

基于 WSN 的水溶解氧实时监控系统的的设计

郭 程, 刘云飞, 李学亮, 顾敏明

(南京林业大学 信息科学技术学院, 江苏 南京 210037)

摘 要: 为了改进传统的水溶解氧监控方法, 本文设计了基于 WSN 的水溶解氧监控系统. 详细讨论了采集控制系统的软硬件设计, 自组网多跳传输的实现, AODV 路由协议的改进, 无线网关的设计以及通过 GPRS 发送短信的设计. 本设计将会为水产品养殖等用户实时精确地监控水环境提供便利.

关键词: MSP430; 路由协议; 溶解氧; 无线网关; 智能控制; GPRS 短信

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)11-0185-04

Design of Dissolved Oxygen Real-time Monitoring System Based on WSN

GUO Cheng, LIU Yun-fei, LI Xue-liang, GU Min-ming

(College of Information Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to improve the water dissolved oxygen monitoring methods, a WSN-based monitoring system of water dissolved oxygen is presented in this paper. Both the hardware and software of the acquisition and control system are studied in detail. Additionally, the implementation of network multi-hop transmission with the improvement of AODV Routing Protocol is introduced. The wireless gateway is illustrated as well as send text messages via GPRS. This design provides convenience for monitoring the water environment accurately in aquatic products breeding.

Key words: MSP430; routing protocol; dissolved oxygen; wireless gateway; intelligent control; GPRS SMS

1 引言

水环境监测的传统方法, 主要有遥感监测、水生物监测、人工采样和实验室分析, 以及监控中心和多个监测子站组成的分布式水环境自动监测系统等. 此类监测手段存在诸多缺点^[1], 如时效性差、监测精度低、监测水域范围有限、易对水体的生态环境造成破坏. 为了改进传统的水环境监测方法, 提高水产养殖的效率, 本文设计了基于 WSN 的水溶解氧监测系统, 可以准确地获取水生物生长环境的溶解氧及水温等信息, 避免人工养殖供氧不及时造成水生物死亡等缺陷, 可以广泛应用于水产养殖中溶解氧含量的调节.

2 监控系统的整体结构

基于 WSN 的水溶解氧监控系统由采集控制系统和监控系统两大部分组成. 采集控制系统由传感器节点, 中继节点和汇聚节点组成^[2]. 设计采用的是 TelosB 节点, 大量的 TelosB 节点通过自组网方式, 智能化地实现采集和处理网络覆盖区域中的水溶解氧及水温信息, 然后通过多跳的方式将检测到的数据经由汇聚节点链路, 通过所设计的网关, 再通过 GPRS 将数据远传给监控系统的主机电脑并且以短信形式发送到用户手机, 主机用来存储处理、实时显示水溶解氧数据. 监测系统结构如图 1 所示.

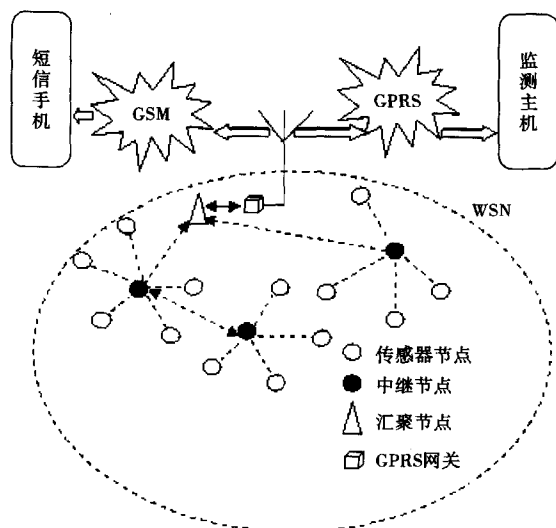


图1 水溶解氧监测系统

3 硬件实现

3.1 传感器节点硬件设计

本节点是以单片机(MSP430F1611)为核心,构成还包括无线通信模块(CC2420)、电源模块、水溶解氧传感器模块、时钟模块、存储模块、声光报警模块和控制增氧模块等^[3]。系统原理框图如图2所示。

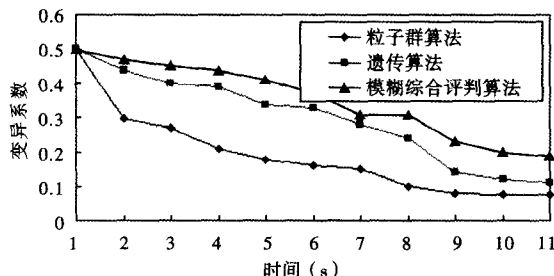


图2 传感器节点原理框图

3.1.1 水溶解氧传感器模块

系统采用 RY952-1 型溶解氧传感器,它通过测量水中的氧分压来计算水中的溶解氧含量。实验中通过对溶解氧数据和传感器输出电压的对比分析,得出线性关系: $DO = 6.67 \times U - 1/500$, 其中 DO 为溶解氧含量,单位为 mg/L, U 为传感器输出电压,单位为 mV。为提高传感器灵敏度和输出电压的稳定性,设计采用高输入阻抗的 CMOS 运放对传感器的输出电压进行跟随及放大,得到输出电压 V_{out} 。

3.1.2 无线通信模块

系统采用的通信模块是 CC2420,主要用于完成 ZigBee 无线通信^[4],实现传感器节点间,传感器节点与汇聚节点间的无线通信。采集到的水溶解氧及

水温数据,经过传感器节点间以及传感器节点与汇聚节点间传递,并通过传感器节点和汇聚节点之间的命令交互,使监测主机和汇聚节点控制整个监测网络。

3.1.3 控制增氧模块

控制灌溉模块是继电器和电磁阀组成。单片机将采集到的溶解氧值与设定的时间段溶解氧下限进运算比较后,若判断出需要增氧,则从 P2.1 口输出信号控制三极管的开与关,进而控制继电器,从而实现自动增氧。注意继电器选用 12V 驱动,所以应并联一个二极管作用作为续流二极管,起保护电路作用。控制增氧模块如图3所示。

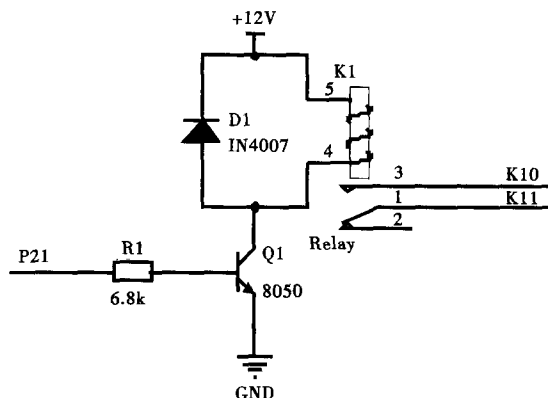


图3 控制增氧模块电路图

3.2 网关设计

本设计中,网关的原理如图4所示^[6]。网关在无线传感器网络中实现 Zigbee 自组网和 GPRS 网络之间的协议解析、处理、转发功能。将 MSP430F1611(1) 的 UART(0) 配置为中断模式,当汇聚节点(包含 MSP430F1611(2))从传感器节点获得数据后, MSP430F1611(2) 的 UART(1) 与 MSP430F1611(1) 的 UART(0) 通信,网关节点中的 MSP430F1611(1) 控制 GPRS 模块将数据传入服务器以及用户手机上。

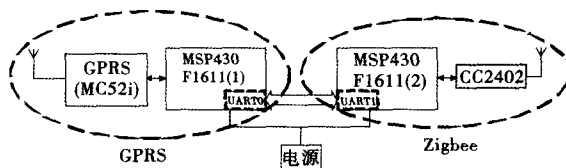


图4 网关原理图

设计使用互斥信号量机制以实现资源同步。由于 MSP430 单片机的资源限制,设置的数据资源共享区为 700 字节。采用基本定时器,每隔 5 分钟关闭一次信号量,使 GPRS 模块获得共享资源访问权,判断资源区是否有 GPRS 报文,若有,则将数据打

包发送,确认发送成功后清空资源区;若无,则发送固定形式的空包,以保证 GPRS 不断线.然后打开信号量使 ZigBee 模块获得共享资源访问权,接收报文.经验证,设计实现了资源同步,并且几乎无丢包现象.

4 软件设计

软件设计采用模块化思想,主程序流程如图 5 所示.

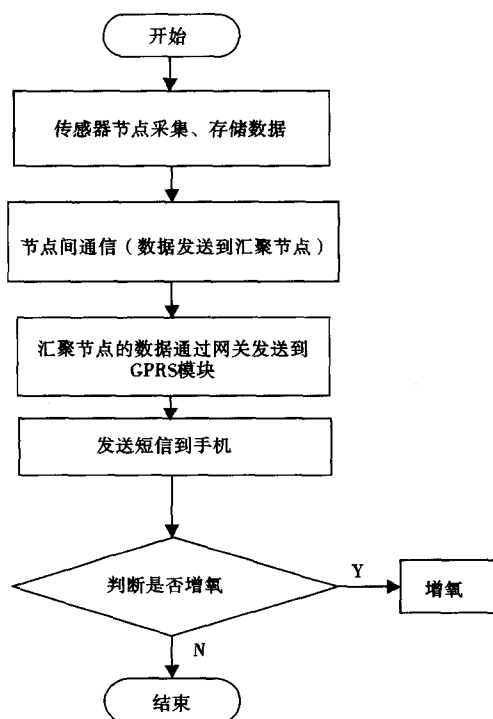


图 5 主程序流程图

4.1 节点程序

节点程序主要分为两大部分:传感器节点数据采集和存储;节点的无线通信.

传感器节点数据采集和存储程序通过 A/D 转换^[6],将采集到的电压信号转化为 12 位数字信号,并将水溶解氧及水温数据存储于 FLASH 中,以便监测主机实时查询数据.此外,通过控制 A/D 转换时间,采集节点还可以改变数据的采样频率.节点的无线通信程序由两部分组成:一部分负责完成与 CC2420 模块通信,并控制 CC2420 模块实现发送和接收无线信号的功能.第二部分负责解析和处理接收到的无线信号命令组,执行命令,并利用无线通信返回相应的数据信息或确认帧信号^[7].

软件平台是基于 TinyOS2.1.1 操作系统开发,该操作系统可以在资源有限的条件下,提供并发处

理能力,具有节省代码量及占用内存少的特点,适用于多任务开发,且易实现自组网的功能.

4.2 路由协议的改进

节点自组网时,对 AODV(按需距离矢量路由协议)协议中的路由回复、路由回复确认、路由请求、路由错误、路由缓存表和路由表进行改进^[8]. OP-NET 仿真软件可以实现对 TinyOS 操作系统进行仿真,为了验证该路由协议的有效性,设计采用 OP-NET 中的 MANET 验证改进协议的场景.为使传感器节点 A_100 与汇聚节点 C_999 进行通信,可以通过中继节点 B_666 和移动节点 mobile_node_888.当移动节点超出中继节点的通信范围时,传感器节点与汇聚节点的通信链路断开.

水生物在溶解氧不足时存活时间有限.从节点采集数据,自组网多跳传输^[9],再发送数据分析给监测用户,用户反馈智能增氧,这一过程需要耗费一定的时间.总体数据延迟并不明显,符合要求.

在 TelosB 节点间使用此协议时,数据丢包较为明显,根据所测数据,链路上的丢包主要由节点间干扰引起.为了解决此问题,通过折半法调节发送节点之邻居节点的发送速率^[10].当邻居节点收到发送者降低节点速率的命令消息时,就减半自己的发送速率.若丢包率减少,就维持此状态;若丢包率未减少,就命令邻居节点在此基础上继续减半发送速率,即本次只会降低初始发送速率的 1/4.假如经过首次减半速率,丢包率减少相当明显,为维护网络的及时性,则要求邻居节点将速率恢复到初始速率的 3/4.经调试发现,当邻居广播节点的发包频率由 50Hz 减为 10Hz 后,丢包现象几乎消失.

4.3 短信发送程序

将数据以短信形式发送采用 C 程序软件开发平台 IAR Embedded Workbench,设计采用西门子公司 MC52i 型 GPRS 模块,通过 SMS(短消息服务)方式上传数据,将数据以短信形式发送到监控者的手机上.本设计在三种情况下会将溶解氧数据短信发送到手机上:第一,设定每小时定时发送;第二,由于主要养殖鱼类正常生长所需要的溶解氧含量一般在 4~5mg/L 以上,所以当测得的溶解氧含量低于 4mg/L 时,定义为异常状况,就将自行发送到手机上;第三,当用户期望获取当前的数据信息时,可以按键获取实时的溶解氧数据.

4.4 系统测试结果

实验对水体进行为期 5 天,每半小时一次的水溶解氧采集和分析.实验数据分析表明,在溶解氧值

低于系统所规定的 4mg/L 时,系统将闭合继电器以自动增氧,其余变化是由气温以及气压等因素造成的.经验证,系统采集到了较为精确的溶解氧值,并且实现智能控制增氧功能.

5 结束语

文中设计了一个水环境监测系统平台.该系统基于无线传感器网络,可对溶解氧和水温进行远程实时在线监测,具有 ZigBee 的自组网功能,并可通过 GPRS 把采集到的信息数据发送到手机短信上及服务器端.同时实现了自动增氧.此设计的优点,主要包括功耗低、智能性强、监测范围广,以及对水环境破坏小.同时,系统的命令组采用了模块化设计,十分便于添加新的节点命令组.并且,在设计监测节点时,无论从硬件还是软件角度都预留了扩展接口,使得系统具有很强的可扩展性,能够采集更多水质参数采集.

参考文献:

- [1] 刘佳,薛文. 无线传感器网络在环境监测中的应用[J]. 后勤工程学院学报,2011(3): 63-68.
- [2] Linfeng Liu. A deployment algorithm for underwater sensor networks in ocean environment[J]. Journal of Circuits, Systems, and Computers (JCSC), 2011, 20(6): 1051-1066.
- [3] 张佐经,张海辉,翟长远,等. 设施农业环境因子无线检测及预警系统设计[J]. 农机化研究, 2010, 11(11): 78-82.
- [4] CHENG Chunrong, MAO Xianggen, WU Lizhe. An online monitoring system of water quality based on zig-Bee[J]. Chinese Journal Of Electron Device, 2009, 32(5): 942-949.
- [5] 江海峰,甄阳清,傅毅. 矿井无线传感器网络的网关设计[J]. 计算机工程, 2009, 35(3): 112-114.
- [6] Xiping Yang, Keat G Ong, William R Dreschel, et al. Design of a wireless sensor network for long-term, in-situ monitoring of an aqueous environment[J]. Sensors, 2002(2): 455-472.
- [7] Liu Y, Wang C, Qiao X, et al. An improved design of ZigBee wireless sensor network [C] // Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology. 2009: 515-518.
- [8] 赵元,龙金茹. 一种改进的 AODV 路由协议在传感器网络的实现技术[J]. 探索与观察, 2012: 12-14.
- [9] Gnawail O, Fonseca R, Jamieson k, et al. Collection tree protocol[C] // Proc of the 7th ACM Conf on Embedded Net-worked Sensor Systems, 2009: 1-14.
- [10] 莫路锋,郭振格,惠维,等. 针对无线传感器网络丢包的自适应修复与调整策略[J]. 计算机工程与科学, 2006, 32(11): 52-54.

作者简介:



郭程男, (1987—), 硕士研究生. 研究方为无线传感器网络.