

文章编号: 1674-5566(2014)04-0588-06

海洋牧场远程水质监测系统设计和实验

花俊¹, 胡庆松¹, 李俊¹, 张丽珍¹, 申屠基康², 章守宇³

(1. 上海海洋大学 工程学院, 上海 201306; 2. 宁波市海洋与渔业研究院, 浙江 宁波 315010; 3. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 水质长期实时监控对于深入研究海洋牧场环境变化和生产力评估具有重要意义, 以象山港海洋牧场基本海况为依托, 设计了一套海洋牧场远程水质监测系统。系统根据海洋牧场的环境特点, 针对性地选取了需要检测的溶解氧、浊度、温度、pH 等关键水质参数, 进而确定下位机各个模块的设计; 设计了配套的浮标以承载传感器、电源、太阳能板等设备; 使用 C 语言编写了网络通信程序, 并且设计了一套终端监控软件, 方便用户查看当前水质状况以及查询历史数据。在上海海洋大学镜湖中进行的 6 个月的实验结果表明, 系统能够按照设定程序上传水质数据, 可以通过互联网进行远程访问并由终端监控软件直观地显示, 说明了整个系统工作的有效性。

研究亮点: 目前, 针对海洋牧场海况和需求的水质监测研究和应用还相对滞后。对海洋牧场的生物和环境特点进行分析, 建立针对海洋牧场中海水温度、pH、浊度和溶解氧等环境要素的监测系统, 并采用太阳能供电, 解决了海上长期供电的困难。本系统为其大规模推广应用, 在现场数据等信息采集的合成技术方面打下了良好的基础。

关键词: 海洋牧场; 水质监测; 浮标; 网络通信程序; 监控软件

中图分类号: X 84

文献标志码: A

目前, 世界海洋渔业资源可捕量已经受到了很大限制, 从现代渔业的发展趋势来看, 资源管理型渔业将是新世纪海洋渔业发展的主要方向, 而海洋牧场则是资源管理型渔业的主要方式之一。海洋牧场是一个新型的增殖殖渔业系统, 即在某一海域内, 建设适应水产资源生态的人工生息场, 采用增殖放流和移植放流的方法, 将生物种苗经过中间育成或人工驯化后放流入海, 利用海洋自然生产力和微量投饵育成, 并采用先进的鱼群行为控制技术和环境监控技术对其进行科学管理, 使其资源量增大, 有计划且高效率地进行渔获^[1]。

海洋牧场系统相关技术主要包括 3 类, 一是目标生物的资源生产控制管理技术, 二是目标渔场的环境控制技术, 三是资源生产的支持技术。

从国内外经验来看, 促进渔业稳定发展, 水产品产量持续增长, 关键是切实维护好海洋生态环境^[2]。

目前国内有关海洋牧场的项目正不断投入建设和应用, 但针对海洋牧场海况和需求的水质监测研究和应用还相对滞后, 传统海事浮标的高建设、使用和维护成本使得目前国内绝大多数海洋牧场还无法实现长时间在线水质监测, 致使以彰显海洋牧场生态聚鱼功效的渔业增殖技术研究仍十分薄弱, 现有研究认知无法对海洋牧场提供有效技术支撑^[3]。本文就此问题开展研究, 根据海洋牧场生物与环境的特点^[4], 建立针对海洋牧场中海水温度、pH、浊度和溶解氧等环境要素的监测系统, 开发全时水环境监控系统, 获得水域环境动态数据。

收稿日期: 2014-02-12 修回日期: 2014-05-12

基金项目: 国家自然科学基金(青年)基金项目(51309150); 公益性行业(农业)科研专项(201303047); 宁波市科技局重大科技攻关计划(2013C11014)

作者简介: 花俊(1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为机械工程。E-mail: huajun-f@163.com

通信作者: 张丽珍, E-mail: lzhang@shou.edu.cn

1 监测系统体系结构设计

海洋牧场远程水质监测系统主要实现的功能是长期有效地在线监测和传输相关水质参数。在设计系统的体系结构时,首先由海洋牧场的环境特点、水产生物的生长发育影响因素等确定监测参数,进而确定传感器的选择,再结合其他模块完成监测点软硬件的设计,其中其他模块包括数据处理、网络通信以及电源,设计完成的监测点系统由配套的浮标装载,从而形成独立的监测点,最终每个监测点通过 GPRS/3G 远程通信方式实现数据的无线上传并由监控软件显示、处理。根据系统的功能要求,所设计的体系结构如图 1 所示。

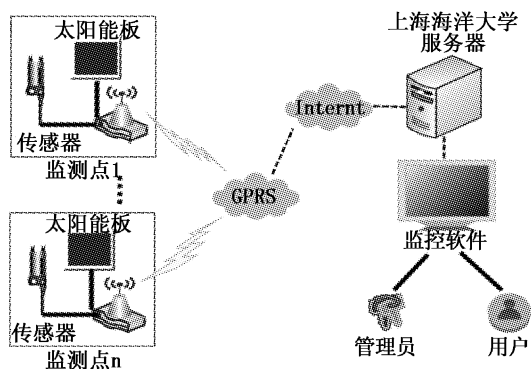


图 1 远程水质监测系统的体系结构

Fig. 1 Architecture of remote water quality monitoring system

2 系统的硬件设计

系统硬件的设计主要包括监测点的硬件组成设计和浮标载体的设计。

2.1 监测点硬件组成设计

监测点的结构组成如图 2 所示。它由数据采集模块、数据处理模块、无线通信模块和电源模块组成。

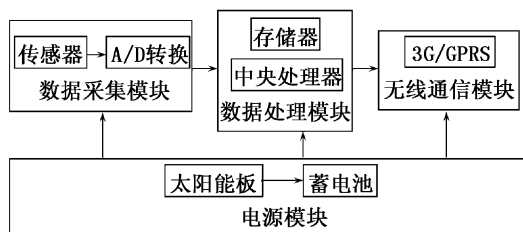


图 2 监测点硬件系统的组成

Fig. 2 Hardware system composition of supervision module

数据采集模块负责感知、获取监测区域内的信息,并将其转换为数字信号,它由传感器、A/D 转换器及辅助电路组成。

传感器的选择是海洋牧场远程水质监测系统区别于一般水质监测系统的主要部分。在选择传感器前首先需确定要监测的环境参数,环境参数主要由海洋牧场的环境特点以及水产生物的生长发育影响因素决定。鱼类对海水温度的适应性最为敏感,当水温变化在 $0.1 \sim 0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间时都会引起鱼类行动的变化^[5];当溶氧量低于 2 mg/L 时,鱼类基本停止进食,低于 1 mg/L 时,鱼类将出现大面积窒息死亡,由此可见水环境中的溶氧量对鱼类生长有至关重要的影响;水体 pH 的最优范围是 $7.5 \sim 8.5$,未受污染的海水 pH 在 $8.0 \sim 8.3$ 之间,因此监测海洋牧场的 pH 对水产养殖也有重要作用。除此之外,浊度、水位、导电性、高锰酸盐含量、氨氮含量以及总磷含量都将会对海洋牧场水产养殖产生影响。本文选择了较为重要的水温、pH、溶解氧和浊度作为监测对象。

数据处理子系统是监测点系统的核心部件,负责数据处理、数据存储、电池能量监测、系统任务调度、执行通信协议(包括 MAC/路由协议)等工作。本系统选用的微控制器为基于 ARM Cortex-M3 内核的 LPC1768。LPC1768 的外设组件包含高达 512 kb 的 flash 存储器、 64 kb 的数据存储器、4 个通用定时器,功耗低。

无线通信模块负责监测点与服务器之间的通信,3G/GPRS 网络具有抗干扰性好、数据可靠性高、通信费用低廉、无需考虑信道的维护问题等优点,对于长时间的海上作业有很好的效益,同时考虑国内海洋牧场一般位于近海海域,网络覆盖良好,因此选用 3G/GPRS 作为系统的通信方式。

电源模块由太阳能板和蓄电池组成。太阳能板长期为蓄电池充电,避免了更换电池带来的额外维护成本。

2.2 浮标体的设计

图 3 是针对本系统设计的浮标的三维模型图。

设计浮标时首先考虑浮标内需要装载的仪器设备(如蓄电池、传感器等),从而确定浮标大小。本文所设计的系统应用于象山港海洋牧场,

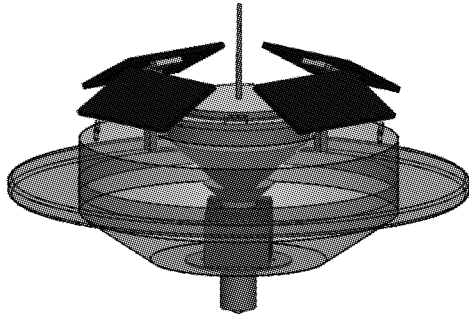


图 3 浮标的三维设计图

Fig. 3 Dimensional model diagram of buoy

为保证其在投放区域的稳定性,浮标形状采用图 3 所示的圆形^[6],其直径为 1.2 m。传感器模块的功率为 2 W,处理模块的功率为 1 W。考虑到监测点与服务器通讯的耗电量,设整个通讯模块的功率为 15 W。综上,节点的总功率为 18 W。设监测点每半小时开启后工作 5 min,即监测点每天工作 4 h,太阳能板日照有效时间为 6 h,考虑 30% 的能效损失,则太阳能板功率为 $18 \times 4 \div 6 \div 70\% = 17.14 \text{ W}$ 。因此在浮标上装 4 个朝向不同的太阳能板,每块太阳能板大小为 320 mm × 185 mm,功率为 10 W,能够保证监测点的长期供电。浮标外壳由 304 不锈钢材料制成,保证浮标的耐腐蚀性^[7]。

3 系统的软件设计

3.1 网络通信程序的设计

软件使用 C 语言编写,整个编程过程采用模块化设计,主要包括设备初始化、数据采集与处理、串口通信和无线通信等模块。下位机每 30 min 采集一次数据,每次采集完毕后立即关闭传感器电源,以减少能耗,同时设置另一个定时器,作为发送本地采集数据的时间。当发送时间到,下位机将采集的数据发送出去^[8]。服务器在接收到数据后将数据直接存储到指定的数据库中。以下是服务器端接收软件的部分代码,软件可实现将接收的数据直接存储到数据库中:

```
int
ret = bind ( sockSrv, ( SOCKADDR * ) &addrSrv,
sizeof( SOCKADDR) );// 绑定端口
if( ret == -1 ) {
printf( " 绑定端口 %d 失败! \n", PORT );
return -1;
```

```

}
printf( " 绑定端口 %d 成功! \n", PORT );
ret = listen( sockSrv, 5 );
if( ret == -1 ) {
printf( " 监听端口 %d 失败! \n", PORT );
return -2;
}
printf( " 监听端口 %d 成功! \n", PORT );
SOCKADDR_IN addrClient; // 连接上的客户
端 ip 地址
int len = sizeof( SOCKADDR );
while( 1 )
{
SOCKET
sockConn = accept ( sockSrv, ( SOCKADDR * )
&addrClient, &len ); // 接受客户端连接, 获取客
户端的 IP 地址
char recvBuf[ 100 ];
recv( sockConn, recvBuf, 100, 0 ); // 接受客户
端消息
printf( " 基站发来数据: %s \n", recvBuf );
//lij
char szCurrentDateTime[ 32 ];
CTime nowtime;
nowtime = CTime::GetCurrentTime();
sprintf_s( szCurrentDateTime, "% 4d - % . 2d
- % . 2d % . 2d: % . 2d: % . 2d",
nowtime. GetYear(), nowtime. GetMonth
(), nowtime. GetDay(),
nowtime. GetHour(), nowtime. GetMinute
(), nowtime. GetSecond());
CUsers m_CUsers;
/* m_CUsers. GetData( " Admin" );
if ( m_CUsers. GetPwd() = " 888888" )
{
printf ( " 监听 端 口 % s 成 功
xxxxvxxv! \n", m_CUsers. GetPwd());
} */
m_CUsers. sql _ insertlij ( szCurrentDateTime,
recvBuf );
//lij
```

3.2 监控软件的设计

为方便用户使用,在服务器上安装了组态监

控软件。组态监控软件是面向自动化系统的通用数据采集和监控的专用软件,主要功能是连接不同的控制系统,实现与它们的通信和数据交换,以图形的方式直观地显示控制系统中的数据,并对数据进行报警、记录等个人计算机擅长的数据管理。图 4 是该软件的框架图,软件主要实现以下功能:

- (1) 数据显示,用户可直接观察到当前的水质数据。
- (2) 数据管理,直接访问数据库查看历史数据,并有数据查询功能。
- (3) 数据处理,根据用户需要用拆线图显示

一段时间内水质的变化情况,并计算出这段时间内的最大值和平均值。

- (4) 报警设置,设定了水质参数的上下限,当监测到的数据超过上下限时系统会及时警告用户并存储事件。
- (5) 用户管理,修改用户信息以及添加用户。
- (6) 语言设置,系统使用双语言,用户可按照需要在中文和英文间切换。

根据监控软件框架图,设计出了如图 5 所示的人机交互界面。该界面简洁易操作,用户只需点击图标即可随意切换各个模块。

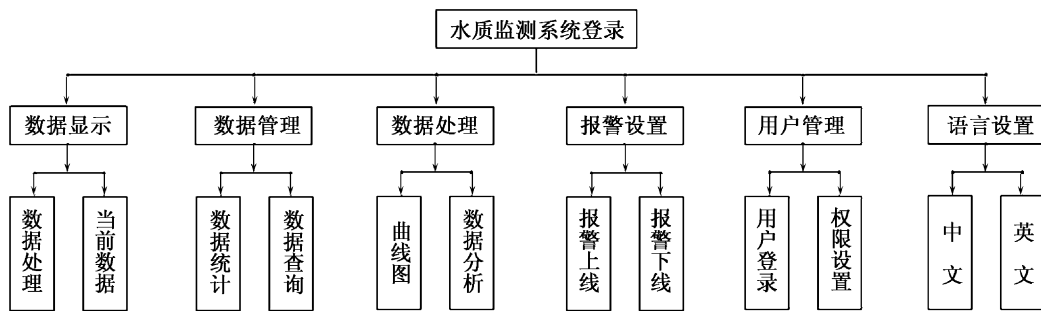


图 4 监控软件框架图
Fig.4 Framework of monitoring software



图 5 监控软件界面
Fig.5 Interface of monitoring software

4 实验结果

本文设计的系统从 2013 年 6 月 20 日开始在上海海洋大学的湖里进行了实验,实验包括水质参数采集测试、监控软件显示测试(图 6)。

实验前,将传感器、蓄电池等设备安装在浮标体上,投放到上海海洋大学的镜湖后开启电源,之后通过远程访问在服务器上进行长时间的观察。观察内容为:服务器的数据库能否按时存入上传数据和监控软件能否及时显示当前数据。

实验结果表明服务器能够准确接收到下位

机发送的数据,服务器接收到数据后监控软件能及时显示出各水质参数对应的数据,如图 5,监控软件准确显示了监测点的地理位置以及温度、溶解氧等环境参数的监测值。

表 1 所示为数据库保存的部分数据,其中 S1 为溶解氧,S2 为温度,S3 为 pH,S4 为浊度。



图 6 系统实地实验
Fig.6 Experiment of the system

图 7 所示为 2013 年 6 月 21 日到 22 日的 pH 和溶解氧的变化折线图。结合表 1 可知,河水中 pH 保持在 7.5 ~ 8.5 之间,溶解氧保持在 5.0 ~

7.5 mg/L 之间,河水环境适宜鱼虾类水产生物的生长^[9]。

表 1 历史数据表

Tab.1 Historical data table

采集时间	监测点编号	经度/(°)	纬度/(°)	S1/(mg/L)	S2/°C	S3	S4
2013/6/20 13:55:51	AGS-1302	121.5360299	30.5321976	7.5	27	8.2	759.4
2013/6/20 14:24:02	AGS-1302	121.5361909	30.5319476	7.6	27	8.3	833.1
2013/6/20 14:52:01	AGS-1302	121.5360593	30.5321625	7.6	27	8.2	899.1
2013/6/20 15:20:21	AGS-1302	121.5360612	30.5322189	7.6	27	8.1	930.8
2013/6/20 15:49:26	AGS-1302	121.5360299	30.5322103	7.5	27	8.1	922.5
2013/6/20 16:28:25	AGS-1302	121.5361184	30.5322257	7.3	27	8.1	993.8
2013/6/20 16:57:32	AGS-1302	121.5360353	30.5321741	7.4	27	8.2	944.6
2013/6/20 17:26:30	AGS-1302	121.5360685	30.5321876	7.2	27	8.1	979.6
2013/6/20 18:55:31	AGS-1302	121.5360714	30.5321987	6.9	27	8.1	313.7
2013/6/20 19:23:50	AGS-1302	121.5360299	30.5321849	6.8	27	7.9	329.8
2013/6/20 19:52:55	AGS-1302	121.5360299	30.5321364	6.6	27	7.9	340.3
2013/6/20 20:22:01	AGS-1302	121.5360576	30.5321694	6.5	27	7.9	341.4
2013/6/20 20:54:49	AGS-1302	121.5360515	30.5321809	6.8	27	8.0	328.2
2013/6/20 21:25:00	AGS-1302	121.5360408	30.5321605	6.7	26	7.8	371.5
2013/6/20 21:57:23	AGS-1302	121.5360299	30.5321744	6.2	27	7.7	371.6
2013/6/20 22:30:30	AGS-1302	121.5360569	30.5321669	6.0	26	7.8	391.8
2013/6/20 22:57:29	AGS-1302	121.5360299	30.532158	5.7	26	7.7	377.7
2013/6/20 23:30:29	AGS-1302	121.5360677	30.5321875	5.9	27	7.7	371.6

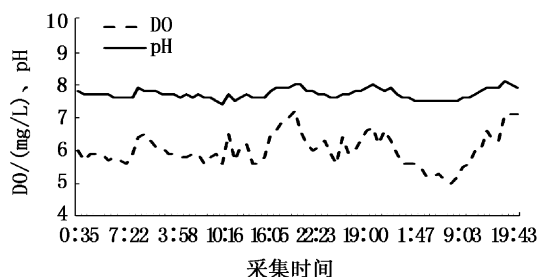


图 7 pH、溶解氧变化折线图

Fig.7 Line chart of pH and dissolved oxygen

5 结论

本文设计了一套应用于象山港海洋牧场的远程水质监测系统,根据海洋牧场区域环境、水产生物生长发育影响因素等选取了传感设备以监测相关参数;根据 GPRS 的抗干扰性好、数据可靠性高、通信费用低廉等特点选择 GPRS 作为远程通信方式;设计与系统配套的浮标,着重考虑了浮标在投放区域环境下的稳定性。

使用 C 语言编写了网络通信程序,程序的设计节能降耗,并有太阳能板实现对蓄电池的充电,避免了更换电池的麻烦;监控软件设计突出人性化,界面友好简洁,易操作且功能齐全。

本文设计的系统在上海海洋大学的湖里进行了为期半年的实验,实验结果表明本系统稳定可靠,为其大规模推广应用,在现场数据等信息采集的合成技术方面打下了良好的基础。

参考文献:

- [1] 张国胜,陈勇,张沛东,等. 中国海域建设海洋牧场的意义及可行性[J]. 大连水产学院学报,2003,18(2):141-144.
- [2] BULLEN C R,CARLSON T J. Non-physical fish barrier systems: their development and potential applications to marine ranching [J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2003, 13 (2): 201-212.
- [3] 陈中华. 基于物联网的海洋环境监测系统的研究与应用 [D]. 上海:上海海洋大学,2012.
- [4] 王菲菲,章守宇,林军. 象山港海洋牧场规划区叶绿素 a 分布特征研究[J]. 上海海洋大学学报,2013,22(2):266-273.
- [5] 李雪渡. 海水温度与渔场之间的关系[J]. 海洋学报,1982, 4(1):103-113.
- [6] TOMISA T, KRAJCAR S, PINEZIC D. Multipurpose Marine Buoy [C]. 50th International Symposium ELMAR, Zadar, Croatia,2008:401-405.
- [7] 霍春玲. 非金属耐腐蚀材料在工程设计中的选择和应用 [J]. 中国高新技术企业评价,2008(9):103-104.
- [8] 黄建清,王卫星,姜晟,等. 基于无线传感器网络的水产养殖水质监测系统开发与试验[J]. 农业工程学报,2013,29(4):183-190.

[9] 赵登仁,刘晓东. 鱼池水质调控五要点[J]. 养殖与饲料, 2012(9):50-51.

Design and test of marine ranching remote water quality monitoring system

HUA Jun¹, HU Qing-song¹, LI Jun¹, ZHANG Li-zhen¹, SHENTU Ji-kang², ZHANG Shou-yu³

(1. *College of Engineering Science & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*; 2. *Ningbo Marine and Fisheries Research Institute, Ningbo 315010, Zhejiang, China*; 3. *College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*)

Abstract: The long-term real-time water quality monitoring is important for in-depth study of environmental change and ocean farm productivity assessment. This paper designed a remote water quality monitoring system which is based on marine ranching in Xiangshan Port. This system selected the water quality parameters according to the environmental characteristics of marine ranching, and determined the design of each module of lower computer; designed a supporting buoy to carry sensors, power supply, solar panels and other equipment; used C language to compile the network communication program and designed a monitoring software to check the current water quality and the historical data. The system did the experiment in the Jing Lake of Shanghai Ocean University for about 6 months and it was able to upload water quality data in accordance with the set-up program and to display visually by monitoring software. The results showed the effectiveness of the whole system.

Key words: marine ranching; monitor water quality; buoy; network communication program; monitoring software