

# ZigBee 无线传感技术在森林火灾监测中的应用

Application of ZigBee Wireless Sensor Technology in Forest Conflagration Surveillance

宋蛰存<sup>1</sup> 陈 宁<sup>1</sup> 李迪飞<sup>2</sup>

(东北林业大学机电工程学院<sup>1</sup>,黑龙江 哈尔滨 150040;哈尔滨林业机械研究所<sup>2</sup>,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘 要:** 针对传统人工巡山的森林防火方式过于简陋、不能主动实时掌握森林情况的现状,提出并实现了一种基于 ZigBee 技术的无线森林环境参数监测系统的设计方案。考虑到森林地形的特殊性,采用网状网络拓扑方法,以无线控制器 JN5121-000-M02 模块为监测节点核心,最大程度地扩展了监测范围。详细介绍了系统硬件各部分组成和软件流程设计。经分析,该系统可实时监测森林的环境指标,对提高森林防火、灭火的效率具有积极的意义。

**关键词:** ZigBee 无线传感技术 森林防火 环境监测 森林保护

**中图分类号:** TN92 **文献标志码:** A

**Abstract:** Traditional forest fire prevention was mainly carried by manpower, it was too crude and impossible to actively master the conditions in forest. Thus the design strategy of the wireless monitoring system for environmental parameters in forest based on ZigBee technology is proposed and implemented. Because of the unique features of the forest terrain, the method of meshing network topology is explored. With the wireless controller JN5121-000-M02 module as the core of the monitored point, the monitoring scope is maximized. Various sections of the system hardware and software design are introduced in detail. By analysis, the system is able to monitor the environmental indexes of forest in real time for enhancing the efficiency of forest fire prevention and fire extinguishment.

**Keywords:** ZigBee Wireless sensor technology Forest fire prevention Environmental monitoring Forest protection

## 0 引言

森林火灾不仅给人类的经济建设造成巨大损失,破坏生态环境,而且还会威胁到人类生命财产安全。传统的人工巡山的防火方式过于简陋,只能做一些防备措施,不能主动实时监控森林的具体情况。一般认为,晴朗、高温和大风天气常使森林中可燃物的含水量下降到 40% 以下,这时最易发生森林火灾<sup>[1]</sup>。了解森林火灾发生所需的条件,防火系统设计就有迹可循。系统只需要收集森林各个位置的环境参数(包括温湿度、降水量和风力等),并将数据传送到指挥中心,对数据进行综合分析处理,即可得出森林火灾易发位置,在第一时间消除隐患,节省人力和财力。

ZigBee 无线传感网络具有功率小、成本低的优点,因此,本文基于 ZigBee 无线传感网络,构建了森林火灾监测系统,并通过监测森林环境参数对数据进行分析,从而使环境参数得到实时监测。

## 1 ZigBee 技术概述

ZigBee 是一种新兴的短距离、低速率无线网络技

术,主要用于近距离的无线连接。它能够实现多节点间的相互协调通信,而需要的能量很少;ZigBee 以自组网多跳的方式进行数据传输,已被认为是较合适的无线传感网络的通信协议。ZigBee 标准是在 IEEE 802.15.4 标准的基础上发展而来,旨在使不同应用制造商之间能共享一套标准。IEEE 802.15.4 是 IEEE 组织制定的低速率、无线个人局域网标准,定义了物理层和介质访问控制层。ZigBee 联盟对网络层协议和 API 进行标准化,同时开发了安全层,应用已较成熟<sup>[2]</sup>。

## 2 系统硬件设计

无线传感网络用于森林防火系统,需要在森林里人工散布节点。这些节点通过自组织方式构成无线网络,以协作的方式感知、采集和处理网络覆盖区域中所需要的信息,实现对任意地点的信息在任意时间的采集、处理和分析。典型的传感器网络体系结构由分布式传感器节点、路由器节点、互联网和用户界面等组成。在这个网络中,传感器节点通过多跳中继方式将数据传到路由器上,由路由器将收集的数据通过 Internet 或者卫星传到远程控制中心进行集中处理<sup>[3]</sup>。

### 2.1 系统架构

在 ZigBee 网络拓扑结构中,协议定义了 3 种 ZigBee 设备对象,分别是 ZigBee 协调器、ZigBee 路由器和

修改稿收到日期:2010-10-07。

第一作者宋蛰存,男,1956 年生,1999 年毕业于东北林业大学木材科学与技术系,获博士学位,教授;主要从事信息检测与处理技术方面的研究。

终端设备。ZigBee 网络根据应用需要可组织成星型网络、树状网络和网状网络。考虑到森林里需要数据监控采集的网点多,地形复杂且要大面积的网络覆盖,本系统采用网状网络拓扑。

## 2.2 系统节点的硬件设计

系统所有 ZigBee 节点都采用同样的电路设计,通过写入相应的程序来完成不同功能。所有节点都是由 JN5121-000-M02 模块、RS-232 通信接口模块、驱动控制输出模块、数据存储模块、模拟信号处理电路、实时时钟模块、电源处理模块和太阳能供电单元共同组成。系统硬件框图如图 1 所示。

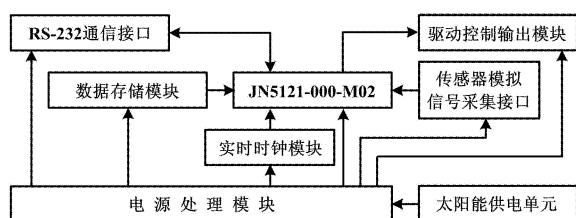


图 1 系统硬件

Fig. 1 Block diagram of system hardware

系统中的 ZigBee 节点所采用的 JN5121-000-M02 模块可以实现较远距离的无线通信,在空旷地段通信距离超过 1 000 m。系统所有节点采用太阳能供电单元供电,开关电源为 DC/DC MAX1837。模拟信号处理模块具有通用的传感器接口,无论是模拟信号,还是脉冲数字信号都能得到很好的处理,可以灵活地经过设置接入具有标准输出的传感器。驱动控制电路实现对现场脉冲电磁阀的开闭控制。

### 2.2.1 JN5121-000-M02 模块

2006 年,英国 Jennic 公司开发出集成了微处理器和无线收发器 JN5121M0x 系列 ZigBee 模块,其中, JN5121-000-M02 模块有一个电源放大器和低噪声放大器,可加大通信距离<sup>[4]</sup>。JN5121 无线收发器工作在 2.4 GHz 频段,内部有 128 位 AES 加密的安全处理器;可以进行硬件处理 MAC 地址加速和报文地址检查,提升通信报文的产生速度,硬件处理报文自动确认以及报文的 CRC 生成;此外,模块内部集成了电源管理芯片和晶振休眠,可降低协同功耗<sup>[5]</sup>。

### 2.2.2 RS-232 通信接口电路

通信芯片选用的是 MAX3222。MAX3222 使用单一电源电压  $V_{cc}$ ,电压值在 3.3 ~ 5.5 V 范围内都能正常工作,额定电流为 300  $\mu$ A,可完成 TTL 与 RS-232 两种电平之间的转换。另外,它还可以通过 EN 和 SHDN 引脚控制驱动器和接收器的工作状态,启动或禁止自动降低功能,使其工作在不同的能耗,从而达到降低功

耗的目的。本系统 MAX3222 的硬件连接电路如图 2 所示。RXD<sub>0</sub>、TXD<sub>0</sub>、 $\overline{\text{EN}}$ 、 $\overline{\text{SHDN}}$  引脚分别与 JN5121 模块的 UART<sub>0</sub> 相应管脚和 I/O 接口相连, RXD、TXD、CTS 分别连接到系统的 RS-232 接线端子上,完成上位机通信以及 JN5121 模块的程序下载功能。

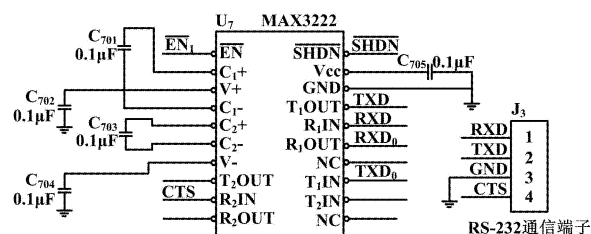


图 2 MAX3222 硬件连接图

Fig. 2 MAX3222 hardware connections

### 2.2.3 驱动控制输出模块

森林面积大且地形复杂,很难采用有线电源为系统供电,为此选用的电磁阀一般为脉冲式电磁阀。脉冲式电磁阀无需持续供电,通过瞬间的脉冲信号就能实现电磁阀的开关控制,非常适合在森林中应用。脉冲式电磁阀的工作电压为直流电压 12 ~ 40 V,它由三线制控制,分别为白线、红线和黑线。白线为公共端接入线,当白线和红线之间产生一个 12 V 以上的脉冲信号时,电磁阀打开;当白线和黑线之间产生一个脉冲信号时,电磁阀关闭。

### 2.2.4 存储电路模块

铁存储器 (FRAM) 是一种非易失性随机存取存储器,它既可以进行非易失性数据存储,又可以像 RAM 一样操作<sup>[6]</sup>。在此,系统采用铁存储器 FM25L256,它是具有先进铁电技术制造的 32 kB 非易失性存储器。FM25L256 以总线速度进行写操作,无须延时,仅需几百纳秒;当数据写入芯片后,下一个总线周期可以立即开始而无须进行数据轮询。此外,FM25L256 具有无限的读写次数,且操作功耗非常低,工作电压在 2.7 ~ 3.6 V 之间,工作静态电流低至 5  $\mu$ A。

### 2.2.5 实时时钟模块

实时时钟模块主要器件采用 PCF8563 时钟芯片,它是低功耗的 CMOS 实时时钟/日历芯片,提供 1 个可编程时钟输出、1 个中断输出和掉电检测器,所有的地址和数据通过 I<sup>2</sup>C 总线接口串行传递。该芯片为系统提供时间基准,可以根据设置值采集数据,定时存入数据存储单元,同时也能唤醒微控制器进行自动采集,满足对实时时钟芯片的各种需要。

### 2.2.6 太阳能供电单元

由于普通电池不能满足系统长时间的要求,因此,

系统采用太阳能供电单元。该单元由太阳能电池组、充电控制器和蓄电池组组成。充电控制器的基本作用是为蓄电池提供最佳的使用寿命,同时保护蓄电池,避免发生过充电和过放电现象。

### 3 软件设计与实现

JN5121-000-M02 模块的软件是在 Jennic 公司的 Jennic CodeBlocks 环境下开发的,采用 Jennic 公司已经编写好的 MAC 层软件,则用户可通过 C 语言编程完成应用层的开发。系统软件流程图如图 3 所示。

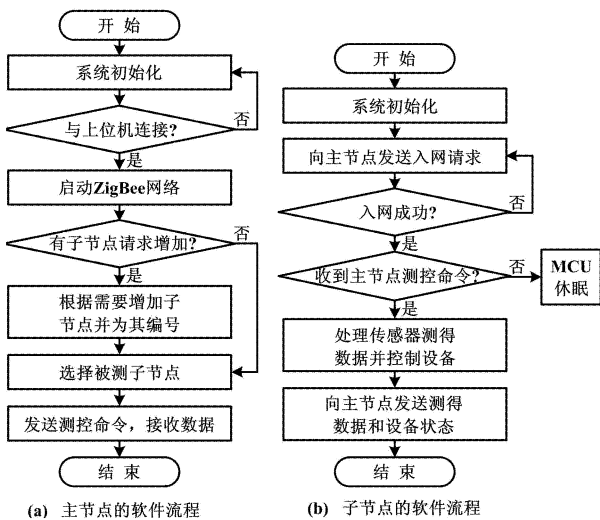


图 3 系统软件流程图

Fig. 3 Flowchart of system software

系统协调器设备(主节点协调器)的软件流程如图 3(a)所示。主节点的主要功能是对 ZigBee 网络中的各个子节点进行管理,将上位机监测终端下达的测控信息通过 ZigBee 网络发送到需要测控的子节点,接收各个子节点的状态信息并将信息发回给上位机进行数据处理和保存。系统的路由设备和数据采集控制总端(子节点路由器和终端设备)的软件流程如图 3(b)

所示。子节点是整个系统的数据采集和控制设备的主要执行机构,它的主要功能是接收主节点的采集控制信息,对接入的不同传感器进行数据采集,并对电磁阀等设备进行控制。其中,路由设备在完成数据采集控制的功能外,还具有 ZigBee 网络数据路由中继功能<sup>[7]</sup>。

### 4 结束语

ZigBee 无线传感技术具有低成本、易实现、数据传输可靠和低功耗等特点,非常适合于森林火灾监测。系统采用网状网络拓扑结构,保证系统稳定可靠,以最大限度地覆盖需要监测的区域,实时监测区域的环境因子,并根据数据变化及时发现易着火点的精确位置,真正为林火防治降低成本,提高效率。但是系统仍存在节点多、能耗相对较高的缺陷,有待进一步的改进和优化。本系统的提出是对无线传感在林火监测方面的应用尝试,不但为我国林火监测研究提出了一种新方向,同时也为无线传感的应用拓宽了发展空间。

#### 参考文献

[1] 李红革,薛梅,王晓明.谈森林火灾与气象要素的密切关系[J].林业勘查设计,2009(4):109-110.  
 [2] 李刚,张志宏.蜜蜂的舞蹈-ZigBee 的无线网络技术和应用[J].电子产品世界,2006(3):84-87.  
 [3] 金纯,罗凤.基于 ZigBee 的传感器网络在森林防火系统应用[J].林业科技开发,2006,20(6):77-79.  
 [4] 刁智华,陈立平,吴刚,等.设施环境无线监控系统的设计与实现[J].农业工程学报,2008,24(7):146-150.  
 [5] 包长春,石瑞珍,马玉泉,等.基于 ZigBee 技术的农业设施测控系统的设计[J].农业工程学报,2007,23(8):160-164.  
 [6] 尹海燕,常佰刚.铁电存储器在数据采集系统中的应用[J].电子测量技术,2007,30(3):163-165.  
 [7] 刘晓宁.ZigBee 无线传感器网络在监控系统中的应用[D].济南:山东大学,2007.

(上接第 49 页)

#### 参考文献

[1] 武亚奇,戎洲汉,王景成.协议宏在分布式供能系统中的应用[J].自动化仪表,2009,30(7):37-39.  
 [2] 杨盛泉,刘萍萍,王志安,等.基于 Omron 协议宏的工业炉 PLC 控制系统[J].工业炉,2008,30(5):41-44.  
 [3] 曹辉,霍盟,谢满江.通信协议宏在 RS-485 总线通信中的应用[J].制造业自动化,2003,25(11):55-58.  
 [4] 徐世许,王凤杰,纪志坚.使用通信协议宏实现 PLC 对变频器的监控[J].自动化仪表,2007,28(1):37-39.  
 [5] 甘付宾,许斌,景红云.用欧姆龙协议宏简单实现不同厂家设备

的 RS-485 通讯[J].自动化技术与应用,2008,27(6):81-84.  
 [6] 杨艳,徐世许,王伟.使用协议宏实现欧姆龙 PLC 与三菱 PLC 的通信[J].自动化仪表,2009,30(6):17-19.  
 [7] 史鸿钊,王方,林景栋.通信协议宏的某导弹注药生产线温度控制子系统上的应用[J].自动化技术与应用,2007,26(10):67-70.  
 [8] 严黔,李辛庚,王学刚.通信协议宏及其在 PLC 控制中的应用[J].工业加热,2004,33(6):24-27.  
 [9] 朱妙其,张文渊.通信协议宏功能在 PLC 与外围设备通信中的应用[J].微型电脑应用,2003,19(10):51-53.  
 [10] 魏志强,邹金慧,段彩艳.通信协议宏在高速路情报板控制中的应用研究[J].自动化仪表,2009,30(11):23-25.