

基于 ZigBee 的多参数水质在线监测系统*

李鑫星¹ 王 聪^{1,2} 田 野^{1,3} 吕熊杰² 傅泽田^{3,4} 张领先^{1,3}
(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 天津市农业科学院信息研究所, 天津 300192;
3. 农业部农业信息获取技术重点实验室, 北京 100083; 4. 食品质量与安全北京实验室, 北京 100083)

摘要: 溶解氧、pH 值、电导率、温度等是水质分析的关键因子, 对各关键因子的实时测量尤为重要, 但传统的经验检测法和化学检测法已经不能满足要求。随着传感器智能化、网络化的发展, 无线网络技术在满足水质监测实时性、准确性要求方面显示出优势。ZigBee 技术不仅具有距离近、复杂度低、组网能力强、成本低及可靠性高的特点, 并且自有无线通信标准, 可以接力的方式在多个测量节点间相互协调实现通信, 充分满足了无线水质监测的需要。本文提出一种基于 JN5139 的 ZigBee 无线模块的无线水质监测系统。该系统集感知模块、微控制模块和无线传输模块于一体, 通过无线网络定时收集现场测得的多路水质参数, 并利用上位机存储和显示数据。用户可以通过计算机连接系统 JN5139 - Z01 - M02/4 无线模块收集现场测得的多种水质参数。在建筑物、树木等障碍物遮挡的情况下, 可以达到至少 100 m 的传输距离。试验结果表明该系统具有可扩展性强、功耗低、稳定性高等特点, 能够满足水质监测实时性和数据精度的要求。

关键词: 水质监测 无线传输 ZigBee JN5139
中图分类号: TN919.72; X832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2015)S0-0168-06

Online Monitoring System for Water Quality Parameters
Based on ZigBee

Li Xinxing¹ Wang Cong^{1,2} Tian Ye^{1,3} Lü Xiongjie² Fu Zetian^{3,4} Zhang Lingxian^{1,3}
(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China
2. Information Institute, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300192, China
3. Key Laboratory of Agricultural Information Acquisition Technology, Ministry of Agriculture, Beijing 100083, China
4. Beijing Laboratory of Food Quality and Safety, Beijing 100083, China)

Abstract: Dissolved oxygen, pH value, conductivity, temperature, etc. are key factors for analyzing water quality. And, how to measure the key factors real-timely is particularly important. It is impossible for traditional empirical methods and chemical detection to satisfy production requirements today. However, with the development of intelligent and networked sensors, wireless network technology can satisfy the requirements of accuracy and real-time in water quality monitoring. ZigBee technology not only has characteristics of short distance, low complexity, powerful networking capability, low cost and high stability, but also has self-owned wireless transmission standard in which multiple modes which can relay each other achieve effective communication in measuring nodes, which fully meets the needs of the wireless water quality monitoring. This paper puts forward wireless water quality monitoring system based on JN5139 ZigBee wireless module. The system gathers perception module, micro-control module and wireless transmission module. Multiplex water quality parameters are collected periodically by wireless network, stored and finally displayed on host computer. These data can also be checked by users after

收稿日期: 2015 - 10 - 28 修回日期: 2015 - 11 - 09
* 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2013XJ021)、天津市科技支撑计划资助项目(15ZCZDNC00120)和河南省发展和改革委员会资助项目
作者简介: 李鑫星, 讲师, 主要从事农业系统与知识工程研究, E-mail: lxxcau@cau.edu.cn
通讯作者: 张领先, 副教授, 博士, 主要从事农业系统与知识工程研究, E-mail: zlx131@163.com

connecting JN5139 – Z01 – M02/4 system through computer. In case of buildings, trees and obstruction, distance accuracy is 100 m at least. According to experiments, the system has high scalability, low power consumption, strong stability and so on, which can meet the requirements of real-time and data accuracy in water quality monitoring.

Key words: Water monitoring Wireless transmission ZigBee JN5139

引言

溶解氧、pH 值、电导率、温度等是水质分析的关键因子,如何对各关键因子进行实时测量尤为重要。传统的经验检测法已经不能满足目前生产要求;化学检测法过程复杂,又会带来二次污染;现代仪器检测法通过相关传感器,将被测的化学量或者物理量转换成方便处理和传输的电信号,能够满足水质监测中实时性、准确性等要求。

随着传感器智能化、网络化的发展,无线网络技术在水质监测中得到了应用。由于 ZigBee 技术^[1-3]具有距离近、复杂度低、组网能力强、成本低及可靠性高的特点,使用该技术可使水质监测中传感器网络部署的有效时间延长,增强网络的实用性,测量节点具有更长的生命周期。ZigBee 技术自有无线通信标准,可以接力的方式在多个测量节点间相互协调实现通信,通信效率高,能满足无线水质监测的需要^[2-3]。

针对水质监测的需求及其监测点的随机变动,本文设计一种基于 JN5139 无线 ZigBee 模块的无线水质监测系统,用户可以通过计算机连接系统 JN5139 – Z01 – M02/4 无线模块^[4-6]收集现场测得的多种水质参数。

1 系统设计

1.1 JN5139 模块结构特点

JN5139 芯片^[4]是 Jennic 公司生产的符合 ZigBee 技术的 2.4 GHz 射频系统单芯片,并集成了增强工业标准的 16 MHz 32 位 RISC 核、128 KB Flash 和 192 KB ROM 及 96 KB RAM 等高性能模块。可在最短时间内、以最低成本实现 IEEE 802.15.4 或 ZigBee 等应用。此款模块减少了用户对于射频 (RF) 板设计和测试框架的开发时间,提供了开发无线传感器网络所需要的丰富的外围器件 (如 ADC、DAC、GPIO、SPI、UART、I²C 等接口),有效降低了成本。

此外 Jennic 公司提供了一系列用于控制 JN5139 无线收发器及外围设备的软件库,库存函数被称为应用程序接口,降低了开发难度。

1.2 系统总体设计

基于 JN5139 无线 ZigBee 模块的水质监测系统框图如图 1 所示。作为系统核心模块,终端设备通过 JN5139 微控制器内部 4 输入 12 位 AD 获取传感器采集到的 4 种信号,对其进行存储,并将处理后的数据通过无线网络传给路由模块 JN5139 – Z01 – M02/4,路由模块利用 USB 或者 RS232 的通信接口与计算机完成通信,计算机获取采集数据后,会通过串口软件将数据显示到显示器上。其中终端设备除了将捕获的现场信号经模数转换器 ADC 采样、量化、编码,转换成数字信号传给微处理器并通过无线发送数据外,还可以通过 JN5139 通用 IO 口完成电源的管理并了解清洗泵的执行情况。路由模块的主要工作是接收数据信息、管理采集节点、数据处理和管理。本系统支持同时在线监测 4 种水质常规参数,无线透传通信距离至少可以达到 100 m^[6-8]。

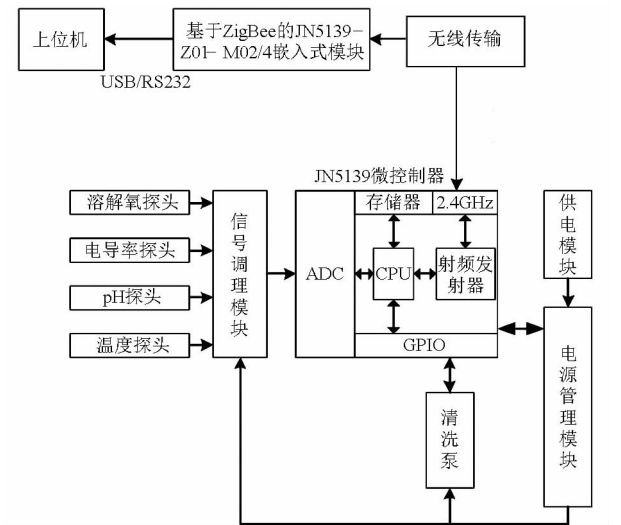


图 1 系统总体结构设计图
Fig. 1 Structure of system

1.3 系统硬件设计

1.3.1 终端节点设计

终端节点设计主要包括传感器数据采集模块和 JN5139 最小系统及其外围扩展模块。终端节点的主要功能是采集各类水质传感器的数据信息并通过 ZigBee 模块发送或接收路由节点的命令 (图 2)。

(1) 传感器数据采集模块

无线水质监测系统采集的水质参数主要是温度 (TEM)、溶解氧 (DO)、电导率 (EC) 和酸碱度 (pH 值)。

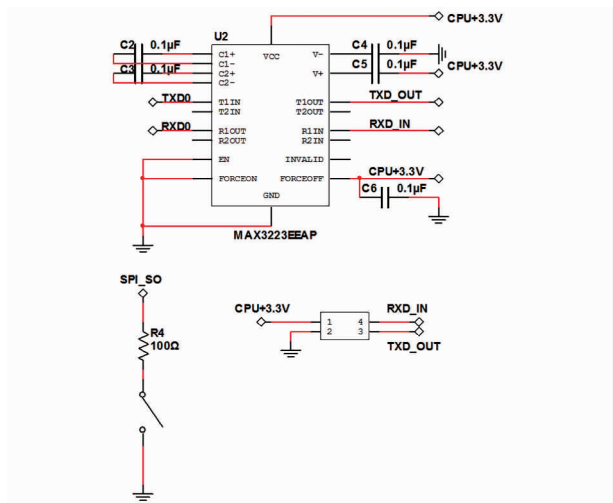


图6 程序下载及串口通信电路

Fig.6 Programming and RS232 circuit

1.3.2 路由节点设计

路由节点主要功能是收集各传感器数据并通过串口传送到计算机上处理。系统采用基于 ZigBee 的 JN5139-Z01-M02/4 嵌入式模块,集成 JN5139SoC 芯片所需的外围电路,可显著减小电路设计复杂度。与计算机的传输可以选择串口传输或者 USB 传输方式。串口传输只需用外扩 MAX232 接口芯片,USB 传输只需要外扩 SLABCP2102 接口芯片。

1.3.3 电源模块设计

针对水质观测点可能处在近海、湖泊等野外水体,本系统采用太阳能供电。在白天太阳能电板给系统供电,同时给蓄电池充电以备阴天和夜间使用。

采用 12 V 蓄电池供电时,通过开关稳压芯片 LP2981-3.3 V 将 12 V 电压转换成 3.3 V 电压给

JN5139 模块和传感器节点供电。在 JN5139 模块有 2 个控制端 DIO10 和 DIO8, DIO10 与 LP2981 芯片使能端 EN - SENSOR 相连。当 DIO10 为高电平时, 传感器供电电源开启; 休眠时, DIO10 则为低电平。CTL - PUMP 端口通过时钟中断输出高低电平信号, 控制 JZC - 23F 型继电器执行开合命令。当 CTL - PUMP 为低电平时, 继电器闭合, 清洗泵正常工作。清洗泵参数为型号 JT - 180, 供电电压 DC4.5 ~ 12 V, 功率 0.5 ~ 2 W。在实际操作中, 为了节省能源, 设计 24 h 清洗一次, 每次清洗 5 s。

1.4 系统软件设计

由于 Jennic 公司提供了一系列用于控制 JN5139 无线收发器及外围设备的软件库,库中函数被称为应用程序接口,降低了开发难度。本系统采用 Jennic CodeBlocks 开发环境下 C 语言编写程序集,系统整体采用结构程序方法设计。考虑软件的灵活性、简洁性及易读性,程序中大量使用了子程序调用的方法,如延时子程序、发送子程序、接收子程序等。

系统软件程序包括主控制模块、清洗泵时钟控制模块、数据采集模块及温度补偿模块、无线传输模块、上位机通信接口模块等。数据采集模块及温度补偿模块主要负责传感器节点对各类信号的采集和转换。无线传输模块主要负责组网、数据传输和数据安全。清洗泵时钟控制模块主要负责清洗泵的工作状态。数据采集模块和无线传输模块是本系统的核心,主要涉及应用程序与 ZigBee 协议栈的交互,采集数据的转换和存储等处理,通过调用相应的子程序来实现(图 7)。

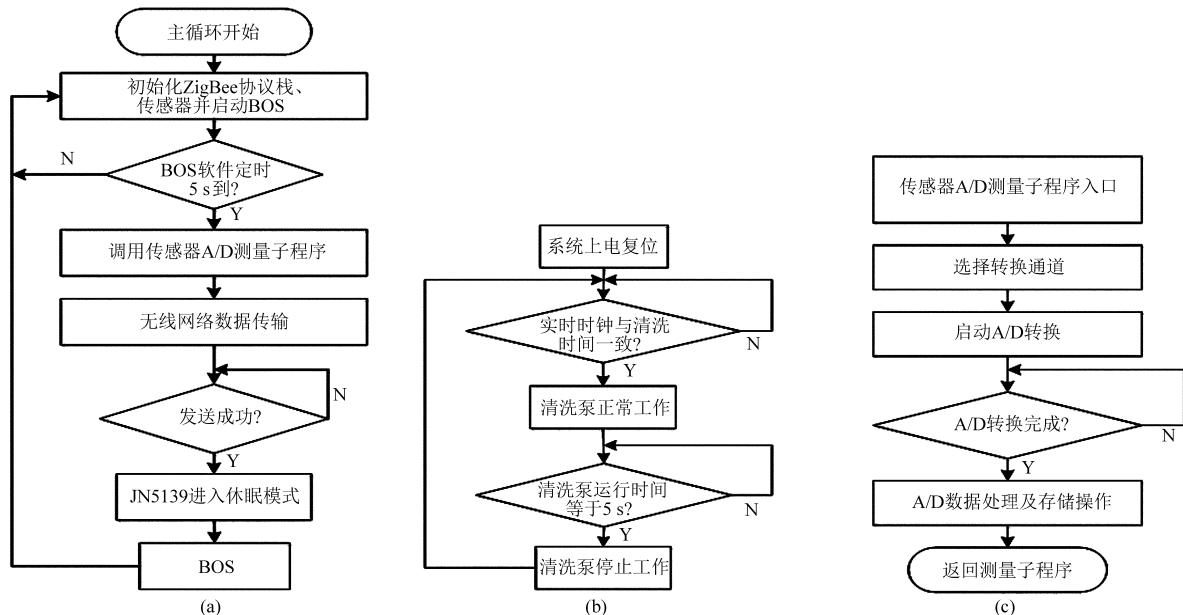


图 7 系统软件设计流程图

Fig. 7 Design flow diagram of system software

(a) 主控制程序 (b) 清洗泵时钟控制程序 (c) 数据采集模块

2 试验测试和结果分析

本系统在 Microsoft VB 6.0 环境下采用 VB 6.0 语言实现计算机与硬件系统之间的串口通信和可视化的人机界面,方便系统的调试与网络监测。使用 Mscomm 控件,利用 VB 进行串口通信的开发,目的是让用户设计一个可以和串行端口进行沟通及传送数据的系统。图 8 为串口软件 Unilog 运行后终端节点采集传感器数据,并生成 Excel 表格界面。采集的传感器数据内容包括传感器标识、采集时间、传感器采样数据等。

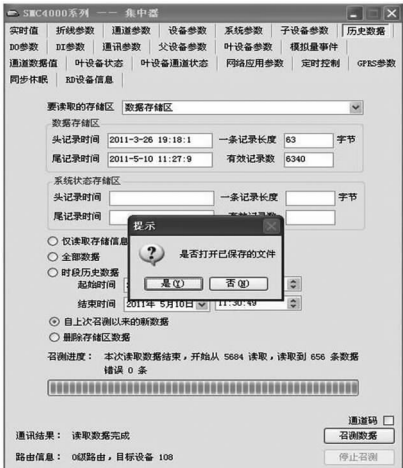


图 8 终端节点获取传感器数据界面

Fig.8 Terminal nodes collect sensor data interface

单参数试验时,以电导率(EC)值为例,对系统测量精度进行测试。该系统对标准溶剂 KCl 与蒸馏水配制的不同浓度 KCl 溶液电导率进行监测,同时使用德国 WTW 公司生产的 Multi3420 便携式电导率仪作为测量参考。EC 监测结果与标准值如表 1 所示。

系统整机试验中,选择实验室模拟水产养殖水

箱作为采样点,同时使用 CTD – GPRS 型水质多参数监测仪作为测量参考。共进行 3 次试验,每次试验间隔 24 h。整机试验结果如表 2 所示。

表 1 电导率监测结果

Tab.1 Monitoring results of EC

指标	测试序号				
	1	2	3	4	5
EC 标准值/(mS·cm ⁻¹)	5	10	20	30	40
便携式示值/(mS·cm ⁻¹)	5.04	10.10	19.92	30.21	40.22
仪器误差/%	0.80	1.00	0.40	0.70	0.55
Unilog 软件示值/(mS·cm ⁻¹)	5.17	10.15	20.29	30.59	41.76
传感器误差/%	3.40	1.50	1.45	1.97	4.40

表 2 系统整机监测与 CTD – GPRS 监测结果

Tab.2 Monitoring results of system CTD – GPRS

序号	测量仪器	DO/ (mg·L ⁻¹)	pH 值	EC/ (mS·cm ⁻¹)	TEM/ ℃
1	CTD	1.16	7.13	0.666	17.6
	本系统	1.05	7.46	0.713	17.3
2	CTD	1.09	7.11	0.681	18.0
	本系统	1.01	7.40	0.724	17.6
3	CTD	1.10	7.12	0.673	17.7
	本系统	1.00	7.42	0.719	17.4

由表 1 和表 2 数据比较分析,本系统设计对水质的无线监测结果较为准确,相对误差远低于 5%,满足水质监测精度的要求。

3 结束语

本文结合无线通信技术、测控技术、电化学技术,设计了无线水质监测系统,较好地解决了水质监测实时性、可靠性的问题,所开发的系统成本低、系统操作简单,特别适用于湖泊、近海和中小型养殖场水域水质监测。对于远洋监测,只需调整微处理芯片和改变无线收发模块,即可增加传输距离。

参 考 文 献

1 周怡颖,凌志浩,吴勤勤. ZigBee 无线通信技术及其应用探讨[J]. 自动化仪表,2005,26(6): 5 – 9.
Zhou Yiting, Ling Zhihao, Wu Qinqin. ZigBee wireless communication technology and investigation on its application[J]. Process Automation Instrumentation, 2005, 26(6): 5 – 9. (in Chinese)

2 O'Flynn B, Martínez-Català Rafael, Harte S, et al. A wireless sensor network for water quality monitoring[C] // 32nd IEEE Conference on Local Computer Networks, 2007: 34.

3 Peng Jiang. Research on wireless sensor networks routing protocol for water environment monitoring in wetlands[C] // International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 2006: 251 – 254.

4 ZigBee Alliance. ZigBee document053474r13[Z]. ZigBee Alliance, 2006.

5 何东健,邹志勇,周曼. 果园环境参数远程检测 WSN 网关节点设计[J]. 农业机械学报, 2010, 41(6): 182 – 186.
He Dongjian, Zou Zhiyong, Zhou Man. Design of WSN gateway nodes for remote detection of orchards environment parameter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(6): 182 – 186. (in Chinese)

6 Juan Ignacio Huircana, Carlos Munoz, Hector Young, et al. ZigBee-based wireless sensor network localization for cattle monitoring in grazing fields[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 74(2): 258 – 264.

7 盛平,王玉秀,郭洋洋,等. 基于 ZigBee 和 3G 的多污水处理厂监控系统设计[J]. 排灌机械工程学报, 2011, 29(6): 503 –

507.
Sheng Ping,Wang Yuxiu,Guo Yangyang,et al. System design for monitoring of more sewage treatment plant based on ZigBee and 3G[J]. Drainage and Irrigation Machinery,2011,29(6): 503 – 507. (in Chinese)

8 杨百勤,杜宝中,李向阳,等. 全固态复合 pH 传感器的研制与应用[J]. 西北农林科技大学学报,2006,34(10):181 – 183,188.
Yang Baiqin, Du Baozhong, Li Xiangyang, et al. Research of all solid combination pH sensor and its application [J]. Journal of Northwest Science-Technology University of Agriculture and Forestry,2006, 34(10):181 – 183,188. (in Chinese)

9 荆淼,李伟,庄峙厦,等. 光纤化学 pH 传感技术的现状和进展[J]. 传感技术学报,2002,15(3): 263 – 267.
Jing Miao, Li Wei, Zhuang Zhixia, et al. Recent development and applications of optical and fiber-optic pH sensors [J]. Journal of Transduction Technology, 2002, 15(3):263 – 267. (in Chinese)

10 李民赞,王琦,汪懋华. 一种土壤电导率实时分析仪的试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1):51 – 55.
Li Minzan, Wang Qi, Wang Maohua. Testing and modeling of soil EC sensor [J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(1):51 – 55. (in Chinese)

11 姚毓升,解永平,文涛. 三电极电化学传感器的恒电位仪设计[J]. 仪表技术与传感器,2009(9): 23 – 25.
Yao Yusheng,Xie Yongping,Wen Tao. Instrument technique and sensor design of potentiostat for three electrode electrochemical [J]. Sensors Instrument Technique and Sensor,2009(9): 23 – 25. (in Chinese)

12 Lembit Nei, Richard G Compton. An improved clark-type galvanic sensor for dissolved oxygen[J]. Sensors & Actuators: B. Chemical, 1996,30(2):83 – 87.

13 史兵,周炯如,蒋建明. 基于可溯源技术水产养殖监控系统的设计[J]. 计算机测量与控制,2010,18(11): 156 – 159.
Shi Bing,Zhou Jionggu, Jiang Jianming. Design of monitoring system based on tracing system in aquaculture [J]. Computer Measurement & Control,2010,18(11): 156 – 159. (in Chinese)