

# ZigBee 技术在污染源应急监测系统中的应用<sup>\*</sup>

徐国祥<sup>1,2</sup>, 洪 博<sup>1</sup>, 何通能<sup>1\*</sup>

(1. 浙江工业大学 信息工程学院, 浙江 杭州 310014; 2. 杭州师范大学 信息科学与工程学院, 浙江 杭州 310036)

**摘要:**针对目前应急监测系统有线部署、单点测量的局限,设计了一种基于 ZigBee 技术的污染源应急监测系统,并详细论述了系统设计方案、硬件设计和软件设计。系统采用星型网络拓扑结构,构造了一个基于 ZigBee 的无线传感器网络,实现了污染源应急监测系统中对污染源数据的采集。研究表明,该污染源应急监测系统具有无线传输、快速部署、多点测量等特点,能够满足应急监测的需求。

**关键词:**污染源应急监测; ZigBee; 无线传感器网络

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)05-0071-04

## Application of ZigBee technology in emergency monitoring system for pollution

XV Guo-xiang<sup>1,2</sup>, HONG Bo<sup>1</sup>, HE Tong-neng<sup>1</sup>

(1. School of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;

2. School of Information Science and Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China)

**Abstract:** Aiming at the limits of wired deployment and single point measurement in the present emergency monitoring system, an emergency monitoring system for pollution based on ZigBee technology was introduced. The system scheme, hardware and software were discussed in detail. By applying the star network topology, a wireless sensor network based on ZigBee technology was organized. Therefore, the datas of pollution can be collected by this emergency monitoring system. The result indicates that this emergency monitoring system has several characteristics such as wireless transmission, quick deployment and multi-point monitor, so it can meet the demand for emergency monitoring.

**Key words:** emergency monitoring of pollution; ZigBee; wireless sensor network

## 0 引 言

随着我国工农业生产和经济建设的快速发展,环境污染事故,尤其是重大突发性环境化学污染事故不仅在发生次数上,而且在污染的危害程度上均有增加的趋势。环境化学污染事故不仅具有突发性、严重性、危害的持续性、累计性等特点,而且涉及的污染物的种类与事故的表现形式极其复杂,如剧毒农药和有毒化学物品泄露造成的水体污染等<sup>[1]</sup>。应对突发性环境化学污染事故,应急监测是事故处理处置中的重要环节,是环境监测系统的一项紧迫的任务。应急监测技

术应以迅速、准确地判断污染物的种类、污染物浓度、污染程度等为核心。

目前国内已开发研制的环境应急监测车品种不少,配置各异,但能满足实际使用功能需求的不多。有些应急监测车的监测系统只是把一些环境空气气体分析仪组装在机动车上,只能在应急监测区域的外围做环境空气质量的单点监测,在功能上很难适应突发环境应急监测的需求。

针对上述问题,本研究设计基于 ZigBee 技术的无线传感器网络的污染源应急监测系统,ZigBee 技术是一种新型的近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低

收稿日期: 2009-10-21

基金项目: 浙江省重大科技专项资助项目(2008C13017-2)

作者简介: 徐国祥(1981-),男,浙江建德人,主要从事无线传感器网络方面的研究. E-mail: xgx5172@163.com

通信联系人: 何通能,男,副教授,硕士生导师. E-mail: htn@zjut.edu.cn

成本的无线网络技术<sup>[2-3]</sup>,该应急监测系统具有无线传输、快速部署、多点监测等特点。应急监测仪器通过终端设备能够实现自组织、自适应,设备可以灵活布置在污染源区域内的各个位置,即使监测仪器移动(比如在水体中监测水污染)而网络仍能够保持良好的连通性,实现了较大范围内对环境污染源进行灵活、快速的监测,第一时间查明污染物的种类、污染程度,结合计算机控制系统确定污染范围以及污染扩散趋势,克服了传统应急监测系统有线传输、布线不便、监测范围狭窄等问题,为突发性环境化学污染事故的应急决策与指挥节约了宝贵的时间。

# 1 系统设计方案与硬件设计

## 1.1 污染源应急监测系统设计方案

该污染源应急监测系统的协调器节点和无线终端设备节点按星型拓扑形成网络结构,无线协调器放置在应急监测车内,与计算机控制系统连接,如图 1 所示。应急监测车配置了协调器节点、计算机控制系统、车载实验平台、中央空调系统、发电系统、防护设备、便携式多功能水质检测仪、便携式多种气体检测仪等污染源监测仪器等。

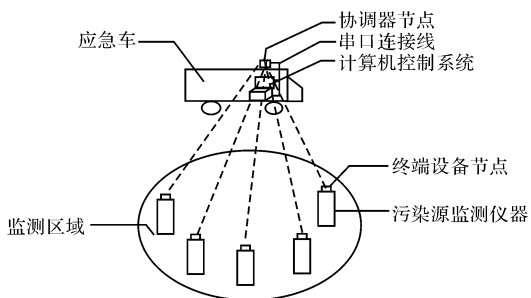


图 1 系统设计方案示意图

当有紧急污染情况发生时,应急车进入污染现场,工作人员在污染源区域内放置多个监测仪器后就可以进入到应急车体内,连接在各种监测仪器上的终端设备利用无线传感器网络技术快速组成网络,将监测设备采集到的数据通过天线传输给协调器;协调器将数据通过串口传输给计算机控制系统进行数据处理分析,及时准确地得出突发污染事故的污染物种类、污染物浓度、污染范围及可能造成的危害,并生成报表,为快速作出决策提供依据。

协调器节点负责形成网络以及允许终端设备节点加入网络,负责采集各无线终端设备节点传输过来的污染源的数据,通过串口按照 RS232 通信方式将数据发送给计算机控制系统进行处理。

终端设备节点主要负责加入网络,通过污染源监测仪器采集各种污染源数据,并通过天线将数据传送给协调器。它采用模块化设计,可以根据需要贴在任何监测仪器上。

## 1.2 硬件设计

### 1.2.1 数据采集接口

由于突发事件发生时,对污染源的种类还无法判断,除了应急车中常规的监测仪器外,有的时候可能还需要额外配置其他非常规的污染源监测仪器,容易导致“污染源监测仪器和无线传感器终端节点的接口无法匹配”问题,无法满足应急监测便携、快速的要求。目前污染源监测仪器有各种各样的接口,包括电压、电流(4 mA ~ 20 mA)模拟信号接口,RS232、RS485 数字串行通信接口,ModBus、AnyBus 现场总线接口,TCP/IP 以太网接口,USB、LPT 计算机设备接口等等,因此在设计终端设备时,根据实际情况设计了多种通讯接口的终端设备。通用型的终端设备设计了 RS232/RS485 通讯接口、0 ~ 20 mA/4 mA ~ 20 mA 模拟输出接口等常用的接口;非通用型的终端设备设计了 ModBus、AnyBus 现场总线接口,TCP/IP 以太网接口等。采用这两套设计方案增加了终端设备使用的灵活性,工作人员可以快速方便地将终端设备贴在各种环境监测仪器上,利用外部接口将不同的环境监控仪器和终端设备快速连接。一旦发生突发性污染事故,工作人员可以在最短时间内连接、布置各种监测仪器。

### 1.2.2 无线传感器网络设备

在该系统中 CPU 采用 TI 公司的 CC2430-F128,它沿用了 CC2420 芯片的架构,在单个芯片上整合了 Zig-Bee 射频(RF)前端、内存和一个增强型工业标准的 8 位 8051 微控制器内核<sup>[4-5]</sup>,运行时钟 32 MHz,具有 128 KB 可编程闪存和 8 KB 的 RAM,并包含一个 A/D 转换器,21 个可编程 I/O 口等等。并且具有使用该 CPU 的协议栈 Z-stack 可供使用。

协调器主要由电源模块、微控制器单元、射频单元、天线模块、用户按键模块、LCD 显示模块、串口通信模块组成,设计框图如图 2 所示。LCD 用来显示协调器和终端设备工作的一些基本信息,包

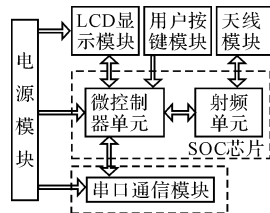


图 2 协调器系统原理图

括网络连接情况、网络状态、数据传输的情况等等;由于协调器本身处理数据的功能有限,提供 RS232 接口实现与计算机控制系统的通讯,利用计算机控制系统

处理采集的数据。

终端设备节点由电源模块、微控制器单元、射频单元、LED显示模块、天线模块、复位按键、外部接口组成。LED模块用来显示终端设备节点的工作状态。

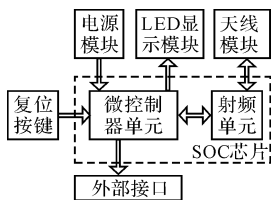


图3 终端设备系统原理图

监测仪器通过外部接口与终端设备节点连接。设计框图如图3所示。由于CC2430功耗非常低,工作时的电流为27 mA,休眠模式电流仅0.9 μA,具有电池监测功能,因此无线传感器网络设备采用电池供电。

## 2 系统软件设计

无线传感器软件设计采用德州仪器(TI)推出的Z-stack。该协议栈符合ZigBee 2006规范,支持多种平台,其中包括面向IEEE 802.15.4/ZigBee的CC2430片上系统解决方案、基于CC2420收发器的新平台以及TIMSP430超低功耗MCU<sup>[6]</sup>。该协议栈实现了IEEE 802.15.4的物理层和数据链路层的标准和ZigBee的网络层和应用层标准,较好地解决了无线传感器网络连接方案<sup>[7-8]</sup>。将该协议栈进行移植,通过编写应用层程序就可以构建一个污染源应急监测系统。

软件设计分为两部分:一部分为无线传感器网络设备的软件设计,这部分主要实现组网、通讯以及数据采集的功能,它由协调器节点、终端设备节点两个设备组成。另一部分为计算机控制系统的软件设计,主要负责对协调器传输过来的数据作进一步的处理和操作,及时准确地得出突发污染事故的污染物种类、污染物浓度、污染范围及可能造成的危害,并生成报表,为上级快速作出应急决策提供数据支持。

### 2.1 无线传感器网络设备的软件设计

协调器节点上电启动后,进行硬件初始化和网络的初始化,构建起一个ZigBee的无线传感器网络。随后协调器节点进入等待消息状态,等待计算机控制系统发送的指令。当协调器节点接收到计算机控制系统的指令时,协调器节点解析该指令,并发送相应指令到终端设备节点启动采集数据事件,通过监测仪器采集污染源数据。协调器将采集到的数据通过RS232通信方式送计算机控制系统进行处理。流程图如图4所示。

终端设备节点上电启动后进行硬件和网络的初始化,加入网络。加入网络后,节点进入等待协调器消息状态。当接收到消息时,对其进行解析并执行,开始通

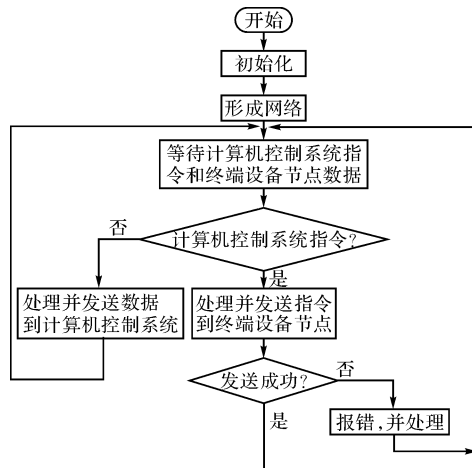


图4 协调器工作流程

过与外部接口连接的监测仪器采集数据。每成功采集一次数据后都将采集到的数据发送到协调器节点。程序中通过多次采集,在计算机控制系统的程序中设计算法处理数据,增加数据的精确性。流程图如图5所示。

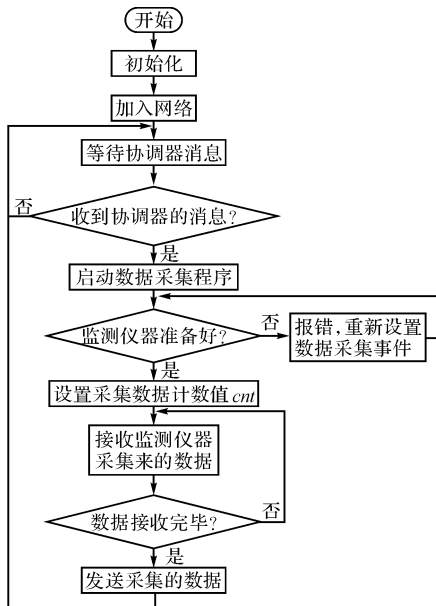


图5 终端设备工作流程

### 2.2 计算机控制系统软件设计

计算机控制系统启动应用程序,通过串口与协调器节点连接,当在污染源现场布置好监测设备后,工作人员就可以马上进入应急监测车内,利用计算机控制系统操作指令,通过串口向协调器节点发送采集数据的命令,避免工作人员长时间置身污染环境中的危险性。命令发送成功后开始接收来自协调器的数据,并将数据存入数据库,利用计算机控制系统中的应用程序统计各类监测数据,及时准确地得出突发污染事故的污染物种类、污染物浓度、污染范围及可能造成的危害,打印输出并及时报送。避免过去“先取样,再送回

实验室进行分析,处理事件周期过长”的缺陷,为分析、处理突发性环境污染事件提供更加及时的数据,为上级快速锁定重点防护区域和流域,为人员疏散、撤离提供决策帮助。

### 3 结束语

在本研究中,笔者将 ZigBee 技术应用到污染源应急监测系统中,采用星型网络拓扑结构,经测试,在无干扰的空旷环境中,节点间通信距离可以达到 45 m ~ 60 m 左右,并且能够可靠地传输传感数据,设计的系统能够满足对监测区域内各监测点污染源数据进行采集的要求,系统中节点移动后(比如在监测水体污染的情况)网络依旧能够保持良好的连通性,保证了数据的稳定性和可靠性。

#### 参考文献(References):

- [1] 李国刚. 环境化学污染事故应急监测技术与装备[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [2] ZigBee Alliance. ZigBee Overview[EB/OL]. [2006-11-12]. <http://www.zigbee.org>.

- [3] IEEE Std802.15.4-2003 Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications For Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR2 WPANs) [S]. New York: Institute of Electrical and Electronic Engi2neers Inc., 2003.
- [4] TEXAS INSTRUMENTS Inc.. A True System-on-Chip solution for 2.4 GHz IEEE 802.15.4/ZigBee (TM) [EB/OL]. [2007-06-06]. <http://focus.ti.com/cn/cn/lit/ds/symlink/cc2430.pdf>.
- [5] 尹航,张奇松,程志林. 基于 ZigBee 无线网络的温湿度监测系统[J]. 机电工程,2008,25(11):20-23.
- [6] 蔡雨楠,王福豹,严国强. 基于数据服务和能量控制的 Zigbee 路由策略研究[J]. 计算机测量与控制,2008,16(10):1489-1492.
- [7] 李晓卉,方康玲,张亮. 基于 ZigBee 的室内气体污染监测系统的设计[J]. 湖南工业大学学报,2008,22(5):105-108.
- [8] LIN Shi-zhuang, LIU Jing-yu, FANG Yan-jun. ZigBee based Wireless Sensor Networks and Its Applications in Industrial[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics,2007:18-21.

[编辑:李辉]

(上接第 66 页)

### 5 结束语

本研究分析了一种通过自适应调节频率和电压的方法,并在 Blackfin 处理器上达到了节省功耗的目的。这种方法适用于极限时间相对不变的事件触发系统。在实现过程中,本研究利用了几个 Blackfin 处理器的特点,首先是极限时间取决于 DMA 传输的长度和速率,其次是不不断的追踪任务的执行周期,并与极限情况相比较,而且频率和电压的调节是在基于对任务需求的计算上达到的。实验结果表明,执行周期和极限情况相对接近,也就是说功耗的浪费并不多。

#### 参考文献(References):

- [1] GAN W, KUO S M. Embedded Signal Processing with the Micro Signal Architecture[M]. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006.

- [2] 陈峰. Blackfin 系列 DSP 原理与系统设计[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [3] 丁玉美,高西全. 数字信号处理[M]. 2 版. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [4] Analog Devices Inc.. ADSP-BF533 Blackfin Booting Process (EE-240)[M]. Analog Devices Inc., 2006.
- [5] Analog Devices Inc.. ADSP-BF533 Blackfin Processor Hardware Reference[M]. Analog Devices Inc., 2006.
- [6] Analog Devices Inc.. ADSP-BF53x/BF56x Blackfin Processor Programming Reference[M]. Analog Devices Inc., 2006.
- [7] Analog Devices Inc.. Using the Dynamic Power Management Functionality of the ADSP-BF535 Blackfin Processor (EE-172)[M]. Analog Devices. Inc., 2003.
- [8] 汪小会. 基于电源管理技术降低嵌入式系统功耗的研究[J]. 电子工程师,2007,33(9):60-62.

[编辑:柴福莉]