

海水养殖多环境因子在线监测系统的设计与实现

余心杰¹, 殷姣姣^{1,2}, 刘 鹰³, 王建平⁴, 卢焕达¹, 范良忠¹

(1. 浙江大学宁波理工学院, 浙江 宁波 315100; 2. 太原科技大学, 山西 太原 030024; 3. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 4. 宁波市海洋与渔业研究院, 浙江 宁波 315010)

摘要: 针对海水养殖中水质、气象参数的自动监测和预警需求, 采用 YSI 600R 多参数水质仪和 TRM-ZS2 型自动气象站作为养殖现场水质和气象参数在线监测仪, 结合 GPRS 无线传输技术和信息处理技术, 设计开发了海水养殖多环境因子在线监测系统。该系统可在线、连续地对水温、酸碱度、溶解氧含量、盐度 4 个水质参数以及风速、气压、太阳辐射、雨量 4 个气象参数进行测量, 并提供了养殖自动预警功能。系统能实时对海水养殖风险的潜在因子进行监测, 可解决采用人工方式无法满足大规模、集约化海水养殖环境因子监测需要的问题。

关键词: 海水养殖; 水质; 气象; 在线监测

中图分类号: S959

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2013)11-0048-06

海水养殖水质及现场气象条件直接影响到海水养殖业的产量、质量和经济效益^[1-2], 因此海水养殖中水质、气象等多环境因子的在线监测非常重要。当前我国海水养殖环境因子监控的发展总体还处于较低水平。近年来, 国内一些厂家及科研机构已在多参数水质在线监测系统研究方面做出了一些尝试^[3-6], 然而, 此类系统一般存在水质监测参数少、在海水高腐蚀性环境下系统的质量不够稳定的缺点, 同时缺乏雨量、太阳辐射等与海水养殖生产关系密切的气象因子监测功能, 难以满足海水养殖多环境因子在线稳定、连续监测的要求。

本文在借鉴当前国内外相关研究方法的基础上, 结合水质、气象实时监测技术、数据信息处理以及 GPRS 无线传输技术, 通过养殖现场数据自动采集、远程数据集中处理分析, 实现对养殖水质、气象监测数据的采集和监控, 并利用 SQL Server 2000 作为系统数据库管理平台, 以监测工作流程为主线, 通过 C# 语言进行了系统应用软件的开发, 实现数据查询、排序、图形显示以及环境参数自动预警等功能。系统的研究开发将有助于进一步提升我国海水养殖水质、气象在线监测技术应用水平。

1 系统设计

1.1 系统构成

系统由水质-气象在线监测仪器、数据采集传输系统、后台数据库、系统应用软件、养殖环境参数

预警 5 个部分组成, 如图 1 所示。

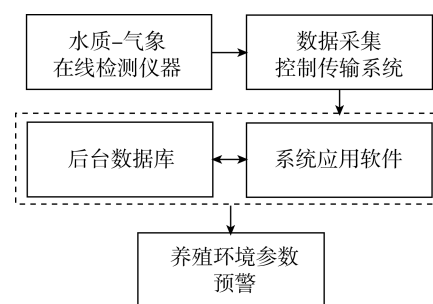


图 1 系统构成

Fig. 1 Structure of system

1) 水质-气象在线监测仪器 包括 YSI600R 多参数水质在线自动监测仪^[7]和 TRM-ZS2 自动气象站, 这些监测仪器均安放在养殖现场, 其功能主要是实现现场水质和气象参数的自动监测。

2) 数据采集控制传输系统 主要由现场监测仪器的数据采集终端和无线数据传输器构成。它负责采集现场监测仪器的水质、气象参数, 并通过 GPRS 无线数据传输将数据送入中心站的后台数据库中。

收稿日期: 2012-11-19, 修回日期: 2013-03-25

基金项目: 国家自然科学基金(30972267, 31201446); 浙江省自然科学基金(LQ12C20006); 浙江省教育厅科研项目(Y201122038); 宁波市民生科技项目(2013C11026)

作者简介: 余心杰(1979-), 男, 浙江瑞安人, 副教授, 主要研究方向为农业物联网、数字水产, E-mail: xjyu1979@163.com; 刘鹰, 通信作者, E-mail: yinliu@qdio.ac.cn

3) 后台数据库 主要是存储现场监测的水质、气象参数,并为养殖环境参数分析、预警等功能提供基础数据。

4) 系统应用软件 负责对远程传输过来的现场监测水质、气象数据进行解析,并将其存入数据库,同时实现对数据库的查询、统计排序、报表打印等综合功能。

5) 养殖环境参数预警 在水质、气象在线自动监测的基础上,通过对后台数据库的综合分析、评价、预测,建立实时预警功能。

1.2 系统监测指标

养殖水质综合指标的监测项目一般有:水温、浊度、盐度、pH、电导率、溶解氧、化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、总需氧量和总有机碳等^[8];养殖气象综合指标的监测项目一般有风、温度、湿度、气压、太阳辐射、雨量、地温、蒸发、土壤湿度、紫外辐射等^[9]。当前上述各类监测项目均有多种测定方法,然而某些监测项目和方法不能适用于水质、气象

连续自动监测系统。因此,本文综合考虑目前各类水质、气象监测方法的成熟程度以及监测仪器的配置成本价格等因素,选择了温度、盐度、pH、溶解氧等关键因子作为水质参数监测指标,选择了风速、气压、太阳辐射、雨量等作为气象参数监测指标。

1.3 系统水质-气象监测仪器选配

1.3.1 美国 YSI600R 多参数水质仪

本研究选用了由美国 YSI 集团生产的 YSI 600R 作为养殖水质参数在线监测仪器。YSI 600R 是一款小巧、可沉入水下 61 m 且使用了高度可靠传感器的多参数水质仪,它能对温度、盐度、pH、溶解氧等进行在线测量,并提供了在海水或污水中快速取样的可靠途径。另外,YSI 600R 多参数水质仪性能稳定、可靠、抗干扰性强,具有较强的远程通讯功能,可通过多种方式与远程终端联系。因此,YSI 600R 多参数水质仪非常适合海水养殖高腐蚀性环境下的系统集成应用。YSI 600R 多参数水质仪的主要技术参数指标如表 1 所示。

表 1 YSI 600R 多参数水质仪技术参数

Tab. 1 Technical parameters of YSI 600R

测量指标	测量范围	分辨率	准确度
温度(°C)	-5~50	0.01	±0.15
盐度	0~70	0.01	0.1
pH	0~14	0.01	±0.2
溶解氧(mg/L)	0~50	0.01	0~20: 读数之±2%或 0.2 mg/L; 20~50: 读数之±6%

1.3.2 TRM-ZS2 自动气象站数据采集器

本研究选用 TRM-ZS2 型自动气象站作为养殖现场气象参数监测仪器,它是由辽宁锦州阳光科技发展有限公司按照国际气象 WMO 组织气象观测标准设计开发的标准气象站,可观测风速、气压、太阳辐射、雨量等气象要素,具有性能稳定,检测精度高,无人值守等特点,可满足海水养殖生产对气象参数监测的业务要求。TRM-ZS2 的主要技术参数指标如表 2 所示。

表 2 TRM-ZS2 自动气象站技术参数

Tab.2 Technical parameters of TRM-ZS2

测量指标	测量范围	分辨率	准确度
风速(m/s)	0~75	0.1	±(0.3+0.03v)
气压(hpa)	450~1060	0.1	±0.3
太阳辐射(W/m ²)	0~2000	1	≤ 5%
雨量(mm)	0~999.9	0.2	±0.3

注: v 表示实际风速

1.4 系统拓扑结构设计

整个系统由中心站系统和子站(养殖现场监测终端)系统组成(图 2)。中心站和子站之间通过 GPRS 网络通信的形式进行通信和控制。

中心站系统主要由服务器和通信装置组成,中心站通过 Internet 直接获得子站传来的测量数据,并能发送指令给子站设备。中心站的主要作用是向子站发布工作指令,采集子站监测数据,建立监测后台数据库,并提供查询、统计、信息发布、预警等功能。

养殖现场监测终端由 GPRS 无线数据传输器(本文采用 ZWG-28A GPRS DTU)、美国 YSI 600R 多参数水质仪、TRM-ZS2 自动气象站及相应的数据采集控制器组成。无线数据传输器以 GPRS 方式与中心站保持联系,向中心站上传数据,并将来自中心站的指令传达给数据采集控制器。数据采集控制器与现场在线监测仪器相连,按照中心站的指令定时或

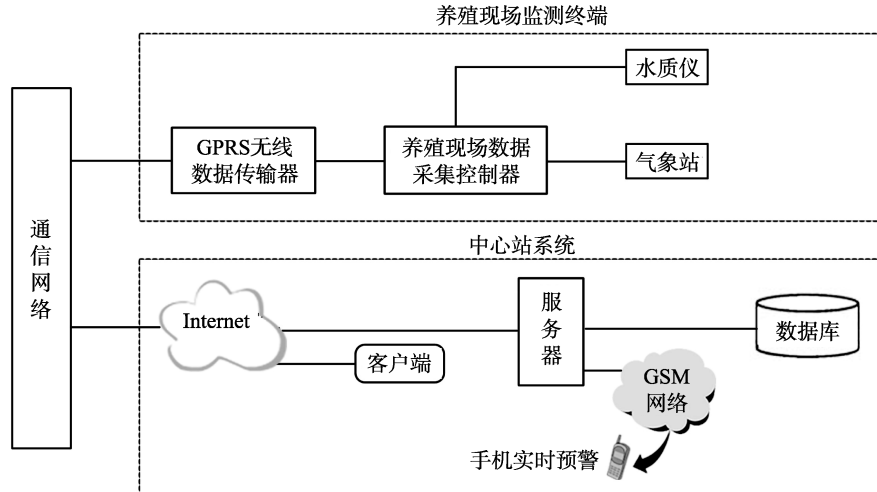


图2 系统总体拓扑结构设计
Fig. 2 Topology structure of system

即时上传数据。

2 应用软件设计与实现

2.1 软件功能设计

海水养殖多环境因子在线监测系统的应用软件主要实现对环境因子的实时监测、曲线绘制、查阅历史数据、历史趋势图绘制、自动预警等功能。具体功能设计如图3所示。

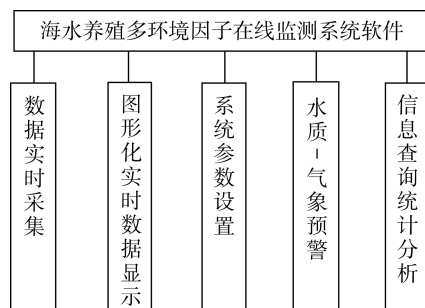


图3 系统软件功能设计
Fig. 3 Application functions of system

1) 数据实时采集模块 实现实时读取水质、气象数据，并存入数据库中。获取数据的频率可根据用户设定。

2) 图形化实时数据显示模块 实时察看养殖现场状况，同时保存远程监测水质、气象参数等，供报表打印、数据分析使用。当养殖现场某个参数超过规定的警戒数值时，显示屏中的颜色会变成红色，实现颜色报警。

3) 系统参数设置模块 技术员可以根据养殖场

的实际情况修改预警规则和预警方式，并可根据自己的养殖经验和养殖场的养殖情况，自行设定预警的水质、气象参数的上下阈值和采集时间间隔。

4) 水质-气象预警模块 根据水质、气象参数变化情况，当水质、气象情况恶化到系统参数所设定的预警级别时，为用户提供手机短信预警。

5) 信息查询统计分析模块 进行溶氧、pH、温度、电导率、太阳辐射、气压等水质、气象信息的查询，查询已发出的预警信息，查询水质、气象历史数据，进行水质、气象预测信息的查询，便于用户了解各水质、气象参数的变化趋势，利于正确管理决策。

2.2 数据库设计

在对水质、气象参数进行显示和监测的同时，为了对数据进行统计、分析和处理，要求系统提供数据库存储功能。本系统采用 SQL server 2000 数据库对采集到的数据进行存储。

根据系统功能要求，设计数据库的2个主要表结构，即水质-气象参数表 ParameterValue (表3)和测量数据表 GatherValue (表4)。水质-气象参数表用来保存各个参数的上限值和下限值，用户可以根据不同养殖品种的适应范围进行设置，以便在参数超标时进行报警。测量数据表用来保存监测过程中从现场采集器传来的水质、气象数据，是用户进行统计分析及预警的基础数据。

2.3 主要功能实现

利用 Microsoft Visual Studio 2010，采用 C#语言进行开发，实现监测系统软件功能。

表 3 水质-气象参数表 ParameterValue 结构

Tab. 3 Structure of water quality & meteorological parameter data table ParameterValue

编号	字段名称	数据类型	描述
1	ID	int	标识
2	FishID	int	养殖品种
3	TemperatureU	float	温度上限
4	TemperatureD	float	温度下限
5	SalinityU	float	盐度上限
6	SalinityD	float	盐度下限
7	PHU	float	pH 上限
8	PHD	float	pH 下限
9	OxygenU	float	溶解氧上限
10	OxygenD	float	溶解氧下限
11	WindU	float	风速上限
12	WindD	float	风速下限
13	PressureU	float	气压上限
14	PressureD	float	气压下限
15	RadiationU	float	太阳辐射上限
16	RadiationD	float	太阳辐射下限
17	RainfallU	float	雨量上限
18	RainfallD	float	雨量下限

1) 图形化实时数据显示功能 通过图形化界面实时监测养殖池中的温度、pH、溶解氧等水质信息和养殖现场的风速、雨量等气象信息。同时通过监测参数与预警参数值的比较, 分别以绿色、红色标识来提示当前环境参数是否处于预警状态(图 4)。

2) 水质-气象预警功能 本文利用预警参数的

表 4 测量数据表 GatherValue 结构

Tab. 4 Structure of GatherValue table

编号	字段名称	数据类型	描述
1	ChipID	int	采集点编号
2	FishID	int	养殖品种编号
3	Temperature	float	温度
4	Salinity	float	盐度
5	Oxygen	float	溶解氧
6	PH	float	pH 值
7	Wind	float	风速
8	Pressure	float	气压
9	Radiation	float	太阳辐射
10	Rainfall	float	雨量

上限值和下限值对养殖现场的水质、气象状况进行自动分析、评价, 并通过图形化实时数据显示结合 GSM 短信提醒养殖管理者的方式, 来提供相应的警戒信息, 同时能对警戒信息进行自动保存以便于后续查询分析(图 5)。

3) 查询统计分析功能 提供水质、气象历史数据查询, 便于用户了解各水质、气象参数的变化趋势(图 6); 同时提供查询结果数据的 EXCEL 表导出功能。

3 结论

本研究通过采用适合于海水养殖高腐蚀性环境下应用的美国 YSI 600R 多参数水质仪和 TRM-ZS2 型专业自动气象站, 结合 GPRS 无线传输技术, 研究



图 4 图形化实时数据显示

Fig. 4 Visual interface for real time data displaying



图 5 水质-气象预警查询
Fig. 5 Query of water quality-weather alert information

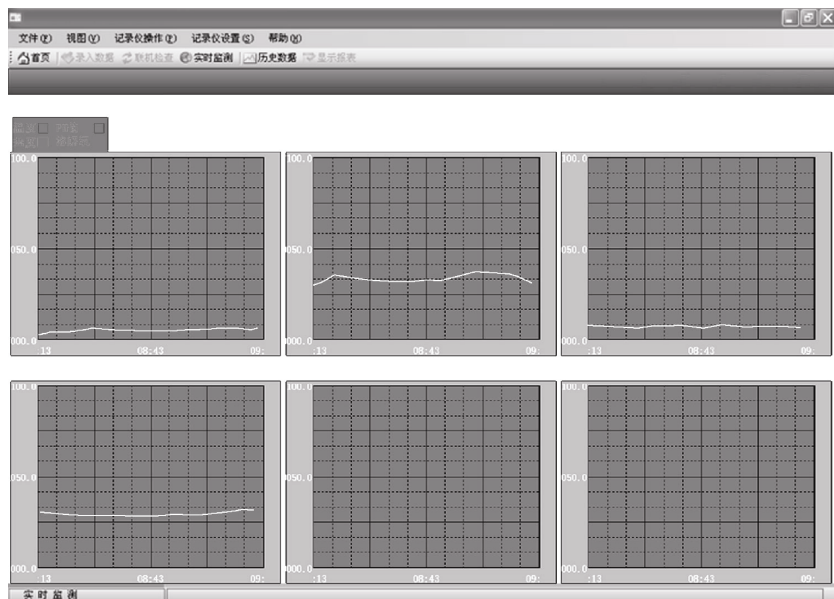


图 6 历史数据统计分析
Fig. 6 Statistical analysis of historical data

建立了海水养殖多环境因子在线监测系统。该系统能对养殖现场的水质和气象参数同时进行在线监测，解决了采用人工方式监测无法满足大规模、集约化生产需要的问题，并提供了养殖环境自动预警功能，这对于控制海水养殖风险，提高生产效益，有实际的意义。

参考文献:

[1] 宋德敬, 陈庆生, 薛正锐, 等. 海水工厂化养鱼多点在线水质监测系统研究[J]. 海洋水产研究, 2002,

23(4): 56-60 .
[2] 刘星桥, 赵德安, 全力, 等. 水产养殖多环境因子控制系统的研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 205-208 .
[3] 陈芙蓉, 赵宇梅, 钱小军, 等. 海珍品养殖水质微机自动监测系统[J]. 海洋技术, 2001, 20(2): 33-37 .
[4] 马从国, 倪伟. 基于 PLC 工厂化水产养殖监控系统的设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2005, (2): 51-53 .
[5] 朱明瑞, 曹广斌, 蒋树义, 等. 工厂化水产养殖溶解

- 氧自动监控系统研究[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(3): 226-230 .
- [6] 靳晟, 李兆东, 林丽. 水质监测管理信息系统开发研究[J]. 人民黄河, 2010, 32(9): 52-53 .
- [7] Popielarczyk D, Oszczak S. Application of GNSS integrated technology to safety of inland water navigation[J]. Archives of Transport, 2011, 23(2): 191-207.
- [8] Abd-elrahman A, Croxton M, Pande-chettri R, et al. In situ estimation of water quality parameters in fresh-water aquaculture ponds using hyperspectral imaging system[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2011, 66(4): 463-472.
- [9] 王铁, 黎贞发, 张海华. 设施农业气象监测系统的设计与开发[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(29): 16338-16340, 16400 .

Design and implementation of on-line multiple environmental factors monitoring system for mariculture

YU Xin-jie¹, YIN Jiao-jiao^{1, 2}, LIU Ying³, WANG Jian-ping⁴, LU Huan-da¹, FAN Liang-zhong¹

(1. Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo 315100, China; 2. Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China; 3. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 4. Ningbo Academy of Ocean and Fishery, Ningbo 315010, China)

Received: Nov., 19, 2012

Key words: mariculture; water quality; weather; on-line monitoring

Abstract: Automatic monitoring of water quality and weather parameters is very important in mariculture. In this paper, an on-line multiple environmental factors monitoring system for mariculture is designed by using YSI 600R multiple parameter water quality analyzer and TRM-ZS2 automatic weather station as the on-line monitoring instruments, and using GPRS wireless transmission as the data transmission technology. The monitoring system can continuously monitor water quality parameters such as temperature, dissolved oxygen content, pH and salinity, and weather parameters such as, wind speed, air pressure, solar radiation and rainfall online, and provide environmental factors automatic alert function. The monitoring system can be used to reduce the mariculture risks and meet the requirements of large scale mariculture production.

(本文编辑: 刘珊珊 李晓燕)