

文章编号:1008-1534(2017)05-0362-06

# 基于可视化技术的农产品防伪溯源 监控系统设计

曹东方<sup>1</sup>, 杨 慧<sup>2</sup>

(1. 河北科技大学信息化建设与管理中心, 河北石家庄 050018; 2. 北京亮点思达科技发展有限公司, 北京 100000)

**摘 要:**随着中国农产品物流规模不断壮大, 农产品物流系统无法从源头保证产品采摘、包装、物流中的可信性。为了解决这个问题, 提出一种现场作业可视化系统, 即将可视化技术应用于农产品防伪溯源监控系统中, 从而满足远程管理的需求。对相关可视化技术的一般方法进行了分析, 选择 COFDM 作为主要解决方案。农产品防伪溯源监控系统有效克服了复杂环境下的各类干扰, 将物流中的实时监控信息传送到中继通信和监控设备上, 并依托公用通信网络或专用通信网络进一步实现广域范围内的实时高质量监控图像传输、存储和浏览。通过实时现场视频监控, 消费者可以保证买到真实可信的高质量农产品; 生产者可以提高农产品的生产、运输效率, 还可以提升相应产品的信誉, 促进高质量农产品的销售。

**关键词:**计算机图像处理; 可视化技术; 视频监控; 农产品物流监控; COFDM; 数字水印防伪

**中图分类号:** TP391      **文献标志码:** A      **doi:** 10.7535/hbgykj.2017yx05009

## Design of agricultural product digital watermark anti-fake technology monitoring system based on visualization technology

CAO Dongfang<sup>1</sup>, YANG Hui<sup>2</sup>

(1. Information Construction and Management Center, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang, Hebei 050018, China; 2. Beijing Bright Star Technology Development Company Limited, Beijing 100000, China)

**Abstract:** With the increasing scale of agricultural products logistics in China, the logistics system of agricultural products cannot guarantee the credibility of product picking, packaging and logistics from the source. In order to solve the problem, this paper puts forward a kind of visual system of field operation, which is applied to the agricultural product digital watermark anti-fake technology monitoring system in order to meet the needs of remote management. In this paper, the general methods of related visualization technology are analyzed, and COFDM is selected as the main solution. The digital watermark anti-fake technology monitoring system of agricultural products can effectively overcome all kinds of interference in the complex environment, and transmit the real-time monitoring information to the relay communication and monitoring equipment. Finally, based on the public communication network or the private communication network, the real-time high quality monitoring image transmission, storage and browsing are realized. For consumers, through real-time live video surveillance, they can guarantee to buy authentic high-quality agricultural products. For producers, it can improve

收稿日期:2017-03-12; 修回日期:2017-08-25; 责任编辑:陈书欣

基金项目:河北省科技支撑项目(15214705D)

第一作者简介:曹东方(1973—),男,河北邢台人,副研究员,硕士,主要从事网络信息化方面的研究。

E-mail:caodf@hebust.edu.cn

曹东方,杨 慧.基于可视化技术的农产品防伪溯源监控系统设计[J].河北工业科技,2017,34(5):362-367.

CAO Dongfang, YANG Hui. Design of agricultural product digital watermark anti-fake technology monitoring system based on visualization technology[J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2017, 34(5): 362-367.

the production and transportation efficiency of agricultural products, improve the reputation of the corresponding products, and promote the sale of high-quality agricultural products.

**Keywords:** computer image processing; visualization technique; visual monitoring; agricultural product logistics monitoring; COFDM; digital watermark anti-fake technology

## 1 农产品物流监控概述

随着现代农业的不断发展,农超对接等新的经营模式不断涌现,农产品物流规模和要求也随之不断提高。在农超对接等新的经营模式下,大型超市对生鲜农产品的配送时效性和物流过程中农产品的损耗都提出了更严格的要求。传统的农村专业合作社的运输手段比较单一落后,难以达到大型超市对物流的要求,物流过程中经常需要比较专业的指导意见,因此,对农产品物流过程的全程监控、全程指导提上了日程。农产品物流监控系统的设计目标就是从海量的物流数据(例如状态信息、运输信息和物品存储信息等)中快速搜索到关键信息,并完成现场人员和远程指挥间的实时协同。

目前,对农产品物流监控的研究主要包括两方面:一是通过GPS、Zigbee、温湿度检测系统等地理信息、无线通信与环境监测系统实现对鲜活农产品的实时监控,保证农产品在运输过程中能够做到不受或少受损害,保持新鲜,降低运输过程中造成的农产品损耗;二是借助条码、无线射频识别技术(radio frequency identification, RFID)<sup>[1]</sup>等电子识别技术,实现对农产品的追本溯源,确保农产品来源的可信性。然而,RFID在信息追溯管理中的设计和应用,更多的是基于规模化工业生产情景下的应用,对于最迫切、最需要打消消费者疑虑的各种小规模、分散型的农业生产和物流过程,却无法从源头保证产品采摘、包装、物流中的可信性。

采用可视化监控系统对农产品进行全程实时视频监控,尤其是通过对传统上最难以保证可信性源头的生产现场的采摘、包装以及物流过程进行实时监控,可以实现有效的追本溯源,大大提高农产品的可信性,还可以在生产、物流过程中及时发现问题,由专家与生产者通过视频对话面对面地交流经验、解决问题。从消费者的角度出发,通过实时现场视频监控可以保证买到真实可信的高质量农产品,从生产者角度出发,可以提高农产品的生产、运输效率,还可以提升相应产品的信誉,促进高质量农产品的销售<sup>[2]</sup>。由于受农业生产现场地形、植被、金属构件的影响,传统的安防视频监控系统都不能稳定、可靠的工作,因此,研发能克服地形、植被和大棚等金属构件影响,保持稳定可靠工作的单人便携式实时

视频监控系统,即建设一套基于可视化技术的农产品物流监控体系,对于促进高品质农产品的生产和销售非常有意义。

## 2 可视化监控系统简介

基于图形学的可视化技术提供了一种新的数据传输思路,即将枯燥的数据转化为图形,表达丰富信息的同时更能够准确、直观地被人们所接受<sup>[3]</sup>。可视化监控系统指的是使用现有的视频技术和网络技术,对需要监控的区域进行探测和监视,并且在控制中心实时显示现场的图像系统,系统还提供录像功能,可以将现场的图像存入中心数据服务器,以备出现事故时检索和显示历史图像。通常可视化监控系统分为有线制式可视化监控系统和无线制式可视化监控系统。传统的各类视频监控系统无论采用数字式还是模拟式信号,都主要采取有线方式传输视频信号。因此,存在监视区域固定、距离远、视角差等问题。

无线可视化监控系统利用无线技术进行视频数据传输,避免了有线监控线路一旦部署后移动变更困难的缺点,回避了室外工作量大且不便的问题,具有施工成本低廉、工作灵活性高、维护难度低等优点,可以有效地解决上述有线可视化监控系统中存在的大部分问题<sup>[4]</sup>。因此,近年来各类便携式无线监控设备得到了广泛的应用和蓬勃发展。无线可视化监控所采用的技术主要分为以下几类:模拟信号传输、数字/网络电台、GSM/3G/4G、扩频/数字微波、WiFi、卫星、编码正交频分复用(coded orthogonal frequency division multiplexing, COFDM)<sup>[5]</sup>技术等。模拟信号传输、WiFi等抗干扰能力较弱,扩频/数字微波、卫星等维护成本或租赁费用较高。

基于COFDM的无线图像传输系统采用了正交频分复用调制技术,可以在丘陵、山地、丛林等各类复杂环境中,在高层建筑遮挡、各类干扰源以及各类复杂地貌遮挡的条件下或者在移动的环境下连续传输高质量的影音数据和报警数据,可广泛应用于各类应急救援现场的实时图像采集<sup>[6]</sup>。农产品物流可视化监控系统能够克服复杂环境下的各类干扰,将高质量的农产品物流作业现场的实时监控图像信息传送到中继通信和监控设备(车载监控装置等),

并依托公用通信网络和专用通信网络进一步实现广域范围内的实时高质量监控图像传输、存储和浏览。本文采用的是无线视频监控系统中的 COFDM 调制技术。

### 3 系统设计

#### 3.1 系统设计目标

用于农产品物流的可视化监控系统在实际建设方面,依据先进、可靠、合理、适用的原则,设计完成具有高清图象抓取和声音抗干扰录制功能,通过无线传输方式,将现场信息实时展现给管理人员,并保持在各种复杂环境下的稳定传输<sup>[7]</sup>。最终实现一个结合农产品物流系统生产管理运行机制的远程、实时、可视化、信息共享的农产品物流移动视频监控平台。

#### 3.2 技术方案

为从源头保证农产品的采摘、包装以及物流中的可信性,农产品物流监控系统要进行全程实时视频监控。由于受农业生产现场地形、植被以及环境的影响,本方案设计要求视频监控系统的发射端和接收端无论是在静止还是在快速移动过程中,或者在有建筑物或其他地貌遮挡时,都能够稳定连续地传输清晰流畅的语音信号和视频图像信号。在参考目前国内外先进的技术方案后,本系统最终选择了

基于 COFDM 的无线视频监控方案<sup>[8]</sup>。

COFDM 是正交频分复用调制技术与信道编码技术的完美结合,属于特殊的多载波通信方案,解决了多径环境中的信道选择性衰落和信道平坦性衰落,代表了无线视频传输的发展方向<sup>[9]</sup>。近些年,基于 COFDM 技术的 DSP 芯片已成为一时之选,已经开发出多种实用产品。这种技术的优点在于可以充分利用频道资源,有效地免疫各种杂波噪音干扰,适用于在非可视和有各类建筑和复杂地貌阻挡的环境下使用<sup>[10]</sup>。

#### 3.3 系统总体结构

农产品物流可视化监控系统以军用战场监视系统和战场感知系统所采用的“微波无线数传电台”为基础,系统基于 COFDM 等先进技术,实现广播级高清画面实时传输,旨在提供适合城市、郊区等复杂环境中农产品物流系统下的视频监控系统<sup>[11]</sup>。

生鲜易腐的农产品物流过程大体如下:采摘→采后预冷→包装并贴 RFID 标签→冷藏车运输→批发站冷库→超市冷柜→消费者冰箱。为了从源头保证农产品采摘、包装以及物流中的可信性,在农产品的全过程中都要应用可视化监控系统<sup>[12]</sup>。

农产品物流可视化监控系统由智能头盔、便携式主机系统、微波无线数传电台、数据传输与存储系统、显示终端盒可视化指挥系统软件组成,如图 1 所示。

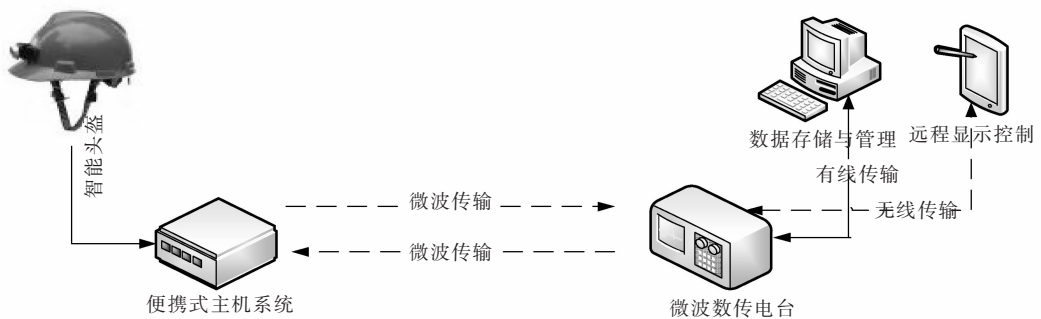


图 1 农产品物流可视化监控系统组成

Fig. 1 Agricultural products logistics visualization monitoring system component diagram

智能头盔把从农产品采摘、包装以及物流过程中遇到的问题采集成图像和语音数据,通过数据总线传给便携式主机系统,然后通过主机进行编码和压缩加密后,利用数据传输系统和基于 COFDM 的微波无线数传电台将其发射出去。另一台固定设置的微波数传电台可以接收单兵主机发过来的音视频数据<sup>[13]</sup>,然后实时地通过无线方式显示在现场手持设备(如 PDA, iPad)上,也可通过有线的方式将数据传送到计算机终端;在计算机终端可以利用可视化农产品物流管理软件直观地浏览智能头盔采集到

的以第 1 人称视角呈现的图像数据和语音数据<sup>[14]</sup>。全程实时监控,保证了农产品的可信源头。智能头盔采集到的视频和语音数据,可进行实时存储、回放,也可制作成带时间戳的防伪监控视频信息或作业考核内容,供以后使用。在 PC 终端或现场的监管人员,还可以根据视频画面,实时与农产品物流操作人员进行双向通信,起到指导生产、保护安全、监控防伪的作用<sup>[15]</sup>。

智能头盔和便携式单兵主机可以很灵活地进行组网,可轻松地实现一对多的音视频数据采集加密

传输。除通过微波数传电台传输视频数据外,也可根据现场具体情况,通过 3G, WiFi 等不同传输方式实现在远程局域网上的访问<sup>[16]</sup>。

### 3.4 系统硬件配置

#### 3.4.1 智能头盔系统

智能头盔系统主要由 4 部分组成,分别为视频采集模块、骨传导耳机模块、喉振麦克和辅助模块。具体功能描述如下<sup>[17]</sup>。

视频采集模块:采用 CCD540 高线摄像机,图像可达 D1 标准,保证图像清晰。可以根据用户需求采用不同的高清晰度摄像机、红外线摄像机等特种视频采集模块,灵活搭配。

骨传导耳机模块:其原理是通过头部骨结构的振动将声音直接传到耳神经。由于通过骨结构振动的原理而无需通过空气进行传导,因此即使堵住双耳,也可清晰地听到骨传导耳机传来的声音,所以有很强的抗干扰能力。在非常喧嚣吵闹的地方,也能清楚地听到传过来的声音<sup>[18]</sup>。

喉振麦克模块:通过精密传感器取得喉部皮肤振动获得声音信号,哪怕是在强噪音环境下也能保持正常通话;具有通话稳定、音质清晰的优点,不像传统麦克易受外界嘈杂环境的干扰。

辅助模块:包括夜间照明部件,各种转换接头和

适配器<sup>[19]</sup>。

#### 3.4.2 便携式主机系统

便携式主机采用嵌入式操作系统,具有低能耗、高可靠性的优点,是整个视频监控系统的核心和大脑,负责将喉振麦克采集到的语音数据以及高速摄影机采集到的图像数据,经过便携式主机进行编码加密和压缩,同时嵌入难以仿制的数字水印,然后通过数据传输模块和微波数传电台将编码后的数据发送出去<sup>[20]</sup>。

#### 3.4.3 数传电台

本系统采用的是一款自行设计制造的信号覆盖范围广、数据传输速率高、安全性能优秀的军标级专业数据传输电台设备,在音视频数据采集控制、数据加密及高速传输等方面的性能卓越。该设备采用正交频分复用技术,支持利用多径进行传输,可以接收分集,大大提高了电台信号的有效覆盖范围。电台工作频段是由 ITU 下属无线通信委员会定义的 ISM 频段,该频段开放于医学、工业、科学 3 类机构使用,属于 Free License,无需授权许可。传输速率可超过 20 MB/s,传输距离可超过 15 km,为无线监控系统提供了一种长距离、高速率的无线传输方案。具体设计参数如表 1 所示。

表 1 数传电台设计参数

Tab. 1 Data transmission radio design parameters

名称	物理接口	传输距离	射频调制	数据接口	IP	物理特性
参数	射频接口	非视距市区	输出功率 10~28 dBm	以太网 100 BaseT	动态分配	密封等级 IP66
	RPSMA	500~1 000 m	信道带宽 10 MHz			
	防水型接头	视距 15 km	传输速率:最大 20 MB/s			
			载波调制 OFDM			
			接收灵敏度 -94 dBm			

### 3.5 系统软件设计

农产品物流监控系统后台配套的可视化监管系统软件,是一种分布式、网络化的视频图像监控和集中管理平台。此平台将农产品物流采集设备中采集的多组监控视频、音频数据以及各类报警数据进行数字化处理后,再进行编码、压缩和嵌入数字水印加密,这样就具备防伪追溯功能,配合后续运输环节的印刷防伪、RFID 防伪等实现全流程的防伪追溯。通过 TCP/IP 协议,将这些数据传送到农产品物流监控网络上,物流监控中心通过网络接收这些数据,进行即时管理和全程监控,通过电视墙的方式,支持多组监控数据的实时传输和存储,并能通过网络对多个农产品作业现场进行监控、管理、指挥以及防伪追溯<sup>[21]</sup>。

### 3.6 系统功能

农产品物流可视化监控系统具有的功能如图 2 所示。

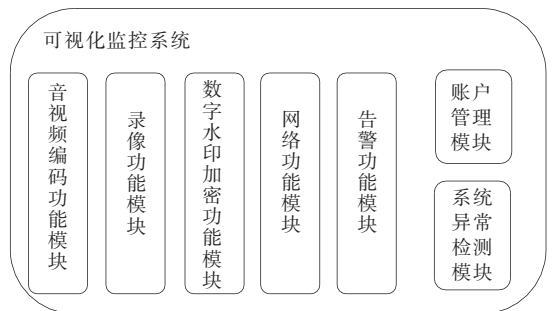


图 2 可视化监控系统功能模块设计

Fig. 2 Function module design of visual monitoring system

音视频编码功能:依照 ITU 音视频编码标准,支持 RTP 打包和 PS 打包的 H. 264, MPEG4, MPEG2, MJPEG 视频编码标准, RTP 流用于网传, PS 流用于录像。支持 WD1, 4CIF, 2CIF, CIF, QCIF 等多种分辨率。此功能在农产品物流全程实时监控中的采摘、包装、物流以及生产者与专家通过视频对话面对面交流经验、解决问题中都有涉及。仅采摘环节采取头盔方式,客户可以采取实时在线观察方式(类似于饭店的透明厨房),也可以采取事后调阅加密录像的方式,通过数字水印进行防伪追溯。其他环节的视频监控视需要而定。

录像记录功能:实现实时和非实时图像抓取功能。支持多种视频记录触发模式,支持定时视频记录,移动侦测触发记录,开关量报警触发记录,手动记录等。移动侦测主要用于对生产现场的全天候监控。此功能是通过农产品物流可视化监控系统中的数据存储与管理模块来实现,用于对农产品物流监控中通过智能头盔采集到的音视频进行存储,供以后使用。

数字水印加密功能:通过对采集和编码后的多媒体文件嵌入数字水印,可以保证视频监控文件的完整性和准确性,防止视频被伪造、剪辑和修改,客户采用笔者提供的水印算法就可以实现对采摘视频的防伪溯源。数字水印加密密钥采用公钥、私钥相结合的方式,设置多层次保密标识,实现分级和分权限管理。

网络功能:实现音视频数据信号的传输功能。对于视频流,支持 RTSP/RTP 的标准流媒体协议。支持 RS232 和 RS395 透明通道传输。支持监控席和现场之间的双向语音对讲功能。监控端可以采取电视墙的方式对所有视频进行预览。在网络传输方面,支持 PPPoE 拨号,通过 PPPoE 拨号接入 Internet。此功能应用于农产品物流监控的全过程<sup>[22]</sup>。

告警功能:通过移动图像侦测,可视化监管系统支持各种报警方式,例如开关量报警、蜂鸣式报警,以及报警数据传送监控中心等,还可以调用监控设备到设定的预置点,或者按照预定轨迹和设定巡航路径进行监控,并且联动 PTZ。监控服务器提供开关量报警输入接口以及多路报警输出。此功能在农产品物流监控系统中,通过对采集到的信息进行分析处理,发现异常情况立即发送报警信息给相关人员,实现远程控制。

系统异常检测模块:包括断网报警、IP 地址冲突报警、硬盘满报警、硬盘错报警、视频信号异常报警、网络入侵报警等,支持短信报警、传真报警、邮件报警、开关量输出、蜂鸣报警、上传报警数据到监控

中心等多种处理方式。软硬件看门狗还可以检测系统中重要的模块和核心进程是否出现异常。当出现异常时,利用系统故障自检系统进行系统的自检跟修复,如果修复无效,就自动重启设备,全面恢复初始设置,排除故障。

账户管理模块:用于对系统中的管理者和现场操作者账户进行管理。

## 4 系统实现与应用

### 4.1 功能实现

通过设计新型的单人移动式实时可视化视频监控系统,实现了在山地、丘陵、茂密植被遮挡、大棚等各类复杂环境和强干扰下稳定的实时视频监控和双向语音交流,并将其运用在农产品物流监控系统中,从而全面提高了农产品物流系统在监控、防伪、追溯、远程管理方面的工作效率,尤其是解决了追溯体系中最为困难的农产品生产现场的采摘、包装过程的现场视频监控和防伪溯源,保证了体系源头的可靠性。每位顾客的定制化产品从采摘到包装环节依赖于带数字水印的加密视频监控,实现可靠的防伪溯源,密封包装后的运输、售卖等环节则采用传统防伪手段来保障农产品的可追溯性,从而实现全流程闭环管理。系统具有信息提供量大,信息提供全面,适用范围广,管理反应延时低等优点。通过进一步与无线传感网(WSN)结合实现农产品物流环节的环境数据采集,通过和 RFID 结合实现对农产品的身份标识和溯源,最终实现对优质农产品从田间地头到消费者的全程无缝监控,帮助传统分散式、小作坊型农户向互联网+电商的智慧型农业转型。此外,移动式的实时视频监控和双向语音交流还为农业生产现场监控和专家指导提供了良好的技术平台,有利于在分散场地实现集约化、标准化、工业化的高效农业生产。本文为基于最新可视化技术的农产品物流监控系统提出了完整的技术解决方案,为实现全覆盖的无缝化农产品物流监控管理提供了全方位的技术支持。

### 4.2 应用效果

与目前广泛应用的各类无线视频监控系统,如基于 3G, 4G, WiFi 的无线视频监控系统相比,本文设计的可视化监控系统具有高宽带、高画质、抗干扰能力强的优点。

可视化监控系统采用基于 IP-COFDM 的先进接入技术,具备高速率(最高可达 20 MB/s),对应支持高清 720P/D1(704 \* 576)级别画质,而传统无线视频监控系统在立项状态下仅提供 CIF(352 \* 288)



级别画质。

在传输方面,可视化监控系统在免费 ISM 频段,利用全向天线进行工作,并在接收端采用分集接收。相对比 WiFi 无线视频监控系统 60~1 000 m 的传输距离,本设计支持半径 15 km 无遮挡情况下的传输。同时,由于农业生产现场和物流站点存在大量地形遮蔽、植被遮蔽、金属构件屏蔽和电磁干扰问题,3G 无线视频监控系统传输速率极不稳定。WiFi 无线视频监控系统在高干扰情况下甚至不具备实用价值。本文设计的可视化监控系统可以在各种复杂情况下提供稳定、可靠的传输性能。

## 参考文献/References:

- [1] 侯宝佳. 基于智能手机和 RFID 技术的农产品物流信息系统 [D]. 北京:中国地质大学(北京),2010.  
HOU Baojia. Logistics Information System for Agricultural Products Based RFID and PPC [D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2010.
- [2] 李广武. 大数据在农产品物流管理系统中的应用[J]. 物流技术, 2013(20):97-100.
- [3] 孔令娟,李学工. 农产品物流安全监管系统及模型[J]. 农业展望, 2012,8(7):55-58.
- [4] 兰龙辉,邱荣祖. 二维码技术在农产品物流追溯系统中的应用[J]. 物流工程与管理, 2013,35(9):86-89.  
LAN Longhui, QIU Rongzu. The application of two-dimensional bar code to agricultural product logistics tracing system[J]. Logistics Engineering and Management, 2013,35(9):86-89.
- [5] 李永志. COFDM 技术用于无线图像传输系统的优势[J]. 无线通信技术,2007,16(2):60-62.  
LI Yongzhi. The advantage of COFDM application in the wireless image transmission system [J]. Wireless Communication Technology, 2007,16(2):60-62.
- [6] 刘智琦. 分布式农产品物流配送系统研究[J]. 安徽农业科学, 2011,39(21):13096-13097.  
LIU Zhiqi. Research on distributed logistics distribution system of agricultural products[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011,39(21):13096-13097.
- [7] 杨红妍,吴建平. 农产品物流监控系统设计与开发研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2015,38(1):143-145.  
YANG Hongyan, WU Jianping. The design and development research of agricultural logistics monitoring system[J]. Geomatics & Spatial, Information Technology, 2015, 38(1):143-145.
- [8] 佟金,王亚辉,樊雪梅,等. 生鲜农产品冷链物流状态监控信息系统[J]. 吉林大学学报(工学版), 2013,43(6):1707-1711.  
TONG Jin, WANG Yahui, FAN Xuemei, et al. Monitoring system of cold chain logistics for farm fresh produce[J]. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2013,43(6):1707-1711.
- [9] 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 coldchain logistics[J]. Logistics Technology,2007,26(2):177-180.
- [10] 王绍卜. 基于物联网技术的农产品冷链物流监控系统设计[J]. 中国物流与采购, 2012(16):60-61.
- [11] 张明利,李杰,黄培. 农产品冷链物流车载智能监控系统的应用[J]. 现代农业科技, 2015(18):341-344.  
ZHANG Mingli, LI Jie, HUANG Pei. Application of intelligent monitoring system in cold chain logistics for agricultural products[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2015(18):341-344.
- [12] 刘国梅,孙新德. 基于 WSN 和 RFID 的农产品冷链物流监控追踪系统[J]. 农机化研究, 2011,33(4):179-182.  
LIU Guomei, SUN Xinde. Monitoring and tracking system for agricultural products cold chain logistics based on WSN and RFID [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011,33(4):179-182.
- [13] 付雄新,周受钦,谢小鹏. 农产品物流运输装备智能监测与跟踪技术[J]. 农机化研究, 2010,32(8):166-169.  
FU Xiongxin, ZHOU Shouqin, XIE Xiaopeng. Smart monitoring and tracking technology for transportation equipment of agricultural products logistics [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010,32(8):166-169.
- [14] 吴滔,杨信廷,刘燕德,等. 多源信息感知在农产品生产履历采集中的应用[J]. 农机化研究, 2012,34(8):154-157.  
WU Tao, YANG Xinting, LIU Yande, et al. Agricultural production resume collection base on the multiple source information fusion [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2012,34(8):154-157.
- [15] 张俊. 一种无线视频传感器网络节点模型的设计方案[J]. 中国多媒体通信, 2011(12):62-65.
- [16] 倪志宏,俞建峰. 基于云服务平台的农业生产物联网监控系统[J]. 工业控制计算机, 2015,28(1):45-46.  
NI Zhihong, YU Jianfeng. IOT monitoring and control system for agriculture production based on cloud service platform[J]. Industrial Control Computer, 2015,28(1):45-46.
- [17] 张钦娟. OFDM 系统高速环境下的信道估计研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2013.  
ZHANG Qinjuan. Researches on Channel Estimation of OFDM System in High Speed Environment[D]. Beijing :Beijing University of Posts and Telecommunications,2013.
- [18] 时信华,李克,朱江,等. 多进制多维信号集信道容量分析及其计算[J]. 国防科技大学学报, 2002,24(5):65-69.  
SHI Xinhua, LI Ke, ZHU Jiang, et al. The analysis and calculation of the channel capacity for the M-ary multidimensional signal sets[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2002,24(5):65-69.
- [19] 李振东,潘申富,史海洋,等. 多天线自适应 OFDM 系统[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2004,40(5):840-843.  
LI Zhendong, PAN Shenfu, SHI Haiyang, et al. Multi-antenna adaptive OFDM system[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2004,40(5):840-843.
- [20] LI Y G, WINTERS J H, SOLLENBERGER N R. MIMO-OFDM for wireless communications; Signal detection with enhanced channel estimation[J]. IEEE Transactions on Communications, 2002,50(9):1471-1477.
- [21] LAI S K, CHENG R S, LETAIEF K B. Adaptive trellis coded MQAM and power optimization for OFDM trasmission [C]// Vehicular Technology Conference. Houston; IEEE, 1999:16-20.
- [22] 杨彦波,刘滨,祁明月. 信息可视化研究综述[J]. 河北科技大学学报, 2014,35(1):91-102.  
YANG Yanbo, LIU Bin, QI Mingyue. Review of information visualization[J]. Journal of Hebei University of Science and Technology,2014,35(1):91-102.