询,即可收到该节点传送的图像和火灾类型。发送信息框可输入信息并发送至远程控制器。



图7 远程测试结果图

图8为数据库查询记录结果。点击图7的查询记录即可打开该界面,查询有物理地址、日期和火灾3种类型。图8是选择火灾类型为无火的查询结果,每一条的记录中包含发生日期、火灾类型、具体物理地址和图片的名称。选中需要查看的某一记录,点击显示图片,即可查看该记录的图片信息,为监控人员和消防人员提供历史记录以便分析。物理地址根据需要与具体的地理位置一一对应,可进行简单的定位。系统还可根据需要向数据库添加记录,也可清除查询的结果。

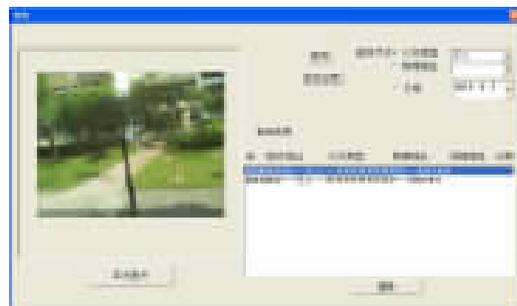


图8 数据库记录查询结果图

利用ZigBee技术和太阳能技术解决环境恶劣或者

人工难以到达的森林环境的监控问题,本文设计和实现了基于 ZigBee 的森林火灾自动监控报警系统,该系统主要对数据采集、网络传输、ZigBee 网络的组网和服务器软件进行设计与实现。本系统采用网状网络的组网方式,某一节点失效时根据多跳技术寻找最优路径重新加入网络,提高系统的可靠性。测试结果表明,该系统通过采集火灾发生时相关的环境参数,情况异常时将现场实时数据和图片发送至监控中心,当危险等级较高时,在有条件的地方启动自动消防系统,组成自动报警灭火系统。这样在发生火灾时,监控中心能根据传感器节点的地址第一时间知道火灾发生地点和火灾的情况,大大减少了报警延时,尤其适用将火灾扑灭在萌芽状态下,减少甚至消除火灾的发生。同时,根据历史记录和地理位置等信息可合理分配消防资源,减少因不了解报警的森林区域与现场情况而导致消防资源调配和组织不合理而产生不必要的损失。

该系统用户界面友好,不仅可以实时显示下位机发送的图片和数据,而且可根据需要主动查询具体位置的现场情况并显示。系统采用太阳能电源供电,节约能源、减少布线,尤其是在恶劣环境下,该系统具有传统监测技术不可比拟的优势。通过更改相应的传感参数可将系统应用于油田、电力、井下等环境恶劣的场合,具有广泛

的应用前景。

参考文献

- [1] 钟德军.森林火灾预防与扑救实用技术指南[M].北京:中国林业出版社,2008.
- [2] Yang Guangxue, Liu Zheng. The design of forest fire monitoring system based on wireless sensor network[C]. The 6th International Forum on Strategic Technology, 2011: 2111-1214.
- [3] SOLIMAN H, SUDAN K, MISHRA A. A smart forest-fire early detection sensory system: another approach of utilizing wireless sensor and neural networks[C]. IEEE Sensors 2010 Conference, 2010: 1900-1904.
- [4] ZigBee Alliance. ZigBee Specification[Z].
- [5] TI. CC2430 chip datasheet[Z].
- [6] 魏莲花,赖松林,程树英,等.一种静态图像的采集传输系统[J].电子技术,2013(1):43-46.
- [7] 梁伟.Visual C++网络编程经典案例详解[M].北京:清华大学出版社,2010.

(收稿日期:2013-07-10)

作者简介:

章杰,男,1979年生,硕士,讲师,主要研究方向:嵌入式系统,无线通信。