

# 农产品物流过程追溯中的智能配送系统\*

杨信廷 钱建平 范蓓蕾 吴晓明 郭斌 周向明

(国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

**【摘要】** 针对农产品物流配送过程追溯信息采集不易、监管不利的状况,设计了农产品物流过程追溯模型,综合采用地理信息系统技术、全球定位技术、条码扫描技术和无线通信技术,构建具有产品自动配载、配送最佳路径选择、运输过程实时监控和配送到货智能更新功能的系统,系统包括车载信息采集子系统和配送中心管理与决策子系统,实现了系统功能,并解决了系统实现的关键技术。跟踪测试结果表明,系统能实现配送过程信息的快速采集与过程追溯。

**关键词:** 农产品 物流 追溯 配送系统 地理信息系统

**中图分类号:** F259.22; F762; N945.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)05-0125-06

## Establishment of Intelligent Distribution System Applying in Logistics Process Traceability for Agricultural Product

Yang Xinting Qian Jianping Fan Beilei Wu Xiaoming Guo Bin Zhou Xiangming

(National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

### Abstract

For acquiring and supervising the information in logistics process traceability for agricultural product, a traceability model for logistics process was designed and a set of intelligent distribution system with the function of loading automatically, optimal routing, real-time monitoring and intelligent updating was established. The system was composed with distribution information acquisition sub-system on vehicle terminals and agri-products distribution management sub-system on server. Functions of the system were implemented and key technologies were discussed. By testing in an enterprise in Beijing, it is showed that information of logistics process could be acquired quickly and traced accurately by using this system.

**Key words** Agricultural product, Logistics, Traceability, Distribution system, Geographic information system

### 引言

农产品物流过程追溯是供应链全程追溯的重要组成部分。农产品质量不安全因素贯穿于农产品从生产到加工、包装、储藏、运输和销售的全过程,建立起覆盖生产、加工、流通各环节的全程溯源系统对于保障农产品安全尤为重要<sup>[1]</sup>。农产品物流配送具有装卸多次性、运输不均衡性及对运输技术性要求高等特点<sup>[2-3]</sup>,这些特性决定了在构建农产品全程

追溯系统中,物流过程追溯是需要重点关注的环节。

农产品物流过程追溯又是供应链全程追溯的薄弱环节。发达国家的农产品物流配送业呈现系统化和规模化的特点,先进的物流技术装备得以在农产品领域广泛使用<sup>[4]</sup>。我国农产品物流的研究还处于起步阶段,对于利用信息技术结合农产品供应链进行物流配送技术探讨的相关研究很少,对于利用物流配送技术进行农产品物流过程追溯系统构建则更少<sup>[5-7]</sup>。目前,已有的研究和存在的追溯系统多

收稿日期: 2010-08-19 修回日期: 2010-09-09

\* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2007AA10Z232361)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2009BADB6B01)和公益性行业(农业)科研专项资助项目(200903044)

作者简介: 杨信廷, 副研究员, 主要从事农产品质量安全溯源关键技术研究, E-mail: yangxt@nercita.org.cn

是从总体架构层进行的,多侧重于生产过程环节系统的构建<sup>[8-10]</sup>。

本文针对农产品追溯中物流配送环节研究的薄弱点,设计物流过程追溯模型,以此为基础,综合采用地理信息系统技术、全球定位技术、条码扫描技术、无线通信技术构建农产品智能配送系统,以实现物流过程信息的快速采集与过程追溯。

## 1 物流过程追溯模型构建

农产品全程追溯需要在供应链各环节记录追溯信息,并实现与中心数据库无缝集成。物流过程追溯是全程追溯的重要组成部分,且该过程追溯信息获取不易。物流过程追溯信息包括产品来源与流向信息、物流载体信息、物流过程信息等。本文参考农产品质量安全全程跟踪与追溯模型<sup>[11]</sup>,构建了专门针对农产品物流过程的追溯模型,如图1所示。该模型定位于产品从生产/加工企业到销售企业的物流配送过程,弱化中间各级供应链主体的信息,而强化物流配送过程中信息的传递与采集。模型分物流配送过程跟踪与物流配送过程追溯两条主线;其中

物流配送过程跟踪是基础,是对信息的记录与传递;物流配送过程追溯是实现,是对信息的回溯与反演。模型中列出了产品、车辆(物流载体)、订单(物流凭证)三者与模型密切相关的中间体。在物流过程跟踪中,生产/加工企业根据企业追溯规范生成追溯码并贴制在产品包装上;下一级流通主体通过订购产品产生订单;物流企业通过获取并组合订单制定装货计划并确定配送车辆;在装货过程中扫描产品追溯条码记录装货信息,在配送途中监控产品状态,并定时或不定时向监控中心发送配送过程状态信息;到达某一个配送点后,扫描产品追溯码并进行卸货,配送点确认收货后继续下一个订单的配送,直到所有配送产品配送到指定地点后,该物流配送过程的跟踪流程即完成。由于在跟踪过程中建立了产品、车辆和订单之间的联系,因此在进行追溯时,先由产品的追溯码得到该追溯码对应的产品订单,一方面通过产品追溯码可直接追溯获取产品信息,另一方面通过订单号可以得到车辆编号,通过车辆编号和日期获取物流配送过程信息,至此,可追溯出产品信息、来源与流向信息、物流配送过程信息。

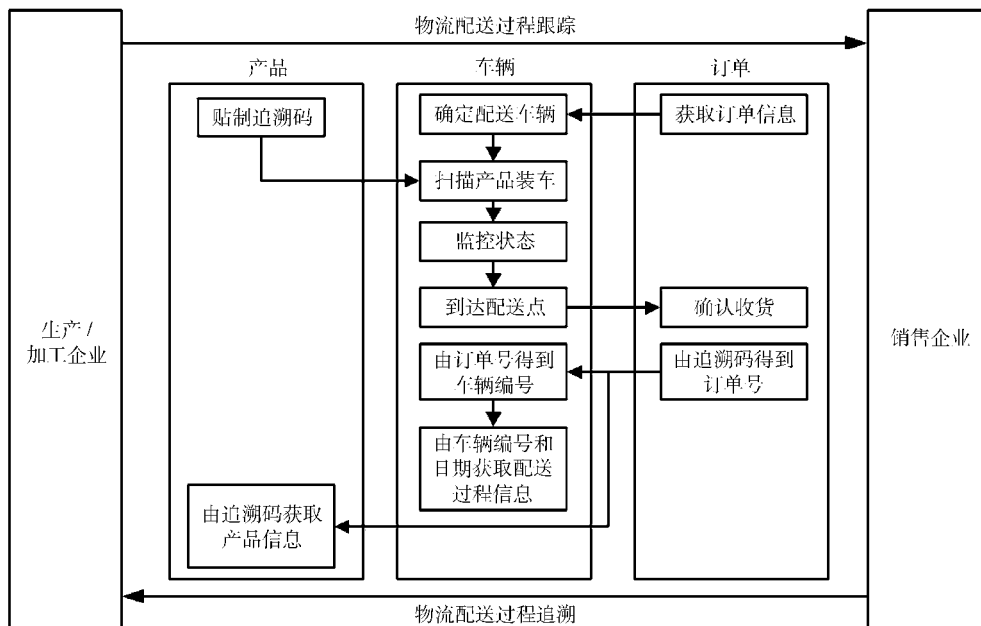


图1 物流过程追溯模型

Fig. 1 Model of traceability in logistic process

## 2 系统设计

### 2.1 总体设计

以物流过程追溯模型为基础,综合采用地理信息系统技术、全球定位技术、条码扫描技术、无线通信技术,从产品装货、产品运输、产品卸货的不同角度,构建具有产品自动配载、配送最佳路径选择、运输过程实时监控和配送到货智能更新功能的系统,

如图2所示。系统包括车载终端配送信息采集子系统与配送中心配送管理与决策子系统两部分,前者运行于配送农产品车辆的车载微型计算机上,后者运行于生产/加工企业或配送企业的监控中心,系统之间通过短信方式进行数据传递和交换。

### 2.2 系统功能设计

#### 2.2.1 车载终端配送信息采集子系统

(1) 参数设置模块:参数设置模块提供了系统

运行所需的系统及硬件环境参数的设置,如通信端口参数、GPS 设备端口参数、通信间隔时间、是否自动匹配导航路径等。

(2)无线通信模块:通信模块分为发布子模块和接收子模块。发布子模块向配送中心配送管理与决策子系统发布当前车辆及订单的实时状态,以及车辆实时位置等信息。接收子模块负责接收配送中心配送管理与决策子系统的订单任务信息以及其他指令。终端与配送中心系统通过既定协议进行通信,保证了数据的安全性和有效性。

(3)配送导航模块:该模块提供了地图显示、路径引导和车辆定位 3 个功能。地图显示功能使配送人员能够直观地在地图上查看当前配送目的地及订单信息;路径导航为配送人员提供了各个配送目的地之间的最短距离路径,并在地图上高亮显示,易于选择参考,若实际行驶偏离最优路径,自动重新计算路径;车辆定位通过 GPS 模块得到当前位置信息,并在地图上标识出当前车辆位置,使驾驶员及配送中心能精确掌握当前车辆的位置,并提供到达目的地的智能提醒服务。

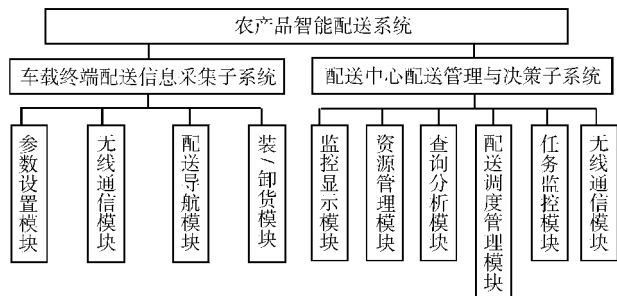


图2 系统功能模块

Fig.2 Function of the system

(4)装/卸货模块:装货模块提供了对车辆当前任务的所有订单查询及扫描装货功能,模块提供了普通扫描装货和快速扫描装货两种方式,装货完成将自动向配送中心配送管理与决策子系统报告装货完成状态。卸货模块与装货模块类似。

2.2.2 配送中心配送管理与决策子系统

(1)监控显示模块:包括数据显示和地图显示两种功能。数据显示采用列表的形式,提供了对订单信息、车辆配送信息等数据的展示。地图数据显示提供了地图相关操作,如地图显示、缩放等基本操作,并能将订单及车辆监控过程中的实时数据展示出来,使用户更直观明了地了解订单及车辆状态。

(2)资源管理模块:提供了对产品信息、客户信息、车辆信息、配送员信息以及订单信息的增加、删除、修改等数据管理功能。

(3)查询分析模块:提供了多种信息的查询,如

对所属车辆的实时状态及历史信息查询、对订单信息的实时状态及历史信息查询、对地理位置进行查询等。

(4)配送调度管理模块:主要包括产品配载、送货通知和到货签收。产品配载是根据最优路径原则,自动生成最佳配送方案,通过短信方式,向车载终端发送当日订单任务。送货通知通过自动发送短信方式,通知用户到达时间。到货签收是系统接收来自车载终端配送信息采集子系统的到货通知,并自动将订单状态由正在配送变为配送完成。

(5)任务监控模块:通过接收车载终端配送信息采集子系统上报的订单配送状态短信、车辆位置短信等信息,该模块实现了对实时车辆位置及订单位置的查询,并能实时了解到配送车辆及订单的状态等。

(6)无线通信模块:通过该模块及时接收各种状态报告短信及位置短信。

3 关键技术

3.1 短信编解码

在本系统中,车载终端配送信息采集子系统和配送中心配送管理与决策子系统通过集成在终端设备的短信业务模块 GSM (global system for mobile communications) 实现信息的交互,本系统采用的短信业务模块的主芯片是西门子 MC39i。

GSM 的短信编码参照 GSM03.38 协议(欧洲无线电通讯标准协会制定)。接收与发送短消息常用 Text 模式和协议数据单元(protocol data unit,简称 PDU)模式。Text 模式收发短信简单易用,但是它不支持中文短信收发;而 PDU 模式不仅支持中文短信,也能发送英文短信<sup>[12-13]</sup>。因此,该系统采用 PDU 短信编码规则。

PDU 数据包由 GSM03.40 协议定义<sup>[14]</sup>。其数据包内容由 12 项内容组成:<1>、<2>、...、<12>,如表 1 所示。

在表 1 中,<1> ~ <11> 为 PDU 数据包的各个说明参数,<12> 是 PDU 数据包的主体内容,即用户发送或接收的信息。PDU 数据包的主体内容通常采用 3 种编码:7-bit、8-bit 和 UCS2 编码。7-bit 编码用于发送 ASCII 字符,8-bit 编码用于发送数据消息(如图片声音数据),UCS2 编码用于发送 Unicode 字符(如中文字符)。因位置信息中含有中文字符,本配送系统采用 UCS2 编码进行短信收发。

以 GPS 位置信息的发送为例,从 GPS 采集到的某个位置的 GPS 信息如下:\$ 2009-12-11 17:58:37,116.287312333333,39.942721333333,京

表1 PDU数据包结构

Tab.1 Structure of data package of PDU

| 序号   | 内容  |
|------|---|
| <1>  | 短信中心地址长度  |
| <2>  | 短信中心地址类型  |
| <3>  | 短信中心地址13800100500(移动短信中心),补'F'凑成偶数个,奇偶互换              |
| <4>  | 基本参数(如:11表示发送,04表示普通接收)                               |
| <5>  | 发送方或目的方号码数字个数(不包括91和'F')                              |
| <6>  | 发送方或目的方号码格式(TON/NPI)用国际格式号码(在前面加'+')                  |
| <7>  | 发送方或目的方号码,补'F'凑成偶数,奇偶互换                               |
| <8>  | 协议标识(TP-PID)(如:00,表示普通GSM类型,点对点方式)                    |
| <9>  | 用户信息编码方式(TP-DCS)(如:08,表示采用UCS2编码)                     |
| <10> | 发送包为有效期;接收包为时间戳(TP-SCTS),格式为yyymmddhhmmss的压缩BCD码,再加时区 |
| <11> | 用户信息即数据包主体内容的长度(TP-UDL)                               |
| <12> | 用户信息(TP-UD),即数据主体内容                                   |

KU8888 >,经 UCS2 编码后得到如下信息,即表 1 中的 <12> 部分:00240032003000300039002D00310032002D00310031002000310037003A00350038003A00330037002C003100310036002E00320038003700330031003200330033003300330033002C00330039002E00390034003200370032003100330033003300330033002C4EAC004B005500380038003800380038003E。

UCS2 编码的每个字符用 2 个十六进制数表示,例如,字符“\$”用 0024 表示;字符“>”用 003E 表示。

配送中心收到 PDU 编码后,解析得到数据主体内容,每两个字节解码为一个字符,最终得到完整的用户信息:\$ 2009-12-11 17:58:37, 116.287312333333, 39.942721333333, 京 KU8888 >,再对该短信内容进行解析,配送中心最终得到车牌号、时间、经度、纬度等内容。

### 3.2 车辆位置动态显示

在配送中心配送管理与决策子系统中,采用 ArcEngine 组件库, ArcEngine 是在 ArcGIS Object 的基础上发展起来的独立开发包,是一组完备的并且打包的嵌入式 GIS 组件库和工具库,为用户提供有针对性的 GIS 功能<sup>[15-16]</sup>。将从车载终端配送信息采集子系统发送过来的位置信息在地图上实时显示,用于监控车辆的状态。在 ArcEngine 中实现动态显示车辆位置,有两种方法:

(1)采用 MarkerElementClass 对象库,将虚拟汽

车作为地图中独立的元素存在,其优点是各个元素的显示类型多种多样,可以用图片、不同形状颜色来渲染,元素的更新不会影响到地图其他图层的更新。缺点是一旦元素数量较多,将影响地图显示更新,效率降低。

(2)采用内存图层的方式。就是利用 InMemoryWorkspaceFactoryClass 对象库,创建一个保存在缓冲区中的图层,将位置标识保存在图层中。内存图层在针对频繁更新数据的情况下,具有显示效率高的优点。

经过比较两种方式,在本配送系统中,采用了内存图层的方式,在任务监控模块启动之后,程序自动生成内存图层,每一个车辆在图层中作为一个点要素存在,根据实时接收到的位置信息,更新对应车辆的经纬度信息并刷新显示,其实现流程如图 3 所示。

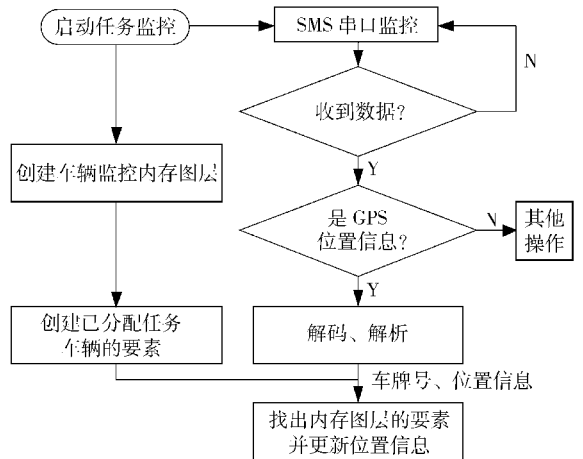


图3 更新车辆位置流程图

Fig.3 Flowchart of refreshing vehicle position

其主要过程实现描述如下:

(1)配送中心系统运行以后,默认开启任务监控。

(2)短信串口监控采用 .NET Framework 2.0 提供的 SerialPort 串口数据通信类。

(3)接收数据,在 SpSMS\_DataReceived() 事件中监控串口有无新数据,当接收到数据后,用 SpSMS.ReadExisting() 方法得到新数据。

(4)对新数据进行解析判断,解析过程在短信编解码中有详细介绍,最终得到车牌号、时间、经度、纬度这 4 个位置信息。

(5)利用 ArcEngine 的内存图层对象库等,创建了一个临时点图层“VehicleLocation”,该图层属性包含已有的车牌号及初始位置,得到位置信息后,在该图层中,查找车牌号,更新车辆位置,即实现了在地图上监控车辆位置的功能,其主要实现代码如下所示:

```

pWorkspaceEdit. StartEditing();
IQueryFilter pQueryFilter = new QueryFilterClass
();
pQueryFilter. WhereClause = " VehicleNumber =
' 京 KU8888 ' ";
IFeatureCursor pVehiclesCursor =
pVehicleClass. Search(pQueryFilter, false);
IFeaturep Feature = pVehiclesCursor. NextFeature
();
pWorkspaceEdit. StartEditOperation();
IGeometry pGeometry = pfeature. Shape;
IPoint pPoint = (IPoint)pGeometry;
pPoint. PutCoords(dLongitude, dLatitude);
pWorkspaceEdit. StopEditOperation();
pWorkspaceEdit. EndEditing();

```

### 4 系统应用测试

#### 4.1 测试条件

系统在北京市某企业应用,在 1 台农产品配送车辆上安装了车载微型计算机,其基本参数为:CPU 为超低功耗处理器 AMD LX800,内存为 512 MB,4 GB 工业 CF 卡。在微型计算机上安装了车载终端配送信息采集子系统,在企业部署了配送中心配送管理与决策子系统,其系统界面如图 4、5 所示。配送产品为西瓜,配送范围主要在北京市内,进行了 5 次配送农产品的跟踪测试。

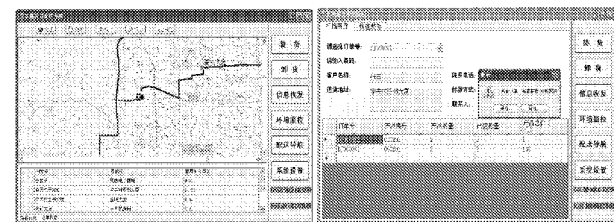


图 4 车载配送信息采集子系统界面

Fig. 4 Interface of vehicle holding distribution information acquisition sub-system on vehicle terminal

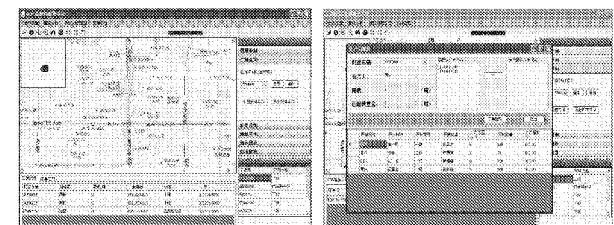


图 5 服务器端农产品配送管理子系统界面图

Fig. 5 Interface of agri-products distribution management sub-system on server

#### 4.2 系统性能测试

主要通过测试短信收发成功率、定位误差、订单配送成功率等来测试系统性能。5 次配送过程,车载终端配送信息采集子系统发送短信 35 条、接收短信 12 条,配送中心配送管理与决策子系统发送短信 12 条,接收短信 35 条,短信收发成功率均达到 100%;定位时由于 GPS 模块自身误差及电子地图与 GPS 点的匹配存在一定误差,因此在汽车行进时与道路不能完全吻合,但不影响配送路径的决策;由于采用了装货和卸货都扫描订单产品条码,因此每个订单配送的产品及数量的准确性均达到 100%。

#### 4.3 使用效果测试

通过将安装系统的配送车辆与未安装系统的配送车辆进行配送,忽略由于不同订单本身的差别,通过对比测试,其比较结果如表 2 所示。

表 2 使用系统对比测试结果

Tab. 2 Test result of comparison with using the system

| 项目      | 测试结果         |                        |
|---------|--------------|------------------------|
|         | 使用系统的配送过程    | 未使用系统的配送过程             |
| 配送成功率   | 高,测试过程中未发生错误 | 较快较高,但在不同规格产品配送时易发生错误  |
| 装/卸车速度  | 较快           | 快,但可能存在装/卸错误           |
| 监控与调度能力 | 强,可实现实时监控与调度 | 无监控能力,只能通过移动电话进行调度,效率低 |
| 客户查询    | 及时、准确        | 不及时                    |

由以上测试可以看出,车载配送信息采集子系统能实现配送过程信息的实时采集,并能为配送人员提供导航功能;服务器端农产品配送管理子系统能实时监控每个车辆的运行路线,并可根据情况进行实时调度。通过使用该系统,提高了配送效率,完善了配送过程溯源信息的采集,实现了配送过程的监测与管理。

### 5 结束语

本文针对农产品质量安全追溯中物流配送过程信息采集不易的现状,设计了物流过程追溯模型,构建了农产品智能配送系统,分别介绍了系统功能,着重从关键技术角度探讨了构建该系统的难点;将系统应用于北京市某农产品配送企业进行测试,结果表明该系统性能稳定、能实现物流过程信息的快速采集与过程追溯,使用该系统后在配送成功率、装/卸车准确率、监控与协调能力方面均有提高。

## 参 考 文 献

- 1 杨信廷,钱建平,赵春江,等. 基于XML的蔬菜溯源信息描述语言构建及其在数据交换中的应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 201~205.  
Yang Xinting, Qian Jianping, Zhao Chunjiang, et al. Construction of information description language for vegetable traceability based on XML and its application to data exchange [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(11): 201~205. (in Chinese)
- 2 钱建平,杨信廷,李明,等. 以PDA为终端的便携式农产品智能配送系统[J]. 农业工程学报, 2009, 25(增刊2): 298~302.  
Qian Jianping, Yang Xinting, Li Ming, et al. Portable intelligent distribution system for agricultural product based on PDA [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25 (Supp. 2): 298~302. (in Chinese)
- 3 陈淑兰. 简论我国农产品现代物流发展[J]. 农业经济, 2005(2): 18~20.
- 4 丁麟. 世界主要国家和地区的信息技术在现代物流中的应用[J]. 农业网络信息, 2004(7): 19~21.  
Din Lin. The application of information of majority nation & region of the world in mordent distribution [J]. Agriculture Network Information, 2004(7): 19~21. (in Chinese)
- 5 王兆红. 基于信息技术的农产品流通模式探讨[J]. 农机化研究, 2007, 29(8): 208~210.  
Wang Zhaohong. Discussion on agricultural product circulation pattern based on information technology [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007, 29(8): 208~210. (in Chinese)
- 6 宋汉利,于勇. 农产品冷链物流中的安全监控应用研究[J]. 物流技术, 2007, 26(2): 177~180.  
Song Hanli, Yu Yong. Application of security monitoring in agricultural products cold-chain logistics [J]. Logistics Technology, 2007, 26(2): 177~180. (in Chinese)
- 7 高丽朴,陶志强,陈连武. 北京蔬菜配送现状及发展[J]. 中国蔬菜, 2007(7): 40~42.
- 8 陆昌华,谢菊芳,王立方,等. 工厂化猪肉安全生产溯源数字系统的实现[J]. 江苏农业学报, 2006, 22(1): 51~54.  
Lu Changhua, Xie Jufang, Wang Lifang, et al. Completion of digital tracing system for the safety of factory pork production [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2006, 22(1): 51~54. (in Chinese)
- 9 杨信廷,钱建平,孙传恒,等. 蔬菜安全生产管理及质量追溯系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2008, 24(3): 162~166.  
Yang Xinting, Qian Jianping, Sun Chuanheng, et al. Design and application of safe production and quality traceability system for vegetable [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(3): 162~166. (in Chinese)
- 10 陈长喜,张宏福,飞颀经纬. 肉鸡产业技术体系生产监测与产品质量可追溯平台设计[J]. 农业机械学报, 2010, 41(8): 100~106.  
Chen Changxi, Zhang Hongfu, Feixie Jingwei. Traceability platform design of production monitoring and products quality for broilers industry technology system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(8): 100~106. (in Chinese)
- 11 Schwagele F. Traceability from a European perspective [J]. Meat Science, 2005, 71(1): 164~173.
- 12 周国祥,周俊,苗玉彬,等. 基于GSM的数字农业远程监控系统研究与应用[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 87~91.  
Zhou Guoxiang, Zhou Jun, Miao Yubin, et al. Development and application on GSM-based monitoring system for digital agriculture [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(6): 87~91. (in Chinese)
- 13 鲁绍坤,王毅,李正风,等. 基于短信的烟草生产环境监控系统通信设计[J]. 微计算机信息, 2009, 25(10~1): 3~5.  
Lu Shaokun, Wang Yi, Li Zhengfeng, et al. The design of the communication in environment monitoring system for tobacco production based on SMS [J]. Microcomputer Information, 2009, 25(10~1): 3~5. (in Chinese)
- 14 刘印锋,张凤传. 基于GSM短信技术的精准测产系统的设计[J]. 机械制造与自动化, 2009, 38(5): 98~99.  
Liu Yinfeng, Zhang Fengchuan. Design of precision yield measuring system based on GSM & SMS [J]. Machine Building & Automation, 2009, 38(5): 98~99. (in Chinese)
- 15 邵作宇,常庆瑞,陶文芳. 基于ArcEngine的陕西省土壤信息系统构建[J]. 水土保持通报, 2009, 29(4): 125~129.  
Shao Zuoyu, Chang Qingrui, Tao Wenfang. Establishment of Shaanxi soil information system based on ArcEngine [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2009, 29(4): 125~129. (in Chinese)
- 16 侯燕,贾艾晨. 基于ArcEngine洪灾避难路径选择可视化方法研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2009, 7(4): 60~63.  
Hou Yan, Jia Aichen. Research on visual approach of selection for evacuation route during flood disaster based on ArcEngine [J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering, 2009, 7(4): 60~63. (in Chinese)