



国外农业物联网技术发展 及对我国的启示*

文/唐珂

中华人民共和国农业部科教司 北京 100125

【摘要】随着现代信息技术的发展,物联网已广泛应用于农业生产的各个领域。国际上,一些国家在农业物联网感知技术、数据传输技术、智能处理技术等方面取得了重要的进展,出现了物联网在农业领域的典型应用。这些技术进展和相关应用对我国农业物联网的快速发展具有重要的借鉴意义。文章通过对国外农业物联网技术最新进展的调研和分析,描述了农业物联网在感知技术、数据传输技术、智能处理技术等方面的国际先进经验,例举了国外农业物联网在农业资源监测和利用、农业生态环境监测、农业生产精细管理、农产品安全溯源、农业物联网云服务等领域的典型应用,并针对我国农业物联网技术的发展,在发展微型化传感器、寻求系统节能策略、努力降低传感器成本、传感器网络安全性和抗干扰问题、节点自动配置问题等方面提出了建设性意见。

【关键词】物联网,技术,综述,启示

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2013.06.004

随着信息技术和计算机网络技术的发展,物联网已经走进了农业生产的各个领域^[1]。国际电信联盟认为,物联网是通过智能传感器、射频识别(RFID)设备、全球卫星定位系统(GPS)等信息传感设备,按照约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络^[2]。近年来,随着现代农业自动化需求的不断增长和信息技术的发展,农业物联网在物理感知、数据传输、智能处理、应用服务等领域取得了重要进展。

近年来,世界农业物联网技术不断发展,在农

业物联网感知技术、数据传输技术、智能处理技术等方面取得了很大的进展。

1 农业物联网感知技术取得重要进展

随着传感技术、数字技术、互联网技术的快速发展,采用新材料、新机理、新工艺的新型传感器不断涌现,实现了高灵敏度、高适应性、高可靠性,并向嵌入式、微型化、模块化、智能化、集成化、网络化方向发展。美、德、日等工业发达国家在传感器技术与制造工艺方面处于国际领先地位^[3]。从近两年国际工业展览会展出产品和国际知名厂商技术发展状况分析可以看出,传感器技术的发展趋势是:数字补偿技术、网络化技术、智能化技术、

* 修改稿收到日期:2013年10月24日

多功能复合技术。同时,技术参数指标更加严格,制造工艺更加精细,补偿工艺更加完善,外观质量更加精美。

从国际整体发展状况来看,传感器技术主要有以下几方面的发展趋势:一是本身变革的3个方向:微型化、智能化和可移动性;二是运用新原理、新结构、新材料,以实现低功耗、低成本、高可靠性等参数指标的提升;三是研发更高技术和创新类产品,并重视产业化技术,如地震、飓风等自然灾害预报与监测类传感器产品。

1.1 农业传感器微型化取得成效

纳米传感器有望为粮食问题做贡献。英国环境、食品和农村事务大臣希拉里本表示,纳米技术将具有真正的潜力,帮助满足人口快速增长的对世界粮食的需求,它不仅将使包装食品的保存时间大大延长,还能促使作物的生长。在美国,还有多项试验考察研制纳米传感器,这种可植入牲畜体内的传感器能够在疾病感染整群牲畜之前将其检测出来。纳米技术在纳米水平上取得的新突破有助于研制出用于防止食品和饮料受到致命细菌污染或阻止氧气进入容器内的塑料包装。该技术还将用于丰富食品的营养并保持食品中通常会随时间流失的维生素含量。农民还可利用该项技术确保在恰当的时间为作物缓慢地释放化肥,积极探查来自病虫害或污染物的威胁。

美国制成新型生物传感器。美国普渡大学等机构的研究人员制成了新型生物传感器,能够探测出人体唾液和眼泪中极低的葡萄糖浓度^[4]。该项技术无需过于繁复的生产步骤,从而可降低传感器的制造成本,并可能帮助消除或降低利用针刺进行糖尿病测试的几率。相关研究论文发表在《先进功能材料》杂志上。新型生物传感器包括3个主要部分:石墨烯制成的纳米片层、铂纳米粒子和葡萄糖氧化酶。其中的纳米片仿效

微小的玫瑰花瓣,每片花瓣上均包含着多个堆叠的石墨烯层。花瓣的边缘也悬挂着不完整的化学键,使铂纳米粒子可以附着在这里。纳米片和铂纳米粒子相结合能够形成电极,随后葡萄糖氧化酶也可附着在铂纳米粒子上。酶能将葡萄糖转化为过氧化物,并且在电极上产生一个信号。通常情况下,在获得具有纳米结构的生物传感器成品前,需要经历复杂的处理步骤,其中包括光刻、化学处理、蚀刻等。而这些纳米片花瓣的好处就是,它们能够在任一表面上生长,也无需经历这些步骤,因此可称得上是商业化的理想选择。这种探测器能探测到浓度为0.3微摩尔的葡萄糖,比其他基于石墨烯、碳纳米管或金属纳米粒子等材质的电气化学生物传感器更为敏感。这项技术有望在农产品葡萄糖含量精确检测中推广应用。

1.2 农业传感器智能化获得突破

德国开发出可闻出水果成熟度的仪器。德国弗劳恩霍夫分子生物学和应用生态学研究所日前发表公报说,该所研制了一种特殊的仪器,其核心技术是用金属氧化物气敏传感器去检测水果释放出的特殊气味,最后分析判断出水果的成熟度。这种仪器的具体工作过程是,先用高分子分离柱将待测水果的气味提纯,再让带有这一气味的气体通过温度达300—400℃的传感器,使其内的金属氧化物与气味进行反应,最后仪器根据反映状态自动分析出水果的成熟度。初步试验显示,这种仪器与食品实验室中专用测量仪的检测效果一样精确。利用这种仪器,大宗水果批发商将可以直接在仓库中高效监测计划出售水果的成熟度。

美国科罗拉多大学的科学家日前研制出智能微芯片,可置于植物叶片上,这种智能芯片类似夹式耳环,比邮票还要轻薄,贴在植物叶片上,当植物需要水时,会向农户的手机发送信息需求。采用此法可以省水



中国科学院

省时省钱,可减少植物生长所需的10%—40%的水量,每年为农户节省几千美元。

1.3 农业传感器可移动化成为主流方向

韩国研究人员日前宣布,他们发明了一种小型生物芯片传感器,可快速、准确地对食品和环境污染进行检测^[5]。韩国生命科学和生物技术研究所以研究人员研发的生物芯片传感器利用表面等离子共振技术,即通过接收被扫描物体表面反射的激光共振信号来辨别分子层的结构,从而检测被测对象的DNA和蛋白质是否受到污染。这种便携式新型装置可进行“即时检验”,大大提高了检测效率。

美国专家研究RFID和传感器保障农业食品安全。美国几家大学组成的研究团队在美国农业部国家食品安全资金项目支持下,预计用3年时间研究采用RFID感应器追踪供应链中多叶绿色蔬菜的温湿度状况。研究人员将在运输卡车内的农产品货箱里安装RFID感应器,监测温湿度水平,波动的发生时间以及它们如何对零售的农产品上的大肠杆菌或其他病原体的产生可能造成的影响。研究人员还希望利用研究结果为包装、配送专业人士提供培训,通过监测运输和配送过程中的新鲜食品,防止食源性致病菌的产生。

从国外传感器产业化技术成熟性角度分析来看,主要呈现出以下主要发展特征:第一,重视基础技术、基础工艺和共性关键技术的研究,保证基础技术与基础工艺处于世界领先地位。第二,重视制造工艺技术和装备研究与应用。配置优良的工艺装备和检测仪器,特别是智能化工艺设备,确保工艺装备的先进性。第三,重视新产品和自主知识产权产品的开发,增强核心竞争力。瞄准全球传感器技术和市场的发展潮流与战略前沿,确定研究课题和产品开发方向。第四,重视传感器的可靠性设计、控制与管理,严格设计符合性控制和工艺可靠性控制,有效地提高产品生产成品率。第五,重视市场竞争,加强市场调查与分析,快速响应市场。注重市场竞争中的个性化服务特色,响应及时,品质优良,性价比高。第六,重视产

品技术标准,熟悉系统信息采集过程中,上下游接口联接的各项标准的完整性、统一性、协调性。正因为如此,国外传感器产品品种繁多,规格齐全,集成化与模块化结构性能强,产品内在与外观质量并重。市场配套与服务能力较强,不断把新技术运用和市场竞争推向新的高度,使同类产品不仅具有在灵敏度、精度、稳定性和可靠性等指标上的竞争,在新材料应用、生产制造工艺与产业化技术水平上,也同样形成了明显的竞争优势。

2 农业物联网数据传输技术快速提高

无线传感网节点作为一种微型化的嵌入式系统,具有端节点和路由双重功能:一方面实现数据的采集和处理;另一方面将数据融合经多条路由传送到汇聚节点,最后经互联网或其他通信网络传送到观察者^[6]。

2.1 传感、计算、通讯集成的数据传输技术得到发展

国际上,无线传感网节点经过COTS、weC、Rene、Dot、Mica、Spec几代的发展,目前Spec所有器件都集成在CMOS芯片中,实现了传感、计算和通讯功能^[7]。而Mica系列节点和Telo节点应用最为广泛,如大鸭岛海燕生活习性和栖息地环境的监测,红杉树微气候环境监测都采用了Mica系列节点,用于采集温度、湿度、大气压强、声音和光照等信息。目前许多研究机构在构建低带宽数据采集的应用中都采用了这两种节点作为硬件平台。

美国加州大学伯克利分校将若干节点布置在一棵红松上用于观测红松的生长状况。英特尔在俄勒冈州建立了世界上第一个无线葡萄园,无线传感器网络分布在葡萄园中,每隔一分钟检测一次土壤温度,监测节点区域的温度或该地区的有害物质数量,确保葡萄健康成长。劳尔·莫赖斯(Raul Morais)等开发了一种ZigBee多电源供电的无线装置,用以在葡萄园中协助对葡萄白粉病的预测^[8]。该系统使用JN5121作为通信模块,为解决传感器节点的能量消耗问题,采用风能、水能、太阳能供电,但也因此造成节点体积过大,不

便于安装。洛佩斯·里克尔梅(López Riquelme)等在西班牙南部半干旱地区穆尔西亚的生态园艺企业内进行了WSN部署试验,采用3种不同类型节点部署方案在生态园中用于监测土壤质量(含水量、温度)、作物生长环境(空气温湿度)、水质(盐度、温度)^[9]。王宁(Ning Wang)等将无线传感器网络在精细农业中的应用概括成了4个方面:空间数据采集、精准灌溉、变量作业、提供数据给农民^[10]。

2.2 近距离无线传感网络实现路由算法动态化

无线传感网节点一般由处理器、无线传输、传感器和电源模块等单元组成。节点芯片方面,国外产品普遍采用通用超大规模集成电路片上系统(SoC),构成了无线传感器网络的基础层支撑平台。而Berkeleyr 2003年发布Spec传感网节点,将8位处理器、900MHz无线发射器、3kRAM、通信、8位模数转换器、温度传感器和TinyOS操作系统全部集成在一个2mm×2.5mm的CMOS芯片中,实现了传感、计算和通讯功能。

ZigBee技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通讯技术。主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的各种电子设备之间进行数据传输以及典型的有周期性数据、间歇性数据和低反应时间数据传输的应用^[11]。

无线传感器网络技术集传感器技术、微机电系统技术、无线通信技术、嵌入式计算技术和分布式信息处理技术于一体,具有易于布置、灵活通信、低功耗、低成本等特点,将其应用于农业环境监测领域已成为目前无线传感器网络的研究热点之一^[12]。

近年来,由于嵌入式计算技术、网络通信技术、节点节能等技术的发展,也给无线传感器网络技术带来了历史性的变革。

1993年美国加州洛杉矶分校(UCLA)与罗克韦尔科学中心合作成立了“继承的无线网络传感器”(WINS)计划,该计划的主要目的是在现有的无线传感节点基础上,增加低功率电子技术和MEMS技术,在大大降低无线传感器节点能耗的同时提高了无线传感节点的测量精度。1999年,美国加州大学伯克利分校的简·M·罗贝开始了PicoRadio计划,以支持“由自成体系、中等尺度、低成本、低能耗的传感和监视节点组成Ad hoc(点对点)形式的无线网络”的需要。美国、日本、以色列等国家一直致力于使得传输节点的集成化与小型化、网络的动态自组织、信息的分布式处理与管理的发展。

3 农业物联网智能处理技术取得重要进展

农业物联网智能处理技术对数据进行预处理、存储、索引、查询、智能分析计算。主要技术包括大数据处理技术、数据挖掘技术、预测预警技术、人工智能技术等。在世界范围内,农业物联网智能处理技术已经得到了广泛的研究。

3.1 流数据实时处理技术在农业物联网得到广泛应用

由于各种传感器等新型物联网设备的普及使用,大数据呈快速爆发之势,根据IDC(International Data Corporation)预测,到2020年,预计全球所管理的数据将达到35ZB^[13]。世界各国积极投入大数据潮流,2012年3月美国发布“大数据研发计划”,基于大数据推动科研和创新,随后英国、日本、德国、加拿大等国纷纷仿效,推出了大数据应用相关的战略研究。随着气象灾害、生物基因以及资源环境等大量非结构化和半结构化数据的急剧爆发,农业领域也进入了大数据时代。而要从体量巨大、种类多样的农



中国科学院

业大数据中去粗取精、去伪存真,传统的存储和计算很难做到,所以大数据的处理分析迫切需要从处理结构化数据向处理非结构化数据、从处理单一数据集向迭代增长数据集、从批处理向流处理、从集中式分析向分布式分析、从验证性分析向探索性分析转变。

由于物联网传感器具备24小时不间断监测的特点,每个传感器都会产生大量的数据,因此物联网技术的应用将会产生大量的不间断数据流。对这些数据进行有效和高效的管理,成为后续数据智能分析、数据应用服务的重要前提。在大数据处理技术上,美国已经进行了大量的研究工作。美国政府将大数据处理技术作为战略性技术进行大力发展,结合政府、科研机构和非政府组织的力量进行大数据处理技术研究。IBM公司开发了大数据平台,可以有效地进行数据管理,高效整合管理不同的数据类型,实现大数据环境下的数据流计算、数据仓库和信息整合。其开发的InfoSphere Streams系统支持连续分析海量流数据,帮助用户快速获取、分析和关联多个实时源的数据,实现数据处理的快速响应,集成应用程序,支持结构化和非结构化数据源;IBM InfoSphere Warehouse提供了一个综合数据仓库平台,支持实时访问结构化和非结构化的数据。

3.2 分布式数据处理技术得到快速发展

近年来,以色列在存储研究方面取得了一定的进展。以色列存储和数据保护厂商CTERA Networks研究了集成存储服务网络附加存储的存储设备和方法,涉及一个网络附加存储设备,用来执行基于存储服务的网络附加存储操作。该设备包含至少一个网络控制器用于局域网客户端的通信,并且通过广域网来使用存储服务;一套本地数据存储设备;一个至少在本地存储设备中存储的数据和存储在存储服务数据的同步存储服务模型;和一个使客户端运行在使用文件共享协议设备上的基于文件操作的处理器。该存储器可以有效地解决农业物联网数据存储的问题。

3.3 智能安全技术使得农业物联网更有保障

农业物联网产生了大量的数据、集聚了海量的软硬件资源,同时也面临着大量的安全隐患,如无线传感器网络的物理层、链路层、网络层等最容易遭受多种类型的攻击,RFID设备在感知层中易受到标签永久失效、标签暂时失效攻击,物联网数据融合也面临一定的危险。传统方式下维护硬件、安装和升级软件、防范病毒和各类网络攻击需要耗费大量的人力物力资源,而且防范的效果不理想。而云安全融合了并行处理、网格计算、未知病毒行为判断等新兴技术,通过网状的大量客户端对网络中软件行为的异常监测,获取互联网中木马、恶意程序的最新信息推送到Server端进行自动分析和处理,再把病毒和木马的解决方案分发到每一个客户端。

4 农业物联网取得了广泛应用

在国外,农业物联网的应用主要集中在农业资源监测和利用、农业生态环境监测、农业生产精细管理和农产品安全溯源等方面。

4.1 农业资源监测和利用领域

在农业资源监测和利用领域,利用各种资源卫星收集国土资源情况,利用先进的传感器、信息传输和互联网等综合化信息监测、传输、分析平台实现区域农业的统筹规划和资源监测。如美国加州大学洛杉矶分校建立的林业资源环境监测网络,通过对加州地区的森林资源进行实时监测,为相应部门提供实时的资源利用信息,为统筹管理林业提供支撑。欧洲主要利用资源卫星对土地利用信息进行实时监测,其中,法国利用通信卫星技术对灾害性天气进行预报,对病虫害进行测报。

4.2 农业生态环境监测领域

在农业生态环境监测领域,主要利用高科技手段构建先进农业生态环境监测网络,利用无线传感器技术、信息融合传输技术和智能分析技术感知生态环境变化。如美国加州大学伯克利分校的研究人员通过无线传感器网络对大鸭岛上海燕的栖息情况进行了9个月周期性的环境监测,采用

区域化静态 MICA 传感器节点部署,实现了无入侵、无破坏的对敏感野生动物及其栖息地的监测^[14]。美国、法国和日本等一些国家主要综合运用建立覆盖全国的农业信息化平台,实现对农业生态环境的自动监测,保证农业生态环境的可持续发展。

4.3 农业生产精细管理领域

在农业生产精细管理领域,将光、温、水、气、土、生物等传感器布局于大田作物生产、果园种植、畜禽水产养殖等方面,实现不间断化感知、实时化决策、精细化生产。如 2002 年,英特尔公司率先在美国俄勒冈州建立了世界上第一个无线传感器网络葡萄园^[15]。通过采用 Crossbow 公司的 Mote 系列传感器,每隔一分钟采集一次光照、土壤温湿度等数据,实时监控葡萄生长环境的细微变化,确保葡萄的健康生长;2004 年,美国佐治亚州的两个农场使用了与无线互联网配套的远距离视频系统和 GPS 定位技术,分别监控蔬菜的包装和灌溉系统。荷兰 VELOS 智能化母猪管理系统,能够实现自动供料、自动管理、自动数据传输和自动报警。泰国初步形成了小规模的水产养殖物联网,解决了 RFID 技术在水产品领域的应用难题^[16]。

4.4 农产品安全溯源领域

在农产品安全溯源领域,利用条码技术和 RFID 技术等来跟踪、识别、监测农产品的生产、运输、消费过程,保证农产品的质量安全。例如 2001 年起,加拿大肉牛使用一维条形码耳标,之后又过渡电子耳标;2004 年日本基于 RFID 技术构建了农产品追溯试验系统,利用 RFID 标签,实现了对农产品流通管理和个体识别。近年来,RFID 的应用更加广泛,并由此形成了自动识别技术与装备制造产业。据美国市调公司 ABI research 2007 年度第一季报告显示,2006 年全球 RFID 市场为 38.12 亿美元,其中亚太地区已

跃为全球最大市场,规模为 14.07 亿美元^[16]。

4.5 农业物联网云服务领域

在云存储、云计算和云分析等方面建立了平台化服务。2007 年 Google 第一次提出“云计算”概念,2008 年微软推出 Windows Azure 操作系统,力图在互联网架构上搭建新的云计算平台^[17]。亚马逊(Amzaon)使用弹性计算云(EC2)和简单存储服务(S3)为企业开展云计算和存储服务,美国政府推出了包括美国农业部在内的各大部委主要数据的大型数据开发平台 USA.gov,并且开发了第一个云计算成果 Apps.gov 网站。日本从 2009 年 5 月开始,致力于建设 Kasumigas-eki Cloud 系统,打造国家云计算战略部署。将云技术迁移到农业领域可以更好地促进农业物联网的发展,在农业云平台上,云存储通过在线存储、网络硬盘等方式解决了农业信息资源分散、行业条块分割和涉农信息与资源整合不够的问题;云计算针对农业也逐步完善基础设施即服务(IaaS)、平台即服务(PaaS)、软件即服务(SaaS)的架构模式,“平台上移、服务下延”的模式变得更加泛在,云服务使得农业物联网的发展变得更加及时、方便和泛在。

5 国外农业物联网技术发展对我国的启示

西方发达国家和周边国家在农业物联网技术的研究和应用方面已取得了很大的成就,与之相比,我国农业物联网技术发展还存在着一定的差距。

(1) 农业精细化、自动化程度较低,物联网应用环境不完善。近年来,一些发达国家已开始大面积推广精细化、自动化的农业生产技术,对农作物的生长环境进行监测,并针对作物生长需要进行生长环境、农业机械的自动控制,因此物联网技术可以无缝接



中国科学院

入,应用环境较为完善。而我国在农业生产精细化、自动化方面还比较薄弱,现有的农业监测及自动控制技术普及率较低,物联网应用环境还不完善,制约了农业物联网应用的发展。

(2)物联网传感器实用化程度较低,管理不方便。与国际先进的物联网传感器技术相比,我国的物联网传感器还存在着设备体积大、功耗高、感知数据精度低、设备在恶劣自然环境下不稳定等问题。由于农田环境下传感器电源不易更换、损坏检修困难,传感器的上述问题给传感器管理带来了不便,阻碍了传感器在农业生产环境下的广泛部署。

(3)物联网数据传输可靠性较差,数据收集不稳定。农业生产环境的自身特点和传感器低功耗的技术需求给农业物联网数据传输提出了更高的要求。我国在低功耗下的网络传输安全性技术、抗干扰技术、自动动态组网技术等方面相比国际先进水平还存在一定的差距,网络传输的不稳定给后端数据处理和智能分析带来了一定的困难。

作为一个农业大国,我国应该努力学习国外先进技术,结合我国实际情况,研究开发出适合我国国情的农业物联网技术和设备,努力扩展农业物联网技术在我国的应用。

(1)发展微型化传感器。努力发展微型化传感器。微型传感器可以有效地节约资源、降低制造成本、减少能源消耗,同时微型传感器更加便于使用,可以减少传感器占用的空间。目前,发达国家已在相关方面开展了大量的研究,我国应加快脚步,在微型传感器领域进行更加深入的研究。

(2)寻求系统节能策略。无线传感器网络应用于特殊场合时,电源不可更换,因此功耗问题显得至关重要。目前国内外在节点的低功耗问题上已取得了很大的研究进展,提出了一些低功耗的无线传感器网络协议,未来将会取得更大的进步。

(3)努力降低传感器成本。由于传感器网络的节点数量非常大,往往是成千上万个。要使传感器网络达到实用化,要求每个节点的价格控制

在1美元以下,而现在每个传感器节点的造价大约在80美元左右。如果能够有效地降低节点的成本,将会大大推动传感器网络的发展。

(4)着手解决传感器网络安全性问题和抗干扰问题。与普通的网络一样,传感器网络同样也面临着安全性的考验,即如何利用较少的能量和较小的计算量来完成数据加密、身份认证等。在破坏或受干扰的情况下可靠地完成执行的任务,也是一个重要的研究课题。

(5)研究节点的自动配置问题。未来将着重于研究如何将大量的节点按照一定的规则组成一个网络。当其中某些节点出现错误时,网络能够迅速找到这些节点,并且不影响到网络的正常使用。配置冗余节点是必要的。

我们相信,在学习了国外先进的农业物联网技术后,我国必将在农业物联网领域研究出更加先进和实用的农业物联网应用,并使之服务于我国的农业生产和流通领域,为提高我国农业的快速可持续发展做出贡献。

参考文献

- 1 张琛驰. 对我国农业物联网发展的思考. 现代农业科技, 2012, 22: 341-342.
- 2 孙其博, 刘杰, 黎彝等. 物联网: 概念、架构与关键技术研究综述. 北京邮电大学学报, 2010, 33(3): 1-9.
- 3 传感器技术向微型化、智能化和可移动性发展. http://www.5lian.cn/html/2012/chuangangqi_0929/34687.html, 2012-09-29/ 2012-09-29.
- 4 Claussen J C, Kumar A, Jaroach D B et al. Nanostructuring Platinum Nanoparticles on Multilayered Graphene Petal Nanosheets for Electrochemical Biosensing. Adv. Funct. Mater., 2012, 22: 3399-3405.
- 5 Okhee Choi, Yongsang Lee, Inyoung Han et al. A simple and sensitive biosensor strain for detecting toxoflavin using β -galactosidase activity. Biosensors and Bioelectronics, 2013, 256-261.
- 6 徐兴元, 章玥, 季民河等. 农业生态环境监测中无线传感节点信号有效传输距离的确定. 农业工程学报, 2013, 29(14): 164-170.
- 7 蔡义华, 刘刚, 李莉. 基于无线传感器网络的农田信息采集节点

- 设计与试验. 农业工程学报, 2009, 4(25): 176-178.
- 8 Raul Morais, Miguel A Fernandes, Samuel G Matos. A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remotesensing applications in precision viticulture. Computers and electronics in agriculture, 2008, 62(2): 94-106.
 - 9 López Riquelmea J A, Sotoa F, Suardíaza J et al. Wireless Sensor Networks for precision horticulture in Southern Spain. Computers and Electronics in Agriculture, 2009 (68): 25-35.
 - 10 Ning Wang, Naiqian Zhang, Maohua Wang. Wireless sensors in agriculture and food industry-Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture, 2006, 50(1): 1-14.
 - 11 邓小蕾, 李民赞, 武佳等. 集成 GPRS、GPS、ZigBee 的土壤水分移动监测系统. 农业工程学报, 2012, 28(9): 130-135.
 - 12 姜晟, 王卫星, 孙道宗等. 能量自给的果园信息采集无线传感器网络节点设计. 农业工程学报, 2012, 28(9): 153-158.
 - 13 人民日报. 全球数据总量每两年翻一番 2020 年预计将达 35ZB. http://www.ce.cn/cysc/tech/07ityj/guonei/201212/24/t20121224_21306593.shtml, 2012-12-24/2012-12-24.
 - 14 杨诚. 无线传感器网络在农业环境监测中的应用. 江苏大学, 2007.
 - 15 互联网周刊. 互联网周刊: 智慧时代正向我们走来. http://tech.ifeng.com/internet/detail_2010_10/09/2731839_8.shtml. 2010-10-09/2010-10-09.
 - 16 农业部市场与经济信息司. 国内外农业物联网发展现状. 市场信息工作简报, 2011, (49).
 - 17 汪兆成. 基于云计算模式的信息安全风险评估研究. 第 26 次全国计算机安全学术交流会论文集, 2011.

Technology Development of Agricultural Internet of Things in Foreign Countries and Its Inspiration to China

Tang Ke

(Department of Science, Technology and Education, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China)

Abstract As the development of information technology, Internet of Things (IoT) has been widely used in various fields in agricultural production. Important progress has been made in some countries in the fields of IoT sensing technology, data transmission technology, intelligent processing technology, etc. Typical cases have appeared that apply IoT to the agriculture domain. These technical progress and related applications are of great significance to the rapid development of agricultural IoT in China. Through investigation and analysis to the latest progress on agricultural IoT technology in other countries, this paper describes advanced techniques and experiences in the fields of IoT sensing technology, data transmission technology, intelligent processing technology, etc. Several typical cases of agricultural IoT that are related to monitoring and utilization of agricultural resources, agricultural ecological environment monitoring, fine management of agricultural production, agricultural product safety traceability, and agricultural IoT cloud service are presented. Furthermore, constructive suggestions are proposed in the development of miniaturized sensors, seeking systematic energy strategy, reducing the cost of sensors, sensor network security and interference problems, automatic node configuration issues, and other aspects.

Keywords Internet of Things (IoT), technology, survey, inspiration

唐珂 农业部科技教育司司长, 管理学博士。1969 年 5 月出生于重庆市。E-mail: tangke0666@sina.com



中国科学院