

文章编号: 1674-5566(2017)03-0473-08

DOI:10.12024/jsou.20161001888

## 水产品活体运输智能监控系统的设计

翟晓东, 刘雨青, 吴燕翔, 曹守启

(上海海洋大学 工程学院, 上海 201306)

**摘要:** 近些年来消费者对水产品的新鲜度和安全度要求越来越高,活体运输成为有效的保鲜方式之一,但国内水产品的活体运输技术存在着信息化、智能化程度低,监控因素单一等亟待解决的问题。针对上述问题设计了一种水产品活体运输智能监控系统,通过硬件和软件的设计,对运输车箱内水环境的温度、pH、溶解氧等水质环境参数和视频数据进行实时监控。该系统构建了底层传感器检测与控制、监控中心数据处理、远程终端管理的三层物联网结构,通过无线传输技术,实现了水产品活体运输的远程智能监控。该系统通过 LabVIEW 软件设计了上位机监控界面,不仅可以实时显示运输过程中水产品的各水质环境参数及车内安全视频监控数据,还建立了水产品数据库,可进行历史数据的查询。经过小型罗非鱼活体运输车辆的测试,该系统运行稳定可靠,操作简便,具有良好的实用价值。

**关键词:** 水产品活体运输;无线传输;物联网;智能监控;上位机

**中图分类号:** TN 98; S 95      **文献标志码:** A

活体运输是保持水产品鲜活和营养价值的有效方式,随着消费者对鲜活水产品需求的日益增加,水产品的活体运输技术越来越受到人们的关注<sup>[1]</sup>。目前,水产品活体运输主要有麻醉辅助运输、密闭运输以及开放式运输等方法<sup>[2-3]</sup>。麻醉辅助运输会造成水产品体内药物残留,危害健康;密闭运输无法实时监控水质环境,只能进行短距离运输;而开放式运输对水质环境监控技术要求较高<sup>[4-6]</sup>。国内尚缺乏功能齐全的水产品活体运输智能监控系统,人们只是根据以往经验进行运输过程的监控,存在着信息化程度低、水质环境监控方式粗放、监控因素单一、网络优化调度不强等缺点,从而成为限制水产品活体运输发展的主要因素<sup>[7]</sup>。

近年来,物联网技术<sup>[8-9]</sup>以先进的传感技术、信息传输技术和互联网技术在水产养殖、农业生态环境的自动监测等领域得到应用<sup>[10-11]</sup>,实现了智能化管理和控制,为水产品活体运输提供了新的解决方案。水产品活体运输过程中,其生命活

动受水质环境如水温、pH、溶解氧、氨氮等的影响较大<sup>[12]</sup>,因此,本文提出一种基于物联网的水产品活体运输智能监控系统。采用服务器模式和无线传感器、无线通讯、智能化监控等技术相结合,可实时监控水质环境参数、跟踪车辆的运行状况,实现活体运输的智能化监控,使得水产品运输过程中水质环境最佳,保证其新鲜度和安全性,为水产品的溯源系统提供可靠的依据。

### 1 系统总体设计方案

根据物联网中感知层、网络层和应用层的三层体系架构<sup>[13-15]</sup>设计的水产品活体运输智能监控系统由无线检测和控制层、监控中心层和远程管理层三部分组成,整体设计方案如图 1 所示。在水产品活体运输过程中,无线检测和控制层包括水质参数检测传感器、水质控制装置、摄像头等,一方面应用 ZigBee 无线传输技术<sup>[16]</sup>对多项水质传感器节点实时采集的数据进行近距离传输,另一方面应用 WiFi 无线传输技术采集运输车

收稿日期: 2016-10-27      修回日期: 2017-01-10

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD38B04);上海海洋大学教学团队建设项目(B1-5003-15-000139)

作者简介: 翟晓东(1993—),男,硕士研究生,研究方向为物联网技术。E-mail:704401540@qq.com

通信作者: 刘雨青,E-mail:yqliu@shou.edu.cn

箱内的视频信息。监控中心层是系统下位机与远程用户上位机终端间通讯的桥梁,负责数据分析和处理,有四个功能:(1)根据水质传感器采集的数据,自动调节控制设备,保证运输过程中水质环境最佳;(2)对运输过程中的装箱和卸货,实施安全监管;(3)通过车辆定位模块实现实时记

录追踪车辆的位置信息及运行路线;(4)控制液晶屏实时显示,并将水质和视频数据通过 GPRS (General Packet Radio Service) 或 WiFi 无线网络传输到远程用户管理终端。远程管理层包含上位机监控系统及水产品活体运输信息数据库,实现对本系统的远程实时智能监控。

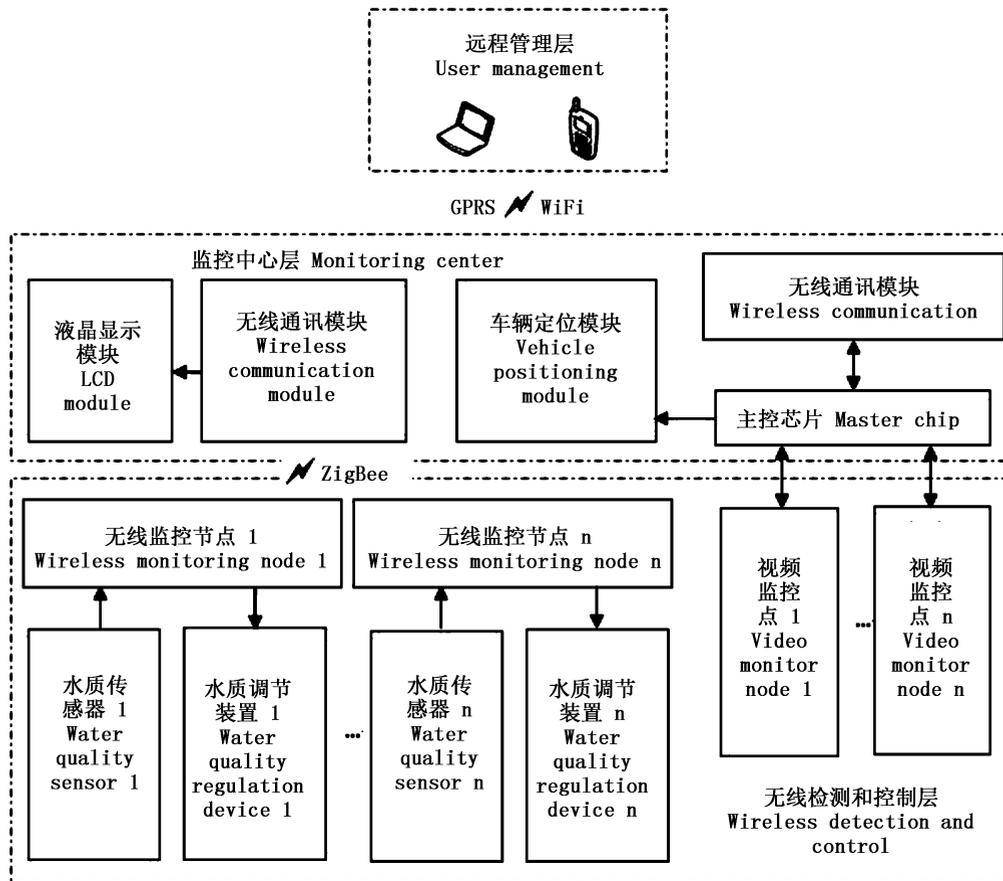


图1 系统整体设计方案图

Fig. 1 System general design scheme

## 2 系统硬件设计

根据活体运输的水产品控制要求,本系统的硬件设计主要由水质环境监控子系统和视频监控子系统两大部分组成。

### 2.1 水质环境监控子系统

水质环境监控子系统包括传感器检测节点、水质环境调节节点、无线通讯模块和监控中心四部分。各节点配备的 ZigBee 终端和监控中心中的 ZigBee 协调器,经过多跳路形式构成无线传感自组网络,监控中心内的 ZigBee 协调器将接收到的检测数据通过 GPRS 网络传输到远程终端,如

图2所示。

传感器节点主要由传感器模块以及数据处理模块两部分构成。传感器模块主要包括水温、pH 以及溶解氧传感器以及相应的信号调理电路,可根据车箱内水箱的大小调节放置数量;数据处理模块实现数据模/数(A/D)转换和处理功能。考虑到水产品运输的特殊环境,水温检测采用防水式 18B20 温度传感器,将温度信号直接转换为数字信号输出,电路结构简单,抗干扰能力强。pH 检测采用 Arduino pH 传感器,检测范围广,响应时间快,输出模拟电压信号。氧含量检测采用溶解氧浓度传感器,测量范围广,分辨率

高,可根据输出电流的大小测量水中溶氧浓度。数据处理模块部分采用 CC2530 芯片作为主控芯片,处理传感器检测的数据,并应用 ZigBee 无线

网络进行发送。CC2530 芯片内部包含一个增强型的 8051 控制器,具备丰富的外设资源,开发方便,可节省硬件资源<sup>[17]</sup>。

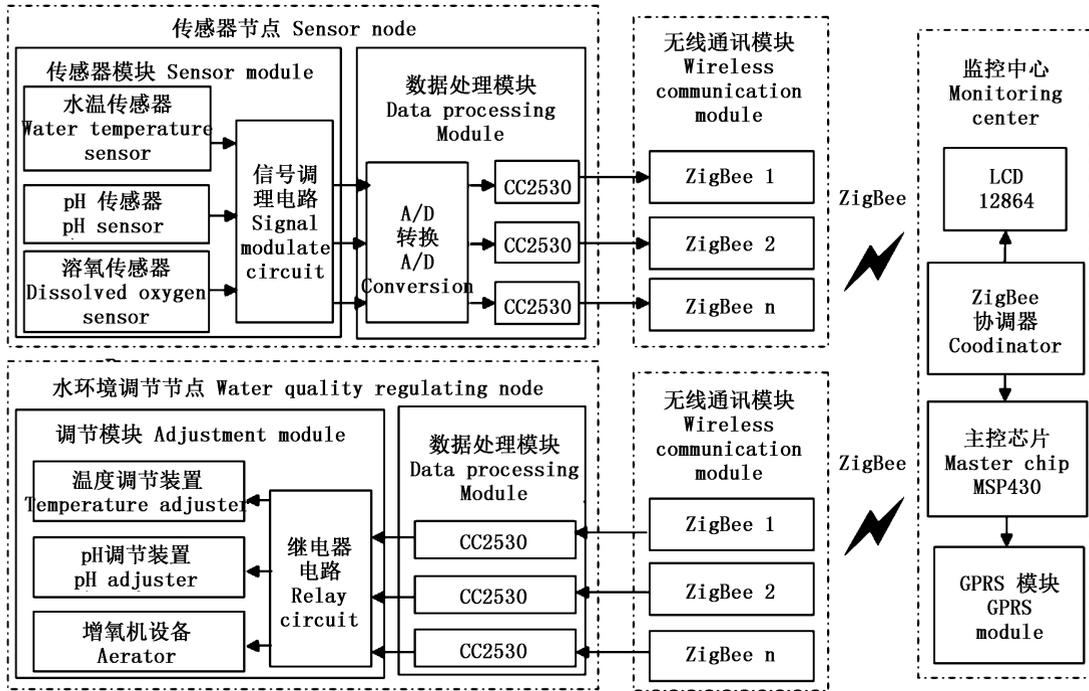


图 2 水质环境监控子系统硬件结构图

Fig. 2 Hardware structure of water quality environmental monitoring subsystem

水环境调节节点由参数调节和数据处理两个模块组成。参数调节模块包括调节温度、pH、溶氧量等参数的装置。根据控制器 CC2530 通过 ZigBee 模块接收的监控中心数据,由继电器电路控制各设备,如检测参数不符合设定范围,则使相应设备开通,从而使水质达标,在达标后断开设备并继续实时监控,实现智能化控制。

无线通讯模块采用网峰科技 ZigBee 模块建立星型传感网络实现短距离数据传输,具有功耗低、成本低、传输数据可靠的优点,传输距离达 1 km,可满足水产品活体运输的需要。

监控中心是实现系统下位机与远程上位机用户终端间通讯的桥梁。ZigBee 协调器将接收到的检测数据分析处理后发送给主控芯片,并在液晶屏 12864 上显示。主控芯片采用 TI 公司的低功耗 MSP430 系列单片机,并通过串口与 GPRS 模块相连,应用 GPRS 网络将数据发送到远程用户终端<sup>[18]</sup>,实现系统远程智能监控。

### 2.2 视频监控子系统

视频监控子系统包括 WiFi 无线通讯模块、摄像头模块、红外人体感应器、监控中心和声光报警装置等,实现运输过程中水产品装箱和卸货的实时视频监控。摄像头模块的数量可根据运输集装箱的大小调节,分别安装在运输车箱的四周,每个模块均配有红外线防盗报警装置,用于安防报警。其结构图如图 3 所示。

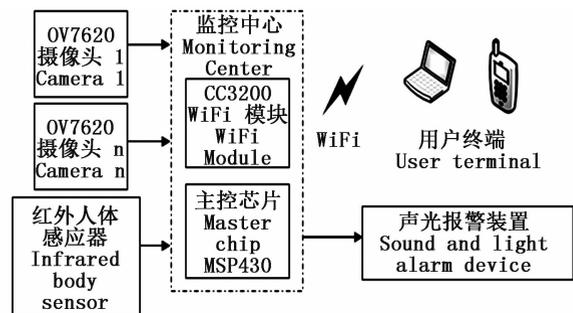


图 3 视频监控子系统硬件结构图

Fig. 3 Hardware structure of video surveillance subsystem

视频监控子系统是基于MSP430单片机为主控芯片的控制网络,其连接控制运输环境内的无线节点,从而实现对整个运输环境的全面实时监控。这些无线节点根据功能的不同可分为监控节点和继电器控制节点。监控节点包括红外人体感应器及WiFi网络摄像头;继电器节点包括报警装置和启动电脑及手机客户通知。根据水产品活体运输的特殊环境,系统选择防潮与防腐蚀的红外人体感应器,其监控角度为 $110^\circ$ 、监控范围为8 m,可适应各种规模的水产品运输,稳定可靠;WiFi网络摄像头采用TI公司产的CC3200WiFi模块和OV7620摄像头,其具有数据传输可靠,操作简单的特点。

### 3 系统软件设计

本系统软件设计以实用性、可靠性、友好性、

后期可扩展升级为基本原则,主要包括ZigBee无线网络设计、视频监控设计和远程用户终端设计。

#### 3.1 ZigBee无线网络设计

ZigBee无线网络设计是基于IAR开发环境,根据其无线通讯协议,采用模块化的编程方式来进行设计编程,实现无线网络建立。主要包括传感器节点控制程序设计、协调器节点控制程序设计两部分。传感器节点控制流程如图4所示,当判断到成功加入网络后开始读取水质传感器采集的数据并根据设定时间间隔将数据发送至协调器。协调器节点控制流程如图5所示,其接收发来的检测数据,并经过分析处理后,根据分析结果发送相应控制命令到相应水质环境调节节点的ZigBee接收端,从而实现相应设备的自动调节工作。

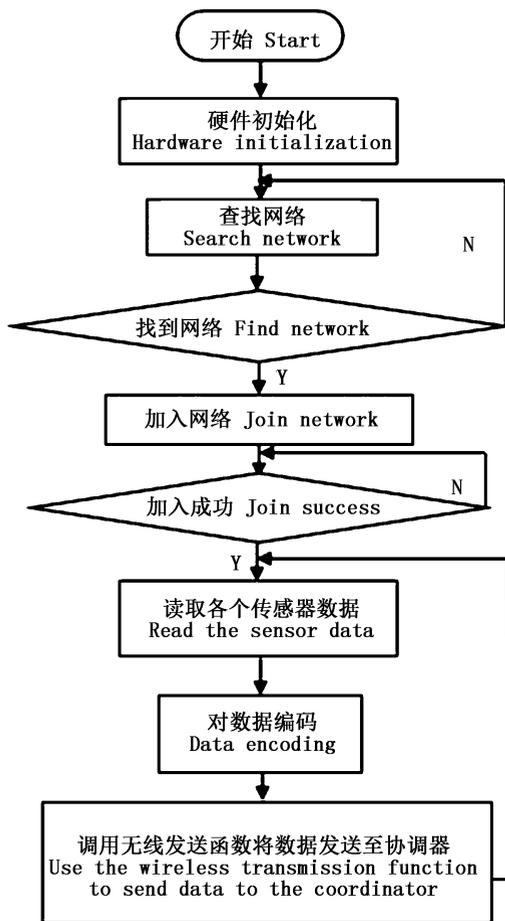


图4 传感器节点控制流程图

Fig. 4 Sensor node control flow chart

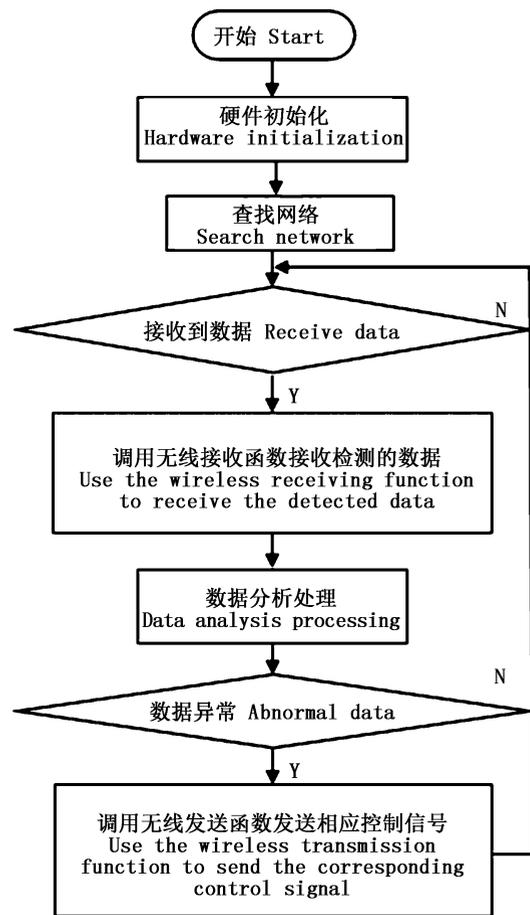


图5 协调器节点控制流程图

Fig. 5 Coordinator node control flow chart

### 3.2 视频监控设计

视频监控设计主要是针对名贵水产品,并结合红外人体感应器监测是否有外来人员入侵车箱,实现实时安防监控,同时结合 GPS 定位模块实时记录车辆位置信息。当检测到有外来人员入侵等异常情况时,系统产生报警信号通知相关人员察看运输环境情况,并可联动摄像头视频监控系统,在电脑端弹出相应位置的现场视频图像,并启动录像功能,用于后续分析取证;同时通过触发信号可联动运输车箱现场声光设备和报警装置,以短信方式通知系统设置的手机号码,使相关人员做出防范措施。系统运行流程图如图 6 所示。

### 3.3 远程用户终端设计

远程用户终端采用 LabVIEW 设计上位机远程监控界面,可通过串口实现数据的传输。远程用户终端利用无线串口软件实现与监控中心的 GPRS 模块通信,并通过 LabVIEW 中的串口控件读取无线串口软件中获得的数据。应用 LabVIEW 设计的客户端界面具有友好直观,方便用户操作使用的优点<sup>[19]</sup>。

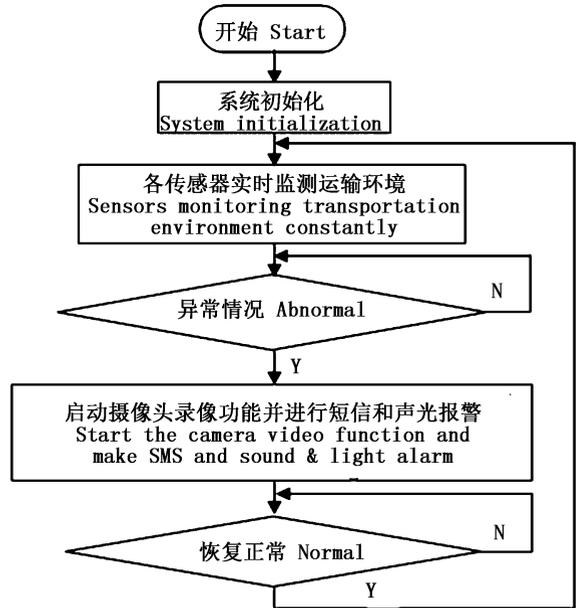


图 6 视频监控系统流程图

Fig. 6 Video monitoring subsystem flow chart

远程用户监控界面如图 7 所示,包括用户管理、水质环境监控界面、视频监控界面和数据管理等部分。系统主要实现的功能有以下几种。



图 7 远程用户监控界面

Fig. 7 Remote user monitoring interface

(1) 用户管理界面: 为了保证客户端访问安全, 客户端需要通过登录名和登录密码进行登录验证, 当通过验证后, 才允许对客户端进行访问。同时管理员可增加或删除用户信息。

(2) 水质环境监控界面: 实时显示当前水质环境参数信息, 通过自动和手动两种方式调节控制设备运行。每个按钮前对应的指示灯代表目前该设备的工作状态。

(3) 视频监控界面: 实时显示出当前运输车辆箱内的视频图像, 并可调出某一时段监控视频用于后续取证分析。

(4) 数据管理界面: 设置水质环境警戒参数, 并可调出 30 d 内某一时刻的水质环境参数, 生成数据报表用于后续分析。该软件除了储存、发布监测数据外, 还建立了水产品运输数据库, 内容包括多种水产品的运输条件和方法, 当运输环境参数超标时可给出预警并提出指导性建议。图 8 为温度数据报表曲线。

#### 4 实验

为了测试系统传感器检测准确性、数据传输

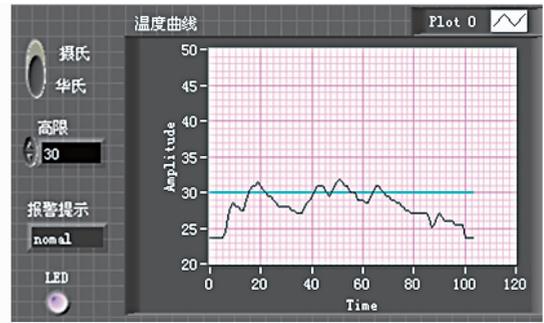


图 8 温度数据报表曲线

Fig. 8 Temperature data report curve

及时性、设备控制可靠性以及整个系统运行稳定性, 本系统在小型罗非鱼活体运输车辆内进行了监控实验, 运输集装箱大小  $20 \text{ m}^3$ , 内部分别设有水温、pH、溶氧等传感器各一个, 并配备摄像头视频监控。根据罗非鱼最佳运输条件, 设定了水温警戒值为  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 、pH 允许范围  $7.4 \sim 7.6$ 、溶解氧警戒值  $7.0 \text{ mg/L}$ , 并在测试过程中加入了人为扰动, 对系统进行实验, 测试数据列表 1。

表 1 实验数据

Tab. 1 Experimental data

| 时刻<br>Time | 水温/ $^\circ\text{C}$<br>Water<br>Temperature | pH  | 溶氧/( $\text{mg/L}$ )<br>Dissolved<br>Oxygen (D. O.) | 温度调节装置<br>Temperature<br>Adjuster | pH 调节装置<br>pH<br>Adjuster | 增氧机<br>Aerator | 报警<br>Alarm                |
|------------|--|-----|---|-----------------------------------|---------------------------|----------------|----------------------------|
| 13:10:00   | 23   | 7.0 | 7.2   | OFF                               | ON                        | OFF            | pH Alarm                   |
| 13:10:30   | 23   | 7.2 | 7.1   | OFF                               | ON                        | OFF            | pH Alarm                   |
| 13:11:00   | 23   | 7.5 | 7.0   | OFF                               | OFF                       | ON             | D. O. Alarm                |
| 13:11:30   | 23   | 7.5 | 6.5   | OFF                               | OFF                       | ON             | D. O. Alarm                |
| 13:12:00   | 23   | 7.5 | 7.1   | OFF                               | OFF                       | OFF            | No Alarm                   |
| 13:12:30   | 22   | 7.5 | 7.2   | OFF                               | OFF                       | OFF            | No Alarm                   |
| 13:20:00   | 21   | 7.7 | 7.5   | OFF                               | ON                        | OFF            | pH Alarm                   |
| 13:30:00   | 20   | 7.8 | 7.5   | ON                                | ON                        | OFF            | Water Temperature pH Alarm |

从表 1 实验数据可以看出, 系统每隔 30 s 时间进行数据采集, 通过监控主机和远程用户终端, 可以实时获取水温、pH、溶氧等环境参数, 无线传输速率快, 传输数据可靠, 系统执行设备响应及时, 且水温误差在  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  以内, 溶氧量误差在  $\pm 0.3 \text{ mg/L}$  以内, pH 误差在  $\pm 0.2$  以内, 远程用户终端软件运行正常, 同时视频监控能够实时显示出运输车辆位置、视频图像等数据, 满足了水产品运输监控需求。

#### 5 结论

本文根据目前水产品活体运输过程中信息化、智能化水平低的现状, 将运输现场监控系统与远程监控终端结合起来, 设计并实现了一种基于物联网的水产品活体运输智能化监控系统。通过对水质环境监控和视频监控两个子系统的合理设计, 综合运用 ZigBee, WiFi, GPRS 等技术实现系统的无线通讯功能, 并配备远程用户终端对运输环境的远距离实时监控, 实现了活体运输

的智能化,确保了水产品在运输过程中的鲜活度、安全性和可靠性。该系统经测试运行稳定可靠,智能化程度高,可进一步推广应用到多种水产品活体运输过程中,具有良好的实用价值。

### 参考文献:

- [1] 汪之和,张饮江,李勇军. 水产品保活运输技术[J]. 渔业现代化, 2001(2): 31-34.  
WANG Z H, ZHANG Y J, LI Y J. Technique for live aquatic products transportation[J]. Fishery Modernization, 2001(2): 31-34.
- [2] 曾志雄,吕恩利,陆华忠,等. 活鱼陆运的水体环境调控技术发展研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(5): 396-399.  
ZENG Z X, LV E L, LU H Z, et al. Research status and prospects of regulation technologies in aquatic environment with live fish land-transportation [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(5): 396-399.
- [3] 朱健康,卢俊杰,游远新,等. 海水活鱼运输装置及应用效果试验[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 187-189.  
ZHU J K, LU J J, YOU Y X, et al. Development of transportation device for living marine fish[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(10): 187-189.
- [4] 何蓉,谢晶. 水产品保活技术研究现状和进展[J]. 食品与机械, 2012, 28(15): 243-246.  
HE R, XIE J. Current status and advances in studies on technology of keeping alive of aquatic products[J]. Food & Machinery, 2012, 28(15): 243-246.
- [5] KING H R. Fish transport in the aquaculture sector: An overview of the road transport of Atlantic salmon in Tasmania [J]. Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research, 2009, 4(4): 163-168.
- [6] WYNNE F S, WURTS W A. Transportation of Warmwater Fish: Equipment and Guidelines [R]. SRAC Publication No. 390. Affiliation: Southern Regional Aquaculture Center, 2011: 1-8.
- [7] 夏俊,凌培量,虞丽娟,等. 水产品全产业链物联网追溯体系研究与实践[J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(2): 303-313.  
XIA J, LING P L, YU L J, et al. Research and practice on the aquatic product industry chain traceability system based on IoT[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2015, 24(2): 303-313.
- [8] 虞丽娟,凌培亮,杨劲松,等. 物联网智慧服务系统架构及在远洋渔船中的应用[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(1): 147-153.  
YU L J, LING P L, YANG J S, et al. The architecture of smart service system based on IoT and its application on pelagic fishing vessel [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2013, 22(1): 147-153.
- [9] 马婷,李芳,单大业. 基于物联网技术的食品冷链物流跟踪及追溯问题研究[J]. 上海理工大学学报, 2013, 35(6): 557-562.  
MA T, LI F, SHAN D Y. Tracking and retrospecting of food cold chain logistics based on internet of things technology [J]. Journal of University of Shanghai for Science and Technology, 2013, 35(6): 557-562.
- [10] ATZORI L, IERA A, MORABITO G. The internet of things: a survey [J]. Computer Networks, 2010, 54(15): 2787-2805.
- [11] SAMMARCO C, IERA A. Improving service management in the internet of things [J]. Sensors, 2012, 12(9): 11888-11909.
- [12] 李利,江敏,马允,等. 水产品保活运输方法综述[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(15): 7303-7305.  
LI L, JIANG M, MA Y, et al. Review on the methods for transporting live aquatic foods [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(15): 7303-7305.
- [13] LIU F, GAO J X, YU W J, et al. AGIOT: A model of the internet of things used in agriculture [J]. International Journal on Information, 2012, 15(9): 3787-3792.
- [14] GROSKY W I, KANSAL A, NATH S, et al. Senseweb: An infrastructure for shared sensing [J]. IEEE Multimedia, 2007, 14(4): 975-2471.
- [15] KORTUEM G, KAWSAR F, SUNDRAMOORTHY V, et al. Smart objects as building blocks for the internet of things [J]. IEEE Internet Computing, 2009, 14(1): 44-51.
- [16] 王小强,欧阳俊,黄宁淋. ZigBee 无线传感器网络设计与实现 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2012, 12-185.  
WANG X Q, OUYANG J, HUANG N L. Design and Implementation of ZigBee Wireless Sensor Network [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012, 12-185.
- [17] 常波. 基于 ZigBee 的远程监测系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2010, (11): 41-43, 46.  
CHANG B. Design of remote monitoring system based on zigBee [J]. Instrument Technique and Sensor, 2010, (11): 41-43, 46.
- [18] 杨琛,白波,匡兴红. 基于物联网的水产养殖环境智能监控系统 [J]. 渔业现代化, 2014, 41(1): 35-39.  
YANG C, BAI B, KUANG X H. Aquaculture environment intelligent monitoring system based on Internet of Things technology [J]. Fishery Modernization, 2014, 41(1): 35-39.
- [19] 刘晋霞,胡仁喜,康士延,等. LabVIEW2012 中文版虚拟仪器从入门到精通 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2013: 15-268.  
LIU J X, HU R X, KANG S Y, et al. LabVIEW2012 Virtual Instrument in Chinese Version From Entry to Master [M]. 3rd ed. Beijing: China Machine Press, 2013: 15-268.

## The design of intelligent monitoring system for live aquatic products transportation

ZHAI Xiaodong, LIU Yuqing, WU Yanxiang, CAO Shouqi

(College of Engineering Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Consumers' demand for freshness and safety of live aquatic products has become stricter and stricter in recent years, and live products transportation has become an effective way of keeping products fresh. However, there are some problems about domestic live products transport technology, such as the low degree of informative and intelligence control plus single monitoring factor, which are all urged to be solved. In view of the above, one intelligent monitoring system was designed for live aquatic products transportation. By the design of hardware and software, it realized the real-time monitoring of water temperature, pH, dissolved oxygen and other water quality parameters as well as the video data storage in the transport carriage. This system constructs three levels of Internet of Things (IoT), which are bottom sensor detection and control, center data controlling and processing, remote terminal management. It realized the remote intelligent monitoring of live aquatic products transportation by using wireless transmission technology. In addition, the system has designed an host monitoring interface by using LabVIEW, it is not only able to monitor the real-time water quality parameters and video data storage in the transport carriage, but also established a database of aquatic products which can be used to inquire the historical data. The system has been tested by small transport vehicles for live tilapia, which proved that the system is easy to operate and stable, reliable and practicable.

**Key words:** live aquatic products transportation; wireless transmission; Internet of Things; intelligent monitoring; host computer