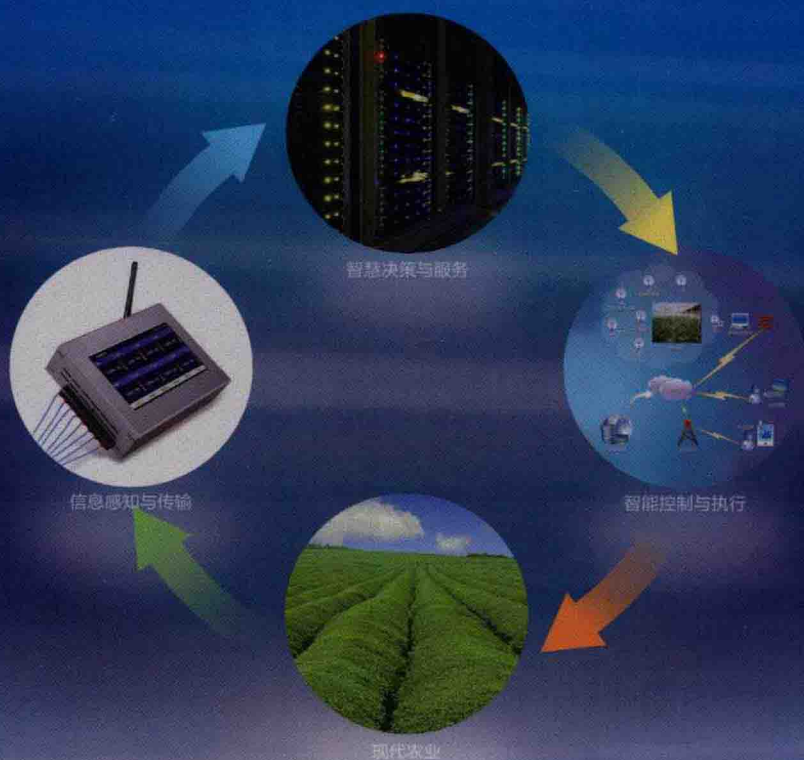


* 现代农业高新技术丛书 *

农业物联网技术 及其应用

Technology and Application for Internet-of-Things in Agriculture

何 勇 聂鹏程 刘 飞 著



科学出版社

1-7-
151

现代农业高新技术丛书

农业物联网技术及其应用

何 勇 聂鹏程 刘 飞 著



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍了农业物联网技术的理论基础和实际应用,主要包括农业信息的快速感知、无线传输、智能处理与控制的关键技术、装备及实际应用案例。总体思路是在详细介绍农业物联网基本技术原理的基础上,介绍相关关键技术及其实际应用案例,并结合著者团队相关研究成果进行农业物联网综合应用的说明。本书立足于团队十多年的研究成果,实现了理论和应用的统一,使读者对物联网技术在农业中的应用有全面系统的了解。

本书可作为高等农业院校农业物联网、农业信息化、农业工程、农业电气化等相关方向本科生和研究生的专业教材,也可作为非农业高等院校物联网技术、信息技术等相关方向本科生和研究生的选修教材,亦可作为农业和农村信息化领域同行和技术人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

农业物联网技术及其应用/何勇,聂鹏程,刘飞著. —北京:科学出版社, 2016.5

(现代农业高新技术丛书)

ISBN 978-7-03-048139-9

I. ①农… II. ①何…②聂…③刘… III. ①互联网络—应用—农业—研究②智能技术—应用—农业—研究 IV. ①TP393.4②S126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 091565 号

责任编辑:王海光 王 好 / 责任校对:郑金红

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:北京图阅盛世文化传媒有限公司

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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 9 月第二次印刷 印张:23 1/4

字数:531 000

定价:139.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介



何勇 浙江大学“求是”特聘教授、博士生导师。浙江大学农业信息技术研究所所长、浙江大学数字农业与农村信息化研究中心常务副主任、农业部设施农业装备与信息化重点实验室副主任，“十二五”国家 863 计划现代农业技术领域“数字农业技术与装备”主题专家、863 计划项目首席专家、国家教学名师、国家百千万国家级人才、国家农村信息化示范省国家级指导专家、第四届教育部高校优秀青年教师、浙江省首届十大师德标兵、第四届浙江省十大杰出青年、浙江省有突出贡献中青年专家、全国优秀科技工作者，享受国务院政府特殊津贴。曾先后在日本东京大学、东京农工大学、美国伊利诺伊大学访问和担任客座教授。据 ESI 最新统计，全球共有 4615 名科学家进入农业科学领域前 1% 的“最被引科学家”，何勇教授名列 72 位，按 TOP 论文数排序名列 19 位，H 指数 35。

主要从事农业物联网、农村信息化、农用航空和智能农业装备等方面的科研和教学工作。主持国家 863 计划、国家自然科学基金、国家科技支撑计划及省部级重点科研项目 50 余项。发表论文 400 余篇，其中 SCI 收录 300 余篇。出版著作和教材 20 多部，获授权发明专利 70 多项、软件著作权登记 30 多项。担任 ELSEVIER 出版公司 SCI 收录农业工程权威杂志 *Computers and Electronics in Agriculture* 主编，*Food and Bioprocess Technology* 等 10 多本国际学术期刊编委，《农业机械学报》、《浙江大学学报》等 10 多本国内学术刊物的编委。担任国际农业工程学会（CIGR）第六分会委员、亚洲精细农业联合会常务理事。担任浙江省全国农村信息化示范省建设专家组组长、浙江省永康现代农业装备创新园区专家组组长，担任国际学术会议分会场主席、学术委员会委员 30 余次。负责的“精细农业”课程荣获国家精品课程和国家资源公开课程。指导的 2 位博士研究生分别获得 2012 年、2013 年国家百篇优秀博士论文提名。获国家科技进步奖二等奖 1 项，浙江省科技进步奖一等奖 3 项、二等奖 9 项，教育部科学科技进步奖一等奖 1 项、二等奖 1 项，国家教学成果奖一等奖 1 项，省教学成果奖一等奖 1 项、二等奖 2 项。

前 言

物联网 (internet of things, IoT) 技术是 20 世纪末 21 世纪初提出并发展起来的高新技术。物联网技术在互联网的基础上,通过感知技术和智能传感仪器,实现“万物互联”。近年来,伴随着网络通信、电子、控制、制造、云计算和传感器等技术的发展,物联网技术得到了迅猛发展,其应用范围几乎涉及各行各业,已成为世界各国提升国家竞争力的重要组成部分。在我国,物联网产业作为战略性新兴产业之一得到国家的大力扶持,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》、《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》和《物联网“十二五”发展规划》均对我国物联网产业的发展提出指导和规划。

农业是物联网技术的重点应用领域之一。当前,我国正处于传统农业向现代农业过渡阶段,物联网技术已逐步应用于农业生产的各个方面,如设施园艺、大田种植、畜禽养殖、水产养殖、农产品物流、农产品溯源等领域。农业生产中作物生长的特异性、生产过程的长期性和生产环境的复杂性决定了物联网技术在农业应用中的特殊性,因此,必须结合农业生产实际情况,研发适于我国农业发展特色的物联网技术和装备,实现农业生产信息快速实时获取、稳定高效传输、生产作业的智能决策与精准控制,对节约劳动力成本、减少水肥药等农资投入、降低环境污染、提升农产品品质和产量、促进农业生态和谐和可持续发展具有重要意义。

本书的撰写团队是国内最早开展农业物联网技术研究和应用的团队之一,常年工作在农业传感仪器和农业物联网技术研究与应用的的前沿,在农业生产信息采集与过程控制、农业传感器开发、农产品品质检测和溯源等,进行了广泛的探索和研究。本书著者、团队负责人何勇教授是“十二五”国家 863 计划现代农业技术领域主题专家、863 计划项目首席专家,长期致力于农业物联网技术和智能农业装备的研究、开发、应用和推广。本书著者主持了多项与农业物联网技术相关的国家和省部级项目,积累了丰富的研发成果和推广应用经验,多次荣获国家和省部级科技成果奖励。

目前,国内外出版的相关专著和教材,偏重于介绍物联网技术理论基础,实际应用案例较少,缺乏一本理论与实践相结合的著作。本书是团队十余年农业物联网技术研究与推广应用的成果积累,是多个国家 863 计划、国家科技支撑计划、国家自然科学基金及省部级科研项目的成果。内容上突出理论和实际应用的结合,从物联网技术的理论基础出发,结合著者对复杂农业环境的理解,通过典型案例展示物联网系统的整体性和应用效果,既详细介绍农业物联网的基本理论、关键技术,又面向农业各个方面的实际应用,深入浅出。本书主要内容包括农田土壤-作物-环境信息感知技术及其应用、畜禽水产养殖信息感知技术及其应用、农业对象个体识别、定位导航技术、遥感技术、信息传输与决策处理、物联网标准体系及实际应用案例分析,揭示了物联网技术在农业中的具

体应用流程和方式。本书可帮助技术人员和学生快速入门，同时也为读者和相关研究人员了解最新动态和进一步深入研究提供了相关知识。

本书主要由浙江大学何勇、聂鹏程、刘飞等共同撰写，冯雷、方慧、裘正军、鲍一丹、吴迪和金华职业技术学院方孝荣、陈海荣参与了部分章节的撰写，并对本书的撰写给予了大力支持和帮助。团队研究生张初、余克强、朱红艳、赵艳茹、刘子毅、周莉萍、陈欣欣、孙婵骏、张建锋、骆一凡、张昭、张畅、张徐洲、朱逢乐、魏萱等参与了本书的撰写、修改和统稿工作，对他们付出的辛勤劳动表示衷心的感谢。

鉴于与物联网技术相关的信息通信、电子、控制、制造、云计算和传感器等技术发展迅猛，物联网技术涉及的知识面和应用领域非常广泛。农业物联网技术作为多学科交叉的典型技术，随着信息感知、信息传输、处理和控制，以及实际应用广度和深度的增加，必将促进农业复杂系统诸多实际问题的解决，提高农业物联网系统的稳定性和适应性，推动农业信息化、现代化和可持续发展。由于著者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请同行和读者批评指正，以便本书再版时修正，若对本书有任何意见和建议，请与本书著者联系。

著 者

2015 年 12 月于浙江大学紫金港

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 物联网的起源与发展	1
1.2 物联网的概念与内涵	1
1.2.1 物联网的概念	1
1.2.2 物联网的内涵	2
1.3 物联网的发展历史与现状	3
1.3.1 物联网发展历史	3
1.3.2 各国物联网的发展战略	3
1.3.3 物联网的典型行业应用	5
1.4 农业物联网系统	8
1.4.1 农业物联网的架构	8
1.4.2 农业物联网的特点	8
1.4.3 农业物联网的应用	11
1.5 农业物联网的发展前景	12
参考文献	13
第 2 章 土壤信息感知技术	14
2.1 概述	14
2.2 土壤特征指标感知技术	14
2.3 土壤养分指标感知技术	17
2.4 土壤污染指标感知技术	24
参考文献	27
第 3 章 农作物信息感知技术	28
3.1 概述	28
3.2 作物养分信息感知技术	28
3.2.1 作物养分信息传统检测方法	28
3.2.2 作物养分信息快速检测方法	30
3.3 作物生理形态信息感知技术	38
3.3.1 作物生理信息感知技术	38
3.3.2 作物三维形态信息感知技术	42
3.4 作物病虫害信息感知技术	46
3.4.1 作物病害信息感知技术	47

3.4.2 作物虫害信息感知技术	50
参考文献	54
第4章 农田环境信息感知技术	58
4.1 概述	58
4.2 传感器技术	58
4.3 农田环境信息感知传感器技术	59
4.3.1 温度传感器	59
4.3.2 热电偶和热电阻传感器	61
4.3.3 湿度传感器	62
4.3.4 光照传感器	64
4.3.5 光电传感器	64
4.3.6 二氧化碳传感器	65
4.4 农田小气象(小气候)	67
4.4.1 风速、风向传感器	68
4.4.2 雨量传感器	70
4.4.3 蒸发量传感器	71
4.4.4 辐照(辐射)传感器	72
4.4.5 应用案例	73
参考文献	78
第5章 畜禽水产养殖信息感知技术	80
5.1 概述	80
5.2 畜禽养殖信息感知技术	80
5.2.1 畜禽养殖背景	80
5.2.2 畜禽养植物联网信息感知技术架构	81
5.2.3 主要应用系统	82
5.2.4 畜禽养殖信息感知的传感器技术	86
5.2.5 应用案例	88
5.3 水产信息感知技术	93
5.3.1 水产养殖背景	93
5.3.2 水产信息感知系统	94
5.3.3 水产养殖水质感知技术	95
5.3.4 应用案例	107
参考文献	107
第6章 个体识别技术	109
6.1 射频识别技术原理与应用	109
6.1.1 射频识别技术原理	109
6.1.2 RFID 电子标签应用	111

6.2 二维码个体识别技术.....	114
6.2.1 二维码识别技术原理.....	114
6.2.2 二维码的编码分类.....	114
6.2.3 二维码的应用及发展前景.....	116
6.3 条形码.....	118
6.3.1 一维条码技术的基础术语.....	118
6.3.2 一维条码的结构.....	119
6.3.3 一维条码的编码方法.....	119
6.3.4 一维条码个体标识.....	119
6.3.5 条形码的种类.....	122
6.3.6 条形码扫描阅读原理.....	123
6.3.7 常用条形码扫描器工作方式及性能分析.....	124
6.3.8 条形码阅读设备选择.....	125
6.4 二维码、RFID 比较与应用.....	126
6.4.1 二维码应用特点.....	126
6.4.2 RFID 与二维码之间的比较.....	127
6.4.3 二维码、RFID 相结合在农业生产、加工、物流全过程应用.....	127
参考文献.....	127
第 7 章 定位与导航技术.....	129
7.1 概述.....	129
7.2 全球卫星定位系统.....	131
7.2.1 GPS 定位方式.....	132
7.2.2 GLONASS 卫星导航系统.....	143
7.2.3 伽利略定位系统.....	144
7.2.4 北斗卫星导航系统.....	145
7.2.5 COMPASS 卫星导航系统.....	149
7.2.6 卫星导航系统的兼容性与互操作性.....	153
7.3 农机导航.....	156
7.3.1 农机导航的关键技术.....	156
7.3.2 基于农机动力学模型的导航路径跟踪控制方法.....	156
7.3.3 模型无关的导航路径跟踪控制方法.....	157
7.3.4 农机自动导航应用.....	158
参考文献.....	161
第 8 章 农业遥感技术.....	163
8.1 概述.....	163
8.1.1 农业遥感的定义.....	163
8.1.2 遥感技术的分类.....	164

8.1.3 农业遥感系统的组成	165
8.2 农业遥感的基本原理	165
8.2.1 辐射	165
8.2.2 大气窗口	167
8.2.3 地物波谱特性	168
8.3 遥感数据处理	171
8.3.1 遥感数字图像处理	171
8.3.2 影像判读	171
8.3.3 影像的目视解译	171
8.3.4 数据解译	172
8.3.5 相关软件	173
8.4 农业遥感平台分类	173
8.4.1 地面遥感	174
8.4.2 航空遥感	174
8.4.3 航天遥感	176
8.5 农业遥感的应用	179
8.5.1 基于遥感的作物信息感知	179
8.5.2 基于遥感的土壤信息感知	183
8.5.3 基于遥感的水体信息感知	185
8.5.4 基于遥感的环境信息感知	188
参考文献	189
第9章 通信技术	192
9.1 概述	192
9.2 有线通信技术	192
9.2.1 电力载波组网传输技术	192
9.2.2 现场总线技术	200
9.3 无线通信技术	208
9.3.1 物联网无线通信技术	208
9.3.2 常用的农业物联网无线通信技术	213
9.4 4G、5G 通信技术	219
9.4.1 移动通信的发展历程	219
9.4.2 4G 网络体系和层次结构	220
9.4.3 5G 发展的新特点	225
参考文献	233
第10章 网络技术	236
10.1 概述	236
10.2 Zigbee 组网原理与应用	236

10.2.1 IEEE 802.15.4 技术标准	236
10.3 ZigBee 组网原理	239
10.3.1 ZigBee 技术概述	239
10.3.2 ZigBee 组网原理	240
10.3.3 ZigBee 网络性能	242
10.4 主动诱导式自组织农业物联网通信协议	243
10.4.1 主动诱导式组网原理	243
10.4.2 主动诱导式网络局部智能维护原理	251
10.5 网络结构	254
10.5.1 星型拓扑网	254
10.5.2 网型拓扑网	255
10.5.3 环型拓扑网	255
10.5.4 树型拓扑网	256
10.5.5 混合型拓扑网	257
参考文献	258
第 11 章 农业信息处理技术	259
11.1 农业信息技术基本概念	259
11.1.1 农业信息特点及类型	259
11.1.2 物联网中的农业信息	260
11.2 基础农业信息处理关键技术	261
11.2.1 数据搜索技术	261
11.2.2 数据存储技术	262
11.2.3 云计算技术	263
11.2.4 大数据处理	265
11.2.5 地理信息系统	267
11.2.6 农业物联网数据的标准化	269
11.3 多源农业信息融合与处理技术	271
11.3.1 多源信息融合技术的概念和原理	271
11.3.2 算法与模型融合技术	272
11.3.3 融合控制技术	273
参考文献	273
第 12 章 农业信息决策与处理	275
12.1 概述	275
12.1.1 物联网对农业信息处理技术的新要求	275
12.1.2 农业信息智能处理方法简介	275
12.2 农业专家系统	276
12.2.1 农业专家系统概述	276

12.2.2 农业专家系统的构建与实例	280
12.3 农业智能决策支持系统	281
12.3.1 农业智能决策支持系统的概述	281
12.3.2 农业智能决策支持系统的结构理论	282
12.3.3 农业知识规则的确定	284
12.4 农业预测预警	289
12.4.1 农业预测预警概述	289
12.4.2 农业预测预警方法	291
12.4.3 农业预测预警的分类与应用实例	294
参考文献	295
第 13 章 农业物联网标准化与系统应用	297
13.1 概述	297
13.2 农业物联网标准相关概念	298
13.2.1 标准	298
13.2.2 标准化	299
13.2.3 标准体系	299
13.3 物联网标准化体系	300
13.3.1 物联网感知层标准化	300
13.3.2 物联网传输层标准化	301
13.3.3 物联网应用层标准化	302
13.3.4 农业物联网标准概述	302
13.3.5 农业物联网标准的重要性	303
13.3.6 农业物联网标准体系	304
13.3.7 农业物联网应用系统标准化	305
参考文献	306
第 14 章 种植业物联网系统应用	307
14.1 大田农业物联网系统应用	307
14.1.1 大田农业物联网概述	307
14.1.2 大田农业物联网的特点	307
14.1.3 大田农业物联网系统组成	308
14.1.4 土壤墒情监控系统	309
14.1.5 农田环境监测系统	311
14.1.6 测土配方施肥管理系统	312
14.1.7 大田作物病虫害诊断与预警系统	313
14.2 设施农业物联网系统应用	314
14.2.1 设施农业的概述	314
14.2.2 设施农业物联网监控系统	315

14.2.3 设施农业物联网应用系统的功能	316
14.2.4 设施农业病虫害预测预警系统	317
14.2.5 设施农业物联网重点应用领域	318
14.3 果园农业物联网系统应用	319
14.3.1 概述	319
14.3.2 果园种植物联网总体结构	319
14.3.3 果园环境监测系统	320
14.3.4 果园害虫预警系统	321
14.3.5 果园土壤水分和养分检测系统	321
14.3.6 应用案例	322
参考文献	330
第 15 章 畜禽水产养植物联网系统应用	331
15.1 畜禽农业物联网系统应用	331
15.1.1 概述	331
15.1.2 畜禽农业物联网系统的架构	332
15.1.3 畜禽物联网养殖环境监控系统	333
15.1.4 精细喂养管理系统	335
15.1.5 动物繁育监控	335
15.1.6 畜禽物联网应用案例	336
15.2 水产农业物联网系统应用	338
15.2.1 概述	339
15.2.2 水产农业物联网的总体架构	339
15.2.3 水产养殖环境监测系统	341
15.2.4 水产养殖精细投喂系统	342
15.2.5 水产养殖疾病预防系统	342
15.2.6 水产农业物联网应用实例	343
参考文献	346
第 16 章 农产品安全溯源系统应用	348
16.1 农产品加工物联网系统应用	348
16.1.1 概述	348
16.1.2 农产品加工物联网的总体架构	349
16.1.3 畜禽产品跟踪与追溯系统	349
16.1.4 畜禽批发市场管理系统	350
16.1.5 畜禽快速检疫系统	350
16.1.6 畜屠宰加工管理系统	351
16.1.7 应用案例	351
16.2 农产品物流物联网系统应用	351

16.2.1	农产品物流物联网概述.....	351
16.2.2	农产品物流物联网的特点.....	352
16.2.3	农产品物流物联网的主要技术.....	353
16.2.4	农产品物流物联网系统总体架构.....	354
16.2.5	农产品配货管理系统.....	356
16.2.6	农产品质量追溯系统.....	356
16.2.7	农产品运输管理系统.....	356
16.2.8	农产品采购交易系统.....	356
16.2.9	应用案例.....	357
参考文献		358

第 1 章 绪 论

1.1 物联网的起源与发展

物联网技术最初由射频识别（radio frequency identification devices, RFID）技术的应用逐步演变而来，物联网技术最典型的应用可以追溯到 1991 年第一次美伊战争。在战争时期，美国军方发现战争结束后在一些港口、机场堆积着大量的军需物资和集装箱，在战后物资处理时，不知道这些物品应该运到何处，到底属于哪个部门管理。为搞清楚这些物资信息的归属，需要花费大量的人力和财力。因此，美国五角大楼启动了一个“军需物资可视化管理”的开发项目，将 RFID 技术应用于物资管理，实现智能化识别与管理，获得了成功的应用。此后，美国类似企业也开始研发这项技术，如 UPS、FEDEX 等大型速递公司也应用 RFID 技术打造了一个可以跟踪、查询快件位置的技术服务体系，并在该体系中获得较好的服务评价和业务发展。但早期这类物联网应用模式中，由于“物”没有感知力与计算力，所以其应用模式表现为主动与“物”的交互，并没有完全实现“物”与“物”的交互。这与物联网概念有所差别，但也从此跨入了人与“物”的交互时代，奠定了物联网技术的发展基础。

随着计算机技术、电子技术、通信技术的快速发展与融合应用，“物”的属性及时空特性已经可以通过传感技术和电子计算能力获取与处理。通过通信技术进行信息交互，逐步实现了“物”与“物”之间的信息交互，从而产生物联网技术的概念。

物联网的概念最早来源于比尔·盖茨 1995 年发表的《未来之路》一书，比尔·盖茨在书中提及了 internet of things 的概念，但受当时的无线网络技术、智能硬件及传感设备发展的局限性，并未引起国际社会的广泛关注和重视。1998 年，美国麻省理工学院（MIT）提出了当时被称为 EPC（electronic product code）系统的“物联网”的构想，从此“物联网”逐步得到社会关注与重视。1999 年，美国 Auto-ID 率先提出“物联网”的概念，称物联网主要是建立在物品编码、RFID 技术和互联网的基础上。2005 年，国际电信联盟（international telecommunications union, ITU）发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，综合二者内容，正式提出“物联网”的概念，包括了所有物品的联网和应用。

1.2 物联网的概念与内涵

1.2.1 物联网的概念

要理解物联网的概念，可以借鉴互联网的概念。互联网是人与人通过网络实现各种交互，它的参与互动对象指的是人，是人借助网络实现无距离、时间限制的实时信息交互。同理：物联网概念依然是以网络为媒介，以人或广义的“物”为对象通过网络实现

实时信息交互，也就是我们通常讲的“物”“物”交互或称为“物”“物”相联。

物联网概念是在互联网的基础上，将其用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间，实现“物”与“物”之间的信息交互和通信的一种网络概念。其定义是：通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网相连接，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概念（詹益旺和胡斌杰，2014）。

1.2.2 物联网的内涵

物联网的英文名称为 *internet of things*，与互联网息息相关，其建立于互联网之上，又超出互联网的范畴。理解物联网概念的最佳方式是与互联网相比，根据物联网与互联网的密切关系与差别，结合国内外相关领域专家的概念诠释，提炼出以下几方面物联网技术的内涵。

1. 互联网是物联网的基础

物联网并不是一张全新的通信技术或信息通信网络，实际上网络通信技术早就存在，它只是互联网发展的自然延伸和扩张，与互联网密不可分，是互联网发展的一个分支。互联网是可包容一切公网通信的网络，未来将会有更多的“物”加入到这张巨网中来，也就是说，物联网包含于互联网之内。

2. 物联网是互联网的延伸

互联网是指人与人之间通过计算机网络结成的全球性的网络，实现人与人在网络上的信息互动，互联网服务于人与人之间的信息交换。而物联网的主体则是各种各样的物体，通过物体之间传递信息，实现物与物的实时交互，最终达到服务于人的目的，两张网的主体对象有所不同。所以物联网是互联网的扩展和补充，物联网将物体与物体通过传感技术将信息纳入互联网中，充分扩展、补充了互联网的信息交互对象。

3. 物联网是未来的互联网

从广义角度看，随着电子信息技术的快速发展，未来的物联网将使人和“物”置身于无所不在的网络之中，在不知不觉中，人可以随时随地与周围的人或“物”进行信息的交互，将来的物联网也就等同于泛在网络，或者说下一代的互联网。物联网、泛在网络、下一代互联网之间其实并没有什么本质区别，虽然名字不同，但所表达的都是同一个愿景，那就是人类可以随时、随地使用任何网络，实现与任何人或物的信息交互。

从狭义的角度看，只要是物与物之间通过传感网络连接而成的网络，无论是否接入互联网，都属于物联网的范畴。物联网不仅局限于物与物之间的信息传递，还将与现有的公网通信网络实现无缝融合，最终形成人与物无所不在的信息交互，形成泛在网络。

物联网与互联网虽然有着相互依存的关系，但也是相对独立的两种网络，在数据传输技术上存在一定的共性技术。在物联网或下一代互联网应用中，我们希望所有的人、物、计算机、智能终端设备实现互连互通。物联网的发展泛在性很强，在一张大的物联

网内,可能存在不同的系统,不同的应用终端,根据行业的不同可能应用系统完全不同,但很难鉴定不同的系统之间存在的相互关系,也许不同的应用系统之间没有任何信息交集,也可能使不同的系统中存在很多数据、规律上的交集。物联网的信息汇聚产生大数据,对大数据通过数据挖掘可以使信息产生价值。所以,物联网是基于对物可控、可管理技术的一个个互不相连的专用网络的统称,国际上习惯将其称为“泛在网络”,实际上就是要与互联网有所区别。

1.3 物联网的发展历史与现状

1.3.1 物联网发展历史

1998年,Auto-ID的概念以无线传感器网络和射频识别技术为支撑。1999年,在美国召开的移动计算和网络国际会议Mobi-Com 1999上提出了传感网(智能尘埃)是21世纪人类面临的又一个发展机遇。同年,麻省理工学院的Gershenfeld Nell教授撰写了*When Things Start to Think*一书,以这些为标志开始了物联网的发展。

2005年11月17日,在突尼斯举行的信息社会世界峰会(world summit on the information society, WSIS)上,国际电信联盟(ITU)发布了《ITU 互联网报告 2005: 物联网》,正式提出了“物联网”的概念。报告指出:无所不在的“物联网”通信时代即将来临,世界上所有的物体都可以通过互联网主动进行信息交换。射频识别技术、无线传感器网络技术(wireless sensor networks, WSN)、纳米技术、智能嵌入技术将得到更加广泛的应用。2006年3月,欧盟召开会议“From RFID to the Internet of Things”,对物联网做了进一步的描述,并于2009年制定了物联网研究策略的路线图。2008年起,已经发展为世界范围内多个研究机构组成的Auto-ID联合实验室组织了“Internet of Things”国际年会。2009年,IBM首席执行官Samuel J. Palmisano提出了“智慧地球”(smart planet)的概念,把传感器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种应用中,并且通过智能处理,达到智慧状态(刘强等,2010)。

1.3.2 各国物联网的发展战略

1. 美国的“智慧地球”

随着互联网技术的快速发展及智能硬件的逐步普及,美国将IBM 2009年提出的“智慧地球”概念(建议政府投资新一代的智能设施装备)上升至美国的国家战略。该战略认为IT产业下一阶段的任务是将新一代IT技术(智慧信息设施与网络通信技术)充分应用于国民生产与服务的各个行业。例如,将传感器与信息获取装置应用到钢铁、电网、铁路、桥梁、公路、建筑、医疗等行业,实现不同行业的信息互通、智慧监控与数据联通,实现物物之间的无缝连接,并且被普遍连接,形成“物联网”。

2. 欧盟“欧盟物联网行动计划”

2009年6月,欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会及地区委员