

农业物联网应用体系结构与 关键技术研究

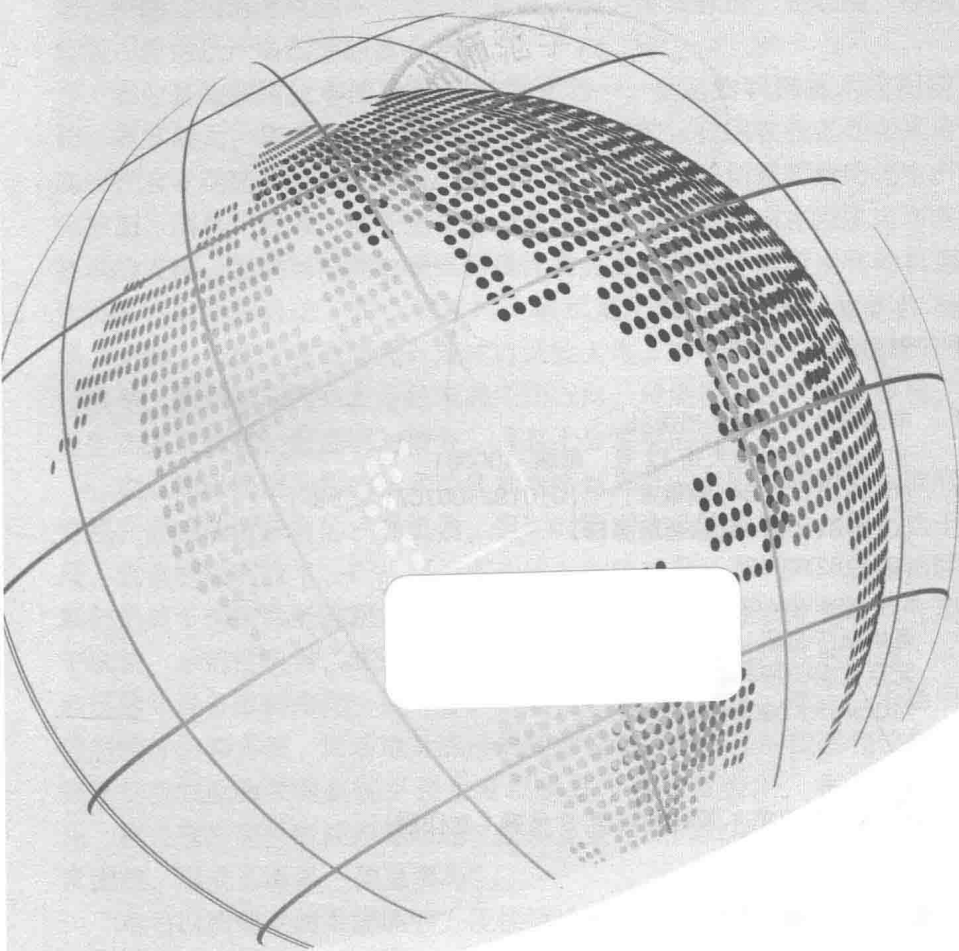
◎ 郑纪业 著



中国农业科学技术出版社

农业物联网应用体系结构与 关键技术研究

◎ 郑纪业 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

农业物联网应用体系结构与关键技术研究 / 郑纪业著. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2017. 8
ISBN 978-7-5116-3170-1

I. ①农… II. ①郑… III. ①互连网络-应用-农业-研究②智能
技术-应用-农业-研究 IV. ①S126②F32-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 162136 号

责任编辑 王更新 李 华
责任校对 贾海霞

出版者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010)82106664(编辑室) (010)82109702(发行部)
(010)82109709(读者服务部)
传 真 (010)82106631
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 各地新华书店
印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司
开 本 710mm×1 000mm 1/16
印 张 7.75
字 数 150 千字
版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷
定 价 58.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

序 言

物联网（Internet of Things）最早是由麻省理工学院 Ashton 教授于 1999 年在研究 RFID 时提出的，发展至今已成为各国构建经济社会发展新模式和重塑国家长期竞争力的先导领域。2008 年年底，IBM 提出的“智慧地球”构想更是上升到了美国国家发展战略的高度，2009 年，欧盟提出“物联网行动计划”，日本政府启动“i-Japan 战略 2015”，韩国颁布《物联网基础设施构建基本规划》。2009 年，时任国务院总理温家宝视察无锡时提出“感知中国”理念，使物联网概念在国内引起高度重视，成为继计算机、互联网、移动通信之后新一轮信息产业浪潮的核心领域。

农业是物联网技术的重点应用领域之一，也是物联网技术应用需求最迫切、难度最大、集成性特征最明显的领域。目前，我国农业正处在从传统农业向现代农业迅速推进的过程当中，现代农业的发展迫切需要集约化生产、自动化控制、信息化管理、电子化交易和系统化物流，这些内在需求迫切呼唤信息技术的支撑，物联网浪潮的来临为现代农业发展创造了前所未有的机遇。2013 年以来，农业部启动了农业物联网区域示范工程，选择有一定工作基础的天津、上海、安徽三省市率先开展试点试验工作，对于提升农业物联网理论及应用水平，探索物联网在农业领域的应用方向、发展模式及其重点领域，推动农业生产方式转化，促进农民增收，具有十分重要的意义。

农业物联网作为新的技术浪潮和战略新兴产业得到了我国党和政府的高度重视，面临前所未有的发展机遇，但同时我国农业物联网的发展正处于初级阶段，农业物联网技术、产品以及商业化运营模式都还不成熟，农业物联网的发展仍然处于探索和经验积累过程中，已开展的绝大多数农业物联网应用项目属于试验、示范性项目，农业物联网的发展还存在许多挑战性的问题。一方面是底层感知设备多种多样，接口各异，通信协议种类繁多，缺乏一个通用的上层控制软件能够方便、灵活地对底层的硬件设备进行简易的配置和控制；另一方面是目前农业物联网系统平台主要以垂直行业研发为主，平台架构存在封闭化、耦合度高和扩展性差等问题，使得企业之间的数据分享和服务协同变得异常困难，形成了诸多“信息孤岛”。

本书以所建立的系统能够方便快捷地整合底层异构感知网络，降低开发农

业物联网系统的技术门槛，同时保证所建立的上层应用具有分布式、松耦合及可共享等特性为目标，重点就农业物联网应用体系结构及其关键技术进行了全面阐述和总结。全书共分5章，内容包括国内外农业物联网发展现状、农业物联网体系结构及其应用领域、农业物联网接入层设计与实现、面向服务的农业物联网数据共享架构研究以及无线传感器网络路由算法研究。为了全面反映农业物联网国内外最新研究成果，本书参考或引用了大量相关文献，其中大多数已在书中注明出处，但难免有所疏漏。在此，向有关作者和专家表示感谢，并对没有标明出处的作者表示歉意。

本书还凝聚了许多农业信息领域科研人员的智慧和见解，我首先要感谢我的导师中国农业科学院农业信息研究所许世卫研究员，多年来他在科研工作中的教诲和指导让我受益良多。对于农业物联网研究过程中遇到的问题和困惑，多次请教中国农业大学李道亮教授、山东科技大学房胜教授，他们的指点让我茅塞顿开。感谢山东省农业科学院科技信息研究所阮怀军研究员、崔太昌研究员、王磊副研究员，山东省水稻研究所李景岭研究员、山东省农业科学院党群工作处王志诚研究员及中国农业科学院农业信息研究所各位老师的指导。感谢山东省农业科学院科技信息研究所王风云副研究员、封文杰副研究员、刘延忠副研究员、张晓艳研究员、赵文祥研究员、唐研副研究员等同事的建议和帮助。

农业物联网是一个复杂的系统工程，涉及电子、通信、计算机、农学等若干学科和领域，除了理论、技术和方法外，工程实施和应用中遇到的问题会更多，由于作者水平有限，书中错误或不妥之处在所难免，诚恳希望同行和读者批评指正。

作者

2017年5月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 研究的背景及意义	(1)
1.2 国内外研究现状	(3)
1.3 存在问题分析	(8)
1.4 研究内容与创新点	(9)
1.5 研究方法与技术路线图	(11)
2 农业物联网应用体系结构	(13)
2.1 农业物联网概念及特征	(13)
2.2 农业物联网体系结构研究现状	(14)
2.3 基于分层及协议配套的农业物联网体系结构	(26)
2.4 农业物联网的应用领域	(31)
2.5 农业物联网发展趋势	(35)
2.6 本章小结	(36)
3 农业物联网接入层设计与实现	(37)
3.1 物联网接入层概述	(37)
3.2 农业物联网接入层设计	(45)
3.3 农业物联网接入中间件实现	(50)
3.4 农业物联网接入中间件测试	(58)
3.5 本章小结	(62)
4 面向服务的农业物联网数据共享架构设计与实现	(63)
4.1 引言	(63)
4.2 相关技术	(64)
4.3 面向服务的农业物联网数据共享平台设计	(71)
4.4 服务设计与实现	(77)
4.5 本章小结	(83)
5 基于事件驱动的能量高效分簇路由协议算法研究	(84)
5.1 路由协议算法分类	(84)
5.2 典型路由协议分析	(88)

5.3	无线传感器网络模型及信道模型	(91)
5.4	基于事件驱动的能量高效分簇路由协议算法 (EDEEC)	(92)
5.5	算法仿真试验	(96)
5.6	本章小结	(99)
参考文献	(100)

图目录

图 1-1	研究技术路线	(12)
图 2-1	EPCglobal 标准框架	(15)
图 2-2	Ubiquitous ID 体系结构	(16)
图 2-3	M2M 体系结构	(17)
图 2-4	oneM2M 分层模型	(18)
图 2-5	oneM2M 功能框架	(19)
图 2-6	USN 体系结构	(20)
图 2-7	参考模型与参考架构间的相互关系	(21)
图 2-8	SENSEI 体系结构参考模型	(22)
图 2-9	Physicalnet 体系结构	(23)
图 2-10	物联网概念演进	(25)
图 2-11	农业物联网体系结构	(28)
图 2-12	物联网总体框架	(29)
图 2-13	无线传感器网络监控系统	(32)
图 3-1	帧格式	(40)
图 3-2	字节传输序列	(41)
图 3-3	农业物联网接入层功能结构	(46)
图 3-4	农业物联网接入层工作流程	(47)
图 3-5	基于 XML 的异构网络协议封装流程	(49)
图 3-6	网络拓扑结构	(51)
图 3-7	Tiny4412 核心板	(52)
图 3-8	Tiny4412 扩展板	(52)
图 3-9	ZigBee 协议栈	(53)
图 3-10	ZigBee 感知节点结构	(54)
图 3-11	ZigBee 组网流程	(54)
图 3-12	RC522 与接入网关连接示意图	(55)
图 3-13	接入层软件功能结构	(57)
图 3-14	测试软件主界面	(58)

图 3-15	基本设置界面	(59)
图 3-16	指令配置	(61)
图 3-17	历史数据查询	(61)
图 3-18	控制测试界面	(62)
图 4-1	SOA 参考模型	(66)
图 4-2	Web 服务协议栈结构	(67)
图 4-3	WSDL 文档结构	(68)
图 4-4	UDDI 消息流动过程	(70)
图 4-5	数据共享层系统结构	(73)
图 4-6	食用菌生产流程	(75)
图 4-7	温室环境控制方案	(78)
图 4-8	温室环境调控服务调用	(79)
图 4-9	在线天气预报 Web 服务	(80)
图 4-10	历史数据获取服务代码	(80)
图 4-11	服务调用界面	(81)
图 4-12	WSDL 定义	(81)
图 4-13	服务调用测试	(82)
图 4-14	返回的 XML 格式数据	(82)
图 5-1	LEACH 协议簇	(90)
图 5-2	簇建立阶段流程	(93)
图 5-3	数据传输阶段的流程	(95)
图 5-4	OMNeT++仿真工具架构	(97)
图 5-5	路由算法的生命周期比较	(98)

表目录

表 3-1	传感器的分类	(38)
表 3-2	无线通信参数对比	(39)
表 3-3	Modbus 协议数据格式	(41)
表 5-1	网络仿真参数设置	(98)

1 绪论

1.1 研究的背景及意义

手中有粮，心中不慌。我国耕地面积与世界耕地面积之比为 7%，人口与世界总人口之比为 22%，一直创造着以不到世界 7% 的耕地养活了世界 22% 的人口的奇迹，因此保障粮食安全对中国来说是永恒的课题，任何时候都不能放松。一直以来，我国农业以追求速度和产量为主，农业面源污染严重、水土资源过度开发、生态环境透支等问题日益突出，因此，我国农业在经过近几十年的以高投入换增产、以资源换产量的道路后，却不得不面对因生产技术落后、科技投入有限、基础薄弱而导致的产量增长缓慢、生产效益低下、农业得不到较好较快的发展等问题（王冬，2013）。新形势下，我们必须依赖科学技术的发展，转换农业经营发展方式，不断完善农产品经营体系，平衡生态资源环境的发展与粮食生产之间的关系，实现粮食增产创收。在农业领域中，针对新形势下的新需求，利用物联网等关键信息技术，加速发展农业智能化与现代化，对于提升精细化水平，保障粮食生产安全，改善生态环境，提高农产品单产数量和质量，实现农村经济持续快速稳定发展，具有十分重要的意义。

农业物联网具有带动大、渗透强、效益好的特点，是新兴技术在农业领域全面综合应用。农业物联网的应用，有利于推动农业生产、经营方式向网络化、精细化、智能化方向转变，对于提高公共服务与社会管理的水平，提升农业信息化的水平，增强农业技术创新能力，推动农业发展方式转变与产业结构的调整，带动农业相关学科延伸，都有特别重要的意义。当前，物联网已经被我国列为战略性新兴产业的重要组成部分（国发〔2013〕7号）。

物联网技术，是指按照约定的协议，通过各种信息传导设备，将任何其他物体接入到互联网，实现信息交互通信，达到智能化的识别与定位、追踪与监控的一种网络信息技术。该技术在农业领域得到广泛应用，将大批量传感器的节点组建成农业监控网络，依赖各种传感器采集数据信息，以便及时发现农业方面发生的问题，且精准地确定发生问题的具体位置，逐步把农业从以劳动力为中心、仅仅依靠孤立农机的旧生产模式转换为以数据与信息为中心的新生产

模式；利用各种远程控制、智能化、自动化的生产设备，通过互联共享信息，获取更多的农业信息服务，提高农机作业工程实施水平与智能化科学决策水平。

《国家中长期科学与技术发展规划纲要（2006—2020年）》中，把“智能处理及传感网络确定为重点领域、优先主题”。2013年以来，农业部启动了农业物联网区域示范工程，选择有一定工作基础的天津、上海、安徽三省市率先开展试点试验工作，对于提升农业物联网的理论及其应用水平，探究物联网农业领域的发展模式，推动农业生产方式转化，促进农民增收，具有十分重要的意义。同时《“十三五”全国农业农村信息化发展规划》将加快物联网、智能装备、空间信息、大数据等现代化的信息技术与渔业、畜牧业、农产品加工业、种植业生产过程的全面应用和深度融合，组建农业信息技术装配标准化体系，提升农业生产经营智能化、现代化及精准化水平作为“十三五”时期的主要任务之一。

因此，在未来一段时期内物联网等信息技术必将在改变农业生产方式，提升传统农业生产效率，引领我国农业发展的未来方向，实现信息化与智能化，达到可持续发展的现代化农业目标过程中，发挥极其重要的作用。开展农业物联网应用体系结构及关键技术研究将具有十分重要的意义。

(1) 有利于加强我国农业物联网应用基础理论。农业物联网标准是规范农业物联网有关设备生产的前提，是农业物联网关键技术集成和实施的牵头与基础，是农业物联网技术建设与应用有序健康发展的基本保障，是实现农业服务与感知数据共享的基础，是规范农业物联网信息应用系统建设的根本依据。在以往几次科技信息产业浪潮中，我国受困于自主标准系统缺失，丧失了行业、产业发展的主动权（牛磊，2012），因此，开展农业物联网应用体系结构及其关键技术的研究，对于我国农业物联网行业的应用技术标准，特别是传感器以及标识设备的性能、功能及接口标准，农业多源数据融合处理标准、田间数据传输协议标准，农业数据共享标准，农业物联网应用系统建设规范等具有十分重要的意义。

(2) 有利于推进信息技术与农业现代化的深度融合。当前我国按照“高产、优质、高效、生态、安全”的要求，加快转变农业发展方式，推进农业科技进步和创新，努力提高土地产出率、资源利用率和劳动生产率，培育现代农业发展新动力，这些必将以互联网、传感网、智能信息处理和信息传感设备为核心的物联网技术在农业领域的广泛应用为基础。对农业物联网应用体系结构及关键技术的研究将进一步促进农业信息技术与畜牧业、农产品加工业、渔业、种植业生产过程的全面应用和深度融合。

(3) 有利于推进我国由传统农业生产方式向现代农业的转变。当前,我国农业生产仍然存在过度依赖自然资源和更多依赖人力投入的问题,随着人口老龄化的到来,谁来种田、如何种田成为摆在人们面前的一道难题,解决这些问题就更需要借助科技的力量,利用变量作业智能化控制装备、传感技术、3S技术及智能决策技术,对农业生产经营过程进行变量投入、量化分析、定位操作及智能决策,来实现精准农业的具体化目标。目前精准农业实施的最大障碍,仍然集中在农田信息高效、低成本获取传感技术以及基于信息和计算处理的智能化管理决策模型方法上。随着物联网的应用与发展,按照约定的协议,通过全球定位系统等信息传感设备,将任何物体接入到互联网,实现信息交互通信,达到智能化的定位与识别、跟踪与监控,将传感节点布设到田间等目标地区,通过网络节点精准地采集环境信息、农机作业信息及其作物信息,提高精准农业的作业实施水平与科学决策水平,能够真正实现给农业插上科技的翅膀。

(4) 有利于加强我国农产品市场监测预警能力和信息服务水平。近年来,我国农产品市场波动频繁,部分农业产品的价格暴涨暴跌时有发生,给农民生产、居民生活造成了严重困扰,亟需加强对农产品市场的实时监测,及时、准确地掌握农产品市场异常变化情况,稳定农产品市场。农业物联网市场信息感知与处理技术的高速发展,提高了农资物流信息感知水平以及农产品市场信息采集的水平,为我国开展农产品市场监测与预警研究,提升农资产业市场监管力度与信息服务水平奠定了基础(许世卫,2013)。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外农业物联网发展现状

1.2.1.1 国家政策环境方面

20世纪90年代,首次出现物联网(Internet of Things, IoT)概念,此后经历了不断地演化与发展。目前,国外物联网发展方面,主要以美国、欧洲、日本、韩国等少数国家为代表。

1995年,比尔·盖茨的《未来之路》中最早提到物联网一词。1999年,美国麻省理工学院(MIT)的Kevin Ashton与他的同事们首先提出了Internet of Things的概念。他们主张通过信息传感设备将所有物体与互联网连接,实现全球范围内产品信息的管理与识别,形成了Internet of Things。2005年,ITU(国际电信联盟)扩展了物联网概念,提出了物联网发展愿景,即无论何时、何

地、何物都能以无所不在的网络互联。2008年年末,IBM提出了“智慧地球”的概念,“在铁路、公路等各种物体中嵌入感应器装备,构成物联网,再利用云计算、超级计算机整合物联网,最终实现系统与人类社会整合”。随后奥巴马又将这个新概念提升到国家经济复苏战略,物联网和新能源振兴了经济,引起全球广泛关注。作为物联网技术的先行者与主导国,美国早期就对物联网及相关技术进行研究和应用。美国国防部2005年将“智能微尘”(SMART DUST)列为重点研发项目,美国马萨诸塞州剑桥城2007年打造了第一个无线传感网。

欧盟为科学规划未来发展路线制定了“欧洲行动计划”。2006年欧盟成立了RFID技术研究工作组,2009年欧盟RFID技术研究工作组在《物联网研究路线图》报告中提出,物联网是具有自配置能力的动态的全球网络基础架构,并且该架构是基于标准和可互操作的通信协议的,是未来Internet的一个重要组成部分,还明确了物联网重点研究领域与未来发展方向的路线图。随后,欧盟委员会投资4亿欧元到几十个研发项目,以提升网络智能化水平;另外,又投资3亿欧元专门支持与物联网相关的短期项目建设。在2011年汉诺威工业博览会上,德国提出工业4.0(Industrie 4.0),2012年由德国政府出面,联合主要企业,成立“工业4.0工作组”,将工业4.0上升为德国2020战略项目,德国政府投资2亿欧元支持工业4.0。2015年投入5000万欧元,成立了AIOTI(物联网创新联盟),形成了新的架构体系,包括4个横向工作组和7个垂直行业工作组。

20世纪90年代中期,日本制定了多项信息技术与发展战略。2004年大力发展泛在网产业,推出“u-Japan”计划,2009年8月又将该计划升级到“i-Japan”战略。该战略提出建设一个方便快捷、价格低廉的网络社会,把网络运用到各个方面,促进信息的交流,解决日本当前面临的一系列社会问题。日本在T-Engine下建立UID体系已经在其国内得到较好的应用,并大力推向其他国家,尤其是向亚洲国家推广,并希望成为其他国家信息产业发展的楷模,确保其处于国际竞争领先地位。

1997年以来,韩国出台了RFID先导计划等一系列产业政策,从而推动国家信息化建设。2006年,韩国又提出了为期10年的U-Korea战略,要建立一个技术最先进、网络最智能、基础设施最领先的便捷技术形态。2009年,通过了《物联网基础设施构建的基本规划》,使物联网市场成为新的增长点。到2012年,实现“构建最先进的物联网基础设施,打造一流的通信信息技术(ICT)强国”目标。自2015年起,韩国投资370亿韩元用于宽带传感设备研发和物联网核心技术的研究,这将促进信息技术与服务的发展,也将改变人们

的日常生活。

1.2.1.2 具体研究方面

在农业信息感知技术方面, Hamrita T K 和 Hoffacker E C (2005) 运用 RFID 技术对土壤湿度、温度等影响作物生长的关键参数进行实时监测, 开发了土壤性质监测系统, 对后续研究植物的生长状况提供依据。Ampatzidis Y G 和 Vougioukas S G (2009) 以及 Bowman K. D. (2010) 将 RFID 技术应用于监测果树信息, 从而分析果子的生长状况。荷兰的 Velos 智能化母猪群养管理系统通过采集母猪饲养与繁育过程的数据并进行信息处理和分析, 实现了养殖过程的智能管理、自动给料和实时报警等功能, 在欧美国家得到了广泛应用。González 等 (2015) 通过在牛身上安装运动颈圈和 GPS 传感器, 观察和记录牛的觅食、反刍、走动、休息和其他活动的行为 (包括与物体磨蹭、摇头), 开发了一种能够执行无监督的行为分类方法, 对于准确掌握动物个体行为, 提升动物和生态环境管理水平及整个畜牧业具有重要意义。为了确保饮用水的安全供应, Vijayakumar N (2015) 设计开发了低成本实时水质监控物联网系统, 监测参数包括水温、pH 值、浊度、导电率、溶解氧等, 并通过核心控制系统对监测数据进行处理, 监测数据可以通过互联网进行查看。Lin 等 (2015) 提出了一种利用可再生的、低成本的土壤能量进行自给的无线环境监控系统, 使用该项技术进行远程农田环境监控可以降低人工和传感器电池更换的成本。

在农业信息传输技术方面, 由于农业生产不同于工业生产, 其环境和条件比较复杂, 无线传输技术在农业生产中得到了广泛应用, Srbinovska 等 (2015) 提出了针对蔬菜温室的无线传感器网络架构, 通过分析温室环境特点, 设计了基于无线传感器网络技术的低成本、实用的温室环境监控系统, 结合专家系统指导, 采取远程控制滴灌等适当的措施, 实现了科学栽培和降低管理成本。Nagl 等 (2003) 利用空气温度传感器、呼吸传感器、GPS 传感器、环境温度传感器等多种类型的传感器, 研究设计了一套远程健康监控系统, 为家养牲畜提供健康监控。由 Bishop-Hurley 和 Swain 等 (2007) 建立了第一个基于无线传感器网络的虚拟栅栏系统, 并开展了耕牛自动放牧研究测试。Taylor 和 Mayer (2004) 利用安装在动物身上的无线传感器研发了一套完备的动物智能管理系统, 实现了动物的位置和各种健康信息的远程监测。

在农业信息处理方面, 国外科研机构研究的动植物生长模型、农业知识表达、决策支持模型、预测预警模型、海量数据挖掘及智能信息搜索等信息处理技术相对比较成熟, 欧美发达国家建立了知识共享和无缝衔接的软件平台, 研发了一批实用的应用软件, 实现了农业生产问题的远程实时诊断和协同决策管理。

1.2.2 国内农业物联网发展现状

1.2.2.1 国家政策环境方面

1999年,中国科学院启动了传感网研究,投资数亿元,组建了几千人的团队,形成了完整的网络产业链。目前,我国的物联网技术研发水平已经排在世界前列,物联网产业化水平也处于国际竞争领先地位。

2009年,时任国务院总理温家宝访问了“中科院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心”,并提出了“感知中国”概念,随后逐步形成了示范应用引领产业发展趋势,相继开展多领域的示范工程,物联网在很大程度上受到了社会关注。

2003年以来,我国开发出RFID实时生产监控与管理系统,运用到现代化动物养殖加工企业中。该系统能够实现自动、实时、准确的采集生产、检验、检疫等环节的相关数据,并能及时追溯问题产品的源头与流向,有效监控肉食品质量安全。

2004年以来,国家每年都推出涉及智能交通、现代物流、危险品与军用物资管理、票务及城市重大活动管理、旅游等行业的RFID应用新试点工程。科技部“863”计划专项也列入了RFID的相关研究与应用课题,包括超高频RFID空中接口安全机制及其应用。

卫生与药品安全领域,RFID技术在挂号系统、医保卡、电子病历与健康档案管理、卫生监督等方面进行了广泛应用,实现医院对病人、病源及药品的实时监控及动态可追溯管理。

在智能交通领域,通过在机车、列车和货车上安装电子标签等,RFID技术在铁路运输领域得到广泛应用。其次,在高速公路不停车收费、多路径识别、城市交通一卡通等方面RFID技术也得到了广泛应用,为出行带来极大便利,提高了工作效率。另外,RFID应用系统也广泛应用于中远公司在集装箱、堆场等物流管理领域。

2011年,国家发改委联合相关部委推进10个首批物联网示范工程。2011年12月,《物联网“十二五”规划》印发,指出增加发展物联网资金规模,鼓励外资、民资进入物联网领域,加大物联网的投资比重;到2015年,初步建设成一批覆盖面广的物联网公共服务平台,形成完善的物联网产业链。“十二五”规划期间,将实施物联网五大重点工程,其中重点领域应用示范工程涉及智能农业、智能工业、智能交通、智能物流、智能环保、智能电网、智能医疗、智能安防与智能家居等。

依据党的“十八大”精神和《国务院推进物联网健康发展指导意见》,农

业部选择在上海、天津等开展农业物联网理论应用研究，启动物联网农业区域工程试验工作，探索物联网农业应用方向、发展模式及重点领域。2015年国务院相继发布《中国制造2025》和《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》，这为我国物联网在农业方面的发展创造了良好的政策环境。

当前，传感网标准体系框架在我国已经初步形成，传感网标准化工作在我国也已经取得了积极进展。2009年9月，信息技术标准化委员会组建了网络标准传感器工作组。我国农业部和标准化委员会于2011年底成立了“农业物联网行业应用标准工作组”和“农业应用研究项目组（HPG3）”（杨林，2014），由于成立时间不长，尚未形成专门的农业物联网技术标准。

1.2.2.2 具体研究方面

在农业信息感知技术方面，传感器被广泛用于目标监测区内的空气温度、空气湿度、CO₂浓度、光照强度、土壤温湿度及土壤pH值等农业环境信息的实时采集（卜天然等，2009；吕立新等，2009），为及时、精准调控农业生产耕作方案提供了有力的数据支撑，为有效提高农作物产量奠定基础。中国农业科学院、国家农业信息技术研究中心、中国农业大学等科研单位和大学针对我国不同的温室类型，设计研制了温室环境数据采集的解决方案，较好完成了温室环境因子的自动信息采集。在作物生理信息监测方面，出现了包括光谱、多光谱图像、冠层光照、冠层温度及作物遥感图像等多传感信息探测技术（张晓东等，2009）。在农产品质量安全追溯方面，运用射频识别技术、二维条码技术和组件技术等，分别建立了关于猪肉、柑橘的追溯系统（史海霞，2009；孙旭东等，2009；谢菊芳等，2006）。刁海亭等（2015）围绕蔬菜质量安全监管和溯源的实际需要，建立了基于Web GIS的蔬菜质量安全预警与追溯平台，形象展示了蔬菜生产、销售各环节信息，提升了蔬菜质量安全管理水平。

在农业信息传输技术方面，何龙、闻珍霞等（2010）以紫葡萄栽培基地为例，应用无线传感网络系统和智能化管理控制系统，实现了对设施农业中植物—环境—土壤等影响因子的实时动态监控，同时结合葡萄优质高产生长模型进行自动灌溉控制，收获了良好的效果。杨婷等（2010）设计了基于CC2430的自动控制滴灌系统，对环境温度、光照的变化和植物土壤湿度等参数实时监测，通过无线网络将传感器信号反馈对滴灌动作做出精确判断。王彦集等（2008）采用无线传感器网络节点建立了多跳、自组织的农田环境信息采集网络，并通过GPRS将实时数据发送到远程数据库，为农业领域中远距离、多要素数据的采集提供了解决方案。

在农业信息处理方面，我国高校和科研院所研究的作物模型、栽培模型、农业决策模型等信息处理共享度差、智能化程度低，缺乏有效的信息载体和集