

工厂化水产养殖智能监控系统设计*

史 兵^{1,2} 赵德安¹ 刘星桥¹ 蒋建明² 孙月平¹

(1. 江苏大学电气信息工程学院, 镇江 212013; 2. 常州大学信息科学与工程学院, 常州 213164)

【摘要】 提出了一种工厂化水产养殖中具有可溯源功能的智能监控系统。系统利用 PROFIBUS – DP 总线和工业以太网技术实现了数据的传输与共享,利用模糊控制与神经网络相结合的算法实现了对数据的处理分析,并得到控制信号,进行闭环控制,利用无线射频识别技术(RFID)实现了水产品质量的可溯源功能。结果表明,养殖环境各关键环境因子均满足控制精度,水产品的可溯源信息写入与读出均完整有效,完全达到了设计要求,能够满足工厂化水产养殖智能化的需要。

关键词: 工厂化养殖 溶解氧 现场总线 无线射频识别技术

中图分类号: TP273+.5; S96 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)09-0191-06

Design of Intelligent Monitoring System for Aquaculture

Shi Bing^{1,2} Zhao Dean¹ Liu Xingqiao¹ Jiang Jianming² Sun Yueping¹

(1. School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China

2. School of Information Science and Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract

One kind of monitoring system with function of tracing was designed to apply in industrialized aquaculture, data communication. It was accomplished via PROFIBUS – DP. Data from field were processed by computer with algorithm of fuzzy control and artificial neural networks, and control signals were produced to ensure the system to run in style of closed loop. The technology of radio frequency identification (RFID) was also applied into the system to realize function of quality tracing. Finally the results including the precision of dissolved oxygen and temperature, the scale of total ammonia and nitrogen and the scale of pH value showed that the system completely met the demand of industrialized aquaculture and the integrity. The validity of information of tracing system also met the demands.

Key words Industrialized aquaculture, Dissolved oxygen, Fieldbus protocol, Radio frequency identification

引言

工厂化水产养殖是一种集约化的养殖模式,往往在一个控制范围内有几个甚至数十个不同的养殖水域,因此必须采取一种分散监测,集中操作,分级管理的控制模式,同时对多个水域的水质参数进行监控,实现对养殖水体进行有效调控。基于 PROFIBUS – DP 现场总线的分布式控制系统 DCS (distribution controlling system) 以其很强的自主性、

良好的协调性、高可靠性以及实时性等优点,被广泛应用于水产养殖中。另外,水产业不仅包括水产品的生产,还包括以水产品为原料的加工、储存、包装、运输、销售等,因此,水产品的流通技术也直接影响着水产养殖的发展。特别是随着水产品的贸易量持续增长,出现了诸多水产品质量安全方面的事件,水产品的质量安全追踪即“溯源性”越来越受到人们的重视。水产品的可溯源系统^[1]主要由生产履历中心、生产者信息、产品信息和养殖履历信息等共同

收稿日期: 2010 – 09 – 26 修回日期: 2010 – 11 – 03
* 江苏省“十一五”工业科技攻关资助项目 (BE2006090) 和镇江市农业攻关资助项目 (NY2006046)
作者简介: 史兵, 博士生, 常州大学讲师, 主要从事农业电气化与自动化理论与技术研究, E-mail: shibings@163.com
通讯作者: 赵德安, 教授, 博士生导师, 主要从事农业电气化与自动化理论与自动化设备研究, E-mail: dazhao@ujs.edu.cn

组成。通过该系统,可以了解生产者信息、产品信息及养殖履历信息,还有水产品生产环境监测信息、水生动物疾病监测信息、水产投入品监测信息(药、饲料)等。因此,本文引入现场总线技术,开发具有总线接口,实现全数字的智能监控系统,以期实现养殖、流通、消费全过程的可溯源功能,建立全天候水产数字化养殖系统。

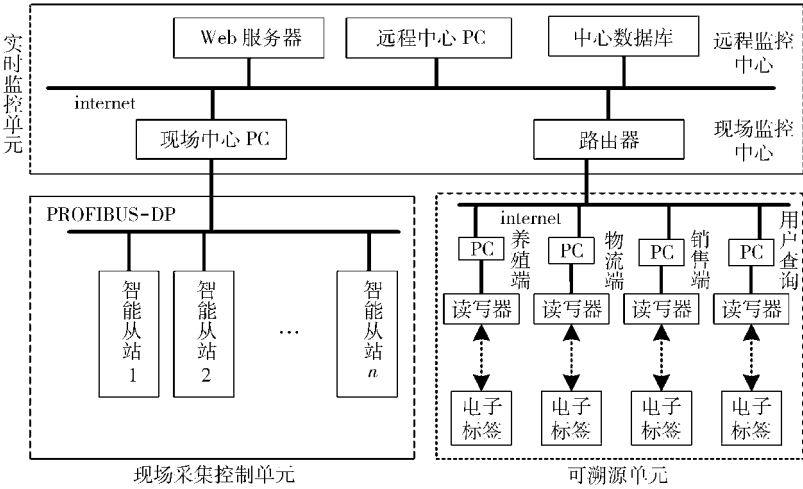


图1 系统结构框图

Fig. 1 Structure of system

现场采集控制单元的每个智能从站对应一个养殖池塘,通过专用通信模块与现场总线相连,现场采集的数据由智能从站处理后通过现场总线上传给现场监控中心 PC,现场监控中心 PC 通过数据融合技术形成丰富的图形信息并显示出来。现场监控中心通过 internet 与远程监控中心组成信息共享网络,进行远程监控。

可溯源单元是一个复杂的系统,通过比较成熟的射频识别技术(RFID),配合相应的软件系统,就能够定时或受控于现场监控中心计算机的指令进行对电子标签的读或写,通过在不同阶段对电子标签写入相应的信息,可以实现水产品品质的可溯源。

2 现场采集控制单元

现场采集控制单元^[2-3]由若干智能从站构成。由一块 AT89S52 单片机作为各从站的微处理器,负责处理传感器采集上传的数据并控制执行模块动作,以及通过西门子公司的专用通信模块 SPC3 (SIMENS PROFIBUS controler)实现与现场总线上现场监控中心 PC 的通信。SPC3 通信模块是一种用于 PROFIBUS - DP 开放式工业现场总线智能化接口芯片,集成了完整的 PROFIBUS - DP 协议,负责微处理器与现场总线之间的数据交流。智能从站结构如图 2 所示。

传感器模块将采集到的信号经调理电路放大,

1 系统结构

系统由实时监控单元、现场采集控制单元以及可溯源单元 3 部分组成。其结构如图 1 所示。

实时监控单元由远程监控中心和现场监控中心 2 级组成,2 级监控中心计算机均安装监控软件,用来显示各种信息,并具有远程控制功能。

并光电隔离消除干扰,送入 A/D 转换电路转换成相应的数字量后,送入微处理器。微处理器将其与参数设定值进行比较得出偏差及偏差变化率,按模糊控制与神经网络理论进行运算及数据预处理、判断分析,得出控制信号,控制执行模块的动作,调节各环境因子,以达到鱼类生活最佳的环境。

3 可溯源功能单元

RFID 无线射频识别技术主要由电子标签、天线、读写器组成,它是可溯源功能开发的核心技术。

为了节省系统开发时间,采用成熟的专门针对动物标识开发的 RFID 读写器以及特制的鱼类专用电子标签。

3.1 可溯源功能单元硬件选型与工作原理

采用的 RFID 系统为 13.56 MHz 近耦合射频识别系统。阅读器射频模块采用复旦微电子公司的 FM1725 非接触式 IC 卡芯片,可以完成数据调制、解调的功能,并对射频调制信号进行整流和发射。阅读器的控制单元采用 ATMEL 公司生产的高性能 CMOS 8 位单片机 AT89S52,主要负责运行读写卡片的程序,提供 FM1725 芯片的控制信号,通过 RS232 接口完成与所连接计算机的数据通信。电子标签采用无源的 Mifare 标准 IC 卡 MF1 IC S50,片内有 8 kB EEPROM,它是数据的存储载体,通过阅读器的天线对其进行数据的读写操作。系统结构如图 3 所示。

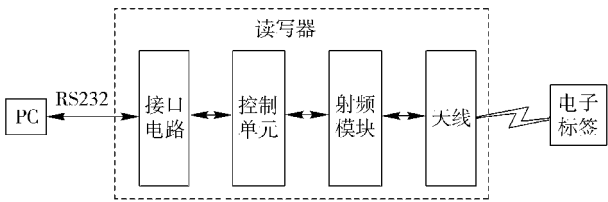
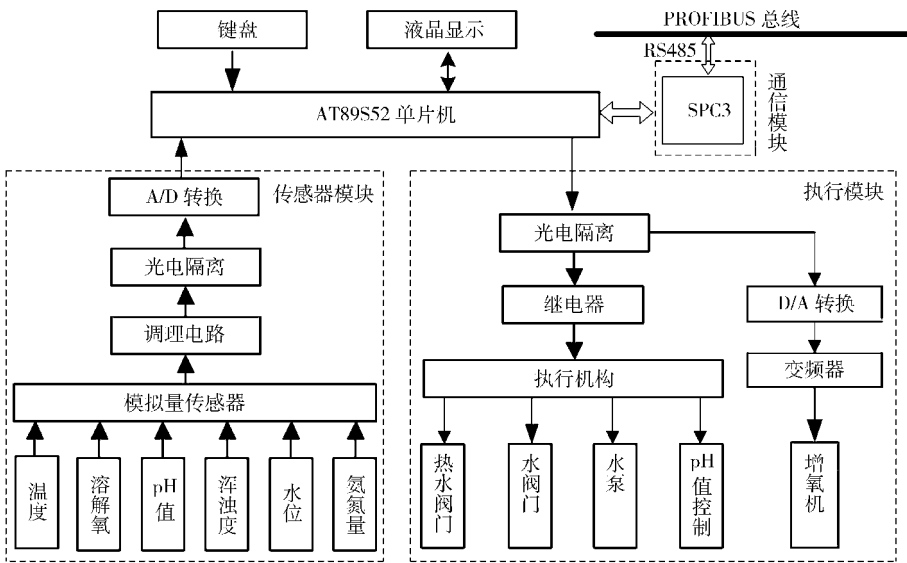


图3 RFID系统结构框图

Fig.3 Structure of RFID system

RFID 系统的工作原理^[4-5]如下:读写器通过天线发送出 13.56 MHz 的射频信号,当电子标签进入读写器工作磁场时,天线产生感应电流,从而电子标签获得能量被激活并向读写器发送出自身编码等信息,读写器接收到来自电子标签的载波信号,对接收的信号进行解调和解码后发送至 PC 机进行处理,PC 机根据逻辑运算判断该电子标签的合法性,针对不同的设定做出相应的处理和控制在,发出指令信号,电子标签的数据解调机构从接收到的射频脉冲中解调出数据并送到控制逻辑,控制逻辑接收指令完成存储、发送数据或其他操作。

PC 机与 RFID 控制单元进行通信时双方的通信参数设置(如波特率、校验方式、数据位等)应该一致。RFID 控制单元通信参数的默认设置为:波特率 9 600 b/s,偶校验方式,7 位数据位,2 位停止位。为了方便起见,双方的通信参数多设置为 RFID 控制单元的默认值。

3.2 电子标签的发放

在养殖阶段,为每个养殖池塘准备一个电子标签,此标签可以布置在池塘现场,但是由于一般养殖现场池塘范围都比较大,而读写器的作用范围都比较近,所以需要多个读写器进行操作,这就增加了成本,而且使整个系统软硬件变得复杂。因此可以将

代表多个池塘的多个电子标签放入室内靠近读写器的位置,模拟现场的情景,当一批鱼苗被放进某养殖池塘后,就开始对此池塘该批鱼苗写入相关信息,如:鱼苗种类及来源,放养时间,平均长度,池塘各种环境因子的参数值等。当一批鱼长成,捕捞上来分装之后,就进入了流通以及销售阶段,那么还要为每个水箱发放一个电子标签,该电子标签除了写入之前所有的信息之外还将添加流通以及销售商的相关信息。

由于读写器本身具有信息的防碰撞功能^[6-7],因此不必担心多个标签信息相互干扰的问题。养殖场在鱼的养殖过程中,养殖终端的计算机可以受控于监控中心的上位机或独立的控制读写器对电子标签实时写入一些重要的信息,例如鱼的品种、来源、用的饲料、得病、用药以及现场各种环境因子的参数等。这样就将可溯源系统的应用扩展到养殖、流通以及消费整个环节,为保证食用安全起到非常重要的作用,实现了可溯源要求,而且电子标签的容量大,信息格式由用户自定义,使用非常方便。表 1 列出了不同阶段向电子标签中写入的具有代表性的相关信息。

表 1 电子标签信息框架

Tab.1 Information structure of RFID tags

养殖阶段	物流阶段	销售阶段
鱼苗种类	物流时间	销售批次
养殖单位	物流单位	销售时间
水质因子	物流期间环境因子	销售单位
防病防疫	⋮	⋮
饲料信息		
⋮		

3.3 可溯源系统实现的功能

系统在整个养殖、流通、批发销售阶段都将产生大量的有用信息,这些信息将组成一个庞大而有序的信息源,保存在中心数据库中,作为以后的可追溯信息源。系统养殖端、流通端以及销售端的客户计算机与中心数据库之间,采用 C/S 结构的网络传输模式,客户计算机上运行基于 TCP/IP 协议的 WINDOWS 桌面程序。用户查询端采用 B/S 结构的网络传输模式,用户查询终端运行基于 TCP/IP 协议的 Web 应用程序,由 Web 服务器响应其查询请求。这样能减少网络资源的浪费,提高数据的使用效率。可溯源系统将实现以下几个功能:

- (1)养殖管理系统功能,实现了渔业养殖过程各种养殖信息的管理,主要包括:养殖池环境因子的监测、环境因子超限报警及控制、各种数据的图形显示及打印、鱼的种类及来源、饲料的配方及喂养情况、鱼病的诊断与治疗、以往数据的档案管理功能。
- (2)销售管理系统功能,实现了产品在销售过程中各种信息的采集与管理,主要包括:产品的发货时间与接收时间、产品种类、产品数量、产品抽样、经销商信息、实时销售情况以及消费者反馈信息。
- (3)用户查询功能,实现了消费者对自己所购水产品权限内的各种信息的查询,做到放心消费。

4 软件设计

4.1 智能从站与通信模块

微处理器附加专用通信协议芯片是实现智能从站通信常用的解决方案。由于专用通信芯片 SPC3 中已经嵌入了 PROFIBUS - DP 通信协议,因此在发送数据时,微处理器只需要将采集到的数据处理后,直接发送到 SPC3 通信芯片的发送缓冲区,SPC3 芯片按已固化在内部的通信协议自动发送到总线上,在接收数据时,SPC3 通信芯片自动从总线接收监控

中心传来的数据并放入接收缓冲区,然后利用外部中断通知微处理器从该缓冲区取走数据。微处理器与 SPC3 通信芯片之间实现通信的中断服务程序流程^[8~9]如图 4 所示。

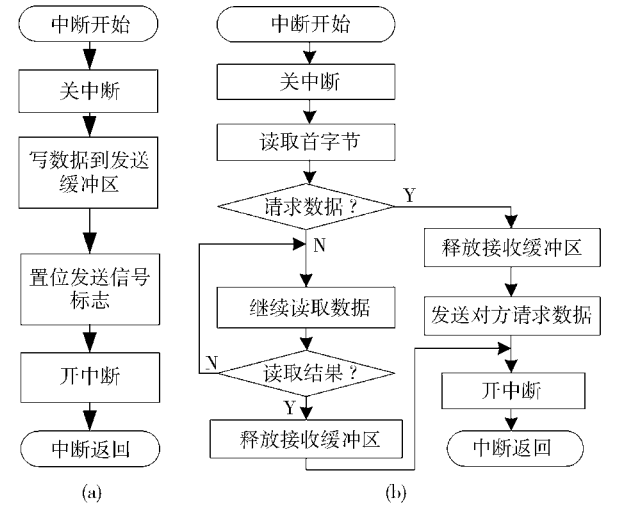


图 4 智能从站与通信模块软件流程图

Fig. 4 Flow chart of communication soft

- (a) 向 SPC3 发送数据中断程序 Z
- (b) 从 SPC3 取回数据中断服务程序

4.2 智能从站数据处理模块

数据处理模块^[10]处理 3 类数据:现场数据、溶解氧饱和和校验、系统状态查询。模块根据待处理数据性质分别作相应的处理,其流程如图 5 所示。由传感器采集的现场数据,经滤波处理后,根据其对应的算法计算出实际值,并与其对应的极限值相比较,如果超出其极限值就给出报警信号并存入历史数据库中的事件表中。溶解氧饱和和校验根据饱和和氧校验的有关算法查询已经存储在系统中的参数表得到它们对应的运算因子 K_{ix} 、 O_{ix} ,作为运算溶解氧的相关系数。系统状态查询即查询增氧装置、温度控制电磁阀、pH 值控制电磁阀等开关的状态。

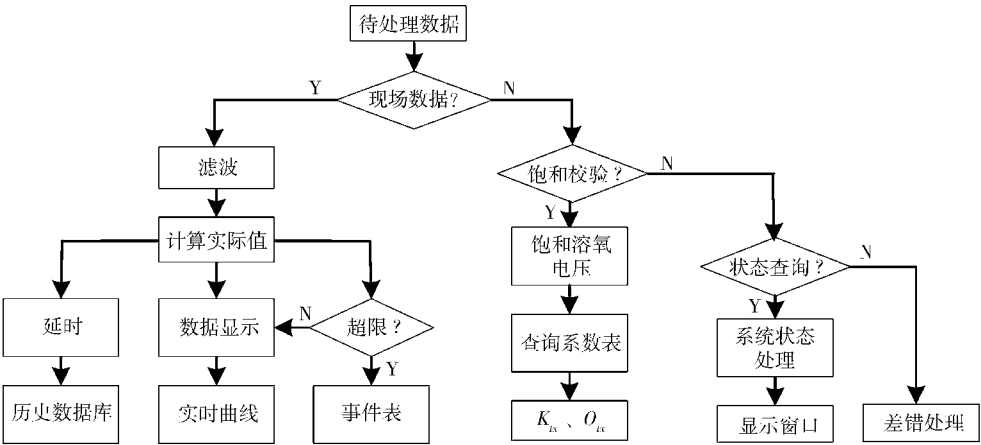


图 5 数据处理程序流程图

Fig. 5 Flow chart of data process

4.3 监控中心软件

监控中心 PC 利用 RS232/485 接口与总线连接。由于考虑到高级语言编写总线协议较为方便以及降低成本的因素,所以在编写监控中心应用软件时,需要用 C 语言按照 DP 协议栈编写专用通信协议。具有可溯源功能的系统软件流程^[10]如图 6 所示。

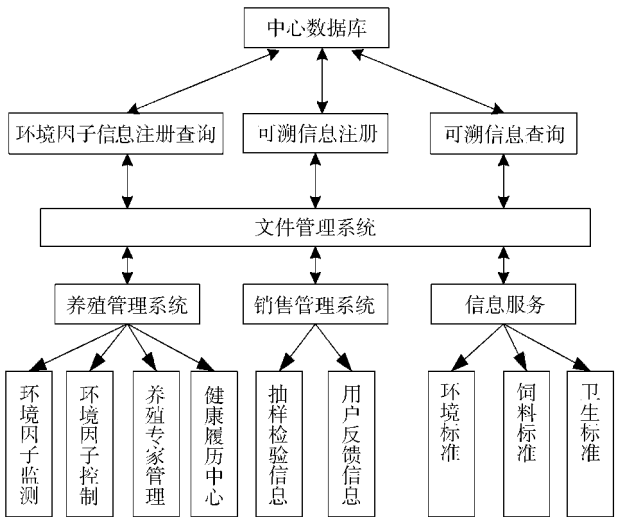


图 6 具有可溯源功能的系统软件
Fig.6 Structure of system software

5 系统软件的实现

本工厂化水产养殖智能监控系统软件用 C 语言采用 SDK 方式编写^[11],具有代码编写灵活、容易掌握、界面友好等优点,系统软件整合硬件完全实现了对养殖水体的温度、溶解氧含量、pH 值、水位等关键环境水质因子的自动监测和控制,同时具有读写电子标签的能力,从而使系统由单纯的监控系统变成具有可溯源功能的智能化系统。图 7 为系统软件主界面、定时采集数据以及对电子标签进行定时写入数据的情况。

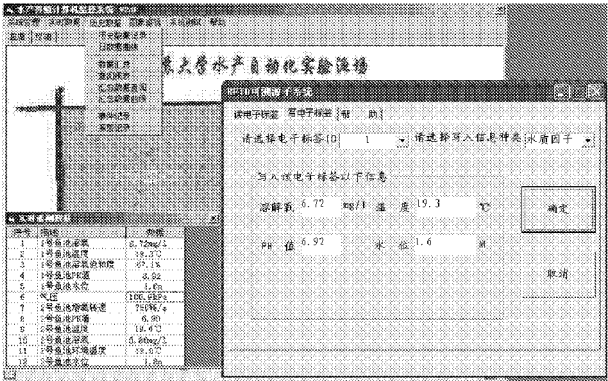


图 7 系统软件工作界面
Fig.7 Interface of system software

6 系统现场试验

2010 年 8 月 5 日在扬中某欧洲鳊鱼养殖场内进行试验,养殖鱼池为 15 m × 15 m 的半封闭式水池,深度 1.6 m,实际水位 1.3 m。养殖水体环境因子参数设置为:温度 25℃,溶氧量 7 mg/L, pH 值 7.5。利用变频器带动增氧机进行增氧,增氧机电动机参数是 380 V,2.2 kW,额定转速 1 470 r/min。鱼池水体温度由电磁阀引入热水或冷水控制,pH 值控制也由电磁阀的开启程度来调节。部分试验数据如表 2 所示。

表 2 温度、溶氧量、pH 值试验数据
Tab.2 Experimental data of temperature, dissolved oxygen, pH value

时刻	温度/℃	溶氧量/mg·L ⁻¹	pH 值
12:00	25.2	7.2	7.7
13:00	25.1	7.1	7.6
14:00	24.9	6.7	7.5
15:00	24.6	6.9	7.7
16:00	24.7	7.1	7.3
17:00	25.2	6.9	7.2
18:00	25.2	6.8	7.6
19:00	25.1	7.1	7.6
20:00	25.3	7.2	7.5
21:00	25.3	7.0	7.5
22:00	25.2	7.2	7.7
23:00	25.1	7.1	7.6

表 2 数据表明,在外界条件变化最大的 12 h 内,温度控制精度在 ±0.5℃ 范围内,溶氧量控制精度在 ±0.3 mg/L 范围内,pH 值控制精度在 ±0.3 范围内。闭环控制系统达到了设计目标,满足实际运行的需要。

7 结论

- (1)在现场单元的智能从站中,微处理器利用模糊控制与神经网络技术实现了水产养殖环境因子的有效控制,具有测量精度高、实时性好、可靠性高、维护方便等优点。
- (2)利用无线射频识别技术实现了水产品的可溯源功能,实现了从养殖到消费全过程的跟踪与监控,真正做到放心消费,保障了食品安全。同时,通过各种信息的采集与反馈,使养殖到消费的各个环节清楚自身的不足,并努力改善从而实现经济效益和社会效益的双赢。
- (3)系统已经在镇江扬中某欧洲鳊鱼养殖场进行试运行,效果良好。温度控制精度 ±0.5℃,溶氧量控制精度 ±0.3 mg/L,pH 值控制精度 ±0.3。

参考文献

- 1 马从国,赵德安,秦云,等. 基于现场总线技术的水产养殖过程智能监控系统[J]. 农业机械学报,2007,38(8):113 ~ 115.
Ma Congguo, Zhao Dean, Qin Yun, et al. Intelligent monitoring and control for aquiculture process based on fieldbus[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(8): 113 ~ 115. (in Chinese)
- 2 Phillip G Lee. Process control and artificial intelligence software for aquaculture [J]. Aquacultural Engineering, 2000, 23 (1 ~ 3): 13 ~ 36.
- 3 Jerschewski P. A flow system for calibration of dissolved oxygen sensors[J]. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 1997, 358(6): 677 ~ 682.
- 4 Amy J C Trappey, Tung-Hung Lu. Development of an intelligent agent system for collaborative mold production with RFID technology[J]. Robotics and Computer-integrated Manufacturing, 2007, 27(6): 363 ~ 370.
- 5 Hermann Kopetz. Real time system design principles for distributed embedded application[M]. Kluwer Academic Publishers, 1997.
- 6 谢菊芳,陆昌华,李保明,等. 基于.NET 构架的安全猪肉可溯源系统实现[J]. 农业工程学报,2006,22(6):218 ~ 220.
Xie Jufang, Lu Changhua, Li Baoming, et al. Implementation of pork traceability system based on .NET framework[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(6): 218 ~ 220. (in Chinese)
- 7 李淑琴,陈林,范蟠果. 射频识别非接触式 IC 卡读卡器设计[J]. 计算机测量与控制,2007,15(3):378 ~ 380.
Li Shuqin, Chen Lin, Fan Panguo. Design of mifare touch-free IC card reader[J]. Computer Measurement & Control, 2007, 15(3): 378 ~ 380. (in Chinese)
- 8 史兵,马正华. 基于 PROFIBUS - DP 的火电厂烟气排放连续监测系统的设计[J]. 工矿自动化, 2010, 36(4): 120 ~ 124.
Shi Bing, Ma Zhenghua. Design of continuous emission monitoring system based on PROFIBUS - DP protocol in power plant [J]. Industry and Mine Automation, 2010, 36(4): 120 ~ 124. (in Chinese)
- 9 张勇,王崇林,张强. PROFIBUS - DP 从站的实现[J]. 煤炭工程,2006(1): 89 ~ 91.
Zhang Yong, Wang Chonglin, Zhang Qiang. Achievement of PROFIBUS - DP slave station[J]. Coal Engineering, 2006(1): 89 ~ 91. (in Chinese)
- 10 史兵,周炯如,蒋建明. 基于可溯源技术水产养殖监控系统的设计[J]. 计算机测量与控制,2010,18(11):156 ~ 159.
Shi Bing, Zhou Jiongru, Jiang Jianming. Design of monitoring system based on tracing system in aquaculture[J]. Computer Measurement & Control, 2010, 18(11): 156 ~ 159. (in Chinese)
- 11 胡刚. VC++ 常用窗体控制的编程技巧[J]. 计算机应用, 2002(4): 28 ~ 30.

(上接第 201 页)

- 8 An S H, Kim G H, Kang K I. A case-based reasoning cost estimating model using experience by analytic hierarchy process [J]. Building and Environment, 2007, 42(7): 2 573 ~ 2 579.
- 9 杨方飞,阎楚良,张书明. 基于实例推理的水泵设计[J]. 农业机械学报,2007, 38(12): 201 ~ 205.
Yang Fangfei, Yan Chuliang, Zhang Shuming. Water pump design based on case reasoning [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(12): 201 ~ 205. (in Chinese)
- 10 肖刚,包志炎,高飞,等. 基于相似实例的板构件产品配置方法[J]. 计算机集成制造系统,2010,16(2):233 ~ 240.
Xiao Gang, Bao Zhiyan, Gao Fei, et al. Configuration method of slab products based on similar instance [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16 (2): 233 ~ 240. (in Chinese)
- 11 王生发,顾新建,郭剑锋,等. 面向实例推理的产品设计本体建模研究及应用[J]. 机械工程学报,2007,43(3):112 ~ 117.
Wang Shengfa, Gu Xinjian, Guo Jianfeng, et al. Research and application of ontology modeling for product design based on case reasoning [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(3): 113 ~ 117. (in Chinese)
- 12 杨宇,李成华,张国梁. 基于实例推理的铲式玉米精密播种机设计[J]. 农业机械学报,2009,40(12):51 ~ 56.
Yang Yu, Li Chenghua, Zhang Guoliang. Design method of precision spade punch planter of maize based on CBR [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12): 51 ~ 56. (in Chinese)