

面向农业领域的物联网 监测与控制技术

赵小强 高 强 许曰强 梅永刚 著



科学出版社

面向农业领域的物联网 监测与控制技术

赵小强 高 强 许曰强 梅永刚 著

西安邮电大学学术专著出版基金资助

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书内容为作者多年项目经验的总结,知识涉及面广,内容丰富。本书以工程项目实践应用为特色,全面介绍农业物联网技术,并围绕农业用水安全和农业节水灌溉技术进行深入探讨,结合项目实际需求给出相关系统的设计和技术解决方案。最后依据作者多年的科研经验,对市级现代果业展示中心建设和林果水旱灾害预测预警与风险防范进行详尽的案例分析。

本书可作为电子通信、计算机、仪器仪表以及环境等专业学生的学习参考用书,还可供相关专业的研究生、教学人员、科研和设计人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

面向农业领域的物联网监测与控制技术/赵小强等著. —北京:科学出版社, 2019.3

ISBN 978-7-03-060013-4

I. ①面… II. ①赵… III. ①互联网络-应用-农业②智能技术-应用-农业 IV. ①S126②F32-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 294387 号

责任编辑:宋无汗/责任校对:郭瑞芝

责任印制:张伟/封面设计:陈敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年3月第一版 开本:720×1000 B5

2019年3月第一次印刷 印张:20 3/4

字数:419 000

定价:128.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

当前,我国进入了物联网与现代农业融合发展的新时期,用物联网技术升级传统农业是实现农业现代化的重要途径。推进物联网在农业领域的应用和发展,有利于促进农业生产向网络化、智能化和精细化方向转变,对于提高农业信息化应用水平、促进现代农业发展具有重要意义。

本书是陕西省科技统筹创新工程计划项目(项目名称:“互联网+”偏远地区矿产资源开采环境污染监控系统,项目编号:2016KTCQ01-26)、陕西省国际合作计划项目(项目名称:基于大数据信息决策的智慧农业自动灌溉系统研究,项目编号:2018KW-025)、陕西省科技成果推广项目(项目名称:基于智慧环保的水质远程分析科学决策系统的应用与推广,项目编号:2018CG-007)、陕西省农业攻关项目(项目名称:智慧生态农业自动化控制系统与信息化建设的研究,项目编号:2016NY-178)、陕西省教育厅2018年度服务地方科学研究计划(项目名称:无线智能节水灌溉系统的研制及应用,项目编号:18JC029)、陕西省教育厅专项科学研究项目(项目名称:宜君县土壤种植信息监测系统设计与应用研究,项目编号:18JK0700)、咸阳市科技局2017年度集成示范项目(项目名称:智慧咸阳示范集成,项目编号:2017K01-25-16)、咸阳市科技局软件研发项目(项目名称:乾县阳峪镇现代果园智能灌溉软件研发,项目编号:2017k01-25-7)、西安市科技计划项目(项目名称:智慧农业技术研究-林果园区信息动态感知和无线智能控制系统的研制,项目编号:201806117YF05NC13-2)和西安市科技计划项目(项目名称:兰环智慧环保云及公共服务平台研发,项目编号:2017084CG/RC047-XAYD004)的成果总结,作者以工程实践应用为特色,对农业用水安全和农业节水灌溉进行深入研究,并尽可能详尽地给出系统设计的方案和电路原理,以便读者能够深入的了解更多内容。

本书分为农业物联网技术、农业用水安全、农业节水灌溉和案例分析四篇。第一篇首先对农业物联网的概念、发展现状以及发展趋势等进行概述,让读者对农业物联网技术有大概的了解。其次,以“先监测、后灌溉”的农业用水理念,介绍水质监测系统和节水灌溉系统的设计方案。第二篇介绍水质监测子系统的设计与实现,包括农业水质监测硬件系统、农业水质监测软件系统和农业水质监测物联网平台。第三篇介绍农业节水灌溉子系统的设计与实现,包括农业节水灌溉硬件系统和农业节水灌溉软件系统。第四篇以实际的工程项目为例,进行农业物联网案例分析。

本书由赵小强教授、高强负责策划和统稿，第1章、第2章和第8章由西安邮电大学科研处赵小强教授负责撰写；第3章、第6章由西安邮电大学通信与信息工程学院许曰强负责撰写；第4章和第9章由西北农林科技大学机械与电子工程学院高强负责撰写；第5章和第7章由西安邮电大学党政办公室梅永刚负责撰写。

在此，向所有项目资助单位、参考文献作者以及为本书出版付出辛勤劳动的同志表示感谢。

由于作者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请专家和广大读者批评指正。

作者
2018年10月

目 录

第一篇 农业物联网技术

第 1 章	农业物联网概述	3
1.1	农业物联网介绍	3
1.2	国内外研究现状	4
1.3	主要发展趋势	6
第 2 章	农业物联网架构与技术	8
2.1	农业物联网技术架构	8
2.1.1	系统构建原则	8
2.1.2	系统整体架构	9
2.1.3	创新解决方案	11
2.2	农业物联网系统业务流程	12
2.2.1	信息感知	12
2.2.2	信息安全	14
2.2.3	通信传输	15
2.2.4	处理分析	15
2.3	农业物联网关键技术	16
2.3.1	传感器网络技术	16
2.3.2	嵌入式技术	17
2.3.3	无线路由技术	18
2.3.4	身份识别技术	19
2.3.5	近程通信技术	20
2.3.6	远程通信技术	23

第二篇 农业用水安全

第 3 章	农业水质监测硬件系统	27
3.1	设计与实现目标	27
3.2	子系统整体介绍	27
3.3	系统相关模块及技术介绍	28
3.3.1	PLC 处理器	28

3.3.2	EM235 模块	31
3.3.3	DTU 模块	33
3.3.4	Modbus 协议	35
3.3.5	MCGS 组态软件	36
3.4	水质传感器及其采集电路	38
3.4.1	温度传感器及采集电路	38
3.4.2	酸碱度传感器及采集电路	39
3.4.3	氨氮传感器及采集电路	40
3.4.4	溶解氧传感器及采集电路	42
3.4.5	盐度传感器及采集电路	44
3.4.6	浊度传感器及采集电路	45
3.4.7	电导率传感器及采集电路	47
3.5	系统外部接线方案及智能功能设计方案	48
3.5.1	PLC 外部接线方案	48
3.5.2	EM235 外部接线方案	50
3.5.3	智能监测功能设计方案	52
3.5.4	智能监控功能设计方案	53
3.6	系统软件设计与实现	56
3.6.1	水质采集功能及其相关算法	56
3.6.2	循环监测功能	61
3.6.3	远程监控功能	65
3.6.4	MCGS 软件设计	69
3.7	水质监测系统测试及样机展示	75
3.7.1	Modbus 协议测试	75
3.7.2	MCGS 组态测试	77
3.7.3	数据分析	79
第 4 章	农业水质监测软件系统	80
4.1	软件设计的背景与意义	80
4.1.1	设计背景	80
4.1.2	设计意义	80
4.2	软件整体介绍	81
4.2.1	软件框架介绍	81
4.2.2	整体功能介绍	81
4.3	软件设计思想与方法	82
4.4	相关知识介绍	83
4.4.1	Java 语言概述	83
4.4.2	Android 简介	84
4.4.3	MySQL 数据库	86

4.4.4	SQLite 数据库	87
4.4.5	网络数据爬虫技术	88
4.5	客户端软件需求分析	90
4.5.1	功能性需求	90
4.5.2	非功能性需求	92
4.6	数据库设计	93
4.6.1	重点水系信息表	93
4.6.2	监测站点表	93
4.6.3	水质数据表	94
4.6.4	省级数据表	95
4.6.5	市级数据表	96
4.6.6	县级数据表	96
4.6.7	社区数据表	97
4.7	软件业务功能实现	98
4.7.1	开发环境搭建	98
4.7.2	软件代码结构与作用	99
4.7.3	主界面创建及页面切换策略	103
4.7.4	流域水质数据实时采集模块	111
4.7.5	水质实时监测页面	121
4.7.6	监测站点切换页面	124
4.7.7	全国站点数据可视化页面	126
4.7.8	数据分析页面	128
4.7.9	社区水质数据查询页	131
4.7.10	用户相关页面	133
4.8	软件功能测试	134
4.8.1	软件运行效果测试	134
4.8.2	软件深度遍历测试	140
4.8.3	软件深度性能测试	142
第 5 章	农业水质监测物联网平台	143
5.1	云服务器端业务需求分析	143
5.1.1	功能性需求分析	143
5.1.2	非功能性需求分析	144
5.2	云服务器整体框架	144
5.3	数据库及接口设计	145
5.3.1	数据库设计	145
5.3.2	用户类 API 接口设计	147
5.3.3	设备类的 API 接口设计	152
5.3.4	传感器类的 API 接口设计	155

5.3.5	数据点类的 API 接口设计	158
5.4	业务模块设计与实现	162
5.4.1	开发及部署环境搭建	162
5.4.2	用户类业务模块	162
5.4.3	设备类业务模块	165
5.4.4	传感器类业务模块	167
5.4.5	数据节点类业务模块	169

第三篇 农业节水灌溉

第 6 章	农业节水灌溉硬件系统	173
6.1	系统设计的背景、目标与意义	173
6.1.1	系统设计的背景	173
6.1.2	系统设计的目的	173
6.1.3	系统设计的意义	174
6.2	系统整体介绍	175
6.3	相关知识介绍	177
6.3.1	LoRa 无线通信技术	177
6.3.2	滴灌技术	177
6.3.3	无线传感网络技术	178
6.3.4	OneNET 平台介绍	179
6.4	系统硬件电路设计与实现	181
6.4.1	硬件整体结构	181
6.4.2	田间无线控制器电路	184
6.4.3	手持控制端电路	187
6.4.4	无线中继电路	190
6.4.5	土壤墒情监测电路	192
6.4.6	数据上传模块电路	196
6.4.7	系统硬件实物产品化设计	197
6.5	系统硬件驱动设计与实现	199
6.5.1	SX1278LoRa 扩频无线模块驱动	199
6.5.2	SIM900A 模块驱动	199
6.5.3	语音芯片驱动	203
6.5.4	数码管显示驱动	203
6.5.5	1602 液晶显示驱动	203
6.5.6	土壤墒情传感器驱动	204
6.5.7	上位机软件设计	205
6.6	系统实地测试	207

6.6.1	无线信号传输距离及稳定性测试	207
6.6.2	太阳能供电系统测试	209
6.6.3	电磁阀启停测试	210
6.6.4	网络通信测试	210
6.6.5	土壤墒情信息上传电脑端测试	211
6.6.6	系统整体测试	212
第 7 章	农业节水灌溉软件系统	213
7.1	设计与实现目标	213
7.2	子系统整体介绍	213
7.3	虚拟仪器 LabVIEW 介绍	215
7.3.1	程序结构和常用函数介绍	216
7.3.2	LabVIEW 中串口的实现	220
7.4	模糊控制理论及其设计	221
7.4.1	模糊化过程	221
7.4.2	模糊逻辑推理	223
7.4.3	清晰化过程	224
7.4.4	模糊控制器	226
7.5	软件业务设计与实现	232
7.5.1	系统登录窗口设计	232
7.5.2	实时地图面板设计	234
7.5.3	分区定时控制设计	236
7.5.4	分区轮询控制设计	237
7.5.5	自适应模糊控制设计	239
7.5.6	墒情监测面板设计	240
7.5.7	记录查询面板设计	243
7.5.8	生成应用程序文件	245
7.5.9	安装文件生成	246

第四篇 案例分析

第 8 章	案例分析——市级现代果业展示中心建设方案	251
8.1	项目提要	251
8.1.1	项目背景	251
8.1.2	园区现状概括	252
8.1.3	建设目标与原则	256
8.1.4	项目主要内容	256

8.2	需求分析	257
8.2.1	总体需求	257
8.2.2	系统需求分析	257
8.2.3	用户需求分析	257
8.2.4	功能需求分析	258
8.3	总体设计	259
8.3.1	工程总体架构	259
8.3.2	应用系统总体架构	260
8.3.3	园区技术路线	261
8.4	硬件系统设计	263
8.4.1	中央控制中心	263
8.4.2	视频监控系统	265
8.4.3	水肥一体化滴灌单元	269
8.4.4	土壤墒情监测站	272
8.4.5	农田小气候观测站	275
8.4.6	温室自动控制系统	277
8.5	软件功能设计	280
8.5.1	软件系统架构	280
8.5.2	异构数据库管理	282
8.5.3	用户管理	282
8.5.4	多路视频实时监测	283
8.5.5	多源信息可视化展示	283
8.5.6	设备管理	283
8.5.7	多模式控制	284
8.5.8	日志管理	284
8.5.9	综合预测预警与温室智能控制	284
8.5.10	作物长势模型	285
第9章	案例分析——林果水旱灾害监测预警与风险防范技术	286
9.1	国内外现状及趋势分析	287
9.2	研究目标及内容	289
9.2.1	项目目标及考核指标	289
9.2.2	项目研究内容、研究方法及技术路线	291
9.3	项目任务分解方案	298
9.3.1	项目任务分解情况	298
9.3.2	林果水旱灾害田间监测技术	300
9.3.3	林果水旱灾害遥感监测技术	303

9.3.4	林果水旱灾害成灾机理及演变规律	305
9.3.5	多维度林果水旱灾情预测预警模型	307
9.3.6	多平台林果灾情风险评估体系	313
9.3.7	林果减损增效技术及其应用	315
	参考文献	319

第一篇 农业物联网技术

第 1 章 农业物联网概述

1.1 农业物联网介绍

农业物联网是指物联网技术在农业生产、经营、管理和服务中的应用。具体来说，就是运用各类传感器、身份识别技术以及视觉采集终端等感知设备，广泛地采集大田种植、设施园艺、畜禽养殖、水产养殖、农产品物流等领域的现场信息，通过建立数据传输和格式转换方法，充分利用无线传感器网络、电信网和互联网等多种现代信息传输通道，实现农业信息多尺度化的可靠传输，最后将获取的海量农业信息进行融合、处理，并通过智能化操作终端实现农业的自动化生产、最优化控制、智能化管理、系统化物流以及电子化交易，进而实现农业集约、高产、优质、高效、生态和安全的目标。

根据物联网具有全面感知、可靠传输和智能处理的三大特征，可将农业物联网划分为信息感知层、网络传输层和处理应用层三层体系。信息感知层主要通过射频识别(radio frequency identification, RFID)标签和读写器、传感器、摄像头、全球定位系统(global positioning system, GPS)及遥感(remote sensing, RS)技术等采集物理世界的数据和发生的物理事件，这一层次要解决的重点问题是感知、识别物体与采集信息，如土壤肥力、作物生长环境参数与苗情长势、空间定位信息、动物个体健康、行为和产能等信息。网络传输层是物联网成为普遍服务的基础设施，包括各种通信网络与互联网形成的融合网络，通过向下与感知层的结合、向上与应用层的结合，将各类数据通过有线或无线方式以多种通信协议向局域网、广域网发布，使物品在全球范围内实现远距离、大范围的信息传输与广泛的互联功能。处理应用层是将物联网技术与农业专业领域技术相结合，通过对数据挖掘、分析与融合处理建立相应的监控、预测、预警、决策以及自动控制等智能信息处理平台，从而对农业生产过程进行精准化管理、智能化控制，并制定科学的管理决策。农业物联网体系架构如图 1.1 所示。



图 1.1 农业物联网体系架构

1.2 国内外研究现状

在物联网的技术研究和产业规模上，我国农业物联网发展与发达国家存在着较大的差距^[1]。以欧美为代表的发达国家对农业物联网和田间环境监控的研究起步较早，在信息技术和大规模农业生产方面积累颇多，他们利用环境监测系统、气象和病虫害监测预警系统等，对农作物生产进行精细化管理和调控，节约了人力资源，提高了资源利用率。我国物联网技术进入农业领域始于 20 世纪 90 年代，目前在一些试点地区开展了农业物联网示范项目，取得了较大成效。在示范项目中通过利用各种物联网技术和部署各类应用系统，使农业科技人员和农民可以对农业生产进行精细化管理和控制，也可以随时随地地迅速获得各种科技信息、管理信息、市场供求信息、气象和土壤信息、作物和病虫害信息等。但是我国农业存在耕地高度分散、生产规模小、时空变异大、量化和规模化程度差、稳定性和可控程度低等问题，导

致物联网技术在农业生产中存在应用规模小,技术水平相对低下,感知设备通用性不足,信息实时性不够和农场间信息割裂等问题。国家在政策层面加大了对农业物联网的扶持力度。2013 年农业部公益性行业(农业)科研专项“基于信息技术的基层农技推广服务技术集成与示范”项目正式启动,并配套拨发了近 2000 万元人民币的项目启动资金。该项目由中国农业科学院农业信息研究所主持研发,是针对我国基层农技推广和现代农业产业技术体系的现状和实际需求,利用 3G、物联网等现代信息技术在信息传输和处理上的移动、实时、定位和视频交互等优势,开发的具有农技咨询、市场行情、农技培训、动态调度等功能的信息平台。项目将为广大基层农技服务人员配备笔记本电脑、Pad 以及智能手机等无线终端,在农业专家的后台支持下,随时在田间地头为农民答疑解惑,同时,该项目也使农技推广服务中心等政府部门能够及时掌握农技员的工作动态,以便及时安排任务调度。2014 年,中央一号文件第 11 点推进农业科技创新中明确指出:加强以分子育种为重点的基础研究和生物技术开发,建设以农业物联网和精准装备为重点的农业全程信息化和机械化技术体系,推进以设施农业和农产品精深加工为重点的新兴产业技术研发,组织重大农业科技攻关。在物联网标准体系建设工作方面,农业部于 2011 年研究并报请国家标准化管理委员会同意,成立了国家农业物联网行业应用标准工作组,研制物联网在农业领域的应用标准。

国外在 20 世纪后期就开始研发网络化、分布式的温室环境控制系统,并在设施农业方面开展了广泛应用。英国无线系统公司开发了基于无线设备的花园温室霜冻和入侵警报系统、远程通风加热控制系统、无线洒水系统等。日本的四国电力集团利用基于以太网的嵌入式网络技术开发了双向远程监控系统,能够获得实时动态温室的环境数和视频图像,从而实现更大范围的温室远程自动化管理。希腊 Loukfam 公司开发了智能化温室环境与营养液的综合调控系统。美国 GreenAir 公司生产出基于 TCP/IP 通信的温室控制器,可实现对 6 连栋温室的全方位环境控制。美国加州的 Norcal Harvesting 草莓栽培园安装了整套由 ClimateMinder 开发的物联网系统,通过无线传感网络传输温度传感器等采集的参数信息,实时追踪温室内的环境信息和草莓生长状况,还可实现对温室内温湿度或浇水设备等的远程控制。

进入 21 世纪以来,美国和欧洲的一些发达国家相继开展了农业领域的物联网应用研究示范,实现了物联网在农业生产、资源利用、农产品流通、农产品质量安全监控等领域的实践与推广,形成了一批良好的产业化应用模式,推动了相关新兴产业的快速发展。

欧美国家将资源卫星对土地利用信息实时监测的结果发送到各级监测站,通过信息融合与系统决策实现大区域农业的统筹规划。美国、法国、加拿大、澳大利亚等发达国家将物联网技术应用到大田粮食作物种植中的精细作业、农田环境监测和智能灌溉施肥、果园生产中的信息采集和灌溉控制等方面。法国利用通信卫星技术