


# 物联网 与智慧农业

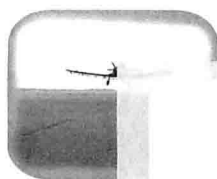
王玉洁 等◎编著

 中国农业出版社

# 物联网 与 智慧农业

王玉洁 等 编著

WULIANWANG YU ZHIHUNONGYE



中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

物联网与智慧农业/王玉洁等编著. —北京: 中国农业出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-109-18910-2

I. ①物… II. ①王… III. ①互联网络—应用—农业—研究②智能技术—应用—农业—研究 IV. ①TP393.4  
②S126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 032662 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

大恒数码印刷

2014 年 6

开本:

发行所发行

次印刷

5.75

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

# 前言



当今世界，人类发展与能源环境矛盾日益加剧，人们越来越认识到人与自然和谐发展的重要性。必须通过新的技术手段，感知自然、认识自然、提高工作效率、降低生产运行成本、节能减排、保护自然，使人类文明进程与自然和谐发展。物联网是信息技术的最新发展，为人类更好地感知自然、认识自然，创造了技术条件。物联网构造了一个覆盖世界上万事万物的“Internet of Things”，使得人与人、人与物、物与物和谐互联、交互，引起人们的极大关注，人们期盼将物联网技术全面应用，为经济的可持续发展寻找到新的增长点。

物联网时代将会给农业、农民、农村带来些什么？这日益引起越来越多人的关注，也是相关领域专业人员探索研究的热点。智慧农业将物联网、云计算技术等信息化技术用于农业生产、农民生活和农村建设中，实现“三农”产业的数字化、智能化、低碳化、生态化、集约化，发展智慧农业将更具有时代和战略意义。将物联网技术应用于我国的农业生产、农民生活及社会主义新农村建设，不仅使农民体会到科技进步给生产带来的巨大变革，享受更加美好的幸福生活，而且为物联网的发展开辟了一个新的广阔空间，促进物联网行业更加蓬勃发展。

本书提出智慧新农村的概念，将物联网技术应用于社会主义新农村建设，并结合作者教学与科研项目，给出一些物联网在农业中应用的实例，建立了一个智慧新农村信息平台。

本书以对物联网、智慧农业感兴趣的读者及相关的专业科技人员、高等院校相关专业研究生、本科生等为读者对象，汇集了作者近几年对物联网理论发展的研究情况及致力于物联网在现代农业中应用的实践心得体会。全书共分为9章。

第1章介绍物联网的概念、关键技术及其发展，着重分析了物联网与互联网的关系、异同点，并从物联网对信息处理的功能考虑，提出一种物联网的功能体系结构。

第2章介绍云计算及其发展，特别是全面分析、论述了云计算与物联网的关系及云计算与物联网结合面临的问题，分析了云计算安全问题。

第3章介绍农业物联网及智慧农业的概念、内涵，分析了智慧农业的技术体系架构，介绍农业物联网的应用领域。

第4章主要结合智慧农业介绍农业物联网常用的各种传感器，构建应用于温室大棚环境监测的无线传感器网络远程智能监控系统的方案。

第5章介绍智慧农业的信息获取技术及其在智慧农业的种植、养殖业中的应用。

第6章分析应用于智慧农业的物联网通信技术，包括有线组网技术、无线通信技术、3G技术等，并结合智慧农业给出一个基于ZigBee与嵌入式服务器的智能温室系统的设计实例。

第7章在分析了智慧农业的智能处理技术的基础上，给出一个将物联网技术应用于农业实际中的智慧处理实例——表层土壤重金属污染分析。

第8章介绍智慧农业的移动终端软件设计，以Android智能操作系统作为移动软件运行平台，采用Android开源系统技术，用Java语言和Eclipse开发工具对手机团购软件进行开发，给出一个团购网站的设计开发实例。

第9章介绍智慧新农村的概念、系统结构，并构建了基于物联

网的智慧新农村信息平台，重点介绍智慧新农村信息平台子系统——果树病虫害监测防治智能决策系统。

参加本书撰写的作者：北京农学院的王玉洁、牛芑洁、杨焱，北京林业大学的黄晓东。本书的第1章、第2章由王玉洁撰写，第3章、第4章、第5章由牛芑洁撰写，第6章由杨焱撰写，第7章由王玉洁、黄晓东撰写，第8章由杨焱撰写，第9章由王玉洁、杨焱、黄晓东撰写。全书由王玉洁统稿并全面修改。

本书的出版得到了北京农学院、中国农业出版社的大力支持，在此表示诚挚的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2013年9月

# 目 录



oooooooooooooooooooooooooooo

## 前言

<b>第 1 章 物联网概述</b> .....	1
1.1 物联网的基本概念 .....	1
1.1.1 物联网 .....	1
1.1.2 物联网的体系结构 .....	3
1.1.3 物联网的重要性 .....	6
1.1.4 物联网的特征 .....	7
1.2 物联网的进展 .....	8
1.2.1 国外物联网的进展 .....	9
1.2.2 我国物联网的发展 .....	11
1.2.3 物联网与互联网 .....	14
1.2.4 物联网发展面临的问题 .....	15
1.2.5 物联网的发展趋势 .....	16
1.3 物联网的核心关键技术 .....	17
1.3.1 RFID 技术 .....	17
1.3.2 传感器技术 .....	18
1.3.3 无线传感器网络技术 .....	19
1.3.4 智能处理技术 .....	19
1.3.5 通信技术 .....	21
1.3.6 安全技术 .....	22
1.3.7 平台服务技术 .....	22
1.3.8 物联网的技术难点 .....	23
1.4 物联网的应用领域 .....	24
1.4.1 智能应用 .....	24

1.4.2	生态监视 .....	26
1.4.3	物联网在农业中的应用 .....	28
<b>第2章</b>	<b>云计算 .....</b>	<b>31</b>
2.1	云计算 .....	31
2.1.1	信息化与云计算 .....	31
2.1.2	云计算的构成与任务 .....	33
2.1.3	云计算相关技术 .....	35
2.1.4	云计算的体系结构 .....	36
2.1.5	云计算特点 .....	38
2.2	云计算发展与应用 .....	40
2.2.1	国外云计算的发展与应用 .....	40
2.2.2	国内云计算的发展与应用 .....	44
2.2.3	云计算给中国带来机遇和挑战 .....	46
2.3	云计算关键技术 .....	48
2.4	云计算与物联网 .....	51
2.4.1	云计算是物联网发展的基石 .....	51
2.4.2	云计算与物联网结合面临的问题 .....	53
2.5	云计算安全 .....	54
2.5.1	云计算存在的安全问题 .....	54
2.5.2	云计算安全现状 .....	56
2.5.3	云计算安全关键技术 .....	58
<b>第3章</b>	<b>智慧农业概述 .....</b>	<b>61</b>
3.1	物联网与智慧农业转型 .....	61
3.1.1	农业物联网 .....	61
3.1.2	智慧农业 .....	62
3.1.3	发展智慧农业是传统农业转型的良好 契机 .....	63
3.2	智慧农业的内涵 .....	64
3.3	智慧农业的系统架构 .....	67
3.4	农业物联网的关键技术 .....	69
3.4.1	信息感知技术 .....	69



3.4.2	信息传输技术	70
3.4.3	信息处理技术	71
3.4.4	管理与支撑技术	72
3.5	智慧农业的应用领域	72
3.5.1	智能温室大棚及仓储	72
3.5.2	农产品溯源和食品安全	74
3.5.3	精准农业管理与农机定位调度	75
3.5.4	农业病虫害防治	76
3.5.5	农业信息互动平台	77
<b>第4章</b>	<b>物联网的传感器技术</b>	<b>79</b>
4.1	传感器的概念与分类	79
4.1.1	传感器的概念	79
4.1.2	传感器的分类	80
4.2	物联网常用传感器	81
4.2.1	温度传感器	81
4.2.2	湿度传感器	83
4.2.3	光电传感器	85
4.3	智能传感器技术	86
4.4	生物传感器	87
4.5	无线传感器网络	89
4.6	无线传感器网络的安全技术	91
4.7	多传感器网络的数据融合	93
4.8	无线传感器网络的应用	95
<b>第5章</b>	<b>智慧农业的信息获取技术</b>	<b>99</b>
5.1	条形码与二维码	99
5.1.1	条形码	99
5.1.2	二维码	99
5.2	射频识别 (RFID) 概述	102
5.3	RFID 的系统组成与相关技术	103
5.3.1	RFID 系统组成	103
5.3.2	RFID 相关技术	105

5.3.3 标准化	107
5.4 RFID 的应用	109
5.5 3S 技术	111
5.5.1 GPS 技术概述	111
5.5.2 GIS 技术概述	113
5.5.3 RS 技术概述	114
5.5.4 GPS、RS 与 GIS 的集成——3S 技术	115
<b>第 6 章 应用于智慧农业的物联网通信技术</b>	<b>117</b>
6.1 物联网的接入技术	117
6.1.1 有线组网技术	117
6.1.2 无线组网技术	118
6.2 近距离无线通信技术	118
6.2.1 红外技术	119
6.2.2 蓝牙技术	120
6.2.3 无线局域网技术 Wi-Fi	123
6.2.4 超宽带技术	125
6.2.5 近距离无线传输 (NFC)	126
6.2.6 ZigBee 技术	129
6.2.7 常用近距离无线通信技术比较	131
6.3 3G 通信技术	132
6.3.1 3G 技术发展简介	132
6.3.2 技术标准	133
6.3.3 网络结构	135
6.4 ZigBee 无线网络的设计与实现	136
6.4.1 系统功能需求分析	136
6.4.2 系统总体设计方案	136
6.4.3 ZigBee 节点硬件设计	137
6.4.4 ZigBee 节点软件设计	138
6.4.5 ZigBee 通信程序设计	139
<b>第 7 章 智慧农业的智能处理技术</b>	<b>142</b>
7.1 智能计算	142
7.1.1 人工智能	142

7.1.2 智能计算	144
7.1.3 智能计算的发展	145
7.1.4 智能决策支持系统	148
7.1.5 农业决策支持系统	151
7.2 智能控制技术	153
7.2.1 智能控制	153
7.2.2 模糊控制系统	155
7.2.3 神经网络控制系统	155
7.2.4 专家控制系统	156
7.3 智能处理实例——某地区表层土壤重金属污染分析	157
7.3.1 问题的分析	157
7.3.2 地区内不同区域重金属的污染程度	159
7.3.3 重金属污染的主要原因分析	162
7.3.4 重金属污染物的传播特征建模与污染源的位置分析	167
7.3.5 研究区域地质环境的演变模式分析	171
<b>第8章 智慧农业的移动终端软件设计</b>	<b>175</b>
8.1 移动终端	175
8.2 嵌入式操作系统	176
8.3 Android 开发平台	177
8.3.1 Android 简介	177
8.3.2 Android 的基本体系结构	177
8.3.3 搭建 Android 开发环境	180
8.4 基于 Android 平台的团购网站	183
8.4.1 项目介绍	183
8.4.2 需求分析	183
8.4.3 UI 设计	184
8.4.4 团购网 XML 解析	191
8.4.5 应用演示	202
8.4.6 小结	204
<b>第9章 智慧新农村信息平台建设</b>	<b>205</b>
9.1 社会主义新农村建设呼唤智慧化	205
9.2 智慧新农村信息平台	207

9.2.1	智慧新农村的概念	207
9.2.2	智慧新农村系统结构	207
9.2.3	主要研究内容及研究方法	209
9.2.4	信息平台系统	212
9.2.5	北京郊区农村信息化现状调研	212
9.3	智慧新农村信息平台建设	214
9.3.1	需求分析	214
9.3.2	智慧新农村信息平台组成结构	217
9.3.3	关键模块实现	218
9.4	智慧新农村信息平台子系统——果树病虫害监测防治 智能决策系统	220
9.4.1	果树病虫害监测及数学模型研究	220
9.4.2	果树虫害的识别	231
9.4.3	病虫害防治的智能决策支持系统	236



# 物联网概述

当今世界，人类发展与能源环境矛盾日益加剧，人们越来越认识到人与自然和谐发展的重要性。在人与自然和谐发展过程中，感知自然、与自然和谐交互是很重要的。必须通过新的技术手段，感知自然、认识自然、提高工作效率、降低生产运行成本、节能减排、保护自然，使人类文明进程与自然和谐发展。随着信息技术的不断发展，人类感知自然能力的日渐增强，结合了各种新技术的网络正在逐渐形成，成为人与物体、物体与物体及人与自然沟通交互的工具。这种支持人与物、物与物广泛互联、实现人与自然世界的全面信息交互的全新网络，被称为物联网（Internet of Things, IOT）。

物联网构造了一个覆盖世界上万事万物的“Internet of Things”，引起人们的极大关注，受到各国政府、企业和学术界的重视。人们期盼将物联网技术深入到社会经济和生活的各个方面，为经济的可持续发展寻找到新的增长点，促进人与自然和谐发展。

## 1.1 物联网的基本概念

物质、能源、信息是当今人类社会的三大资源，信息与人类相生相伴。人类一直在探索信息感知、表达、传递的方法，促进了计算机及网络等信息技术的产生与发展。物联网是由多项信息技术融合而成的新型技术体系，被称为继计算机、互联网和移动通信之后，世界信息产业的又一次浪潮。

### 1.1.1 物联网

目前为止，对物联网概念尚无准确一致的定义，其内涵在不断发展、完善，其覆盖范围与时俱进。

物联网概念最早是从电子产品代码（Electronic Product Code, EPC）、射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）及传感网等发展而来的，物联网的产生与传感网、互联网、泛在网有着千丝万缕的关系。其理念是通过网

络技术将传感网信息和 RFID 信息进行远距离识别和处理。

互联网是由多个网络按照一定的通信协议互联而成的网络，使得人与人之间用计算机与网络实现通信。

传感网又称无线传感器网络，它是由一组传感器以自组织方式构成的无线网络，其目的是协作的感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息，并发布给观察者。

泛在网是指为人类提供无所不在的、无所不包的信息服务与应用，实现人与人、人与物、物与物间按需进行的信息获取、传递、存储、认知、决策、使用等服务，网络具有超强的环境感知、内容感知及智能性，以满足个人和社会的需求。

1999 年美国麻省理工学院 (MIT) Ashton 教授提出了物联网的概念：把所有物品通过射频识别 (RFID) 和条码等信息传感设备与互联网连接起来，实现智能化识别和管理。射频识别 (RFID) 标签可谓是早期物联网最为关键的技术与产品环节，当时认为物联网最大规模、最有前景的应用就是在零售和物流领域，利用 RFID 技术，通过计算机互联网实现物品 (商品) 的自动识别和信息的互联与共享。

早期的物联网结构如图 1-1 所示。每一个物品都被赋予一个独一无二的电子产品代码 EPC，将这个 EPC 代码存储在 RFID 标签中并贴在物品上，同时将这个代码所对应的详细信息和属性存储在互联网上的 EPC 信息服务 EPCIS (EPC Information Service, EPCIS) 服务器中。当物品从生产到流通的各个环节中被识别并记录时，通过对象名解析服务 ONS (Object Naming Service, ONS) 的解析可获得物品所属信息服务系统的统一资源标识 URI (Universal Resource Identifier, URI)，进而通过网络从 EPCIS 中获得其代码所对应的信息和属性，以进行物品识别，实现对物流供应链的自动追踪管理。物联网的最终目标是为每一个物品建立全球的、开放的标识标准，它的发展不仅能够实现

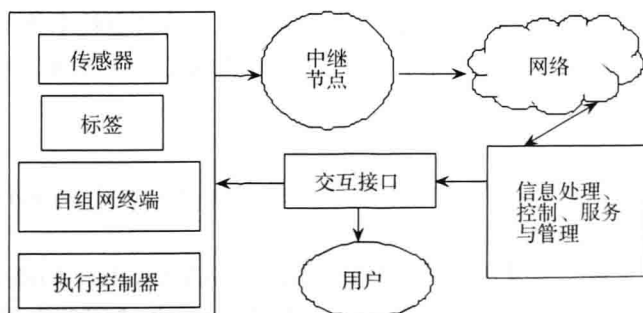


图 1-1 早期物联网结构示意图

对物品的实时跟踪，而且能够提高物流运输效率和信息化管理水平。

2005 年，国际电信联盟（International Telecommunications Union, ITU）在“The Internet of Things”报告中对物联网概念进行扩展，提出任何时刻、任何地点、任意物体之间的互联，无所不在的网络和无所不在计算的发展远景，除 RFID 技术外，传感器技术、纳米技术、智能终端技术等将得到更加广泛的应用。这使得物联网的定义和范围有了较大的拓展，不再只是指基于 RFID 技术的物联网。

2010 年，中国政府报告所附的注释中对物联网做了如下说明：“物联网是按照约定的协议，通过传感设备把网络连接起来，进行信息通信和交换，以实现智能化管理、监控、识别、定位、跟踪”。

综上所述，本文给出物联网的定义：

物联网是指通过各种信息传感设备装置与技术，如传感器、射频识别（RFID）系统、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器、气体感应器等，实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程，采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息，与现有的互联网整合起来，使得万物中的每个物体都有一个唯一的识别身份，实现人类社会与物理系统的整合，形成一个巨大的互联网络。在这个整合的网络当中，由能力超级强大的中心计算机群，对海量数据信息进行分析处理，从而给物体赋予智能，实现人与物体、物体与物体间的交互，实现对万物的“高效、节能、安全、环保”的管理、控制和经营。全面感知、可靠传送、智能处理、泛在化是物联网的重要特征。

物联网的本质是物与物之间通过互联网相连，并在此基础之上进行信息交换与信息处理。物联网使原本静态的物品演变成动态物品，并进行智能的信息处理，可以促使更多新产品和“物应用”的诞生。

物联网的概念有两个含义：第一，物联网的核心和基础是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信。

物联网时代，人类可用更加精细和动态的方式管理生产和生活，达到“智慧”状态，提高对于有限的资源与环境的利用率和生产力水平，有助于资源和环境保护，改善人与自然间的关系。

### 1.1.2 物联网的体系结构

尽管对物联网概念的描述不尽一致，但内涵基本相同。物联网通过对物理世界进行感知，对感知信息传输和处理，并对事件做出判断和决策，再回到控制执行器进行执行动作，从而对事件产生作用来影响事件的进程，形成从物理

世界到信息空间再到物理世界的循环过程。这个过程决定了物联网整体上由硬件与软件两大部分组成：硬件有各种识别感知的设备装置、网络连接与传输、各种终端及计算机等，软件包括各种中间件、数据库系统、各种应用开发软件、云计算平台等。目前，对于物联网体系架构没有一个统一的定义。

(1) 物联网的层次体系结构。根据国际电信联盟的建议，物联网的层次体系结构由感知层、接入层、网络层、服务管理层及应用层组成。

感知层：该层的主要功能是通过各种类型的传感器对物质属性、环境状态、行为态势等静态/动态的信息进行大规模、分布式的信息获取与状态辨识，针对具体感知任务，常采用协同处理的方式对多种类、多角度、多尺度的信息进行在线计算与控制，并通过接入设备将获取的信息与网络中的其他单元进行资源共享与交互。

接入层：该层的主要功能是通过现有的移动通信网（如 GSM 网、TD-SCDMA 网）、无线接入网（如 WiMAX）、无线局域网（Wi-Fi）、卫星网等基础设施，将来自感知层的信息传送到互联网中。

网络层：该层的主要功能是以 IPv6/IPv4 以及后 IP（Post-IP）为核心建立的互联网平台，将网络内的信息资源整合成一个可以互联互通的大型智能网络，为上层服务管理和大规模行业应用建立起一个高效、可靠、可信的基础设施平台。

服务管理层：该层的主要功能是通过具有超级计算能力的中心计算机群，对网络内的海量信息进行实时的管理和控制，并为上层应用提供一个良好的用户接口。

应用层：该层的主要功能是集成系统底层的功能，构建起面向各类行业的实际应用，如生态环境与自然灾害监测、智能交通、文物保护与文化传播、远程医疗与健康监护等。

基于目前物联网的发展现状，特别是针对传感器网络的技术复杂性和非成熟性，深入开展传感网的核心技术研究。预计未来将进一步推进芯片设计、传感器、射频识别等技术的发展，在此基础上逐步开展感知层的网络（核心为传感器网络）与后 IP 网络的整合，扩展服务管理层的信息资源并探索商业模式，并以若干个典型示范应用为基础推进物联网在各个行业的应用。同时，在各个层面开展相关标准的制定。

(2) 物联网的功能体系结构。物联网的显著特征，一是感知物理世界的超海量信息，二是具有智能决策和控制功能。从信息技术的角度看，物联网实现了从信息获取到信息处理与再生的全过程，构成了一个人、机、物的协调生态系统，实现人类社会与物理系统的整合。物联网与以往的信息系统相比，信息



获取的对象更加广泛与多样，信息处理的能力更加智能与高效。

本文从物联网对信息处理的功能考虑，提出一种体系结构，由 4 部分组成：感知与控制、网络传输、智能处理、管理与支撑，如图 1-2 所示。

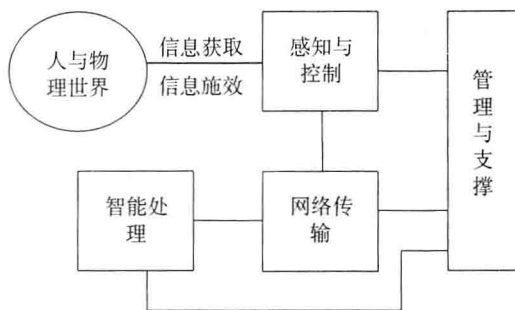


图 1-2 物联网的功能体系结构

1) 感知与控制模块。感知与控制模块实现人与物、人与人、物与物之间的全面交互。

感知模块负责各类应用相关数据的采集与感知，主要用于采集物理世界中发生的物理事件和数据，包括各类物理量、标识、音频、视频数据。感知模块包括二维码标签和识读者、RFID 标签和读写器、摄像头、全球卫星定位系统、各种传感器、传感器网络（指由大量各类传感器节点组成的自治网络，具有自组织、自愈合的特点）和传感器网关等。

各种物体通过嵌入 RFID 和无线传感器等感知器件，自组地形成局部网络，获取自身状态或周围环境信息，并通过接入网将信息传入传输层。

控制模块执行智能处理模块输出的各种信息智能化决策控制任务，实现全球物体之间的深度互联和互动，通过调节对象事物的状态及其变换方式，使对象处于预期的运动状态。

感知与控制模块的基础技术主要包括传感器和控制器技术，以及短距离传输技术（如无线传感网、RFID 等）。传感器网络组网和协同信息处理技术实现传感器、RFID 等数据采集技术所获取数据的短距离传输、自组织组网以及多个传感器对数据的协同信息处理过程。

2) 网络传输模块。网络传输模块实现更加广泛的互联功能，将各种通信网络与互联网融合，实时准确的接收感知信息，并把感知到的信息无障碍、高可靠性、高安全性地进行传送。

网络传输是基于现有的通信网和互联网基础上建立起来的，其关键技术既包含了现有的通信技术，如 2G/3G 移动通信技术、有线宽带技术、PSTN 技术、无线联网（Wireless Fidelity, Wi-Fi）技术等，也包含终端技术，如连接