



# 基于农业物联网技术的农田“四情”感知决策体系的构建

## 摘要

围绕可持续的绿色精准农业这一目标,针对农田“四情”(苗情、墒情、病虫害、灾情)监测的物联网应用,从农作物生产过程的信息获取、传输、处理、服务4个层面上构建物联网应用系统,内容涉及农田的苗情、墒情、病虫害和灾情的感知,低功耗低成本自组织的无线传输网络,强大处理能力的云服务支撑平台和农作物生产管理决策系统,实现实时监测预警,病虫害防治和灾情评估等功能,为提升农业综合生产能力、抵御自然灾害风险,发展优质高产高效现代农业提供技术支撑。

## 关键词

农业物联网;大田监测;无线传感网;农业

中图分类号 S126

文献标志码 A

收稿日期 2013-06-06

资助项目 安徽省科技攻关计划(1201A01008)

作者简介

严曙,男,博士生,高级工程师,研究方向为智能信息系统.shuyan\_shu@126.com

## 0 引言

我国是农业大国,农业始终是国民经济的基础.实现农业持续稳定发展,长期确保农产品的有效供给,根本出路在于利用农业高新技术发展现代农业.其中,精准农业就是建立在高新技术基础上的新型农业,其核心思想是通过各种方法精心计算出化肥、农药、水分等的需求量,然后再按量施肥、施药和灌溉,节省生产物资,降低生产成本,提高土地的投入产出比,保障农产品安全,提高农产品的质量,同时,还能改善生态环境.但是,其实施的前提必须是能够对农田里的环境参数、地理参数等数据进行实时感知采集,并且还要具备即时传输和快速处理的能力.以“全面感知、可靠传送、智能处理”为主要特征的物联网技术正是处理此类问题的一把利剑,这种具有广泛适用性、带动性和重要战略意义的技术将会对我国农业现代化的发展,产生日益重大而深远的影响。

目前,国内外均有成功应用农业物联网技术的案例.2002年,英特尔公司率先在美国俄勒冈建立了世界上第一个无线传感技术的葡萄园,通过对自动采集的土壤温度、湿度和该区域有害物数量的相关分析,发现了葡萄园气候的细微变化与葡萄酒质量之间的关系.与欧美发达国家相比,我国物联网技术应用几乎与之同步<sup>[1]</sup>.早在1999年,中国科学院就启动了传感网研究,并在无锡建立了无锡微纳传感网工程技术研发中心.近年来,安徽、青海、江苏、黑龙江、山东、新疆、宁夏、北京、上海等地均先后开始了农业物联网技术的示范推广.如2012年,青海玉树灾后重建示范项目温室大棚远程监控系统,让当地藏民坐在家就可以通过手机或电脑实时查看温室大棚室内环境参数和视频图像,还可随时随地控制卷帘机的上卷或下卷动作.安徽省的农业物联网首期工程(2012)也在紧锣密鼓地进行中,拟在蒙城、龙亢、三十岗、芜湖大浦建设4个农业物联网示范点,研制或集成多种作物感知传感器,建立自动信息采集站点,实现农作物生产管理中的气象环境、作物本体、肥水灾情等信息的自动监测和肥水调控。

## 1 物联网技术

物联网技术又称传感器网络技术,虽然其核心和基础仍然是互

1 中国科学院合肥智能机械研究所,合肥,230031

2 中国科学技术大学 自动化系,合肥,230026

联网技术,但是它延伸和扩展了互联网技术的用户终端,实现了物与人、物与物之间信息交换和通讯.农业物联网则是指物联网技术在农业领域内的应用,大多数应用体现在畜禽养殖、果园和温室大棚等设施农业数据自采集方面.从现有的文献来看,具体应用则集中在温室大棚、果园等设施农业中的土壤温湿度和作物生长环境信息<sup>[2-6]</sup>、作物本体信息<sup>[7]</sup>的采集和少量畜牧养殖相关参数的采集以及农业节水灌溉<sup>[8-10]</sup>方面.用户依据实时采集到的数据指导农业生产,采集的数据仅用于各采集点的总体展示和单个采集点的历史曲线展示,缺少农业设施控制,对现实农业生产指导意义有限,对于开放的农田更没有成功的物联网技术应用先例.

农业物联网技术虽然在国内一些省份得到推广示范,但是主要集中在科研院所的示范项目中.本文以某涉农企业农业物联网示范平台为例,从感知层、传输层、数据层和服务层 4 个层次上构成农田“四情”感知决策体系,期望探索一套在生产实践中可行、可用、可靠的方案,也为国内外其他地区大田农业物联网技术应用提供借鉴.

## 2 总体框架设计

采用物联网技术,从感知层、传输层、数据层和服务层 4 个层次构建农田感知决策体系,如图 1 所示.

1) 感知层:通过引进、集成、研发适用于农田采

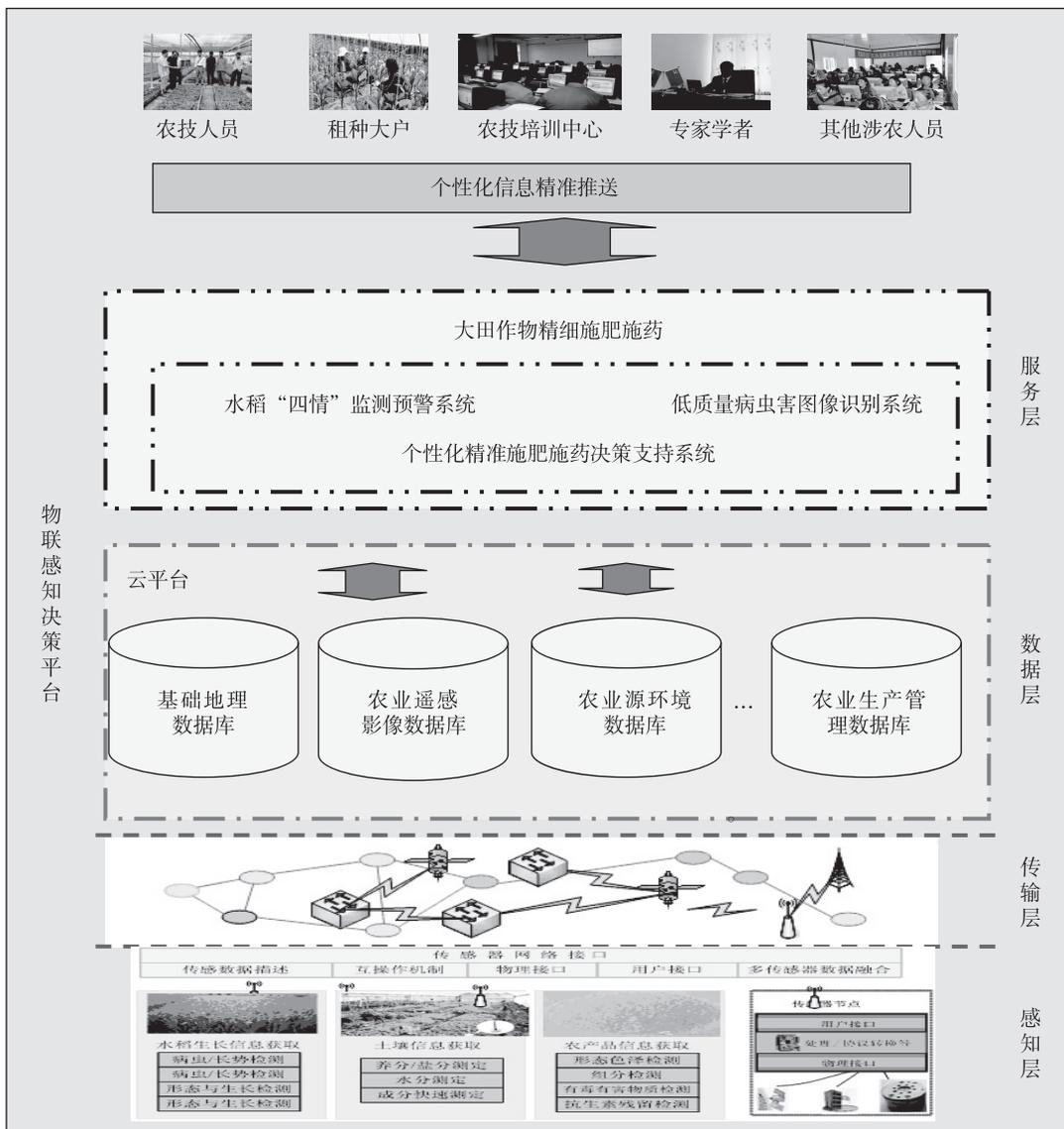


图 1 农田感知决策体系

Fig. 1 Decision system of farmland perception

集农业传感器产品,实现对大田种植气象环境、植物本体、土壤营养成分、植物病虫害等信息的快速获取,从而为上层提供基础数据。

2) 传输层:实现智能农业无线传感网与电信、移动、联通等主流电信运营商多种网络的自适应无缝接入,保证用户能随时随地接入农业物联网。

3) 数据层:针对感知层所产生的实时海量异构农业数据,利用云计算技术,构建农业综合数据云服务平台,整合多种涉及农业生产的农业综合数据库(含遥感影像数据库);构建匹配的作物生长模型、病虫害诊断模型、农业专家知识模型与施肥方案决策模型库等一大批农业知识库与模型库,从而为上层提供数据与知识支撑。

4) 服务层:在数据层基础上,围绕农业物联网应用技术,为决策层、种植大户、科技特派员等提供如数字田块精准、施肥施药、病虫害防治预报等决策支持服务。

### 3 技术方案设计

#### 3.1 大田作物环境感知方案

本系统主要包括采集控制中心、通信链路和采集终端3大部分,其整体结构如图2所示。

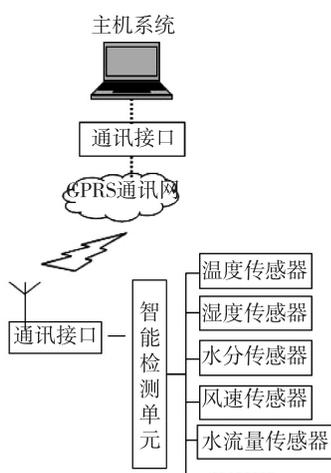


图2 系统总体结构

Fig. 2 Block diagram of system structure

1) 采集控制中心:对各地数据采集分点进行数据汇总、处理分析以及远程控制等。

2) 数据采集点:是需要采集数据的农田现场采样点,对所在的地点进行数据采集,定时向总局控制中心发送。

3) 传感器件:与数据采集设备直接接触的设备,获取当前采集点的环境数据和植物生理数据。

4) 处理设备:把传感器件传送过来的信息进行处理分析,形成约定的数据格式。

5) 通信单元:与计算机串口直接相关的单元设备,在设计上与必要的单片机结合,通过串口,把数据发送给采集控制中心。

#### 3.2 传输层方案

根据农业信息获取特点,在传输距离、网络可靠性、成本等因素基础上,确定网络的拓扑结构,包括星型网络、对等网络和混合网络。为每一个局域无线传感网络配置一台网关,该网关除具有网络协调、节点管理等功能外,还将该无线局域网络接入到互联网,为实现广泛意义上的信息共享提供基础的数据传输服务。网络(图3)主要由数据汇聚节点(sink)、路由节点(router)、普通节点和移动设备(sensor node)等组成。

无线传感器网络的协议架构按照层次结构组成,每一层都分别为临近高层提供一系列特定的服务:数据实体提供数据传输服务、管理实体提供除数据传输之外的其他各种服务。针对农业信息获取中数据量并不是很大的特点,选取 IEEE 802. 15. 4 作为基础网络协议。IEEE 802. 15. 4 定义了低速无线个域网(WPAN)媒体访问控制和物理层规范。参考并应用 Zigbee、CW PAN(中国无线个域网标准)等,针对网络数据的传输,定义相应的传输连接服务和数据传输服务。

无线传感器网络(图3)与电信、移动、联通等主流电信运营商多种网络的自适应无缝接入,保证用户在任何时间、任何地点至少有一种终端可接入农业物联网,享受或发布农业信息服务。

#### 3.3 数据层方案

针对农业物联网的信息化平台对计算、存储、网络资源的巨大需求,利用云计算技术,整合现有的硬件资源,为广大用户提供低成本、方便、灵活、高效的底层资源支撑服务。云计算(cloud computing)是一种新的计算模式,力图改变传统计算系统的占有和使用方式。农业信息服务云平台计算云以网络化的方式组织和聚合现有的计算与通信资源,通过对大规模分布式存储、计算、网络资源的共享,满足千万级农业用户及数以十万计的并发请求,为广大农业用户提供方便、灵活、高效、价格低廉和高质量的服务。最终用户根据自己的需求选择租用相应的服务即可,从而有效降低农业企业和种植大户的信息服务成本。

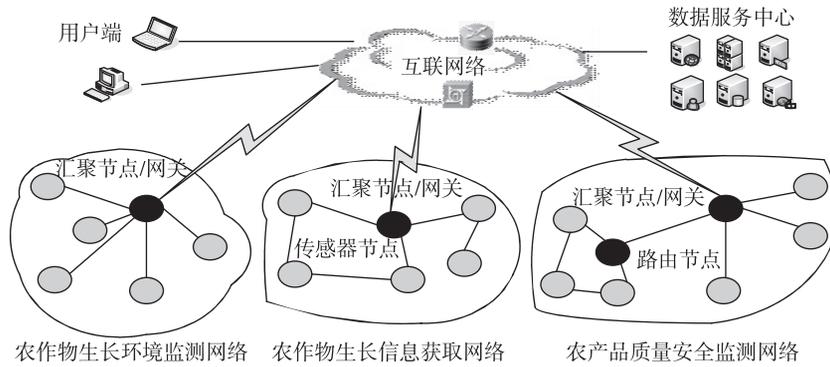


图3 无线传感器网络结构

Fig. 3 Block diagram of wireless sensor network

云服务平台采用分层设计:第一层是云基础设施层(iaas).这一层实现重点将现有分散在各单位的超过1 PB 存储设备、百万亿次高性能计算环境以及网络资源进行优化调度与整合共享,并通过虚拟化技术,向最终用户提供灵活、可定制的底层硬件资源支撑.第二层是平台层(paas).这一层是为进一步方便用户使用,提供运行环境,如 Web 服务集群、应用服务集群、数据库服务集群,开发环境以及租费计算、安全管理、应用管理、监控的运营环境.

以云平台为支撑,重点整合分布在企业各部门或相关单位的基础数据.具体数据内容包括:1)基础地理数据;2)农业影像数据,包括卫星遥感数据、航空遥感数据、近地面视频监控数据、多媒体数据和其他影像数据;3)农业资源环境数据,包括生物资源数据、农业土壤数据、农业气象数据等;4)农业生产管理数据,包括农田地块信息、农业耕作方式数据、农业投入数据、作物养分需求数据、农业投入产出数据等;5)农作物本体数据,包括作物品种数据、作物生育期数据、作物特性数据、植株高度数据、植株密度数据、作物产量数据等;6)农业灾害数据,包括农业病虫害数据、农业风灾数据、农业水灾数据、农业旱灾数据等;7)农业科技信息,包括农业种植技术、农业养殖技术、大米加工技术等.

### 3.4 服务层方案

目前盲目滥施化肥、农药现象严重,高毒有机磷农药滥用、农畜产品农药残留超标、有机肥与无机肥比例失调,造成农业资源污染日益严重.鉴于此,针对大田作物,通过对作物“四情”(苗情、墒情、病虫害情、灾情)的监测预警,低质量病虫害图像识别以及个性化施肥和施药方案决策等技术为支撑,制定科学的精准作业方案,构建大田作物精准施肥与施药

服务系统,进一步提高农作物品质,促进农民增收.

#### 3.4.1 水稻“四情”监测预警系统

以传感器数据、遥感图像、测土施肥数据等为主要数据源,建设水稻“四情”监测预警系统.集成化的“四情”监测预警系统结构如图4所示.

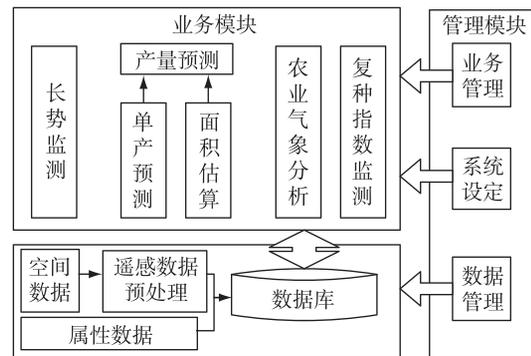


图4 “四情”监测预警系统结构

Fig. 4 Block diagram of monitoring system for the 4-situation perception

1) 长势监测:分为实时监测和过程监测.实时监测利用实时遥感指数,通过计算年际间遥感数据的差值来反映两者间的差异,对差异值进行分级,并分级统计和显示区域的作物生长状况;过程监测可以对 NDVI(或 LAI 等)构建的作物生长过程线进行重构,实现作物生长过程的监测.

2) 单产预测:基于产量趋势分析、农业气象模型、遥感指数模型、生物量-收获指数模型、产量融合分析等,最终实现主要粮食作物的单产估算.

3) 作物种植面积估算:通过遥感解译获取种植耕地的空间分布,并结合自主研发的 GVG 设备采样得到的种植成分数据,进行不同作物种植面积的計算.

4) 复种指数监测:在时间序列 NDVI 数据的基础上,对数据进行滤波平滑,基于峰值提取算法,最终生成区域复种指数分布图。

5) 农业气象分析:首先对气象观测站点的观测数据进行空间插值,然后在此基础上,结合历史平均气象数据,进行区域农业气象条件对比分析。

6) 产量估算:产量估算模块根据以前几个模块中得出的各生产基地作物单产和种植面积数据为输入,进行各生产基地作物总产的计算。

### 3.4.2 低质量病虫害图像识别系统

针对农村实际条件,结合图像处理和智能计算技术、复杂背景的低质量作物病虫害图片的识别技术(图 5),实现大田环境下作物的典型病虫害的及时、准确发现与监测,对常见病虫害识别率超过 90%。

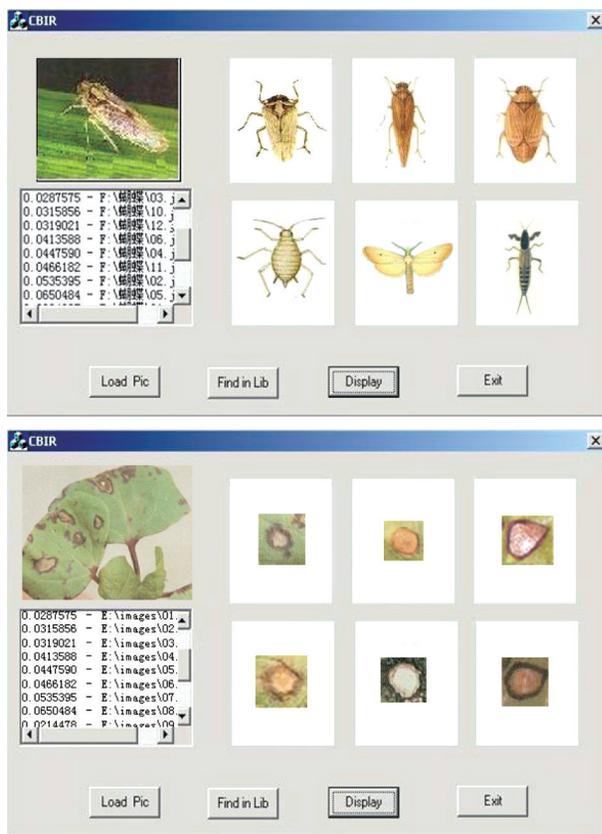


图 5 常见农作物病虫害自动识别

Fig. 5 Automatic recognition of common crop diseases and pests

### 3.4.3 个性化精准施肥施药决策支持系统

通过卫星遥感、农业传感器、测土数据等多尺度异构数据的融合,生成土壤肥力分布图,并根据领域专家知识和施肥模型,形成适合不同生产区域及不同作物品种的精准施肥处方,实现精准施肥。同样,

根据农业传感器及低质量病虫害图像识别系统的分析结果,并根据领域专家知识,形成合适精准施药处方,实现精准施药。

## 4 预期效果

本研究模式构建完成实施运行后,以企业水稻作为实施应用主体,预期实现项目后水稻农残检测合格率达到 90%以上,显著提高病虫害防控水平,减少农药不合理投入;通过智能肥水调控,可减少化学肥料使用量 10%,节水 20%,显著改善水稻产地面源污染;可提高生产的智能化水平,提高生产效率,减轻劳动强度;可建立水稻综合生产快速指导技术体系,解决企业各生产基地专业技术人员不足、新技术推广应用难等问题。同时,采用的高新技术将带动相关产业的快速发展,推动科技进步。

## 5 结论

综上所述,本文按照农业物联网 4 个层次,紧密围绕农业企业绿色精准农业这一目标,针对农田“四情”(苗情、墒情、病虫害、灾情)监测的物联网应用,从农作物生产过程的信息获取、传输、处理、服务 4 个层面上构建物联网应用系统,重点阐述了大田农业物联网应用完备的总体构建思路,并详细从技术方面加以解析。鉴于目前大田农业应用并没有成功的应用先例,本文仅从技术层面加以剖析,提出了一种可行的解决方案,具体应用效果有待在项目实施后总结。

## 参考文献

### References

- [ 1 ] 朱红松,孙利民.无线传感器网络技术发展现状[J].中兴通讯技术,2009,15(5):1-5  
ZHU Hongsong, SUN Limin. Development status of wireless sensor network[J]. ZTE Communications, 2009, 15(5):1-5
- [ 2 ] 韩华峰,杜克明,孙忠富,等.基于 ZigBee 网络的温室环境远程监控系统设计与应用[J].农业工程学报,2009,25(7):158-163  
HAN Huafeng, DU Keming, SUN Zhongfu, et al. Design and application of ZigBee based telemonitoring system for greenhouse environment data acquisition[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7):158-163
- [ 3 ] 孙忠富,曹洪太,李洪亮,等.基于 GPRS 和 WEB 的温室环境信息采集系统的实现[J].农业工程学报,2006,22(6):131-134  
SUN Zhongfu, CAO Hongtai, LI Hongliang, et al. GPRS and WEB based data acquisition system for greenhouse environment [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22

- (6):131-134
- [ 4 ] 李震, WANG Ning, 洪添胜, 等. 农田土壤含水率监测的无线传感器网络系统设计[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2):212-217  
LI Zhen, WANG Ning, HONG Tiansheng, et al. Design of wireless sensor network system based on in-field soil water content monitoring[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(2):212-217
- [ 5 ] 韩安太, 郭小华, 吴秀山. 温室环境控制无线传感器网络的服务质量管理[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1):216-220  
HAN Antai, GUO Xiaohua, WU Xiushan. Quality of service management in wireless sensor networks for greenhouse environmental control[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(1):216-220
- [ 6 ] 熊书明, 王良民, 王新胜, 等. 作物精量灌溉系统的无线传感网络应用开发[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7):143-147  
XIONG Shuming, WANG Liangmin, WANG Xinsheng, et al. Development of wireless sensor networks in precision irrigation system for crop[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7):143-147
- [ 7 ] 高峰, 俞立, 张文安, 等. 基于作物水分胁迫声发射技术的无线传感器网络精量灌溉系统的初步研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1):60-63  
GAO Feng, YU Li, ZHANG Wen'an, et al. Preliminary study on precision irrigation system based on wireless sensor networks of acoustic emission technique for crop water stress[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(1):60-63
- [ 8 ] 张瑞瑞, 赵春江, 陈立平, 等. 农田信息采集无线传感器网络节点设计[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11):213-218  
ZHANG Ruirui, ZHAO Chunjiang, CHEN Liping, et al. Design of wireless sensor network node for field information acquisition[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(11):213-218
- [ 9 ] 李楠, 刘成良, 李彦明, 等. 基于3S技术联合的农田墒情远程监测系统开发[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4):169-174  
LI Nan, LIU Chengliang, LI Yanming, et al. Development of remote monitoring system for soil moisture based on 3S technology alliance[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4):169-174
- [ 10 ] 吴秋明, 缴锡云, 潘渝, 等. 基于物联网的干旱区智能化微灌系统[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1):118-122  
WU Qiuming, JIAO Xiyun, PAN Yu, et al. Intelligent micro-irrigation system based on internet of things in arid area[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(1):118-122

## Construction of decision system for the 4-situation perception of farmland based on internet of things

YAN Shu<sup>1,2</sup> WANG Rujing<sup>1</sup> SONG Liangtu<sup>1</sup>

1 Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Science, Hefei 230031

2 Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230026

**Abstract** The internet of things is employed to construct a network monitoring the four situations of farmland, with the purpose to build sustainable and green precision agriculture. The four situations during crop production, including crop growth, soil moisture, crop diseases & pests, and meteorological disasters, are acquired and transmitted by the low-power, low-cost, self-organized wireless communication network, which are then processed by the powerful cloud services support platform, thus provide data to the crop production management decision system. Integrated with functions of real-time crop growth monitoring, crop diseases & pests recognition and warning, disaster evaluation, this system can provide technical support for improvement in agricultural comprehensive production capacity, prevention of natural disasters as well as the development of high efficient modern agriculture.

**Key words** agricultural internet of things; field monitoring; wireless sensor network; agriculture