

文章编号: 1674 - 5566(2015)02 - 0303 - 11

水产品全产业链物联网追溯体系研究与实践

夏俊¹, 凌培亮¹, 虞丽娟¹, 杨劲松²

(1. 同济大学 机械与能源工程学院, 上海 200092; 2. 同济大学 继续教育学院, 上海 200092)

摘要: 为确保水产品的质量安全和实现水产品全产业链全程可追溯, 本文以水产品产业链为视角, 阐述和分析了我国水产品存在的主要质量安全问题, 通过引入无线射频识别、二维码、全球定位系统和地理位置信息系统等物联网的理念和技术, 提出了基于物联网的水产全产业链追溯体系, 并阐述了其在产业链中各个环节的实现方法。依此, 构建了面向企业、政府和消费者的政府水产品全产业链追溯监管云服务, 并提出了一种基于 RFID 和 EPC 的水产品信息追溯机制, 列举了溯源信息范本和 EPC 编码范例, 从而实现从水产品全产业链的全时空静态溯源和动态追溯。最后, 本文所提出的基于物联网的水产品追溯体系在上海—台湾中华绒螯蟹种输台任务中得以实践和应用, 帮助 225 家台湾养殖户对 77 万只中华绒螯蟹种进行溯源和投塘, 形成蟹种质量全程动态追溯体系。

研究亮点: 目前的水产品可追溯体系只在产业链的一部分得以实现, 具有一定的局限性。通过对水产品产业链的分析, 利用物联网的相关技术, 分析其在水产品全产业链各个环节的实现方法, 构建水产品全产业链的追溯体系, 从而形成水产品从生产源头到消费终端的全程可追溯。

关键词: 水产品; 产业链; 物联网; 可追溯体系; 无线射频识别

中图分类号: TP79; S95

文献标志码: A

我国是水产品养殖和生产大国, 由于其具备高蛋白和均衡的营养结构, 水产品是消费者必需食品之一。但水产品作为一种信任商品^[2], 消费者通常通过外观色泽判断水产品的优劣, 无法直接地获知内在质量。建立有效及时的水产品追溯体系, 是实现水产品产业现代化和信息化的重要部分, 实现水产品安全生产、质量可溯、问题可追的动态监管和信任机制, 提高我国水产品产业的公信力。

自 GATES^[3] 提出物联网 (The Internet of Things, IoT) 概念以来, 随着信息技术的不断发展, 物联网技术受到美国、欧洲、日本和韩国等先进国家的关注, 并上升到国家战略的层面^[4]。物联网融合感知与标识技术、网络与通信技术、计算与服务技术及管理支撑技术^[5], 通过如射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID)、红外感应、全球定位系统、激光扫描等信息传感技术

和设备应用到任何实体, 使实体具备数据收集和通信的能力, 并按特定的协议, 使实体之间信息互通, 以实现实体智能化识别、定位、追踪、监测、控制和管理。基于坚实的科技进步和网络日渐实现普及的基础上, 物联网使现有的互联网呈现新的维度, 从而实现任何物体、任意时间和任意地点 (Anybody, Anytime, and Anyplace) 的实时互联^[6]。

在可追溯体系和系统领域, 国内外的研究对可追溯系统的基本架构、关键技术和实际应用均进行了探讨和研究^[7-13]。从物联网的实践和应用而言, 条形码、二维码和 RFID 技术已在可追溯系统中对追溯对象进行逐一标识, 实现物体识别, 从而可获知物体的状态变化过程; 同时, 随着互联网技术的发展, 可追溯系统则由 C/S 结构向 B/S 结构转型^[14-19]。

可追溯体系的系统研究对象和内容主要局

收稿日期: 2014-07-11 修回日期: 2014-10-15

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目 [沪农科攻字(2013)第 4-2 号]

作者简介: 夏俊 (1985—), 男, 博士研究生, 研究方向为物联网工程, 机械电子工程。E-mail: dx00122@gmail.com

通信作者: 凌培亮, E-mail: lingpl@139.com

限于产业链的局部环节,对全产业链动态可追溯机制的探究甚少。国内的可追溯体系大多聚焦养殖过程,缺乏产品销售阶段的跟踪和追溯^[21]。本文以水产品产业链为研究对象,针对水产品生产、销售、物流等各环节的特点,引入物联网技术和理念,构建水产品产业链的全程动态追溯体系。

1 水产品产业主要质量问题与隐患

1.1 产品质量缺乏技术支撑

由于我国的水产品产业的信息化和现代化程度相对于发达国家还有不小的差距,所以在水产品养殖中占主导地位的中小型养殖户主要通过凭借从业人员的经验进行养殖,其生产过程及其相关信息一般无法通过现代化的生产设备进行记录和追溯。而且,对于一些名贵水产品,如对虾、中华绒螯蟹等,不少生产商因利用水产品生产信息缺失而无法追溯,故往往为了追求利益,存在着以次充好的现象。而对于消费者而言,在农贸市场和零售商和直销企业购买时,往往需要通过个人的经验来判别,无法通过有效便捷的途径获取水产品的产地、生产商、加工商、生产日期、检验检疫等必要的生产信息。因此,水产品产业需引入先进的技术手段,建立实时动态的可追溯体系,从而减少水产品的整体质量安全隐患。

1.2 药物残留问题

渔药的滥用和非法使用,主要存在两个方面的危害:水产品养殖环境的污染和药物残留积聚对消费者健康的损坏。^[22]药物残留问题主要表现在水产品养殖的育种、养殖、运输和暂养环节中。由于在上述各环节中水产品的单位体积密度较大,且在水质条件较差或温度变化大的情况下会降低其存活率,故为了保障自身利益,不法养殖户或商贩通常会采用大量抗生素类药物或投入如孔雀石和福尔马林违禁药剂,防止病害发生。

1.3 加工和流通过程中的食品添加剂问题

粗加工产品占我国水产品加工产品的主导地位,且生产加工企业的规模以中小型为主,有相当一部分还是作坊式加工企业。由于生产者质量安全意识 and 法律意识淡薄,食品添加剂过量使用和滥用、甚至以禁用药物作为添加剂,致使水产品加工成品中有害物质残留量超标、食品添

加剂残留量超标等现象。

同时,落后的加工设施、恶劣的环境条件,质量标准缺失、加工技术规范不健全、大量非认证企业都是造成水产品加工过程中安全隐患的因素。

2 基于物联网的水产品全产业链追溯体系

2.1 体系架构

基于物联网水产品全产业链追溯体系是根据水产养殖行业的特性,结合传感、无线射频和全球定位等物联网核心技术,以“生产流、物流和信息流”为导向,以水产养殖成品的物流流通模式为基础,采用云计算的服务模式进行构建(如图2所示)。

水产品全产业链中的生产流、物流和信息流贯穿于整个追溯体系之中。生产流表示水产养殖品单体从幼苗到成品,经由各级销售网络或加工企业生产后消费者购得整个过程所需的基本生产步骤;物流是指水产养殖成品在生产商、贩运商、批发商、加工企业、经销商和消费者间的流通转运过程,物流起点是生产商,终点是消费者;信息流表示的内容为水产品产业链中信息和数据的传播和流动,包括了生产状态数据、物流状态数据、物流转移数据、追溯查询数据、查询反馈数据等,并以多种数据格式予以表示和传递。政府水产品产业链追溯监管云服务是信息流的核心组成部分,所有生产信息、物流信息、销售信息、追溯信息等均实时上传至其中进行存储和处理。

2.2 主要环节

2.2.1 基于物联网的养殖生产采集

养殖生产环节对生产商的生产原料、养殖过程和收货打包等关键生产状态和生产过程,实现多渠道、多方式的监管。

生产商将水产幼苗、养殖饲料和渔药等生产原料的采购情况,包括采购日期、出产厂家、采购数量、许可批次等生产原料信息录入到本地生产管理系统中。在整个养殖生产过程期间,借助无线传感网络,由无线溶氧量传感器、无线温湿度传感器和无线二氧化碳传感器等养殖环境监测采集终端对养殖池塘环境状态进行实时感知。养殖管理人员每日将巡塘记录、每日所投食的饲

料和所使用的渔药投放情况等生产作业信息进行录入上传。

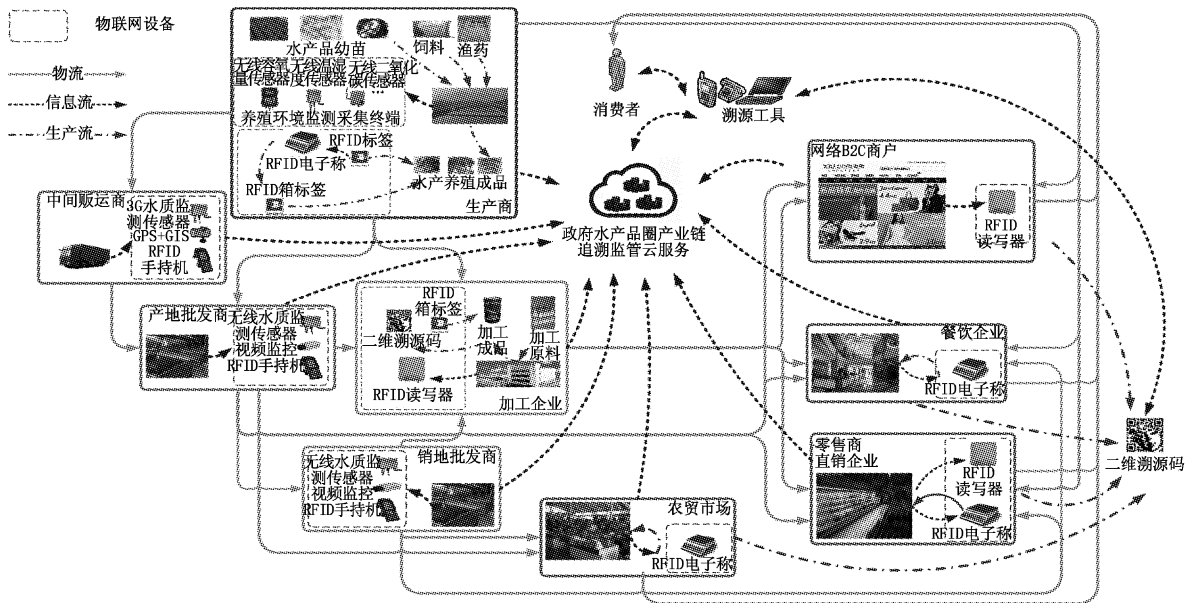


图 1 基于物联网的水产品全产业链追溯体系架构

Fig. 1 Architecture of aquaculture industry chain traceability system based on IoT

水产养殖成品主要以鱼、虾、蟹为主。针对其各自的特点,成品标识需予以不同方法。对鱼类和如对虾等的虾类,可以采用植入式 RFID 标签注射注入体内进行标识,其长度和直径约 10 mm 和 2 mm;中华绒螯蟹等蟹类的标识可以采用在草绳上绑扎或粘贴防水 RFID 标签(如图 2 所示)。



图 2 水产养殖成品追溯防水 RFID 标签和箱标签

Fig. 2 RFID product waterproof labels and box labels of aquaculture product

将已用 RFID 标识的水产养殖成品在 RFID 电子称上称重,RFID 电子称对其进行读取且批量写入追溯编码,并根据实际重量、装箱日期等生成 RFID 箱标签。打包人员在打包装箱时将该标签粘贴在运送箱上。

2.2.2 基于物联网和多通道的贩运批发监管

中间贩运商利用手持式 RFID 阅读设备,对所收货的成品箱进行扫描,通过内置的 GSM/GPRS 模块上传数据。其运输路线则通过专用 GPS 予以获取,并通过 GIS 在水产云服务的服务器上解析。同时,为保证水产养殖成品在运输途中的环节质量,在中间贩运商的运输车辆上配备基于 3G 的远程水质监测传感器,实时监测运输途中水质的 pH 变化情况,并上传至水产云服务。若在采样时间内(一般 5~10 min),水质的 pH 发生骤降或骤升,则在水产云服务的成品转运信息管理系统中进行异常状态提醒,从而预防商贩在运输和贩卖时自行添加违禁药品和用剂。

对于产(销)地批发商,收货入库过程与中间贩运商相仿。由于其流动性相对中间贩运商较低,利用 WLAN 为传输网络,采用无线远程水质监测传感器,确保贮存的水质环境质量。若网络条件允许,则可采用无线远程视频监控的方式监管其整个销售过程有无掺假现象。

2.2.3 基于 RFID 和条形码的成品加工管控

加工企业原料进货过程的控制可配备 RFID 阅读器对来自生产商和产(销)地批发商的水产养殖成品箱进行自动批量采集获取相关信息,而

食品添加剂的入库过程可利用条码扫描设备获知。如上所获数据通过企业的生产信息管理系统与水产追溯云服务进行同步。同时,加工企业每日将所耗用的食用添加剂种类、数量和所用加工工序等状况上报至水产追溯云服务。

另外,加工企业所生产的水产加工成品打包装箱过程,利用 RFID 箱标签予以对每一批次的产品进行标识,而每个产品单品标签上加印含该产品生产信息的二维条码,并将这些数据同步至水产追溯云服务。

2.2.4 基于 RFID 和二维码的成品销售标识

一般而言,水产养殖成品或加工成品通过农贸市场、零售门店、大型超市、餐馆饭店等一线销售渠道实现最终的个体消费或社会消费。除部分网络 B2C 商家外,如上商家的销售模式基本以直接面向消费者为主,出售的成品也以单体成品居多。针对此类成品经销模式,可采用 RFID 电子称予以解决。在售卖过程中,RFID 电子称中的阅读器对成品上的防水 RFID 标签或植入式 RFID 标签进行读取,通过访问水产追溯云服务的服务器进行编码解析并编译相关信息,再利用热敏技术打印内含追溯网址的二维码票据,以供消费者进行自行溯源。

对于实行批量采购的类似大型超市的零售商和网络 B2C 商户,其入库过程可以采用 RFID 阅读器对成品箱上的 RFID 标签进行感知获取数据,自动上传至各自的生产信息管理系统和水产追溯云服务,从而提高入库清点效率和确保物流信息完整性。

2.2.5 基于多终端的消费者追溯

消费者在购买水产养殖成品后,通过手机智能终端扫描票据上的二维码获知其追溯码,利用 PC 或手机访问水产追溯云服务查询服务器,查询水产品的产品名称、商户企业(养殖户、批发商、销售商)、生产批次、捕捞时间、存储环境、检验指标、检验结果等溯源信息。对于水产加工成品的溯源,消费者可以通过扫描成品包装上的二维码获得相应的溯源信息。

2.3 政府水产品全产业链追溯监管云服务

2.3.1 功能结构

政府水产品全产业链追溯监管云服务面向政府职能部门、养殖企业、各级销售商户和企业、加工企业和消费者,其主要功能结构可分为:养

殖生产监管系统、加工生产监管系统、贩运批发监管子系统、一线销售监管子系统、多终端信息溯源服务系统和综合服务与决策支持系统,如图 3 所示。

本云服务由六个横向业务系统和一个云计算智慧服务系统组成。利用开放式 API 接口,不仅将其他环节自有业务信息管理系统的相关生产、物流、加工、销售等实时数据均上传存储于各自对应的数据库中,而且与其他相关职能部门的信息管理系统进行对接,实时获取养殖和加工企业的各种检验检疫、食品安全质量检查、工商年检等关键数据。通过协同服务子系统,实现对本云服务的各类事件任务和数据进行分类、筛选、分发等智能协同操作和管理。

2.3.2 层次架构

本云服务的层次架构是基于物联网^[23]和云计算^[24]的网络层次架构,主要分为感知接入层、网络传输层、智能资源层、服务管理层、核心应用层和用户层,如图 4 所示。

感知接入层通过配置 GSM/3G、GPS、RFID、视频监控、RFID 称重设备和各类养殖环境监测等数据采集设备,对整个产业链各个环节的数据进行识别和收集,并把这些借助网络传输层将数据上传。

网络传输层是本云服务信息传送的通道,一方面把感知接入层收集的数据通过 GSM、GPRS、3G、WLAN 和 Wi-Fi 等多种传输方式接入互联网传送给上层,其中包括了 HTTP、TCP/IP、H. 264 等各类数据和协议;另一方面,该层是用户层与基于 SaaS(Software as a Service)的核心应用层之间的通信媒介。

基于 IaaS(Infrastructure as a Service)的智能资源层提供基于集群管理基础设施和基于知识工程的基础服务。前者构建 IT(Internet Technology)硬件为基础,利用虚拟化技术和数据服务器集群的方式对从感知接入层获取的水产品节点信息、标识信息、位置信息等数据进行数据分类、存储分配和数据存储,构建水产品追溯信息资源池,并通过架设安全网关、防火墙和相关其他硬件设备保障水产品全产业链追溯监管云服务的信息安全和正常运维;后者借助基础设施资源管理软件,实现数据存储、负载均衡和冗余备份等基础数据服务,并在此基础上利用知识

工程的理念对水产品全产业链的元数据和业务数据实现产业链中通用问题的量化模型构建和

规则推理,进而实现知识获取、知识表示和知识计算的基于知识的计算服务过程。

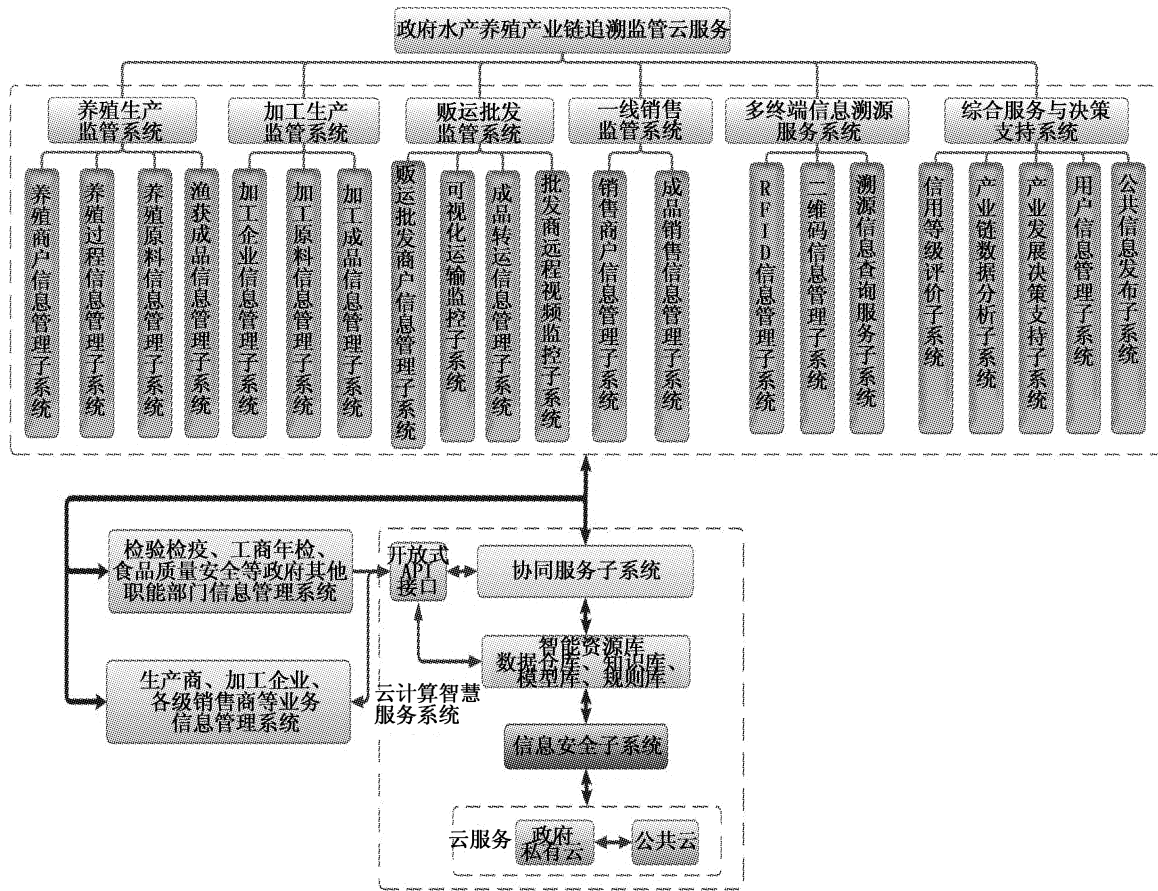


图 3 政府水产品全产业链追溯监管云服务功能架构

Fig. 3 Function architecture of governmental aquaculture industry chain tracking and supervision cloud service

基于 PaaS(Platform as a Service) 的服务管理层向下利用 IaaS 配备的 API 调用基础设施和基础服务的资源,向上响应业务需求提供业务调度管理和服务资源监管。该层在提供如用户身份认证、用户和权限管理和水产品事件协同等基础平台管理服务基础上,以 SOA (Service-Oriented Architecture) 为向导,提供操作系统、面向多语言的应用服务开发环境和计算环境,并提供对水产品相关数据的解析服务、资源整合和数据挖掘,利用可视化技术予以基础的水产品数据分析服务,借助开放式的 API 接口向 SaaS (Software as a Service) 应用开放及与第三方系统的数据对接共享。

基于 SaaS 的核心应用层以 Web service 为基础,基于互联网所提供的软件服务。针对水产品

全产业链监管内容和方式及上节所提出的服务功能架构来构建政府水产监管的业务服务应用,构建相关的门户网站实现信息发布、内容管理、即时通信和电子邮件等基础服务。水产品产业链中的中小企业和养殖商户能依托云服务,节省在基础设施建设、软件开发和系统运行维护等方面的巨额投入,根据实际的业务需求并在服务授权的监管下,实现定制化和组件化的业务服务租赁;大型企业亦能得益于 PaaS 和 SaaS 的云服务模式,在服务授权的监管下独立开发业务应用并在平台上注册使用。

用户层面向消费者、产业链中各环节的工作、政府职能部门管理人员等用户,支持用户根据各自的权限,以多平台、多终端的方式来访问和管理服务管理层和核心应用层数据。



图4 政府水产品全产业链追溯监管云服务层次架构

Fig. 4 System layers of governmental aquaculture industry chain tracking and supervision cloud service

3 基于 RFID 和二维码的水产品信息溯源

3.1 基于二维码的静态溯源信息内容

水产品追溯信息的静态溯源内容可通过二维码技术得以实现。在销售终端通过读取水产品的 RFID 标签,生成标准化的二维码文本并打印在销售票据上。消费者可通过二维码通用软件访问水产品追溯云服务器,使用移动智能终端对带有二维码的票据进行扫描,读取该产品的生产、物流和加工等信息,直观直接地对产品进行静态溯源,并可通过提供的带有产品编号的链接登陆追溯平台查询每个环节过程的细节信息。典型的水产品全产业链二维码标准化溯源文本如表 1 所示。

3.2 基于 EPC 和 RFID 的动态信息追溯机制

EPC 系统是以 EPC 编码为基础,利用 RFID 技术对物体标识和感知,通过网络作为数据传输

媒介,以 PML(Physical Markup Language, 物理标示语言)完成物品信息交换和共享,从而实现物品识别、定位跟踪及相关信息服务。其一般由 EPC 编码的 RFID 标签、读写器、Savant 中间件、ONS(Object Naming Service,对象名解析服务)服务器和 EPCIS(EPC Information Service,EPC 信息服务)服务器组成^[26]。其中,Savant 中间件对读写器所获取的信息和事件进行汇总、分类、统计等前期处理,并完成信息校验;ONS 服务器类的作用类似互联网的域名解析服务,通过全局查找将 EPC 编码转译,完成在 EPCIS 服务器上 IP 地址的映射解析过程;EPCIS 服务器包含了 PML 文档、HTML 文档和物品数据,用于存储物品的动态信息和基本信息,完成物品信息的查询和发布。针对水产品产业的特点及上文所提出的追溯体系架构,基于 EPC 和 RFID 的动态信息追溯机制可如图 5 所示。

表 1 水产品全产业链二维码标准化溯源文本内容范例
Tab.1 Specimen of standard 2D bar code tracing content for the aquatic product industry chain

溯源项目 tracing item	溯源内容 tracing content
产品名称 product name	水产品名称 (aquaculture product name)
编号 No.	RFID 唯一编号 (RFID unique No.)
生产批次 production batch	
养殖商 aquaculture company	养殖商名称 (aquaculture company name)
捕捞时间 time of catching	
贩运商 vendor	贩运商名称 (vendor name)
运送水质 water quality of transport	良好 (good)
批发商 wholesaler	批发商名称 (wholesaler name)
加工商 processing manufacturer	加工商名称 (processing manufacturer name)
加工批次 processing batch	
加工商出库时间 time of processing manufacturer delivery	
销售商 seller	销售商名称 (seller name)
销售时间 time of sale	
检验检疫单位 quarantine and inspection unit	检验检疫单位名称 (quarantine and inspection unit name)
检验检疫时间 time of quarantine and inspection	
检验检疫结果 result of quarantine and inspection	合格 (qualified)
重量 weight	克 (g)
溯源链接 tracking link	政府水产品全产业链追溯监管云服务 RFID 编号链接 (RFID No. link from governmental aquaculture industry chain tracking and supervision cloud service)

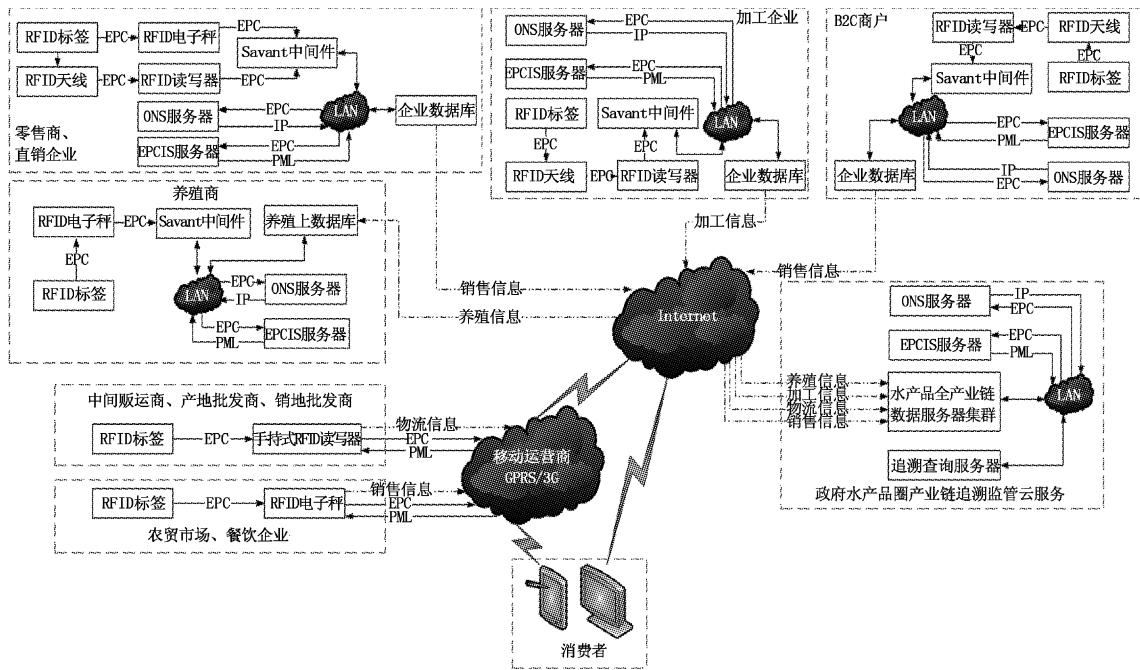


图 5 基于 EPC 和 RFID 的水产品动态追溯机制

Fig. 5 Dynamic tracking mechanism of aquaculture product based on EPC and RFID

养殖商和加工企业在装箱包装时,分别通过 RFID 电子称和 RFID 读写器对水产养殖成品或加工成品进行识别,完成每件水产品 EPC 唯一编码注册过程,再经过 ONS 服务器解析和 EPCIS 服务器查询,关联各自业务数据库中的相关生产环节和环境数据并上传。考虑到物流转运和贩运

批发环节的条件限制,利用手持式 RFID 读写器扫描采集水产品流通环节的节点信息,以移动网络为数据传输通道,并通过云端的 ONS 服务器和 PML 服务器实现远程 EPC 编码解析和查询。在水产品销售环节中,农贸市场商户和餐饮企业的节点信息采集方式和解析方式与流通环节相

仿,区别在于以 RFID 电子称作为计算节点;对于零售商、直销企业和 B2C 商户均在本地实现 EPC 编码解析和查询。在政府水产品全产业链追溯监管云服务汇总各环节的业务信息和相关物联网设备数据,并根据 EPC 唯一编码进行关联,生成水产品溯源信息查询链接。水产品产业链中间环节的相关人员及消费者可依据该编码查询水产品的生产养殖的过程和环境、物流转运的路

线和水质情况、加工生产的流程和添加剂及相关检验检疫数据等;在网络条件支持的情况下,可远程进行视频调取回放。

动态追溯信息中 RFID 唯一标识的编码根据 EPCglobal 所提出的 EPC 规范,结合水产品产业的特点,定制水产品全产业链的编码结构和编码字典。以水产养殖商户为例,典型的基于 EPC-96 I 型水产品编码可如表 2 所示。

表 2 基于 EPC-96 I 型水产品 RFID 编码范例

Tab. 2 Coding specimen of aquatic product based on EPC-96 I

水产品类别 aquaculture product categories	养殖商编号 aquaculture company No.	生产日期 date	序列号(查询) serial No. (tracking code)
12 位 12-bit	16 位 16-bit	24 位 24-bit	40 位 40-bit

4 实践与应用

本文所论述的基于物联网的水产品全产业链追溯体系在实际应用中以中华绒螯蟹为研究对象,已在上海(中华绒螯蟹)蟹苗种精细养殖物联网智慧服务系统中得以实践与应用。该系统采用 B/S 结构模式,基于 Visio Studio 2008 工具进行开发,采用 SQL Server 2008 数据库管理系统进行配置,在成品装箱中利用 RFID 和二维码技术的复合标签对每箱运送的蟹苗进行标识,在重要物流节点对其进行批量识别扫描,并采用 GPRS + GPS 模块对蟹苗种的运输过程全程记录,在地理位置信息系统(GIS)中直观实时显示。

目前共有 225 名台湾蟹农使用该系统,系统记录了崇明养殖基地蟹种培育、检验检疫溯源信息,记录了输台 9 批次、695 蟹种箱,共计 77 万只蟹种的完整物流信息(含上海、台湾两地物流 GPS 记录,如图 5 所示)和重要节点 RFID 蟹种箱扫描信息,获取了由台湾蟹农使用二维码网袋标签和手机应用程序提交的 1200 多条蟹种网袋投塘记录(包括投塘地址位置信息、投塘时间、投塘网袋数量,如图 6 所示),实现了上海(中华绒螯蟹)输送台湾蟹种质量的全程动态追溯(如图 7 所示),确保大陆蟹种全程质量动态监控和智能管理,为台湾蟹农成蟹溯源提供了信息保障和智慧服务。

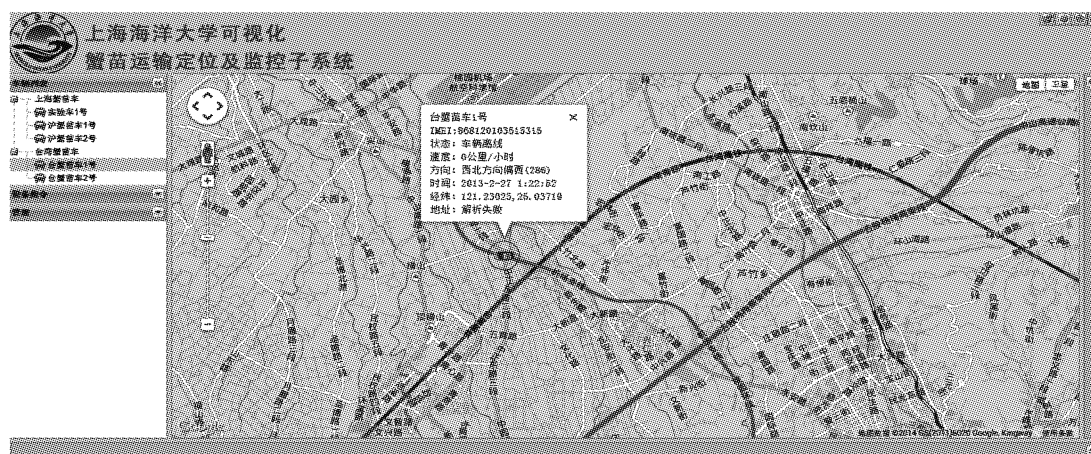


图 6 中华绒螯蟹蟹苗种在台湾苗栗的投塘记录和定位监控记录

Fig. 6 Logistics records of *Eriocheir sinensis* juvenile crab in Miaoli, Taiwan



图 7 中华绒螯蟹蟹苗种在台湾苗栗的投塘记录和定位监控记录
 Fig. 7 Releasing records of *Eriocheir sinensis* juvenile crab in the ponds in Miaoli, Taiwan



图 8 中华绒螯蟹蟹苗种溯源记录
 Fig. 8 Tracking record of *Eriocheir sinensis* juvenile crab

5 结论与展望

本文以水产品为研究对象,从全产业链的角度,面向消费者、政府和企业三方,分析了水产品产业链的关键环节和现存的主要质量问题,基于物联网的理念和技术构建了水产品全产业链的追溯体系,实现了水产品在水产养殖、成品加工、物流贩运和成品销售每个环节中全程追溯,并论述了物联网相关技术如何在产业链各个环节实践和应用。最后,本文以蟹苗种为例,采用 RFID 和二维码对其进行唯一标识,结合 GPS 和 GIS 技术,建立了基于 Web 的上海(中华绒螯蟹)蟹种精细养殖物联网智慧服务系统,构建了中华绒螯蟹蟹种质量的全程动态追溯体系。

本研究所采用的是基于水产养殖的追溯解决方案,尚未涉及水产捕捞业的研究。由于水产品的捕捞作业过程具有一定流动性和随机性,且捕捞作业环境相对水产养殖较复杂多样,致使渔获物产品信息标识和追溯相对困难。随着物联网技术的日渐发展,设计和构建符合水产捕捞业的追溯机制和体系将是下一步的工作重点。

参考文献:

- [1] 邵征翌,林洪. 水产食品企业实施可追溯体系的意义及措施[J]. 中国渔业经济, 2006(3):46-49.
SHAO Zheng-yi, LIN Hong. Significances and measures of firms implementing seafood traceability systems [J]. Chinese Fisheries Economics, 2006(3):46-49.
- [2] GATES B, MYHRVOLD N, RINEARSON P. The road ahead [M]. New York: Viking Penguin, 1995:32.
- [3] 陈柳钦. 物联网: 国内外发展动态及亟待解决的关键问题[J]. 决策咨询通讯, 2010(5): 15-3.
CHEN Liu-qin. Internet of Things: Domestic and International Developments and the Its Key Issues [J]. Decision-making & Consultancy Newsletter, 2010(5): 15-3.
- [4] 孙其博,刘杰,黎焱等. 物联网:概念、架构与关键技术研究综述[J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33(3):1-8.
SUN Qi-bo, LIU Jie, LI Shan, et al. Internet of Things: Summarize on Concepts, Architecture and Key Technology Problems [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2010, 33(3):1-8.
- [5] ITU-T. The Internet of Things Executive Summary [EB/OL] (2005-12) [2011-11-10]. http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/Internet_of_Things_summary.pdf.
- [6] PARREÑO-MARCHANTEA A, ALVAREZ-MELCONA A, TREBAR M, et al. Advanced traceability system in aquaculture supply chain [J]. Journal of Food Engineering, 2014, 122(2):99-109.
- [7] THOMPSON M, SYLVIA G, TMORRISSEY M. Seafood traceability in the United States; current trends, system design, and potential application [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2005, 1(1):1-7.
- [8] GOLAN E, KISSOF B, CALVIN L, et al. Traceability in the USA food supply: economic theory and industry studies [J]. Agricultural Economic Report, 2004, 830(3):102-104.
- [9] Pettitt R G. Traceability in the food animal industry and supermarket chains [J]. Scientific and Technical Review, 2001, 20(2):584-597.
- [10] STANFORD K, STITT J, KELLAR J A, et al. Traceability in cattle and small ruminants in Canada [J]. Scientific and Technical Review, 2001, 20(2):510-522.
- [11] Technical Committee ISO/TC 34. Traceability in the feed and food-chain-general principles and basic requirements for system design and development, ISO22005:2007 [S]. Switzerland: ISO, 2007.
- [12] Hobbs J E. Traceability in meat supply chains [J]. Current Agriculture, Food and Resource Issues. A Journal of the Canadian Agricultural Economics Society, 2003(4): 36-49.
- [13] CHEN R S, CHEN C C, YEH K C, et al. Using RFID technology in food produce traceability [J]. WSEAS Transactions on information science and applications, 2008, 5(11): 1551-1560.
- [14] SUGAHARA K. Traceability System For Agricultural Products based on RFID and Mobile Technology [J]. Computer and Computing Technologies in Agriculture II, 2009(3): 2293-2301.
- [15] ABAD E, PALACIO F, NUIN M, et al. RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: Demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 93(4): 394-399.
- [16] THAKUR M, HURBURGH C R. Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 95(4): 617-626.
- [17] 任晰,傅泽田,穆维松等. 基于 Web 的罗非鱼养殖质量安全信息可追溯系统[J]. 农业工程学报, 2009, 25(4): 163-167.
REN X, FU Z T, MU W S, et al. Traceability system for tilapia breeding quality safety information based on Web [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(4):163-167.
- [18] 刘鹏,屠康,侯月鹏. 基于射频识别中间件的粮食质量安全追溯系统[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12):145-150.
LIU P, TU K, HOU Y P. Traceability system of grain quality

- safety based on radio frequency identification middleware[J]. Transactions of the Chinese Society of Agriculture Engineering, 2009, 25(12):145-150.
- [19] 马从国, 赵德安, 刘叶飞, 等. 猪肉工厂化生产的全程监控与可溯源系统研制[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9):121-125.
MA C G, ZHAO D A, LIU Y F, et al. Overall monitoring of pork industrialization production and development of traceability system [J]. Transactions of the Chinese Society of Agriculture Engineering, 2008, 24(9):121-125.
- [20] 张可, 柴毅, 翁道磊, 等. 猪肉生产加工信息追溯系统的分析和设计[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4):332-339.
ZHANG K, CHAI Y, WENG D L, et al. Analysis and design of information traceability system for pork production supply chain [J]. Transactions of the Chinese Society of Agriculture Engineering, 2010, 26(4):332-339.
- [21] 江希流, 华小梅, 朱益玲. 我国水产品的生产状况、质量和安全问题及其控制对策[J]. 农村生态环境, 2004, 20(2):77-80.
- JIANG X L, HUA X M, ZHU Y L. Production, safety and quality of aquatic products and strategies in China [J]. Rural Eco-environment, 2004, 20(2):77-80.
- [22] 赵志军, 沈强, 唐晖, 等. 物联网架构和智能信息处理理论与关键技术[J]. 计算机科学, 2011, 38(8):1-8.
ZHAO Z J, SHEN Q, TANG H, et al. Theory and Key Technologies of Architecture and Intelligent Information Processing for Internet of Things [J]. Computer Science, 2011, 38(8):1-8.
- [23] 陈康, 郑纬民. 云计算:系统实例与研究现状[J]. 软件学报, 2009, 20(5):1337-1348.
CHEN K, ZHENG W M. Cloud Computing: System Instances and Current Research [J]. Journal of Software, 2009, 20(5):1337-1348.
- [24] BROCK D, CUMMINS C. EPC tag data specification [EB/OL]. [http://www. autoidlabs. prg/whitepapers/MIT-AUTOID-WH025. pdf](http://www.autoidlabs.org/whitepapers/MIT-AUTOID-WH025.pdf), June 2003.
- [25] NG M L, Engels D W. EPC Network Architecture [D]. Auto-ID Labs, White Paper Series, Edition 1, 2005.

Research and practice on the aquatic product industry chain traceability system based on IoT

XIA Jun¹, LING Peiliang¹, YU Lijuan¹, YANG Jinsong²

(1. School of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. College of Continuous Education, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Aiming to guarantee the quality and safety of aquatic product and the realization of its traceability system, the production, processing, logistics and vendition sections of the whole aquatic product industry chain and existing quality safety problems in China are demonstrated and analyzed in this paper with the perspective of the aquaculture industry chain. Furthermore, an IoT-based aquaculture industry chain traceability system and its application in all sections of the industry chain are proposed by means of introducing the concept and technology of the Internet of Things (IoT) which includes Radio Frequency Identification (RFID), 2D bar code, Global Positioning System (GPS), Geographic Information System (GIS), etc. In addition, the implementation methods in every sector of the whole aquatic product industry chain are analyzed. On the basis of the above content, an enterprise-government-consumer-oriented governmental aquatic product industry chain tracking and supervision cloud service is designed while a dynamic tracking mechanism of aquaculture product based on EPC and RFID is presented. As an illustration, the specimens of tracking information and EPC coding samples of aquatic product are designed, which drives the realization of the static tracing and dynamic tracking for the aquatic product industry chain in the whole time space. As the application and practice, *Eriocheir sinensis* is taken as the object of study and the idea and methods have been eventually applied into practice for the Shanghai-Taiwan *Eriocheir sinensis* transmission commission by the construction of a juvenile crab quality dynamic whole-process traceability system, which assisted 255 Taiwan raisers to track and release over 0.7 million *Eriocheir sinensis* into ponds.

Key words: aquatic; industry chain; Internet of Things; traceability system; radio frequency identification