

# 基于北斗和 ZigBee 的环境质量监测系统的设计

于泓博<sup>1</sup>, 于泓琦<sup>2</sup>, 王志良<sup>3</sup>

(1. 齐齐哈尔大学 通信与电子工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 哈尔滨铁路局信息技术所, 哈尔滨 150006;

3. 齐齐哈尔大学 理学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:** 针对目前环境空气质量监测系统大多操作复杂、显示控制单一及不能远距离报警的弊端, 设计了基于北斗和 ZigBee 的环境空气质量监测系统, 该系统可以在远距离的情况下自动完成组网, 实现对空气中的温度、湿度和烟雾空气指标的监测和预警功能; 系统中的采集端主控模块完成对多种传感器采集的信息进行显示与参数的设置工作, 采用数字式温湿度传感器和离子烟感实时采集空气中的监测对象, 空气指标数据通过每个子模块中的 ZigBee 路由及终端节点组成的无线局域网进行数据的传输, 所有信息汇总后由 ZigBee 协调节点模块经北斗卫星网络进行实时传输, 从而实现对远程空气质量监控的目的; 经实验证明该系统温度误差值小于 2.5%, 湿度误差值小于等于 4%, 具有传输稳定、使用领域广阔和覆盖面积大等优点, 符合未来智能报警领域的发展趋势, 具有一定的实用价值和可推广性。

**关键词:** 北斗; ZigBee 模块; 环境监测; 传感器采集

## Design of System for Monitoring Environmental Quality Using Beidou Satellites and ZigBee

Yu Hongbo<sup>1</sup>, Yu Hongqi<sup>2</sup>, Wang Zhiliang<sup>3</sup>

(1. Institute for Communication Engineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China;

2. Institute of Information Technology, Harbin Railway Administration, Harbin 150006, China;

3. School of Science, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** The currently available systems for monitoring environmental and air qualities are complex to operate, have insufficient display and control functions, and are unable to issue alarms remotely. Hence, in this paper, we design a system for monitoring environmental quality using Beidou satellites and ZigBee. By automatically forming a network, the proposed system can measure indicators about air humidity, temperature and smoke, and issue alarms. The major control module of the collection terminal is responsible for collecting sensor data, displaying information and setting up parameters. The digital temperature and humidity sensors and the ionic smoke sensors are used to measure the air indicators in real-time, which are then transmitted via the wireless local network consisting the ZigBee routes in each sub-module and the terminal nodes. All the data are aggregated and transmitted by the ZigBee coordinator nodes in real-time through the Beidou satellite network. By doing this, we manage to monitor the air quality remotely. The experiments show that the system can transmit data reliably, Temperature error value is less than 2.5%, humidity value error less than 4%, be used in a broad variety of domains and cover wide areas. Following the future trend of issuing alarms smartly, the system is practically useful and can be introduced to other applications.

**Keywords:** Beidou; ZigBee module; environmental monitoring; sensor collection

## 0 引言

随着北斗多样化业务在实际应用中的推广, 原有的 GPS 卫星业务技术逐渐不能满足当今物联网飞速发展, 特别是在功能上相差甚远, 原来以 GPS 卫星无线通信定位为核心的远程监控终端将被北斗终端系统所取代, 其中环境质量监测就是一个重要应用。通过北斗系统能够完善环境监测网络, 扩大监测范围, 在现有国控监测点位的基础上, 进一步优化调整, 是掌握环境质量状况和发展趋势的重要手段。近年来由于空气质量恶化, 雾霾现象出现增多且危害加重。为了更好地监测环境质量, 推广卫星环境遥感监测的应用, 推进环境监测天地一体化进程, 充分发挥环境遥感技术在国家生态环境状况调查、自然保护区人类活动监督核查等工作, 提高环境遥感技术业务水平, 服务环境监测管理。

收稿日期: 2013-12-21; 修回日期: 2014-03-03。

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究基金项目(12541857)。

作者简介: 于泓博(1980-), 男, 齐齐哈尔市人, 硕士研究生, 副教授, 主要从事通信与信息处理方向的研究。

本文设计的基于北斗和 ZigBee 的环境空气质量监测系统, 采用北斗与 ZigBee 技术相结合组成监控网络, 完成对环境中的温度、湿度和空气中各种气体含量进行监测和预警, 以确定环境质量状况, 定时、定点的将环境质量数据发送监控中心, 可以为环境质量评价和环境影响评价提供必不可少的依据, 该系统具有组网方便, 覆盖面积大, 不受地形影响等优点, 可以应用于城市、森林、湖泊和沙漠等各种工作环境中, 能够准确、及时、全面地反映环境质量现状及发展趋势, 为环境管理、污染源控制、环境规划等提供科学依据。

## 1 系统网络总体设计方案

系统网络主要包括北斗卫星系统和 ZigBee 网络。由北斗与 ZigBee 网络组成的监测系统框架如图 1 所示。ZigBee 网络主要由协调器节点、路由节点与终端节点组成。结合此系统的具体使用环境场合, 可以多种形式组网, 协调器节点作为网络系统的主要节点, 完成对网络的建立与管理、环境数据收集管理及连接北斗终端发送数据。其他路由、支路节点与终端节点负责环境数据采集并发送数据至协调器节点。

该系统内的协调器节点还有一个重要任务, 就是在系统网

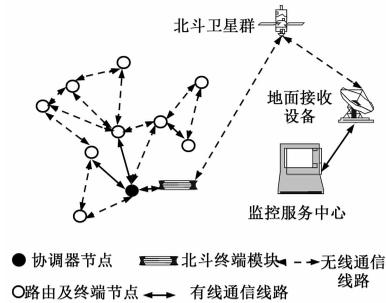


图 1 北斗通信与 ZigBee 网络通信示意图

络中其它节点第一次与协调器节点通信时, 如果出现该通信节点不在其路由列表中, 此时协调器节点依据不同路径情况, 将选择最佳匹配的网络路由路径。通过协调器节点将信息汇总, 通过北斗终端模块发送给北斗卫星通信系统, 在通过地面接收站接收, 在监控中心就可以实时收到被监测的环境信息<sup>[1]</sup>。

## 2 系统网络与硬件电路设计

### 2.1 系统硬件总体方案设计

整个系统的总体硬件电路主要包括采集主控制器模块、温湿度采集模块、烟雾采集模块、LCD 显示模块、Zigbee 节点模块、北斗模块和 ARM 主控模块几个部分, 系统硬件总体结构如图 2 所示。

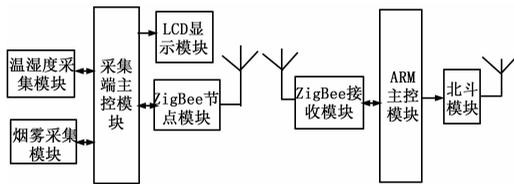


图 2 系统硬件总体结构

该系统中采用具有北斗与 GPS 双系统的模块 SUN-BGR, 它是一种自动测报通用型模块, 采用 USB 接口方式, 与其他器件连接方便, 能够在恶劣的环境指标下工作。Zigbee 节点模块采用 CC2530 模块, 完成 2.4G 通信和各个模块之间的组网<sup>[2]</sup>。

采集端主控模块采用单片机 STC89C58 芯片, 配有时钟振荡电路和复位电路, 主要完成各部分之间功能的控制与信息的传递工作; 温度检测模块和烟雾传感器模块主要是通过传感器来完成对温度和空气中的气体、粉尘的采集工作, 并将得到的数据发送给单片机, 如果采集回来的数据超过预先设置的报警阈值后, 主控模块则将数据和报警信息通过终端中的 ZigBee 路由和终端节点子模块发送给协调器节点, 这个协调器节点通过 ARM7 主控模块与北斗模型相连, 完成了从采集到发送的整个过程, 实现了系统的远程监测和预警功能<sup>[3]</sup>。

### 2.2 温湿度采集模块电路设计

温湿度采集模块中采用 DHT11 数字式温湿度传感器完成温湿度的采集, 该传感器应用特定的数字采集模块与温湿度传感器技术, 以保证产品的高可靠性和优异的稳定性, 该产品具有优良的品质, 响应速度快, 抗噪能力强, 高超的性价比等优点。该传感器的相对湿度参数指标如表 1 所示。

DHT11 具有电源引脚、数据引脚和电源引脚 GND 3 个引脚, 使用极为方便<sup>[4]</sup>。具体电路连接图如图 3 所示。

表 1 DHT11 相对湿度性能参数

| 性能指标 | 温度    | 湿度       |
|------|-------|----------|
| 参量范围 | 0~50℃ | 2%~90%RH |
| 精度   | ±2℃   | ±5%RH    |
| 响应时间 | 6 s   | 6 s      |

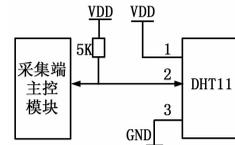


图 3 硬件接口连接示意图

### 2.3 烟雾采集模块电路设计

烟检测报警模块主要完成烟雾探测和空气中各种气体含量的检测。检测电路主要采用 MC14468 芯片, 它是采用离子烟感探测技术的报警专用芯片, 具有的突出特点就是探测阈值即灵敏度是通过改变电阻值进行设定的, 对于应用的环境不同改变相应的电阻值, 从而达到改变灵敏度的目的。报警电路由 MC14468 外接一个离子室及少量的外部元件构成, 烟检测报警电路如图 4 所示。

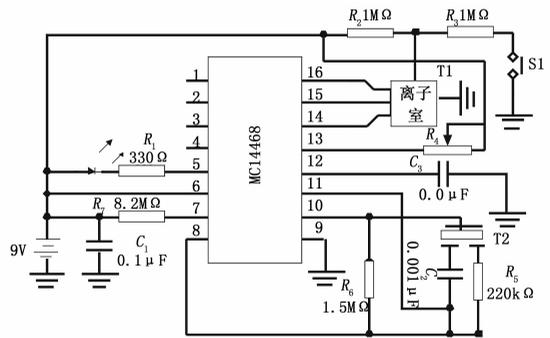


图 4 烟检测报警电路

电路采用 9V 叠层电池供电。为了防止其他外界因素造成的误报警, 将 MC14468 自身电压滞后 100 ms, 再加上单片机产生 90 ms 的延时, 这样就大幅度提高系统的报警可靠性<sup>[5]</sup>。

## 3 系统软件程序设计

### 3.1 路由与终端节点工作流程设计

由于系统外设较多, 所以在程序设计时采用各部分功能程序分开设计的方法, 最后再将其一一引用到主函数中, 用以实现不同的功能。在编程语言上, 本设计采用适合将程序模块化的 C 语言来编程, 这样不但可以提高编程速率, 也方便了各个程序之间的调度工作, 使整个系统能更稳定地工作下去。系统中重要的就是路由与终端节点算法, 该算法决定系统整个网络通信的组成和信息传输的路畅, 算法流程如图 5 所示。

### 3.2 调节器与北斗终端工作流程设计

软件系统中另外一个重要流程就是调节器与北斗终端流程。首先完成对 ZigBee 节点信息的汇总, 通过 ZigBee 网络中的调节器再将汇总后的数据通过北斗通信系统发送给环境监测中心, 从而完成了环境信息的传输和收集过程, 具体流程如图 6 所示。

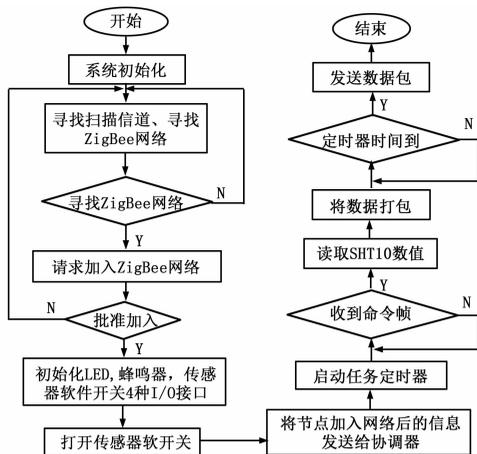


图 5 路由与终端节点工作流程图

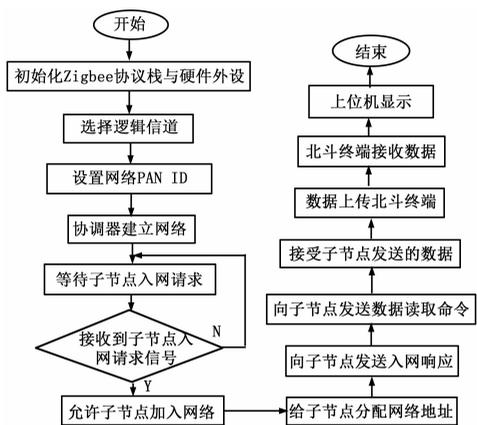


图 6 调节器与北斗终端工作流程图

### 4 实验结果讨论

在相同的环境条件下对室外温湿度进行测量，验证系统准确度，该系统测得的测量值与温湿度计量得的标准值进行比较，并进行误差分析，具体如表 2 和表 3 所示。

从表 2 和表 3 中可以看出，实验中分别测量了 6 个不同时刻

的温湿度值，对测得数据分析，该系统测量的温湿度存在一定的误差，温度误差值小于 2.5%，湿度误差值小于等于 4%，表明系统误差值在允许的误差范围之内，系统的准确性达到要求。

表 2 温度标准值、测量值及误差分析

|        |      |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 标准值    | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   |
| 测量值    | 22.5 | 23.5 | 24.6 | 25.6 | 26.6 | 27.5 |
| 误差/(%) | 2.2  | 2.1  | 1.6  | 1.5  | 1.5  | 1.7  |

表 3 湿度标准值、测量值及误差分析

|         |    |     |     |     |     |     |
|---------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 标准值/(%) | 50 | 55  | 60  | 65  | 70  | 75  |
| 测量值/(%) | 52 | 57  | 62  | 67  | 72  | 77  |
| 误差/(%)  | 4  | 3.6 | 3.3 | 3.1 | 2.8 | 2.6 |

### 5 结论

基于北斗和 ZigBee 的环境空气质量监测系统的测量结果与标准值进行了比较，最大的误差值满足要求，证明该系统运行稳定可靠，同时又具备了北斗和 ZigBee 技术的组网方便、不受地形限制和自主卫星通信的特点，这些技术的有机结合，可以广泛地应用于各个行业的监控和信息传输，具有广泛的应用空间和推广前景。

#### 参考文献:

[1] 于泓博, 石磊. 基于北斗卫星的森林火灾监控终端设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 4: 991-993.  
 [2] Yang Y, Tang Y, Che N C, et al. Integrated Adjustment of Chinese 2000. GPS Control Network [J]. Survey Review, 2009, 41 (313): 226-237.  
 [3] Betz J W, Kevin R. Late discriminator Part I: lower bound and coherent processing [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2009, 10 (45): 1538-1550.  
 [4] Ba X H, Liu H Y, Zheng R. A novel Efficient Tracking Algorithm Based on FFT For Extremely Weak GPS Signal [A]. ION-GNSS2009 [C]. Savannah, Georgia, 2009, 385-387.  
 [5] Falletti E, Presti L L. Low Complexity carrier-to-noise ratio estimators for GNSS digital receivers [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2011, 2 (47): 420-436.

(上接第 2373 页)

表 1 系统实测数据表 (mm)

|      |      |      |      |       |       |       |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 实际   | 10.0 | 20.0 | 30.0 | 40.0  | 50.0  | 60.0  |
| 测量   | 9.5  | 20.0 | 30.5 | 39.5  | 49.5  | 59.0  |
| 相对误差 | -5%  | 0    | 2%   | -1%   | -1%   | -2%   |
| 实际   | 70.0 | 80.0 | 90.0 | 100.0 | 110.0 | 120.0 |
| 测量   | 69.0 | 78.5 | 88.5 | 98.0  | 108.5 | 118.0 |
| 相对误差 | -1%  | -2%  | -2%  | -2%   | -1%   | -2%   |

### 5 结束语

本系统是利用 AT89S52 单片机和 NRF24L01 无线数传模块作为核心部件设计出的一个雨量采集站和雨量数据接收显示装置的降雨量数据实时监测系统，该系统具有成本低、操作简单、工作稳定可靠、抗干扰能力强、采集的数据准确等特点，在软硬件的设计上使雨量采集站数量便于扩展，另外在雨量数

据接收显示装置上还设置了 RS-232 接口，可以将降雨量数据上传 PC 机自动实时显示，具有自动保存数据、选择性保存数据、历史查询等功能，实现实时降雨量数据的无人采集，因此具有较大的推广价值。

#### 参考文献:

[1] 赵茂泰. 智能仪器原理及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.  
 [2] 彭建, 孙志江. 基于单片机控制的降雨量实时检测系统 [J]. 测控技术, 2010, 29 (9): 79-84.  
 [3] 廖珽, 周萍, 王继锋, 等. 基于 NRF24L01 的电池管理系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (5): 1338-1340.  
 [4] 王顺, 顾叶丹, 熊继平. 基于 nRF24L01 无线网络的单片机应用设计 [J]. 仪器仪表学报, 2010, 31 (8): 55-57.  
 [5] 赵志梅, 张帆. 基于无线传输的高速列车轴温集中监测系统 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (5): 1242-1244.