

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.01.040

基于物联网的水产养殖智能化监控系统*

颜波 石平

(华南理工大学经济与贸易学院, 广州 510006)

摘要: 针对目前我国水产养殖规模越来越大, 种类越来越丰富, 传统养殖方式已不能满足要求的现状, 将 RFID 与无线传感网络技术相结合应用到水产养殖领域, 提出了基于 RFID 与无线传感网络的水产品智能化养殖监控系统的架构及应用实施方案。根据水产品养殖基本流程, 对水产品养殖环节的生长环境进行分析, 总结影响水产品生长的环境因素并确定出进行水产品高密度养殖的最佳环境, 从而实现环境资源的充分利用。通过现场试验, 验证了该系统的检测与传输误差、闭环控制精度、反应速度等性能均达到了实际项目的需要, 试验结果表明温度误差在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 范围内, 溶氧量误差在 $\pm 0.3 \text{ mg/L}$ 范围内, pH 值误差在 ± 0.3 范围内, 系统传输数据的正确率在 98% 以上。

关键词: 水产养殖 无线射频识别 物联网 无线传感网络 监控

中图分类号: S969; TN925+.93 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)01-0259-07

引言

工厂化水产养殖具有稳产、高产、品质好、耗水少等优点, 能有效检测与控制养殖水中的各种环境参数, 建立适于鱼类生长的最佳环境。目前国内外学者通过水产品生长营养需求的分析和研究, 已得到了很多水产品营养需求的数据^[1-2]。国内养殖场通常利用这些数据结合养殖经验来进行投喂决策, 但是如何以最低成本实现最佳的投喂仍然是亟待解决的问题。

分析国内外学者在水产品智能化养殖方面的研究工作^[3-14], 本文基于物联网设计智能化水产养殖监控系统, 采用无线传感器、RFID、智能化自动控制等先进的信息技术和管理方法对养殖环境、水质、鱼类生长状况、药物使用、废水处理等进行全方位的管理和监测。

1 水产品智能化养殖流程与环境因子分析

从我国水产养殖现状出发, 结合现场调研, 确定水产养殖流程的基本操作环节并对重要环节进行详细分析。根据水产养殖的流程, 对水产品养殖环节中所处的生长环境进行分析, 总结影响水产品生长的环境因素并确保在水产品生长的最佳环境下能够以最高的密度进行养殖, 从而实现环境资源的充

分利用。为了更好地阐述物联网在水产品智能化养殖中的应用, 以罗非鱼为例设计具体的实施方案, 进而由点及面, 在水产品智能化养殖中推广物联网技术的应用。养殖基地现阶段普遍使用温室大棚工厂化养殖方式来实现罗非鱼的高密度精养, 即在室内淡水池中采用先进的机械和电子设备控制养殖水体的温度、光照、溶解氧、pH 值、投饵量等因素, 进行高密度、高产量的养殖。图 1 为罗非鱼养殖的具体操作环节。

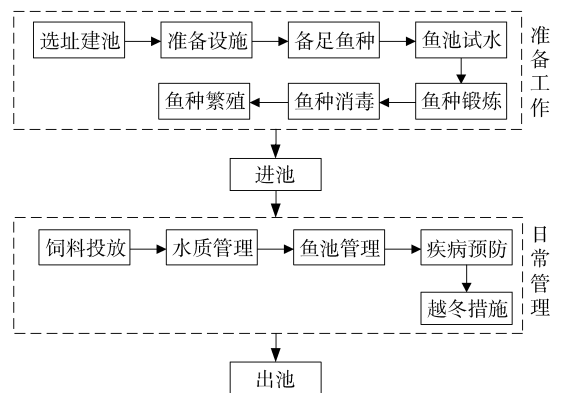


图 1 罗非鱼养殖流程图

Fig. 1 Tilapia farming flowchart

水产养殖主要的环境因子包括水温、pH 值、溶氧量、透明度、重金属含量、农药含量、细菌含量、各类氟化物含量、挥发性酚含量、鱼池换水周期和鱼池消毒用品等。

收稿日期: 2013-01-16 修回日期: 2013-02-06

* 国家农业科技成果转化资金重点资助项目(2013GB2E000353)、广东省星火计划资助项目(2012A020603003)、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目和粤港关键领域重点突破项目(2011BZ100174)

作者简介: 颜波, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品物联网技术与应用研究, E-mail: yanbo@scut.edu.cn

2 系统硬件设计

2.1 系统总体硬件架构

物联网智能化养殖监控系统主要有水质监测、环境监测、视频监控、远程控制、短信通知等功能,该系统综合利用电子技术、传感器技术、计算机与网络通信技术,实现对水产养殖各阶段的水温、pH值和溶氧量等各项基本参数进行实时监测与预警,一旦发现问题,能及时自动处理或短信通知相关人员。

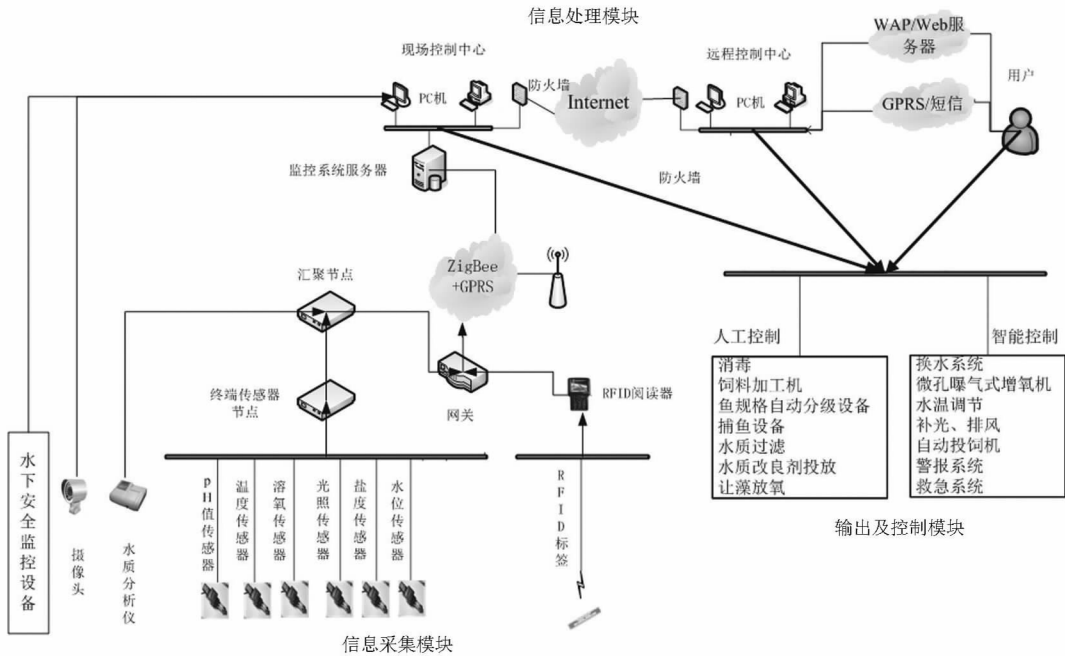


图2 基于物联网的水产养殖智能化监控系统硬件架构图

Fig. 2 Hardware architecture diagram of aquaculture intelligent monitoring system based on internet of things

系统综合利用物联网传感技术、智能处理技术及智能控制技术,集数据、图像实时采集、无线传输、智能处理和预测预警信息发布、辅助决策等功能于一体,实现现场及远程系统数据获取、报警控制和设备控制。通过远程控制输氧设备及时补充水中的氧气,启动水温调节装置等,从而实现对水产品生长环境因子的实时监控。依靠无线网络进行数据传输,将检测数据实时传送到中央处理系统进行处理,中央处理系统再将分析结果发送到控制中心,控制中心则根据各种信息进行全局事务的控制。养殖户可以通过手机或Web页面实时了解养殖池内各项参数和启闭设备,真正实现水产养殖技术的信息化、传感化,使水产品在最适宜的环境下生长,达到智能、节能和增产的目的。

水产品在水产养殖过程中的环境因子如水温、pH值、溶氧量等数据流,采集进入信息采集模块并做进一步处理后通过网络通信模块传送到中心控制系统,以形成优化控制的策略。然后现场监控中心或者远程控制中心进行智能控制或者下达命令让现场

通过一些控制措施来调节水产养殖的溶解氧、温度、pH值和pH值和水位等养殖水质的环境因子,同时根据水产品不同生长阶段的需求制定出测控标准,通过对水产养殖环境的实时检测,将测得参数和系统设定的标准参数进行比较后自动调整水产养殖生态环境各控制设备的状态,以使各项环境因子符合既定要求。如图2所示,本系统采取分散监控、集中操作、分级管理的方法,硬件架构主要包括3部分:信息采集模块、信息处理模块、输出及控制模块。

人员进行人工控制,进而对下一时刻的环境因子数据流进行调控,此过程为一个闭环系统。系统运行过程中的数据信息流如图3所示。

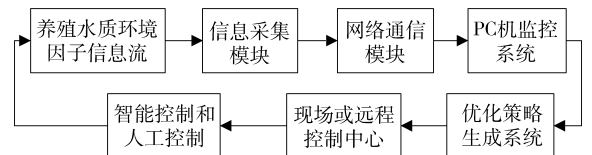


图3 基于物联网的水产养殖智能化监控系统信息流图

Fig. 3 Information flow diagram of aquaculture intelligent monitoring system based on internet of things

在养殖鱼池不定点随意布置适当的无线传感器节点群,还有汇聚节点,通过RFID无线传感器模块,把养殖环境因子信息采集之后传输到汇聚节点,汇聚节点将信息转换处理后,上传到网关;而RFID标签主要记录鱼的信息(放养的品种、放养的数量、放养的时间、投饲量、用药情况、疾病情况),RFID标签通过天线把汇总的信息传输到RFID阅读器上,同时在此完成对信息的分析与处理,然后RFID阅读器把信息上传到网关。

网关通过 ZigBee 无线通信网络模块把信息都上传到 PC 机,PC 机监控系统对输入的信息整理入数据库,实时监控,与预先设定的指标相比较,如果超出了指标范围,就发出警报,现场控制中心、远程控制中心都会收到,同时短信通知用户。

在现场中心、远程控制中心用户可以根据监控系统显示的即时养殖环境数据,做出人工决策,PC 机可以智能控制养殖环境的水温、溶氧量和水位。

监控系统对所有的数据信息进行存储、分析,可以根据历史记录制定出更恰当的控制策略。

2.2 信息采集模块

已有的水产品智能养殖监控系统都只是用无线传感器网络对水产养殖的环境进行监控,而没有结合之后水产品加工、运输、销售环节的一个追溯需求来对养殖环节中水产品的鱼种、用药情况、饲料情况、患病情况进行记录和做出相关的应对措施。针对上述情况,系统采用 ZigBee 技术构建一个信息采集输入模块,使无线传感器网络和 RFID 系统互不干扰。由于 ZigBee 技术的诸多优点,它与 GPRS 组成的混搭型环境监测系统是目前比较流行和有发展潜力的架构。在监测现场,采集终端采用 ZigBee 技术,实现设备的互联互通,数据汇集于网关节点后通过 GPRS 与服务器相连,将数据上传到后台数据库服务器。信息采集输入模块的结构如图 4 所示。

系统监控需求,设定系统收集信息频率为 20 次/h。要实现 ZigBee 的无线传输,需要传感器节点、汇聚节点、网关以及 RFID 阅读器的射频模块都使用同一型号的 ZigBee 无线模块,系统中的 ZigBee 无线收发模块选用 TI 公司的 CC2430 芯片。

终端传感器网络节点由传感器模块、处理器模块、无线通信模块以及能量供应模块组成。本系统使用到的传感器有:温度传感器、溶氧传感器、pH 值传感器、光照传感器、盐度传感器。各种传感器组成一个传感器群,一个终端传感器网络节点负责一个传感器群的信息收集,而每个鱼池不定点地分布几组传感器群。传感节点之间可以相互通信,自组织成网并通过多跳的方式连至汇聚节点,传感器收集完信息之后通过 ZigBee 技术将即时数据发送到汇聚节点,汇聚节点收到数据后,通过网关完成和服务器的连接,该过程的拓扑结构如图 5 所示。

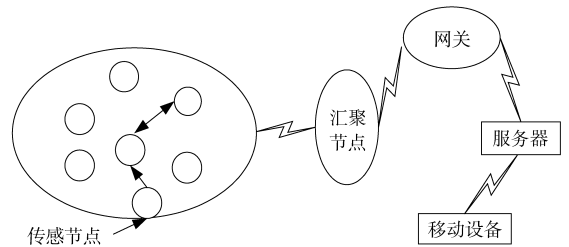


图 5 信息采集无线传感网络结构图

Fig. 5 Structure diagram of wireless sensing network

RFID 系统选用可读写的单芯片主动式 RFID 电子标签。RFID 阅读器可同时处理多个标签,当同时读取多个 RFID 标签时,通过防冲撞技术,可确保数据的完整性。RFID 阅读器由实时处理器、操作系统、虚拟移动内存和小型内置 CC2430 模块组成。

RFID 标签负责记录养殖鱼池的放养品种、数量、时间、用药情况、投饲量,患病情况,对应同一个养殖鱼池的传感器节点群进行综合控制。当 RFID 标签上的信息有更新,就通过天线和射频发射器把更新的信息发送到 RFID 阅读器,现场的工作人员可以通过 RFID 阅读器读取信息,通过 ZigBee 和 GPRS 技术把信息实时上传到网关。

智能处理节点包括智能网关和汇聚节点。通常汇聚节点是固定的,较远监测区域感知的数据需要经过多跳路由传输到汇聚节点,容易造成汇聚节点周围的能量空洞问题。本文参考刘洪涛等设计的具有移动汇聚节点的环境监测系统^[15],将移动汇聚节点引入监测网络,通过移动汇聚节点收集感知数据,从而解决传感器网络各节点剩余能量不均匀问题。汇聚节点主要由嵌入式控制系统、无线射频模块(CC2430 模块)、GPRS 通信模块、风光互补供电系

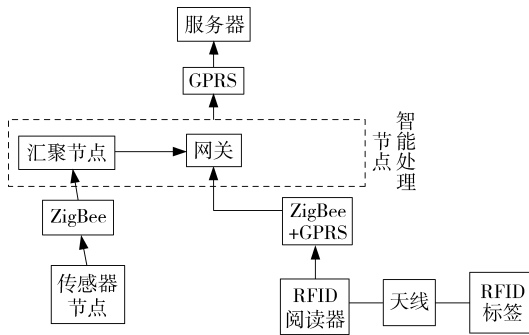


图 4 信息采集输入模块硬件结构图

Fig. 4 Hardware structure diagram of information input module

为实现对罗非鱼生长环境的监控,将带有网关、汇聚节点的无线传感器节点群(包括溶解氧传感器、温度传感器、pH 值传感器、水位传感器等)任意地布置在网箱的各个角落。根据采集信息的需要,通过集成的各种传感器功能,实时收集周边的环境信息,比如溶解氧度、温度、pH 值、水位等,将采集的信息无线传输给汇聚节点集中处理。当 RFID 阅读器发出指令后,RFID 标签将传感器采集的信息通过天线无线传输给 RFID 阅读器,阅读器读取信息并解码后,通过 ZigBee 和 GPRS 送至监控 PC 机的监控系统进行数据处理。根据 ZigBee 的传输速度和

统组成,在特定时间移动到某特定地点,收集感知数据进行计算和数据融合。汇聚节点与传感器节点的连接主要通过 CC2430 模块收发信息,汇聚节点汇总信息后,再通过 GPRS 通信模块把采集到的信息发送给网关。

网关设备是终端传感器节点群和控制中心通信的桥梁,负责数据的格式转换、数据的上传和下达。网关设备采用模块化、可重用的设计思路,升级性、兼容性比较好。主要由 CC2430 模块、电源模块、ARM 核心板、触摸屏显示模块、GPRS 模块、声光报警装置组成。网关设备将终端传感器节点收集到的数据以及控制设备的状态数据上传到监控系统,用户通过监控系统可直观地看到各环境因素的变化。当某些环境数据超出了规定的上下限或者某些设备处于异常,监控系统会及时发出警报信息,通过 GPRS 将相关异常信息告知现场监控中心,然后现场监控中心可以通过 Internet 网络发送到 Web 服务器让远程监控中心获知,或者通过 GPRS 发送到用户的手机、PDA 设备。

把 RFID 标签和无线传感器网络节点融合,各节点之间采用多级跳通信,从而形成一个传输范围和传输能力都提高的自组织网络,而融合后的无线传感器网络节点之间的数据传输主要依靠 ZigBee 技术。为了布线简单,网关节点可移动,以及考虑到要延长锂电池供电能力,网关部分及节点部分均采用太阳能供电。

2.3 信息处理模块、输出及控制模块

信息处理模块是整个系统的智能中心。用户无论是在现场还是在外地,都可以通过现场控制中心、远程 PC 机控制或者通过短信和电话对现场做出控制,实现水产养殖的智能化和自动化。

监控系统服务器是整个系统的控制中心,负责协调所有数据、转发数据、发送收集命令、组网、接收来自网关的各种数据,其中包括汇聚节点的状态、汇聚节点采集回来的数据等。服务器连上有公网静态 IP 的 Internet,与现场控制中心的 PC 机相连,把收集到的数据导入 PC 机监控系统的数据库,经优化控制系统处理后,给出相应的控制信号。

现场控制中心配有 PC 机、救急设备、警报设备和视频监控。现场控制中心主要完成数据管理、智能决策、历史资料统计分析,并对数据进行显示、编辑、存储、打印输出的功能。可以根据监控系统软件界面显示的情况来进行即时的智能控制或者通知现场的工作人员进行人工控制,保证水产品拥有良好的生长环境。远程控制中心通过 Internet 与现场控制中心进行数据的实时通信,使得养殖场的所有人

可以不用经常在现场关注养殖情况,实现远程智能化的水产养殖。

输出及控制模块是对整个系统的反馈和直接控制,根据现场控制中心、远程控制中心或者用户下达的指令进行智能控制以及人工控制,具体的控制模式如图 6 所示。

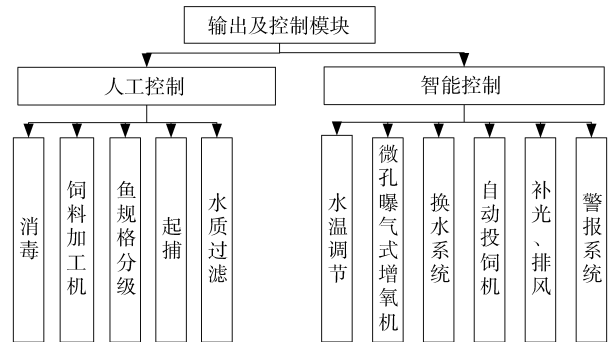


图 6 输出及控制模块结构图

Fig. 6 Structure diagram of output and control module

3 系统软件设计

智能化监控系统的软件设计以可靠性、安全性为基本原则,以模块化、可扩展升级为指导来进行设计。软件设计主要包含汇聚节点的软件设计和 PC 机监控系统的软件设计。汇聚节点是水产养殖环境监测传感网络与 PC 机沟通的桥梁,主要完成通信网络的数据收发功能。

根据系统需求,PC 机监控系统主要由 7 个模块组成,如图 7 所示,包括用户管理模块、数据查询模块、节点管理模块、设备控制模块、实时显示模块、警报通知模块、数据库模块。

用户管理模块用来控制用户使用系统的权限,同时管理短信通知用户列表,将用户的基本信息记录、整理进入数据库。实时显示模块让用户可以直观观察到养殖场的实时数据,数据每隔 3 min 存入历史数据库,可随时调用、检索以供分析参考。还可以生成趋势图,方便用户分析养殖情况。当采集到的数据超过了设定的标准值上下限时发出警报,同时短信通知特定用户。对各类参数超限可提供上限报警、下限报警、区间报警。数据查询模块用来查询采集的历史数据、历史警报数据、工艺数据(即设备的分布及设置)、趋势图。节点管理模块用来管理网络中的节点,包括节点采集数据的管理,警报数据的设定。设备控制模块通过调整设备运行状态使养殖环境达最佳水平。设备控制有两种方式,智能控制和人工控制。智能控制是通过控制增氧机和风机的转速、各个方向窗的开关、热水和冷水电磁阀、pH 值电磁阀、供水和出水电磁阀等,从而分别调整对应

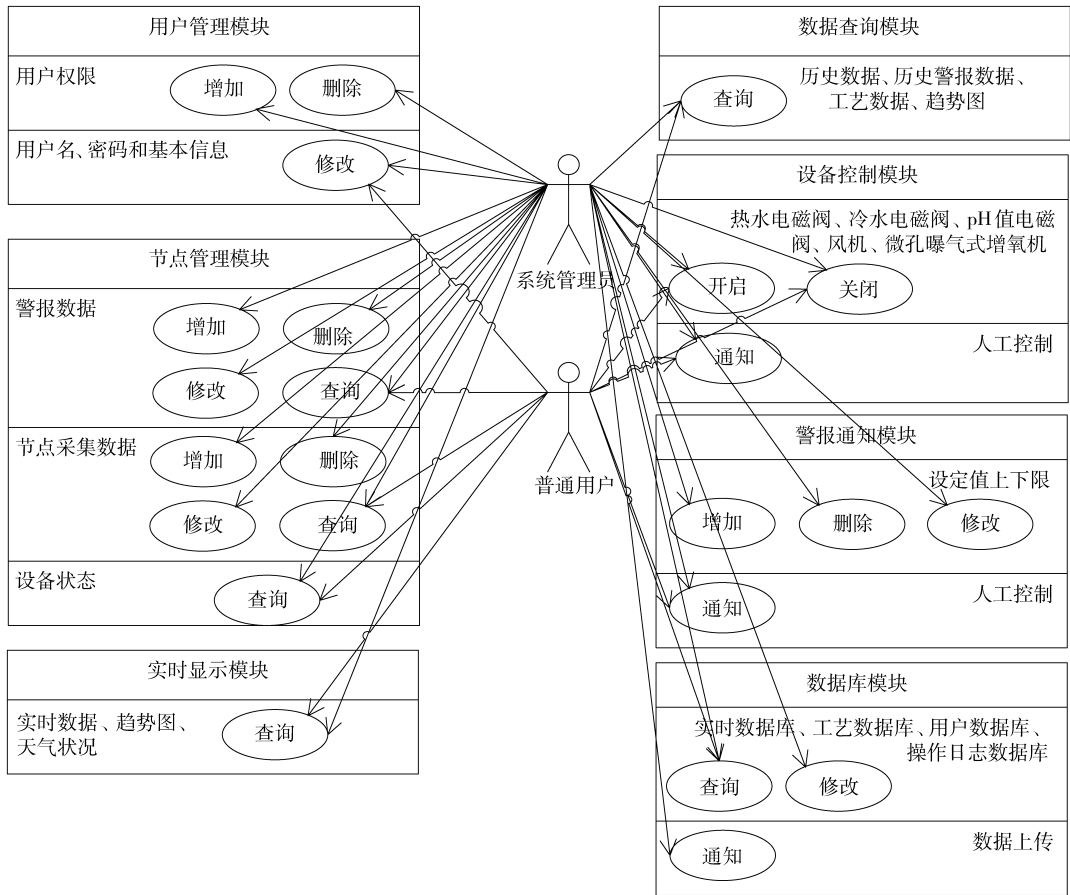


图 7 PC 机监控系统功能模块图

Fig. 7 Functional diagram of the monitoring system based on PC

的环境因子值;人工控制是指现场控制中心、远程控制中心或者在外地的用户通过电话、短信或者对讲机通知现场工作人员,进行投饲、用药、水质过滤、消毒、对鱼种进行捕起分类、死鱼捕起等。

4 试验

以罗非鱼为试验对象,试验场地为佛山某养殖场,试验的养殖鱼池规格为 50 m²的养殖鱼池,鱼池水深 1.5 m,大棚环境温度为 23 ~ 28℃。

试验分为 2 部分:①验证 ZigBee 无线传感网络采集养殖环境因子的数据检测和传输误差是否满足项目需要,即数据检测和传输的准确性。②验证进行闭环控制后,各环境因子的变化范围是否满足项目需要,即控制精度问题。

选择试验鱼池中溶氧量数据为代表,进行数据检测和传输误差试验。ZigBee 无线传感网络的汇聚节点和终端无线传感器显示的溶氧量试验数据如表 1 所示。数据误差均在 ±0.4 mg/L 范围内,表明无线传感网的数据检测和传输基本能够满足实际需要。

养殖鱼池环境因子参数设置为:温度 23℃、溶氧量 7 mg/L、pH 值 7.5。水中溶氧量采用微孔曝气

表 1 溶氧量数据检测和传输误差试验数据

Tab. 1 Dissolved oxygen data detection and transmission error of test data

次序	终端无线传感器数据	汇聚节点数据	偏差
1	7.1	6.9	-0.2
2	7.2	7.1	-0.1
3	6.8	7.2	0.4
4	6.9	6.8	-0.1
5	7.1	6.9	-0.2
6	7.2	7.1	-0.1
平均绝对误差			0.183

式增氧机进行增氧,水温由电磁阀引入热水或冷水进行调节,pH 值由系统控制 pH 值电磁阀来完成。水温、溶氧量、pH 值闭环控制精度试验数据如表 2 所示。

数据表明,24 h 内温度误差在 ±0.5℃ 范围内,溶氧量误差在 ±0.3 mg/L 范围内,pH 值误差在 ±0.3 范围内,闭环控制力度达到了设计目标,基本满足实际项目的需要。

在试验鱼池中分别布置了温度传感器、溶氧量传感器和 pH 值传感器各 3 个,汇聚节点 1 个,其中每个传感器节点能以多跳自组织的方式将数据传送

表2 水温、溶氧量、pH值闭环控制精度试验数据

Tab.2 Water temperature, dissolved oxygen, pH value of closed loop control accuracy test

时间/h	温度/℃	溶氧量/mg·L ⁻¹	pH值
0	23.3	7.2	7.7
2	23.1	7.1	7.6
4	22.8	6.7	7.5
6	22.5	6.9	7.7
8	23.1	7.1	7.3
10	23.3	6.9	7.2
12	23.4	6.9	7.6
14	23.5	7.2	7.6
16	23.5	7.1	7.5
18	23.2	7.1	7.5
20	23.3	7	7.7
22	23.2	7.1	7.6
平均绝对误差	0.3	0.125	0.125

到汇聚节点。试验证实,系统测试中节点之间的通信距离可达到150 m以上,系统启动后10s内可完成节点的绑定,形成自组织网络。当预先设定的采样时间结束后,采样数据在30 s内可传输完毕,而本系统设定汇聚节点每3 min采集一次终端无线传感器的数据,这里存在一定的延时性,所以在数据检测试验中,数据都滞后了3 min,而且部分数据会受到系统的一些干扰,使得数据传输不可能100%的正确,不过试验结果表明传输的数据正确率在98%以上,能达到预期的要求。

在RFID系统方面,并没有加入试验部分,考虑到其数据并不会在传输过程中受到系统的干扰,而且项目并不需要它具有实时性,只需它具有完整性

和准确性。

该系统在项目合作单位佛山某公司得到验证以及推广应用,将RFID与无线传感网络技术应用于水产养殖的智能化监控过程中,替代了传统的经验目测法和固定点参数采集法。通过采集到的精确数据,实现数字化养殖,通过智能化控制系统的使用,实现自动化养殖。

5 结论

(1) 通过与现有的水产品智能化养殖系统的对比研究,提出了适合水产养殖的基于RFID与无线传感网络的智能控制系统架构。该系统架构通过应用物联网,真正地实现了水产养殖的智能化监测与控制,满足了水产养殖的及时监控和自动调整其生态环境的要求,该模式可以广泛应用于水产养殖行业,并可以向其他农产品行业推广。

(2) 在提出水产养殖智能化监控系统方案的基础上,结合企业的实际情况,以罗非鱼为例,结合罗非鱼智能高密度养殖的具体流程对监控系统的实施方案进行了详细分析,同时介绍了水产养殖智能化监控系统的各功能模块,根据水产品不同生长阶段的需求制定出测控标准,通过对水产品养殖环境的实时监测,将测得参数和系统设定的标准参数进行比较后自动调整水产养殖生态环境,试验结果表明温度误差在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 范围内,溶氧量误差在 $\pm 0.3\text{ mg/L}$ 范围内,pH值误差在 ± 0.3 范围内,系统传输数据的正确率在98%以上。

参 考 文 献

- Wilson R P, Corraze G, Kaushik S. Nutrition and feeding of fish[J]. *Aquaculture*, 2007, 67(1~4):1~2.
- Kaushik S. Nutrition and feeding of fish: upcoming developments[J]. *Cahiers Agriculture*, 2009, 18(2~3):100~102.
- Zhao D S, Hu X M. Intelligent controlling system of aquiculture environment[J]. *Computer and Computing Technologies in Agriculture III (IFIP CCTA 2009)*, 2009:225~231.
- Matishov G G, Balykin P A, Ponomareva E N. Russia's fishing industry and aquiculture[J]. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2012, 82(1):55~62.
- Tai H J, Liu S Y, Li D L, et al. A multi-environmental factor monitoring system for aquiculture based on wireless sensor networks[J]. *Sensor Letters*, 2012, 10(1~2):265~270.
- 刘玉梅, 张长利, 王树文, 等. 基于ZigBee技术的水产养殖环境监测系统设计[J]. *自动化技术与应用*, 2011, 30(3):50~53.
Liu Yumei, Zhang Changli, Wang Shuwen, et al. Design of aquaculture environment monitoring system based on ZigBee technology[J]. *Techniques of Automation and Applications*, 2011, 30(3):50~53. (in Chinese)
- 陈娜娜, 周益明, 徐海圣, 等. 基于ZigBee与GPRS的水产养殖环境无线监控系统的设计[J]. *传感器与微系统*, 2011, 30(3):108~110.
Chen Nana, Zhou Yiming, Xu Haisheng, et al. Design of wireless monitoring and control system for aquaculture environment based on ZigBee and GPRS[J]. *Transducer and Microsystem Technologies*, 2011, 30(3):108~110. (in Chinese)
- 颜波, 石平, 黄广文. 基于RFID和EPC物联网的水产品供应链可追溯平台开发[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(15):172~183.
Yan Bo, Shi Ping, Huang Guangwen. Development of traceability system of aquatic foods supply chain based on RFID and EPC internet of things[J]. *Transactions of the CSAE*, 2013, 29(15):172~183. (in Chinese)
- 宦娟, 刘星桥, 程立强, 等. 基于ZigBee的水产养殖水环境无线监控系统设计[J]. *渔业现代化*, 2012, 39(1):34~39.
Huan Juan, Liu Xingqiao, Cheng Liqiang, et al. Design of a wireless water environment monitoring system based on ZigBee in

- aquaculture [J]. *Fishery Modernization*, 2012, 39(1):34~39. (in Chinese)
- 10 蒋建明, 史国栋, 李正明, 等. 基于无线传感器网络的节能型水产养殖自动监控系统[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(13):166~174.
Jiang Jianming, Shi Guodong, Li Zhengming, et al. Energy-efficient automatic monitoring system of aquaculture based on WSN [J]. *Transactions of the CSAE*, 2013, 29(13):166~174. (in Chinese)
- 11 史兵, 赵德安, 刘星桥, 等. 工厂化水产养殖智能监控系统设计[J]. *农业机械学报*, 2011, 42(9): 191~196.
Shi Bing, Zhao Dean, Liu Xingqiao, et al. Design of intelligent monitoring system for aquaculture [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011, 42(9): 191~196. (in Chinese)
- 12 林群, 王琳, 黄修杰, 等. 广东工厂化水产养殖发展前景与对策研究[J]. *广东农业科学*, 2011, 38(9): 132~134.
Lin Qun, Wang Lin, Huang Xiujie, et al. Study on the prospects and strategy of Guangdong industrialized aquaculture system [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 38(9): 132~134. (in Chinese)
- 13 刘坚, 秦大力, 于德介. 基于无线传感器网络的智能状态监测系统研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2008, 14(10): 2047~2051.
Liu Jian, Qin Dali, Yu Dejie. Intelligent condition monitoring system based on wireless sensor networks [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2008, 14(10): 2047~2051. (in Chinese)
- 14 刘晔, 张宇雷, 吴凡, 等. 美国工厂化循环水养殖系统研究[J]. *农业开发与装备*, 2009(5): 10~13.
Liu Huang, Zhang Yulei, Wu Fan, et al. Study on recirculating aquaculture systems in USA [J]. *Agricultural Development and Equipment*, 2009(5): 10~13. (in Chinese)
- 15 刘洪涛, 程良伦. 具有移动汇聚节点的环境监测系统设计[J]. *计算机工程与应用*, 2010, 46(19): 7~9, 24.
Liu Hongtao, Cheng Lianglun. Design of environmental monitoring system with mobile sink [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2010, 46(19): 7~9, 24. (in Chinese)

Intelligent Monitoring System for Aquiculture Based on Internet of Things

Yan Bo Shi Ping

(School of Economics and Commerce, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Focusing on the problem about traditional farming methods which cannot meet the increasing scale of aquaculture, and combining RFID technology and the internet of things technology with the processes of aquatic breeding, an aquatic intelligent breeding solution was proposed. Firstly, the basic processes of aquatic breeding and the aquatic farming environment were analyzed, and then the environmental factors affecting aquatic growth were obtained, at the same time the best environment for aquatic products high-density breeding was given; at last, an aquatic intelligent breeding solution based on RFID and internet of things was proposed. Field tests were also conducted. Results show that the accuracy of closed-loop control response speed and other performances of this system satisfies actual needs of this project, and temperature error, dissolved oxygen error and pH error are $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, $\pm 0.3\text{ mg/L}$, ± 0.3 , respectively, and the data transmission accuracy of the system is up to 98%.

Key words: Aquiculture Radio frequency identification Internet of things Wireless sensor networks Monitoring