

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.07.023

基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统*

赵 丽 邢 斌 李文勇 吴晓明 杨信廷

(国家农业信息化工程技术研究中心,北京 100097)

【摘要】 针对现有农产品质量安全追溯中成本高、追溯设备便携性差等问题,设计了基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统。阐述了系统的架构和主要功能设计,并对系统采用 Nokia 3 款手机为实验终端在手机摄像头与条码不同的距离处进行了最佳识别距离、识别时间、识别率和准确率的测试,食品包装袋和标签纸上条码平均识别时间分别为 7.3 s 和 5.1 s,平均识别率分别为 67.8% 和 75.6%,准确率均可达到 100%,识别的最佳距离为 10 cm 左右,最短识别时间仅为 6.4 s 和 3.4 s。测试结果表明,该系统可以方便用户快速识别产品的二维条码标签,为消费者提供了一种新的追溯手段。

关键词: 农产品质量安全 可追溯系统 手机二维条码 QR 码

中图分类号: X924.3; TS207.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2012)07-0124-06

Agricultural Products Quality and Safety Traceability System Based on Two-dimension Barcode Recognition of Mobile Phones

Zhao Li Xing Bin Li Wenyong Wu Xiaoming Yang Xinting

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

Abstract

Aiming at the poor portability of devices, high cost of the existing traceability methods for agricultural products quality and safety, an agricultural products quality and safety traceability system based on two-dimension barcode recognition of mobile phones was developed. The architecture and main function design of the system were illustrated in detail. Through the tests of the best recognition distance, recognition time, recognition rate and accuracy rate on the system using three types of mobile phones from Nokia in the case of the mobile phone cameras various distances away from the barcodes, the average identification time for barcodes of food wrappers and tagboards was 7.3 s and 5.1 s respectively, average recognition rate was 67.8% and 75.6% respectively, and accuracy rate were to 100%. The best recognition distance was about 10 cm, identification time for barcodes of food wrappers and tagboards was only 6.4 s and 3.4 s respectively. The test results show that users can recognize two-dimension barcode labels attached on products quickly and conveniently through the system, and it will provide a new traceability means.

Key words Agricultural products quality and safety, Traceability system, Two-dimension barcode of mobile phones, QR code

引言

农产品质量安全问题引起了越来越多的重视,

从生产过程、加工包装、储藏运输到分发零售的可追溯系统成为目前研究的热点。我国地区相关部门已经在农产品安全追溯制度及其系统建设方面开展了

收稿日期: 2012-03-16 修回日期: 2012-04-02

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2011AA100706)、国家科技重大专项(2009ZX03001-019-02)和国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-49-03A)

作者简介: 赵丽,工程师,主要从事农产品质量安全技术管理研究,E-mail: zhaol@nercita.org.cn

通讯作者: 杨信廷,研究员,主要从事农产品质量安全溯源技术研究,E-mail: yangxt@nercita.org.cn

不同程度的试点示范工作^[1~5]。以条码技术为基础的自动识别技术和图像处理技术的应用和普及,为农产品质量安全追溯提供了技术基础^[6]。国内外学者对条码技术在农产品质量安全追溯系统中的应用已进行了许多研究^[5~12]。

目前,追溯码的查询与识别主要采用网络、手机短信、语音电话和条码扫描等方式^[3, 13~14],但是在实际应用中存在以下问题:专用的扫描设备不仅昂贵,而且很难普及^[15];电话和短信方式追溯都需要用户支付一定的通信费用^[3]。手机等移动识别技术的发展,使得带摄像头手机识读条码成为可能^[6],但采用手机对二维条码标签进行识别追溯的研究并不多见。手机用户通过摄像头对存储农产品安全信息的二维条码进行图像采集并对条码内容进行识别,对于加强农产品质量安全的群众性监督和提高消费者的知情权都有很好的作用。

因此,本文研究一种基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统。

1 系统总体架构与流程设计

1.1 系统总体架构

常见的二维条码有 PDF417、Datamatrix、QRCode、Code49、Code16K、CodeOne 等 20 余种,其中 QR 码具有超高速识读、高效表示中文汉字等特点^[16],在农产品的标识和追溯中有很好的应用前景。因此本文以 QR 码为例研究手机的二维条码识别技术在农产品质量安全追溯系统中的应用,提出的识别方法和思路略加修改同样也适用于其他二维条码。Symbian OS 是目前应用最为广泛的手机操作系统之一,本文以条码生成技术和移动开发技术为基础,研究基于 Symbian 手机的自动对焦技术、图像处理技术和 QR 码解码算法等,构建基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统。系统架构图如图 1 所示。该系统主要包括 4 个功能模块:①二维条码图像采集功能模块:控制摄像头的状态(打开、关闭、自动对焦)以捕获食品包装上的二维条码。②图像预处理功能模块:摄像头捕获二维条码图案容易受到光照、角度、与摄像头的距离、摄像头像素数等因素的影响,所得到的二维条码会存在比较明显的歪曲、污损、倾斜等各种噪声和失真,导致不能译码或者错误的译码。为提高其可识读性,需进行灰度化、二值化等预处理。③条码识别功能模块:对预处理之后的条码图像进行倾斜矫正、条码分割和数据译码来识别条码,显示条码中的信息。④二维条码追溯功能模块:根据条码识别的农产品追溯号进行进一步的详细追溯信息查看。

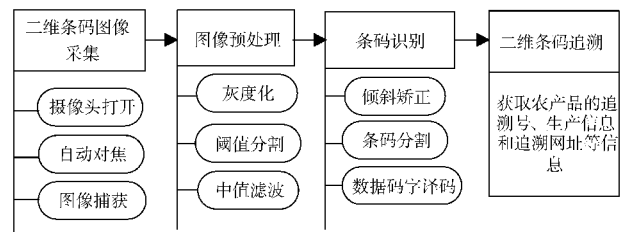


图1 系统架构图

Fig. 1 System structure

1.2 系统流程设计

为提高解码速度和减少对手机系统有限资源的消耗,本文采用活动对象的方式实现系统的图像采集与图像预处理和图像解码的异步通信。在 Symbian OS 应用程序开发中,活动对象是实现异步事件处理的最佳选择^[17~18]。以活动对象驱动方式实现异步处理,能够在节省资源的前提下,提高系统的安全性和运行效率^[17]。系统运行过程中图像采集和图像解码二者通过活动对象进行异步通信的流程如图 2 所示,主程序将采集的图像信息传给活动对象,活动对象进行解码并将结果反馈给主程序,如果解码不成功,则返回主程序重新获取图像,实现多任务协同操作。

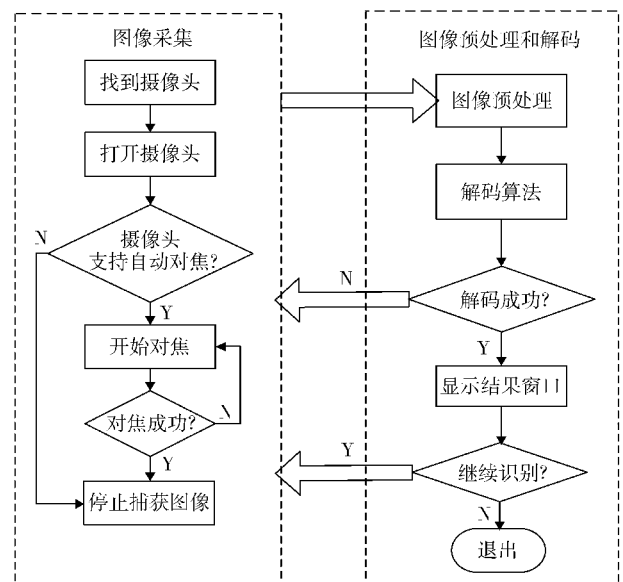


图2 系统异步通信流程图

Fig. 2 Asynchronous communication flowchart of the system

2 系统功能与设计

2.1 条码采集

二维条码的获取有 2 种途径,一种是通过手机自带的摄像头直接摄入,一种是通过蓝牙、红外、存储卡等形式获取二维条码将其直接存储在手机存储器内。本文采用摄像头摄入的方式实时获取二维条码图片并传递给图像预处理模块。

Symbian 提供了一个开发的、可扩展的、通用的控制摄像头的 API, 主要有 CCamera 和 McameraObserver 两类。CCamera 类主要用来获取照相机的信息并操作照相机^[18]。McameraObserver 是 CCamera 类侦听器接口, 当摄像头已经为用户准备好, 或者一个图像已经被捕获等情况发生时, CCamera 类会通过该侦听器接口通知程序相应的事件。McameraObserver 类与 CCamera 类之间的关系是观察者设计模式。本文实现了一个继承自 McameraObserver 的类, 以通知应用程序各种关键事件。目前, 智能手机的摄像头一般都支持自动对焦, 为能捕获到最清晰的二维条码图像, 需要调用摄像头的自动对焦 API 来控制摄像头, 系统一旦启动, 摄像头将一直处于对焦模式, 当成功对焦之后, 再调用图像预处理程序, 预处理之后进行解码, 提高解码的成功率。CCamera 中摄像头的状态包括以下几种: NotReady(摄像头没有就绪)、Idle(摄像头空闲)、ViewFinding(正在取景)、Capturing(正在捕获)、Focusing(正在对焦)。

摄像头的自动对焦过程中, 摄像头自动对焦时间与对焦窗口的大小有关。并且对图像进行分析处理所消耗的时间基本与参与计算的图像像素数成正比, 为达到实时性的要求, 也需减少参加运算的像素数。本文研究的 QR 码属于矩阵式二维条码, 它的形状由对角线上的 4 个四分点组成的正方形区域所包含, 因此本文以 2 条对角线上的 4 个四分点为角组成的最小有效像素区域为对焦窗口^[19]。

2.2 图像预处理

条码一般以黑白方式打印, 而手机摄像头捕获的都是彩色图像, 出现的红蓝色斑纹图案往往是条码周围的无效图像, 在识读条码过程中, 条码图像的彩色信息分量对于条码的识别没有作用, 并且彩色图像的存储空间比灰度图像大得多, 不仅增加系统的内存开支, 而且对正确的解码具有较大的干扰性, 为了准确识别条码, 保证系统的可靠性, 在条码识别之前对条码图像的高效预处理十分关键。

手机屏幕图像预处理过程如下:

(1) 对采集的带有红、蓝色斑纹的彩色图像使用标准的灰度化公式进行灰度化, 然后对灰度图像进行均值滤波, 消除对液晶屏幕拍摄时常见的噪声。

将图像的彩色信息转换成灰度信息过程如下:

设某图像中某像素点彩色各分量值为 R 、 G 、 B , 其中 $0 \leq R \leq 255$, $0 \leq G \leq 255$, $0 \leq B \leq 255$ 。使用标准的灰度计算公式计算该像素点的灰度, 即

$$W = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad (1)$$

对每一个像素点进行灰度计算, 得到一幅新的灰度

图像。

人眼对 G 、 B 、 R 中 G (绿色) 最为敏感, 本文采用改进公式 $W = G$ 方法进行灰度化。这种方法与标准灰度化方法在处理条码类图像时差别并不明显, 同时避免了浮点数的乘法和除法, 因此计算复杂度可以降低, 适合嵌入式设备上使用。图 3b 是利用上述方法将捕获的原始彩色图像转换为灰度图像的结果。

(2) 用适当的阈值 T 对图像进行二值化处理。实验结果表明, 受到污染的 QR 码图像, 最大类间方差法可以得到效果很好的二值化图像, 用直方图双峰法选取阈值效果不理想。本文采用最大类间方差法进行全局阈值选取, 结果如图 3c 所示。

图 3 为在手机上对拍摄的二维条码图像进行灰度化和二值化处理的结果。

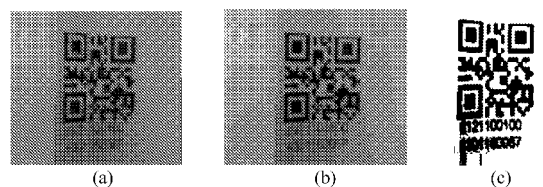


图 3 二维条码图像预处理

Fig. 3 Two-dimensional barcode image preprocessing

(a) 捕获的图像 (b) 灰度化处理结果 (c) 二值化处理结果

2.3 条码的定位与矫正

手机摄入的条码会存在倾斜和扭曲的现象, 因此需要进行校正。由凸包算法获取到具体的条码位置后还需要获取条码的倾斜角度, 然后进行旋转, 图像经过旋转后, 某些原来初始坐标点为整数的点经过空间变换到新的位置, 其新的位置不一定是整数, 因此需要作一些插值运算, 以保证初试点的灰度变换到新位置后灰度不会发生很大的误差。旋转时采用双线性插值法, 双线性插值相比最邻插值不会产生锯齿形的边界, 更有利于条码的识别。图 4 为拍摄条码二值化的 4 个顶点坐标位置的变换图。

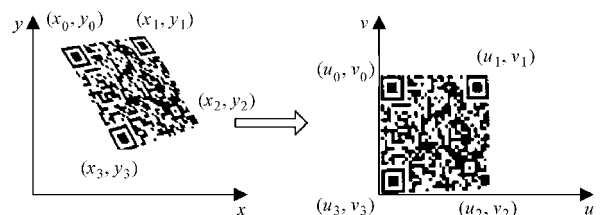


图 4 条码坐标变换图

Fig. 4 Coordinate transformation of barcode corners

由于 QR 码符号中可能存在污损, 导致数据读取错误, 因此在译码前, 对得到的数据需进行纠错, 以提高 QR 码的可识读性, 本文采用 Reed - Solomon 码对数据进行纠错。

2.4 数据解码

经过条码预处理采样后,得到了深浅模块所代表的0或者1位。对比特序列解码即可获得QR码中的信息。具体包括以下步骤:

(1) 利用采样后计算得到的模块宽度,先粗算版本号,因为只有版本6以上的符号才具有版本信息,粗算版本在6以上的符号,再精算确定版本号。

(2) 识读格式信息,包括去掩模、格式信息纠错、获得纠错等级及掩模图形参考。

(3) 根据掩模图形参考生成相应的掩模图形,与采样后的比特序列进行异或运算。

(4) 根据模块排列规则,重新排放各比特序列,恢复成相应的数据码字和纠错码字。

(5) 根据纠错等级和符号版本所对应的纠错生成多项式,对数据码字纠错,恢复正确信息。

(6) 根据模式指示符及字符计数指示符,按照相应的编码规则,划分数据码字并解码。

(7) 判断手机编码格式。不同操作系统的手机平台,编码格式也不同,在对字节模式数据进行解码时,需要判断数据字节的编码格式为UTF8或GB2312,再按相应的格式进行解码。字节编码格式识别流程如图5所示。

3 系统应用测试

本文以满足消费者快速追溯农产品为目的,采用Symbian S60为开发平台,Symbian C++作为开发语言,开发了基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统。消费者在购买带有QR码标签的农产品时,使用该系统可以快速获取农产品中的追溯信息,增加消费者对所购买农产品的了解。

选择测试该系统的手机终端应遵循以下两个原则:一是支持自动对焦,通过手机的自动对焦功能,系统获取的图像更清晰;二是方便安装,系统可通过计算机安装到手机,或者直接使用手机扩展存储卡安装。根据以上原则,最终选择满足以上要求的Symbian S60平台的Nokia 3款手机5730XM、E66和E71作为测试终端。

为测试该系统识别不同材质包装袋上QR码的识别时间、识别率、准确率和最佳识别距离,设计如下实验:使用智能手机Nokia 5730XM作为实验终端,实验样本有2组,每组10张规格相同的条码(编码模式为字节编码模式,纠错等级为L,掩模图形自动选择),编码内容均为10个数字、15个汉字,其中第1组的10张样本为喷印在雪花粉包装袋上的条码,第2组的10张样本为打印在标签纸上的QR条码,识别时间为从条码图像进入采集区域到成功识

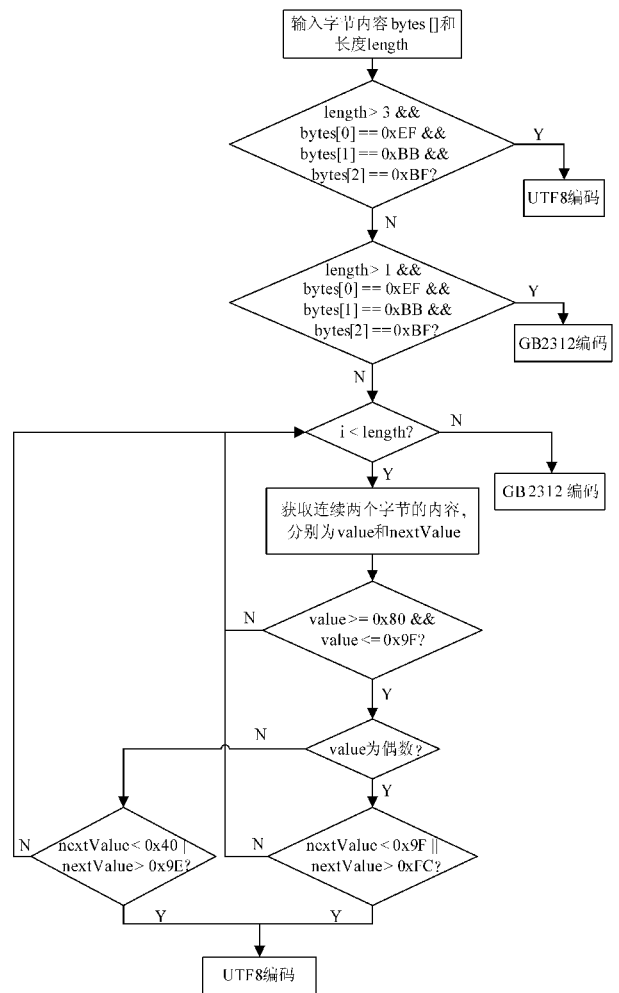


图5 字节编码格式识别流程

别(系统解析出条码信息)花费的时间,识别时间超过10s视为识别失败,识别率为在10s内识别出条码内容的数量与总条码数的比值,准确率为识别出条码的内容与编码内容相符的条码数与可识别条码总数的比值。

分别对2组条码与手机摄像头不同距离的位置进行识别测试,距离范围选择为5~15cm,如果距离小于5cm,则条码不能完全包含于对焦窗口;距离大于15cm,识别时间将大大增加。在每个距离处对每组条码分别测试10次,计算其每个距离处的平均识别时间,标签纸上条码的识别时间记为 T_{Ld} ,包装袋上条码的识别时间记为 T_{Wd} , d 表示摄像头与条码的距离($6\text{ cm} \leq d \leq 14\text{ cm}$)。通过对识别时间的记录和比较,计算平均识别时间和识别率,结果如表1所示,通过对结果分析,食品包装袋上条码平均识别时间为7.3s,识别率为67.8%,而标签纸上条码的平均识别时间为5.1s,识别率为75.6%。最佳识别范围为8~11cm之间,识别率均为100%,在识别距离为10cm处,平均识别时间最短,雪花粉包装袋上的识别时间 T_{W10} 为6.4s,条码标签纸上识别时

间 T_{L10} 为 3.4 s。其中所有条码的识别结果与编码内容相符,识别的准确率为 100%。经过对所有样本的测试,结果表明,使用 Nokia E66 和 Nokia E71 对该系统进行了同样的测试,实验结果类似。

表 1 QR 码识别测试结果

Tab. 1 Recognition testing results of QR code

与手机摄像头 的距离/cm	标签纸		包装袋	
	识别率 /%	识别时间 T_{Ld}/s	识别率 /%	识别时间 T_{Wd}/s
6	40	7.2	20	8.1
7	100	4.4	90	7.3
8	100	3.9	100	6.9
9	100	3.8	100	6.7
10	100	3.4	100	6.4
11	100	3.5	100	6.6
12	90	5.2	70	7.7
13	30	6.4	20	7.9
14	20	7.9	10	8.3
平均值	75.6	5.1	67.8	7.3

该系统在内蒙古某面粉集团真空包装雪花粉质量安全追溯系统中应用,喷码机将生成的 QR 码喷于雪花粉包装袋上,条码规格为 18 mm × 18 mm,消费者使用手机扫描雪花粉包装袋上的 QR 码,可以得到雪花粉的相关信息和追溯号,具体应用效果如图 6 所示。使用该系统,消费者在购买行为产生前



图 6 系统应用示例

Fig. 6 Application of the system

可了解农产品的相关信息,同时为企业保护自己的品牌和政府监管提供了一种新的方法。

4 结论

(1) 针对现有农产品质量安全追溯系统中追溯码查询手段存在的问题,以 QR 码为研究对象,对基于手机的条码采集和识别技术进行研究,构建了一个基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统。采用自动对焦方式识别条码,保证能够拍摄到较清晰的图像,提高条码的识别率。

(2) 对在不同材质上的相同的条码进行识别,并对结果进行分析。条码识别时间与标签背景的材质有关,包装袋比标签纸上条码识别时间稍长,另外,拍摄远近也会影响条码识别的效果,与手机摄像头距离 10 cm 处识别效果最佳。

参 考 文 献

- 方炎,高观,范新鲁,等. 我国食品安全追溯制度研究[J]. 农业质量标准,2005(2):37~39.
- 王立方,陆昌华,谢菊芳,等. 家畜和畜产品可追溯系统研究进展[J]. 农业工程学报,2005,21(7):168~174.
Wang Lifang, Lu Changhua, Xie Jufang, et al. Review of traceability system for domestic animals and livestock products[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(7): 168~174. (in Chinese)
- 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)
- 杨信廷,孙传恒,钱建平,等. 基于流程编码的水产养殖产品质量追溯系统的构建与实现[J]. 农业工程学报,2008,24(2):159~164.
Yang Xinting, Sun Chuanheng, Qian Jianping, et al. Construction and implementation of fishery product quality traceability system based on the flow code of aquaculture[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(2):159~164. (in Chinese)
- 杨信廷,孙传恒,钱建平,等. 基于 UCC/EAN-128 条码的农产品质量追溯标签的设计与实现[J]. 包装工程,2006,27(3):311,411.
Yang Xinting, Sun Chuanheng, Qian Jianping, et al. Design and implementation of quality traceable label for farm products based on UCC/EAN-128 bar code[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3):311,411. (in Chinese)
- 郭建宏,钱莲文. 二维条码在蔬菜产品质量追溯中的应用[J]. 武汉理工大学学报,2010,32(21):110~114.
Guo Jianhong, Qian Lianwen. 2-D barcode application in the traceability of vegetables[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2010, 32(21):110~114. (in Chinese)
- Xiong B H, Fu R T, Lin Z H. A solution on pork quality traceability from farm to dinner table in Tianjin city, China[J]. Agricultural Sciences in China, 2010, 9(1): 147~156.
- Regattieri A, Gamberi M, Manzini R. Traceability of food products: general framework and experimental evidence[J].

Journal of Food Engineering, 2007, 81(2): 347 ~ 356.

- 9 Inerney B M, Corkery G, Ayalew G, et al. Preliminary in vivo study on the potential application of a novel method of e-tracking to facilitate traceability in the poultry food chain[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2011, 77(1): 1 ~ 6.
- 10 杨信廷, 孙传恒, 钱建平, 等. UCC/EAN - 128 条码在农产品安全追溯中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(1): 242 ~ 244.
Yang Xinting, Sun Chuanheng, Qian Jianping, et al. Application of UCC/EAN - 128 bar code technology in agricultural product safety traceability system[J]. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(1): 242 ~ 244. (in Chinese)
- 11 Fröschle H K, Gonzales-Barron U, McDonnell K, et al. Investigation of the potential use of e-tracking and tracing of poultry using linear and 2D barcodes[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 66(2): 126 ~ 132.
- 12 Inerney B M, Corkery G, Ayalew G, et al. A preliminary in vivo study on the potential application of e-tracking in poultry using ink printed 2D barcodes[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 73(2): 112 ~ 117.
- 13 孙传恒, 刘学馨, 丁永军, 等. 基于嵌入式 Linux 技术的农产品流通追溯系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 208 ~ 214.
Sun Chuanheng, Liu Xuexin, Ding Yongjun, et al. Design and realization of agricultural products circulation traceability system based on Linux embedded technology[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4): 208 ~ 214. (in Chinese)
- 14 杨信廷, 钱建平, 范蓓蕾, 等. 农产品物流过程追溯中的智能配送系统[J]. 农业机械学报, 2011, 42(5): 125 ~ 130.
Yang Xinting, Qian Jianping, Fan Beilei, et al. Establishment of intelligent distribution system applying in logistics process traceability for agricultural product[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(5): 125 ~ 130. (in Chinese)
- 15 宋维平, 熊本海, 孙振钧, 等. 基于智能手机的鸡病辅助诊治系统开发与应用[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 220 ~ 226.
Song Weiping, Xiong Benhai, Sun Zhenjun, et al. Development and application of assistant system for diagnosing chicken diseases based on smart mobile phones[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4): 220 ~ 226. (in Chinese)
- 16 王文豪, 张亚红, 朱全银, 等. QR code 二维条形码的图像识别[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(10): 123 ~ 126.
Wang Wenhao, Zhang Yahong, Zhu Quanyin, et al. Image recognition in 2-D bar code based on QR code[J]. Computer Technology and Development, 2009, 19(10): 123 ~ 126. (in Chinese)
- 17 李舜, 陈伟, 陈适. Symbian OS 环境中用活动对象处理非抢占式多任务的安全性分析[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学, 2007, 31(3): 537 ~ 539, 551.
Li Shun, Chen Wei, Chen Shi. Research on security of using the active objects to deal with non-preemptive multitasking in symbian OS[J]. Journal of Wuhan University of Technology: Transportation Science & Engineering, 2007, 31(3): 537 ~ 539, 551. (in Chinese)
- 18 侯茂清. Symbian 手机应用开发标准教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- 19 冯华君, 毛邦福, 李奇, 等. 一种用于数字成像的自动对焦系统[J]. 光电工程, 2004, 31(10): 69 ~ 72.
Feng Huajun, Mao Bangfu, Li qi, et al. An auto-focusing system used for digital imaging[J]. Opto-electronic Engineering, 2004, 31(10): 69 ~ 72. (in Chinese)
- 20 刘东红, 周建伟, 莫凌飞. 物联网技术在食品及农产品中应用的研究进展[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 46 ~ 52.
Liu Donghong, Zhou Jianwei, Mo Lingfei. Applications of internet of things in food and agri-food areas[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(1): 46 ~ 52. (in Chinese)