



国际信息工程先进技术译丛

 Springer

云连接与嵌入式 传感系统

**Cloud Connectivity and Embedded
Sensory Systems**

(瑞典) Lambert Spaanenburg

(美国) Hendrik Spaanenburg

编著

郎为民 陈 林 张锋军 等译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

云连接与嵌入式传感系统

(瑞典) Lambert Spaanenburg 编著

(美国) Hendrik Spaanenburg

郎为民 陈 林 张锋军 等译



机械工业出版社

本书紧紧围绕云计算和传感器组网领域的热点问题，以技术、系统、安全与应用为核心，比较全面系统地介绍了云连接中传感器组网基本原理和应用实践的最新成果，是第一批从未来角度将最先进的传感器组网引入到云计算中的图书。全书由4个部分共8章构成。第1部分简要介绍传感器领域中的云计算，包括云连接简介和云中软件等内容；第2部分重点分析以云计算为中心的系统，包括系统需求、理解 and 设计环境，以传感器为中心的系统开发等内容；第3部分深入研究云连接环境中的传感器组网安全，包括安全和防御问题；第4部分详细探索云连接环境中传感器网络在家庭自动化领域中的应用问题。本书内容新颖翔实，知识系统全面，行文通俗易懂，兼备知识性、系统性、可读性、实用性和指导性。

本书可作为计算机科学、自动化、电子工程、电信专业的本科生和研究生教材，也可作为云计算和传感器系统设计者、研究人员、工程师、编程人员和技术人员的参考书。

Translation from the English language edition:

Cloud Connectivity and Embedded Sensory Systems

Lambert Spaanenburg, Hendrik Spaanenburg

ISBN: 978-1-4419-7544-7

Copyright © Springer Science + Business Media, LLC 2011. All rights reserved.

本书中文简体字版由 Springer 出版社授权机械工业出版社独家出版。

版权所有，侵权必究。

本书版权登记号：图字 01-2012-3720

图书在版编目 (CIP) 数据

云连接与嵌入式传感系统/ (瑞典) 斯班尼伯格 (Spaenenburg, L.), (美) 斯班尼伯格 (Spaenenburg, H.) 编著; 郎为民等译. —北京: 机械工业出版社, 2013.4

书名原文: Cloud connectivity and embedded sensory systems

(国际信息工程先进技术译丛)

ISBN 978-7-111-42029-3

I. ①云… II. ①斯…②斯…③郎… III. ①计算机-网络-应用-无线网-传感器-研究 IV. ①TP393.409②TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 066857 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张俊红 责任编辑: 林 楨

版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 马精明 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·16.5 印张·330 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-42029-3

定价: 78.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

译者序

无线传感器网络无论在国家安全，还是在国民经济诸方面均有着广泛的应用前景。未来，传感器网络将向天、空、海、陆、地下一体化综合传感器网络的方向发展，它最终将成为现实世界和数字世界的接口，深入到人们生活的各个层面，像互联网一样改变人们的生活方式。微型、高可靠性、多功能、集成化的传感器，低功耗、高性能的专用集成电路，微型、大容量的能源，高效、高可靠的网络协议和操作系统，面向应用、低计算量的模式识别和数据融合算法，低功耗、自适应的网络结构，以及在现实环境中的各种应用模式等课题是研究的重点。因此，无线传感器网络具有非常大的发展潜力，其市场规模不容低估。

美国市场研究机构 **Forrester Research** 预测，物联网所带来的产业价值要比互联网大 30 倍，物联网将会形成下一个万亿元级别的通信业务，10 年内物联网就可能大规模普及。赛迪顾问的研究也显示：2010 年，我国物联网产业市场规模已达到 2000 亿元；2015 年我国物联网产业整体市场规模将达到 7500 亿元，年复合增长率超过 30%。

云计算是当下的热门话题，被视为科技业的下一次革命，它将带来工作方式和商业模式的根本性改变。虽然目前的应用还没有遍地开花，但未来的发展前景无可限量。市场研究机构 **Forrester Research** 的数据显示，全球云计算市场规模 2011 年将达到 407 亿美元，2020 年将增至 2410 亿美元。

在这种背景下，为促进我国云计算和物联网技术的发展和演进，在国家自然科学基金项目“节能无线认知传感器网络协同频谱感知安全研究”（编号：61100240）资金的支持下，结合自己多年来在物联网和云计算等领域的研究成果和经验，笔者特翻译此书，以期抛砖引玉，为我国云计算和物联网的发展尽一份微薄之力。

作为最先将传感器组网引入到云计算中的译著之一，本书对云计算和无线传感器网络技术进行了全面细致的介绍，共分为 4 个部分：第 1 部分介绍传感器领域的云计算，包括嵌入式系统、云中软件等内容；第 2 部分介绍以云计算为中心的传感器系统，包括系统需求、理解和设计环境，以传感器为中心的系统开发等内容；第 3 部分介绍云计算中的可靠性问题，包括安全解决方案和防御解决方案；第 4 部分介绍云计算与传感器网络的应用，包括集中式计算处理、系统虚拟化、高性能计算等内容。本书材料权威丰富，内容新颖翔实，知识系统全面，行文通俗易懂，兼备知识性、系统性、可读性、实用性和指导性。

本书由郎为民、陈林、张锋军等译，解放军国防信息学院的刘建国、苏泽友、刘勇、张国峰、孙华伟、陈红、夏白桦、毛炳文、刘素清、邹祥福、陈于平、瞿连政、徐延军参与了本书部分章节的翻译工作，李海燕、胡喜飞、余亮琴、张丽红、于海燕、和湘绘制了本书的全部图表，陈虎、王大鹏、陈林、王昊对本书的初稿进行了审校，并更正了不少错误，在此一并向他们表示衷心的感谢。同时，本书是译者在尽量忠实于原书的基础上翻译而成的，书中的意见和观点并不代表译者本人及其所在单位的意见和观点。

由于云计算和无线传感器网络技术还在不断完善和深化发展之中，新的标准和应用不断涌现，加之译者水平有限，翻译时间仓促，因而本书翻译中的错漏之处在所难免，恳请各位专家和读者不吝指出。

郎为民

2013年夏于武汉

原 书 序

在诸多数字数据生成和处理系统的节点中，总能发现大型或小型计算机。其性能正在稳步提升，某些计算机已经成为微型超级计算节点。越来越多的计算机连接到互联网，从而在物理上形成大型网络。

经典网络包含连接在一起的计算机。历史显示出网络的两大发展方向。一方面，我们看到了大型机正在成为个人计算机，然后演变为笔记本电脑，个性服务变得无所不在。另一方面，我们看到大型机正在变为超级计算机，然后服务器农场演变为云，共享服务变得无所不在。

与“云计算”起源有关的故事有许多版本。最流行的版本是人们在白板上描绘信息处理架构。为了勾勒出这一最终能够做任何事情的神奇过程，人们在天空中画了一些波纹，并将其称为云。这不是一个严格的定义，因而名字“云”可用于许多领域。

云可提供针对太阳的阴凉。要在阴凉下，你必须经常移动。如果你不想这样，则必须带上一把遮阳伞。虽然它无法为许多人提供阴凉，但是它将能够为你提供帮助。对于雨云来说，或多或少也是如此道理。虽然你可以来回走动使用水壶为植物浇水，但是每次只能浇有限的水。有了云，将会使事情变得更加简单。

在工业化时代，我们已经习惯于大规模制造、大规模运输和大规模交付。为了确保城市中水源充足，罗马人已经建成用于收集和输送水的基础设施。否则，你要住在井附近，且当井干枯时，你不得不搬家。后来，电力采用了同样的原理，大规模电力的使用为人们带来极大方便，人们无须住在发电机附近。在信息化时代，我们的需求实质上是相同的，但此时我们需要的是信息。具体地说，是通过传感器获取的信息。

互联网已经成为当代的信息管道，它将信息从大型服务器农场传送到千家万户。在源头，它不是真正的云，但我们没有必要吹毛求疵。我们这里要说的是在类似生态循环系统中，将云作为共享资源的一部分。这将使我们能够更加深入理解“传感网络”的理念。在谈及此类网络时，虽然我们可以很容易地画出网络节点，但是为了表明整体处理功能，我们需要在空中画出一些波纹。这些波纹就像是一片云！

问题是某个功能实体可能是节点的一部分，可能使用一些节点，也可能在服务器农场进行处理。该功能的执行对象是某些资源，我们不想立即指明这些资源位于何处，需要多少资源。它是根据需求的变化而不断移动的，我们不想知道它将移往

何处。换句话说，网络变成了云！

网络特性也是发生变化的，虽然骨干网仍然是有线的。但是，无线技术的引入使得计算机变为可移动的。从此以后，我们看到其他计算机化的移动设备变成时尚、拉风的移动电话。每年销售的拍照手机多达 1.5 亿部！

随着设备间交互的增多，用户之间的交互功能不断增强，从而使得拍照手机成为社区网络中的灵活节点。基于优先条款，其功能和结构随着参与者的思路发生变化，而不是随着预定的业务流程发生变化。

但故事并不只限于手机。所有产品正趋于无线化，而不仅仅是去除电缆。门铃以无线方式与手机建立连接，支持你应答门铃，即使你并不在家。如果婴儿突然出现急性脱水的症状，则车上的婴儿专用座位能够发现并及时发出告警声。在所有这些新型装置中，我们拥有从简单控制器到图形加速器的计算平台。

在智能电网、国土安全系统和环境网络中，类似的组网趋势随处可见。这些传感网络将在时间和空间域生成认知。它们可以用于测量对象或条件是否存在，描绘对象流或情境模式，甚至检测即将发生的异常行为。考虑到增强型系统的可靠性和安全性，虽然不同类型的传感器可用于类似用途，但是它们趋于优先连接入网。

根据网络功能的不同可以将计算分为云计算、蜂群式计算和羊群式计算，其区别在于决策与控制的分布方式不同。将传感器插入云端是一回事，但问题是如何使得扩展网络本身更加智能，从而降低对各个传感器感知质量的依赖。我们将这种系统称为嵌入式传感系统。

传感系统是由可以将虚拟化硬件上运行的移植软件进行安全组合的嵌入式功能实体构成的。它将连接机制从全局云带到传感器激活资源的局部云上。这强调通过对用户及其意图的严格辨析，确定数据所有权，以确保社会安全。在未来几年内，此类系统将对社会打下深深的烙印。

关于本书

本书在概念上为读者进入智能传感网络世界提供了一站式入口，因为我们认为智能传感网络的存在与计算云密切相关。它是“环境智能”的等价物，即“云计算”对商业智能意味着什么，因而属于大规模传感组网系统的新一代。通常情况下，云计算是指来自于精心策划的数据仓库网络的可达性。显而易见，云计算概念也可用于嵌入式传感器网络。本书讨论了嵌入式传感器网络的概念、问题和初步解决方案，同时提供了大量实践中的例证。对基本问题和解决方案的了解，能够帮助读者在其技术专长领域中，为基于分布式智能的创新做好准备。

本书通过对符合要求的构建案例进行分步讨论，并考虑到生成环境智能的实际限制条件，从而提供了无线传感网络设计新理论。值得注意的是，它重点研究了拓扑和通信约束条件，同时在理想系统整体功能中增加了智能、安全和保卫。本书通过综述多种典型传感/云网络场景中的应用，重点研究了这些问题。

读者将不仅可以深入理解诸如传感云等概念，而且还可以通过实例来学习如何在考虑多种应用领域典型特性的前提下设计此类网络。

通常，新技术知识是通过会议和期刊中的新论文进行交流的。此外，需要定期将这些新技术知识浓缩在新书中。本书将为读者提供当前理论与实践方向的综述，因而支持他们站在“巨人”/同行的肩膀上。我们在编写本书时，重点一直放在提出新的概念，尤其是应用于新商业建立中的突破性技术。

本书分为4个部分。第1部分探讨随着云计算的进一步发展，其应用于传感系统外围域的机会。同时，该部分还包含了对大规模网络中新软件模型的描述。第2部分对用于理解随后列举的传感网络潜在应用所需的系统设计问题进行了综述，重点放在能够从与云连接中受益的系统应用上。第3部分涉及为了成功实现以云为中心的传感网络，必须支持的安全与保卫问题。第4部分重点关注了安装传感/显示设备的未来家庭环境的细节信息，该环境完全融入云中。

本书旨在成为第一批从未来角度将最先进的传感器组网引入到云中的书籍，以此推动该领域的进一步研究。它从隆德大学（瑞典）和位于纳舒厄的丹尼尔韦伯斯特学院（美国新罕布什尔州）的课程材料中选取了部分内容。它提供了一种从诸多学生经验演变而来的愿景。我们尤其要感谢 Wen Hai Fang, Peter Sundström, Lars Lundqvist, Erik Ljung, Erik Simmons, Barbara Olmedo, Sajjad Haider, Joe Evans, Dalong Zhang, Miao Chen, Mona Akbarniai Tehrani, Shankar Gautam, Olle Jakobsson, Lijing Zhang, Wang Chao, Shkelqim Lahi, Nabil Abbas Hasoun, Dongdong Chen, Bintian Zhou, Cheng Wang, Deepak Gayanana, Markus Ringhofer, Vince Mohanna, Johan Ranefors, Suleyman Malki, Jos Nijhuis 和 Ravi Narayanan。

瑞典隆德 兰伯特·斯班尼伯格

美国新罕布什尔州达勒姆 亨德里克·斯班尼伯格

目 录

译者序

原书序

第 1 部分 传感器领域中的云

第 1 章 云连接简介	3
1.1 嵌入式系统	4
1.1.1 嵌入式系统的特点	4
1.1.2 嵌入式系统特殊性的成因	5
1.1.3 封装架构	7
1.1.4 二分架构	7
1.1.5 扩展架构	8
1.2 网络处理架构	8
1.2.1 静态结构化网络处理	9
1.2.2 动态结构化网络计算	10
1.2.3 网络就是计算机	12
1.3 智能传感器组网	13
1.3.1 各种传感原理	13
1.3.2 传感网络	14
1.3.3 传感器网络设计方法	16
1.4 环境智能方法的扩展	18
1.4.1 情境计算	18
1.4.2 自主计算	19
1.4.3 有机计算	20
1.5 云计算的概念	21
1.5.1 云之路	21
1.5.2 商业云	23
1.5.3 服务器农场	25
1.5.4 网络扩展器	25
1.6 云溯源	26
1.6.1 商业模式	27
1.6.2 云经济	28
1.7 物联网	29
1.7.1 极瘦客户端	30

1.7.2 云中安卓	30
1.7.3 感知到云中	32
1.8 小结	34
参考文献	34
第2章 云中软件	37
2.1 云的特性	38
2.1.1 虚拟化	40
2.1.2 云调查	42
2.1.3 其他云	44
2.2 连通集架构	45
2.2.1 软件连接	45
2.2.2 主干注入器	47
2.2.3 同步	48
2.3 软件迁移概念	49
2.3.1 软件组件	49
2.3.2 引入 AUTOSAR	51
2.3.3 AUTOSAR 案例	53
2.4 拓扑影响	58
2.4.1 同源传感器网络	59
2.4.2 嵌入式软件配置	61
2.4.3 自适应重构	62
2.5 软件就是虚拟的硬件	63
2.5.1 弹性	64
2.5.2 异构性	66
2.5.3 优化	67
2.6 小结	67
参考文献	67

第2部分 以云为中心的系统

第3章 系统需求、理解 and 设计环境	71
3.1 系统设计方法	71
3.1.1 传统方法	72
3.1.2 嵌入式系统设计	74
3.1.3 基于模型的设计	76
3.2 神经网络系统控制	78
3.2.1 神经网络理论	79
3.2.2 神经控制	81
3.2.3 神经控制设计	83
3.2.4 模块化层次结构	86

3.3 网络系统设计	89
3.3.1 编写一个故事	90
3.3.2 路径图	92
3.3.3 接线图	92
3.3.4 序列图	93
3.4 系统案例研究	94
3.4.1 案例大纲	94
3.4.2 提炼故事	96
3.4.3 场景转换	98
3.5 小结	99
参考文献	100
第4章 以传感器为中心的系统	102
4.1 无线传感器网络技术	103
4.1.1 无线通信协议	103
4.1.2 功率管理	109
4.1.3 能量采集	109
4.2 个域网	110
4.2.1 体感网	111
4.2.2 (严肃) 游戏	112
4.2.3 商业与教育娱乐	113
4.3 监视与观察	113
4.3.1 无损传输	114
4.3.2 护理、安抚和关怀监控	114
4.3.3 安全监控	115
4.3.4 环境监控	117
4.4 监视与控制	118
4.4.1 智能结构	118
4.4.2 交通管理	118
4.4.3 智能电网	120
4.4.4 工业自动化	120
4.5 集体智能	121
4.5.1 冲突避免	123
4.5.2 台球反弹系统中的追踪问题	125
4.5.3 轨迹建模	127
4.5.4 细胞神经网络学习	132
4.5.5 运动目标检测	134
4.6 多传感器智能	141
4.6.1 情报收集	142
4.6.2 多传感器融合	142

4.7 小结	143
参考文献	144

第3部分 一切尽在云中

第5章 安全问题	149
5.1 可靠性	149
5.1.1 基本概念	150
5.1.2 案例探讨	151
5.1.3 软件度量	152
5.2 可信性	153
5.2.1 可信电路	153
5.2.2 边缘信任	156
5.2.3 安全移动性	157
5.3 弹性	157
5.3.1 容错	157
5.3.2 计算中的容错	160
5.3.3 安全通信	160
5.3.4 大规模传感器网络的冗余	161
5.4 认证	164
5.4.1 传感器认证	165
5.4.2 针对可信度评估的交感测试	165
5.4.3 远程委托	168
5.5 安全即服务	168
5.6 小结	170
参考文献	170
第6章 防御问题	173
6.1 恶意行动检测	173
6.1.1 干扰	174
6.1.2 篡改	174
6.1.3 入侵	175
6.1.4 针对恶意行为评估的反感测试	175
6.2 拜占庭将军	175
6.2.1 故障	176
6.2.2 签名消息	176
6.2.3 通信缺失	176
6.3 紧急行为检测	176
6.3.1 信息报告与管理	176
6.3.2 异常检测	179
6.3.3 误警	181

6.3.4 智能代理冗余	182
6.4 身份保证	186
6.4.1 生物认证	186
6.4.2 用于多模式感知的 BASE	189
6.5 交易中的保卫	191
6.5.1 电子旅游卡	191
6.5.2 i-Coin	198
6.6 防御即服务	199
6.7 小结	199
参考文献	200
 第4部分 云端的最后一英里	
第7章 把云带回家	203
7.1 以网络为中心的家庭自动化	203
7.1.1 家庭网络 anno 2000	203
7.1.2 运行家庭网络 anno 2010	206
7.1.3 家外之家	208
7.2 人—家界面	209
7.2.1 家庭成像仪	210
7.2.2 全景可视化	214
7.3 媒体邀请者	222
7.3.1 综合媒体社区	223
7.3.2 家庭邀请者界面	226
7.3.3 多媒体家庭自动化	229
7.3.4 多媒体家庭安全	230
7.4 未来家庭环境	230
7.4.1 智能球	230
7.4.2 操作复杂性	232
7.4.3 云中的高性能计算 (HPC)	234
7.4.4 绿色计算	236
7.5 小结	237
参考文献	237
 第8章 后记	240
8.1 云	240
8.2 传感器	241
8.3 两者之间的一切	241
8.4 潘塔丽	243
 附录 英文缩略语	244

第 1 部分 传感器领域中的云

《经济学家》杂志称云为“距离之死”：使用即将实现的网络技术，建立通信所需的时间越来越少，使得加拿大哲学家/艺术家马歇尔·麦克卢汉提出的地球村概念成为一种虚拟现实。其后果是“马提尼”感觉[⊖]：一切事件在任何地方、任何时候和任何环境中发生。在 PC（Personal Computer，个人计算机）时代，互联网实现了这一切，使得单个用户能够跨越物理极限与其他用户建立连接，但所有用户基本上具有相同的功能。

计算机数量的爆炸性增长支持专业化。我们看到的不是运行多个虚拟进程的单台计算机，而是多台不同计算机在不同位置与现实世界相连，但整体可看做是单一过程。组合比各部分的总和要强，因为随着大型机和个人计算的发展，自治智能增加了一个感知层，从而形成计算的第三范例。

本书的第 1 部分将探讨云计算的深入发展及其应用于系统外围领域的机会，同时还包含了对大型网络新型软件模型的描述。

亮点

云中传感器

云计算的概念将向下延伸至智能传感网络域。云计算将为传感器智能采集应用与管理引入新能力和机会，从而使得集成系统更为高效。我们将对传感器/显示器和云之间的关系加以扩展。

软件移植

从传感器的角度来看，知道处理应用软件在何处（在云中甚至传感器网络中的某处）运行是无关紧要的。该位置过程可以应用于启动阶段，也可在数据采集过程中定期（或作为重要处理要求事件的一种结果）应用。

软件即虚拟硬件！

随着虚拟化、多核/多层处理器的广泛应用以及网络节点中可重构和可重编程 FPGA（Field Programmable Gate Array，现场可编程门阵列）的引入，硬件和软件之间的界线将消失。多重替代资源将使得系统执行优化变得可行和诱人。

⊖ 人们将其戏称为“马提尼感觉”，它与 20 世纪 90 年代商业有关，该歌曲引证马提尼可能“随时随地”处于醉酒状态，因为“这是一个你可以分享的美妙世界”。

系统优化

云的异质性和集中化特征便于优化处理方案和最新技术的使用。在更大的云域中，技术升级和更新是可行的。在传感器网络层面的处理资源所有权成本将会大大降低。

第 1 章 云连接简介

本章介绍组网计算节点世界，每个节点嵌入到特定环境中，共同构成了传感世界。这里大致介绍一些原理和概念，来为后续各章详细讨论和描述以云为中心的处理奠定基础。

计算机技术具有不同的发展方向。一个发展方向是，计算机用于在越来越复杂的软件上运行越来越大的数据集。当单片的超级计算机成为科技和经济发展的障碍时，人们开始将目光从分布式服务器转移到服务器农场。同时，咨询专家开发的内部服务已经转为专家提供的、虚拟市场可用的普遍服务外包。

这里占统治地位的字眼是“云”。随着全球可用服务器农场数量和运行于任意服务器农场上的软件（正如你不知道你的搜索请求是在哪里被服务的）不断增加，人们可能会说“一切皆在云中”。目前，云是首选的商业模式，在全球某个地方，每天都有与云计算有关的研讨会。本书将讨论云，但采用一种类似但不同的方式。

计算机技术的另一个发展方向在于行为，而不是数据。虽然对于强调实时性而不是很注重性能的控制应用程序来说，86xx 芯片在市场上仍然很吃香，但是当平台强大到使软件能够实时、准确地解决以往只有由模拟或机电设备解决的现实问题时，才会产生技术的突破性发展。

最初，我们发现应用中具有大量 I/O（Input/Output，输入/输出）的典型控制器需要计算能力辅助。我们将这一里程碑称为嵌入，实际上我们看到许多其他名称的接口。但这并没有结束，仍在继续。在汽车行业，我们已经看到嵌入式处理器组网变成名为自动的单一整体功能。在 20 年内，计算机技术将进入汽车领域，虽然技术成本较低，但它仍占汽车生产成本的 30% 以上。

在介绍完包含一个或多个嵌入式处理器的改进型功能之后，我们设想像军团一样采用单一理念运行或像蜂群一样具有单一目标运行的大型集体影响。在这些情形中，增加的困难是系统构件在时域内某个瞬间或空域内某个地方不一定是固定的。甚至不存在单一的事件同步序列，因为每个部分主要是在本地环境中运行的。

在这些发展方向的背后，隐藏在后台的是对更加复杂算法的需求。基于同样的原因，服务器农场应运而生。同样，我们也不知道为什么嵌入式节点就不能够有处理复杂算法的能力。对于此类情形，云支持将是意义重大的，但我们认为这可能会使得服务器农场采取不同的实现方案，而不是单一实现方案。