



物联网与食品安全

郑立荣 何勇 王俊宇 王开疆 编著

物联网与食品质量安全

郑立荣 何 勇 王俊宇 王开疆 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

农业物联网把农业生产与食品加工、物流配送等信息互联互通,实现对农产品的无缝感知和智能控制。在此基础上,通过与信息公共服务平台和文化公共服务平台等的深度融合,向农产品的电子商务、品牌化和专业化发展,实现农业物联网的商业应用和社会服务。本书针对农业物联网在食品安全领域的发展与应用进行了探讨,首先综述了物联网的发展历程和我国食品安全面临的问题,提出了农业物联网的系统架构,然后介绍了用于食品全产业链(包括生产、流通和数据共享/服务)的农业物联网关键技术,最后结合应用案例对上述技术的综合应用进行了说明。

本书可以为物联网、互联网+、食品安全、农业信息化等领域的教学、科研和开发人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

物联网与食品质量安全/郑立荣等编著. —北京:科学出版社, 2015.11

ISBN 978-7-03-046067-7

I. ①物… II. ①郑… III. ①互联网络—应用—食品安全—质量管理 ②智能技术—应用—食品安全—质量管理 IV. ①TS201.6-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第249573号

责任编辑:王 哲 王晓丽 / 责任校对:桂伟利

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:迷底书装

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>

北京科印技术咨询服务公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年11月第一版 开本:720×1000 B5

2015年12月第二次印刷 印张:21 1/2 插页:2

字数:428 000

定价:108.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

食品安全是当前全球关注的热点问题，不仅直接关系到人类的健康生存，而且还严重影响着经济和社会的和谐发展。食品安全问题是一个国际范围内的问题，国外的案例包括美国的“单增李斯特菌污染”、英国的“疯牛病”、德国的“毒豆芽”和印度的“假酒事件”等；国内的案例有“瘦肉精”“三聚氰胺”“福喜过期肉”等。正如世界卫生组织食品安全专家彼得·本·安巴瑞克所言：“食品安全问题是一个国际问题，它能够影响全世界所有的国家、所有的人，不管你是生活在比较发达的国家，还是发展中国家，面临的挑战都是一样的。”

随着我国经济的快速增长，食品消费正处于由小康向富裕转型时期，食品的安全和品质受到人们的广泛关注。人们对食品安全提出了更高的要求，用户正从“安全消费”向“优质消费”过渡。市面上已经有各种“有机食品”“绿色食品”和“无公害农产品”，但是缺少必要的技术手段来持续保证农产品的品质。真的“绿色食品”也有可能因为加工、包装、储藏、运输过程中的监测条件不足和管理措施不利而导致二次污染。建立可靠的技术体系，保证食品的安全和品质对于实现农产品的“优质优价”具有重要的意义。

农业物联网是物联网技术在农产品管理领域的应用实例，可以提高农产品生产和供应的信息透明度，实现生产者、供应链从业者、消费者和监管者之间的信息共享，为保障食品安全和建立农产品品牌提供技术基础。将自动识别(Automatic Identification, Auto-ID)、无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)、互联网、大数据处理等技术相结合的农业物联网技术，有助于实现对农产品的产地环境、种子、种(养)植、收获、销售、流通等全过程的数据获取、数据传输和数据处理。农业物联网把传统的农业生产与食品加工、物流配送等相关信息互联互通，实现对农产品的无缝感知和智能控制，为消费者、监管者和生产者等提供有用的信息服务。在通过一、二、三产业融合实现全产业链增值的基础上，通过与信息公共服务平台和文化公共服务平台等的深度融合，向农产品的电子商务、品牌化和专业化发展，实现农产品从田间到餐桌、从产品到健康的全链条增值，实现农业物联网的商业应用和社会服务。

近十年来，我国的无线传感技术已在大田农业、设施农业、果园生产管理中得到了初步应用，用于农情长势与病虫害监测、农业灌溉自动化、农机监控调度、淡水养殖水质监测、畜禽养殖园区气体排放监测等方面，并取得了良好的效果，市面上也已经存在一些食品溯源的技术方案。但是现有的食品安全解决方案缺乏统一标准和标识体系，在兼容性、开放性、可扩展性和数据可信性等方面存在着不足，并存在信息孤岛等问题，缺少对食品安全大数据的综合分析处理和有效利用。面对目前食品供应链

的日益分散化、异构化、协同化以及全球化的特点，农业物联网需要更广泛的系统架构和解决方案。切实可行的方案不仅应在技术上足够有效，同时应该保证在商业运作上的可持续性。

2011~2013年，复旦大学、浙江大学、中国农业大学、南京农业大学、北京农业信息技术研究中心和鲁商集团等20家单位承担了“十二五”国家863主题项目“农业物联网与食品质量安全控制体系研究”，对农产品在产地环境、生产、生长、加工、贮存、运输、销售和用户查询等各个环节的关键技术展开了研究，并且在江苏、上海、山东和陕西等地的企业进行了技术验证和应用示范。项目采用了农产品统一的编码、标识与解析技术，构建了一个服务开放、网络异构的食品安全物联网体系架构，并在此基础上建立了一个包含专家知识库、电子履历服务、多元数据感知服务、辅助决策与预警服务、数据挖掘服务等功能模块的农业物联网应用服务支撑平台，为应用程序设计者提供开放、可信的数据服务，实现农产品生产、加工、贮运、销售全供应链的监控和追溯。本书的主要内容是由上述项目的主要参与单位或合作单位完成的，目标是总结共性技术成果及应用案例，为我国本领域的技术人员及应用单位提供参考和借鉴。

本书中，农业物联网生产环节的内容主要由浙江大学何勇教授负责审校，具体包括第2~6章。农业物联网流通环节的内容主要由复旦大学王俊宇教授负责审校，具体包括第7~12章。农业物联网应用环节的内容主要由复旦大学信息学院兼职教授王开疆博士负责审校，具体包括第13~17章。

感谢复旦大学管理学院黄丽华教授在农业物联网商业模式方面的指点和支持，感谢上海交通大学伍军老师在物联网安全方面的支持，感谢复旦大学无锡研究院安晋静、李露露及北京林业大学胡文洁、李俊普等在文字校对方面的支持。

感谢对本书给予无私支持与帮助的所有人！

郑立荣

2015年6月于上海

目 录

前言

第 1 章 农业物联网技术与应用概述	1
1.1 引言	1
1.2 物联网的技术演进	1
1.3 农业物联网技术架构	8
1.4 农业物联网应用架构	11
1.5 本章小结	16
参考文献	17
第 2 章 农田环境信息感知	19
2.1 引言	19
2.2 关键技术	19
2.2.1 农田环境信息获取与装备技术	19
2.2.2 农田环境信息获取无线传感器网络技术	21
2.2.3 农田环境信息处理与应用服务系统	22
2.3 现有国内外技术方案	23
2.3.1 农田环境信息获取技术	23
2.3.2 农田环境信息获取无线传感器网络技术	28
2.3.3 农田环境信息处理与应用技术	29
2.4 农田环境信息获取与处理研究方案	31
2.4.1 农田环境信息监测智能节点的研发	32
2.4.2 农田环境信息获取无线传感器网络技术研发	35
2.4.3 农产品产地环境信息处理与适应性评价分析	37
2.5 本章小结	38
参考文献	39
第 3 章 作物生长信息感知	43
3.1 引言	43
3.2 关键技术	43
3.3 作物生长信息感知技术发展现状	45
3.3.1 植物养分和生理生态信息检测技术现状	45
3.3.2 作物病虫害及农药等胁迫下信息检测技术现状	47

3.3.3	土壤环境信息检测技术现状	48
3.3.4	作物信息感知无线传感网络及智能监控技术现状	48
3.3.5	农牧业生产关键环节感知技术现状	49
3.4	作物生长信息感知与智能监控物联网系统方案	50
3.4.1	技术路线和系统方案设计	50
3.4.2	重点内容概要	51
3.4.3	智能化果园信息监控与喷滴灌控制系统应用示范	54
3.5	本章小结	58
	参考文献	58
第4章	农产品生产加工过程信息感知与控制	61
4.1	引言	61
4.2	关键问题	61
4.3	现有国内外技术方案	62
4.3.1	生产履历多源信息感知	62
4.3.2	农产品包装机研究进展	63
4.4	研究方案与系统试验	63
4.4.1	农产品生产履历多源信息感知系统	63
4.4.2	农产品包装防伪流水线技术方案	68
4.5	本章小结	78
	参考文献	79
第5章	农产品生产智慧管理	81
5.1	引言	81
5.2	关键问题	82
5.3	现有国内外技术方案	82
5.3.1	作物生长信息的实时无损监测技术与设备	83
5.3.2	作物生长与环境信息的无线传感网络技术与装备	84
5.3.3	农田生长与环境信息的智能处理与生产决策技术	86
5.3.4	基于无线传感网的智慧农业应用系统	87
5.4	解决方案	88
5.4.1	农作物生长过程中生长信息的实时感知模型	88
5.4.2	农作物生长信息智能传感器	89
5.4.3	农作物生长信息动态感知节点	90
5.4.4	农作物生长信息智能传感器网关	91
5.4.5	农作物生长状况的精确诊断与调控模型	91
5.4.6	基于实时感知数据的农作物生产智慧管理系统	93

5.4.7 生长感知及智慧管理技术的组装测试与示范应用	93
5.5 本章小结	94
参考文献	95
第6章 农药残留检测	99
6.1 引言	99
6.2 关键技术	101
6.3 现有国内外技术方案	102
6.4 解决方案	103
6.4.1 近红外光纤光谱检测法	103
6.4.2 表面增强拉曼法有机磷的检测	113
6.4.3 表面等离子谐振法对有机磷的检测	115
6.4.4 酶生物传感检测法	117
6.5 本章小结	127
参考文献	128
第7章 农业物联网编码	132
7.1 引言	132
7.2 物联网编码技术研究	133
7.2.1 GS1 编码系统	133
7.2.2 EPC 编码系统	136
7.2.3 OID 编码系统	138
7.2.4 mCode 编码系统	139
7.2.5 Ucode 编码系统	140
7.2.6 Handle 编码系统	143
7.2.7 药品电子监管码系统	145
7.2.8 CID(ENUM 编码系统)	147
7.2.9 标码系统	147
7.2.10 商务部肉类蔬菜流通追溯体系编码系统	148
7.3 Ecode 标识体系	150
7.3.1 Ecode 标识体系构成	150
7.3.2 Ecode 编码结构	151
7.3.3 Ecode 标识平台	153
7.3.4 Ecode 标识应用	154
7.4 农业物联网的编码体系	154
7.4.1 企业/参与方代码	156
7.4.2 产品代码	157

7.4.3	单品(单件)代码	157
7.4.4	业务点代码	158
7.4.5	物流单元代码	158
7.5	本章小结	159
	参考文献	159
第8章	农产品编码载体与自动识别	161
8.1	引言	161
8.2	关键问题	161
8.3	农产品标识技术	162
8.3.1	条码	162
8.3.2	电子标签	164
8.3.3	条码和RFID标签的比较	165
8.4	农产品的标识方案	165
8.4.1	动物标识	165
8.4.2	物流单元标识	166
8.4.3	特殊标识	167
8.5	农产品的识别技术	168
8.5.1	光电条码识别技术	168
8.5.2	图像式条码识别技术	168
8.5.3	RFID读写技术	168
8.6	农产品的识别设备	169
8.7	应用案例	171
8.7.1	基于手机的一维条码识别系统	171
8.7.2	基于手机的二维条码识别系统	171
8.7.3	基于手机的近场通信系统	173
8.7.4	基于RFID标签的酒类防伪系统	174
8.7.5	基于传感器标签的冷链物流管理系统	175
8.8	本章小结	176
	参考文献	177
第9章	农业物联网通信与网络	179
9.1	引言	179
9.2	关键问题	180
9.3	现有技术方案	181
9.3.1	网络体系结构	181
9.3.2	ZigBee	183

9.3.3	新型组网与远距数据传输技术	184
9.3.4	6LoWPAN 协议栈结构	184
9.4	解决方案	185
9.4.1	系统结构	185
9.4.2	协议体系	186
9.4.3	通信过程	187
9.4.4	服务器至汇聚节点通信规范	189
9.4.5	汇聚节点至传感器节点通信规范	190
9.5	本章小结	191
	参考文献	192
第 10 章	农业物联网解析与信息处理	194
10.1	引言	194
10.2	关键技术	195
10.2.1	物联网标识及标识解析体系	195
10.2.2	物联网信息发现相关研究现状	199
10.2.3	物联网信息处理关键技术	201
10.3	标识解析服务	204
10.3.1	农业物联网的标识解析服务结构	204
10.3.2	农业物联网的标识解析过程	205
10.4	信息发现服务	209
10.4.1	信息发现服务的定义	209
10.4.2	信息发现服务的技术方案	210
10.4.3	信息发现的过程	212
10.5	信息处理技术	214
10.5.1	农业物联网信息处理的要求	214
10.5.2	农业物联网信息服务器模型	215
10.5.3	农业物联网信息服务中的大数据处理	216
10.5.4	农业物联网信息处理中的公有云使用	220
10.6	本章小结	226
	参考文献	227
第 11 章	农产品电子履历	229
11.1	引言	229
11.2	关键问题	230
11.3	电子履历系统应用现状	231
11.3.1	IBM 的电子履历系统	232

11.3.2	Oracle 的电子履历系统	236
11.3.3	SupplyScape 的电子履历系统	236
11.4	面向农业物联网的农产品电子履历系统	236
11.4.1	系统结构	237
11.4.2	电子履历的种类	238
11.4.3	电子履历的生命周期	240
11.4.4	农产品电子履历系统的实现	241
11.4.5	数字签名的应用	242
11.4.6	EPCIS 模块的集成	244
11.5	农业物联网中的量化信任评估模型	244
11.5.1	数据驱动的信任评估模型建模	244
11.5.2	信任评估因子	245
11.6	本章小结	248
	参考文献	249
第 12 章	食品安全与社交物联网	252
12.1	引言	252
12.2	社交网络	253
12.3	食品安全领域社交网络和物联网融合必要性	253
12.4	面向食品安全的社交物联网的安全问题	255
12.5	未来主要的研究方向	257
12.5.1	面向食品安全的移动物联网与移动社交	257
12.5.2	其他	258
12.6	本章小结	258
	参考文献	259
第 13 章	物联网下的商业模式	261
13.1	引言	261
13.2	农业物联网商业模式概述	261
13.2.1	商业模式的定义	261
13.2.2	商业模式的组成要素	263
13.2.3	农业物联网技术应用概况	264
13.2.4	农业物联网商业模式及其分析框架	266
13.3	农业物联网案例描述及分析	269
13.3.1	温氏集团物联网应用案例描述与分析	269
13.3.2	葡萄牙梨产业的物联网追溯系统案例描述与分析	273
13.3.3	日本有机食品的应用案例描述与分析	276

13.3.4	浙江嘉兴市韩硕生态农业有限公司物联网应用案例描述与分析	278
13.3.5	山东大地肉牛清真食品股份有限公司物联网应用案例描述与分析	281
13.4	农业物联网商业模式的综合分析	284
13.4.1	农业物联网应用的战略目标分析	284
13.4.2	农业物联网商业模式的价值网及其价值获取	285
13.4.3	物联网技术应用的推动者与驱动力分析	286
13.4.4	物联网技术的应用投入与经济利益分析	287
13.4.5	农业物联网商业模式和传统农业商业模式的区别	287
13.4.6	农业物联网商业模式的关键成功因子	288
13.5	本章小结	289
	参考文献	290
第 14 章	食品冷链管理应用案例	292
14.1	农产品温控(冷链)物流	292
14.2	经典案例——山东高青大地黑牛冷鲜肉食品安全解决方案	293
14.2.1	解决方案设计思路	293
14.2.2	方案主要任务	294
14.2.3	系统功能	294
14.3	食品温控(冷链)标准	298
14.4	本章小结	300
	参考文献	300
第 15 章	进口食品供应链管理应用案例	302
15.1	农业物联网在上海自贸区的应用背景	302
15.2	进口食品应用案例	302
15.2.1	进口食品管控的痛点及应对措施	303
15.2.2	物联网平台的应用服务	303
15.2.3	物联网平台的应用实施	304
15.2.4	物联网平台的应用实例	306
15.3	本章小结	310
第 16 章	生鲜快消品综合应用案例	311
16.1	农业物联网推动下的生鲜快消品市场背景	311
16.2	生鲜快消品综合应用案例——特美天智能化社区	312
16.2.1	物联网庇护下的技术改革突破	312
16.2.2	特美天智能化的社区 O2O 平台	316
16.2.3	依托物联网的食品安全追溯体系	317

16.2.4	物联网信息背后的大数据福利·····	317
16.2.5	智慧社区，智慧生活，物联网连通的生活·····	317
第 17 章	光伏智慧农业综合应用案例·····	319
17.1	引言·····	319
17.2	光伏农业应用模式简介·····	320
17.3	光伏农业的经济及社会效益分析·····	325
17.4	案例 1——青岛华盛太阳能农庄·····	328
17.5	案例 2——中节能乐平 20 兆瓦光伏农业大棚项目·····	329

彩图

第 1 章 农业物联网技术与应用概述

郑立荣 王俊宇 王开疆

复旦大学

1.1 引言

物联网(Internet of Things, IoT)是 1999 年由麻省理工学院自动识别中心(MIT Auto-ID Center)提出的。十多年来,物联网在全球获得了广泛的关注,并且在物流、零售、车辆管理、资产管理等应用领域取得了长足的发展。物联网从本质上讲是将物理世界的“实体物品”映射到数字世界的“虚拟物品”,并且通过数据的综合处理实现对物品的识别、感知和互动,其首要的前提是“物品”能够“联网”。物联网的技术基础和应用十分广泛,包括物品编码、射频识别(Radio-Frequency Identification, RFID)、条形码、传感器网络、M2M(Machine-to-Machine)、情境感知、智慧网格等。不同领域的专家对物联网都有不同的诠释。ISO/IEC/JTC1 第五特别工作组 SWG5 对物联网的定义如下:“一种包含互联物品、人、系统和信息资源以及智慧服务的基础设施,能够处理物理世界和虚拟世界的信息并做出反应。”

农产品生产、流通和应用领域的物联网也称为农业物联网,包括农业资源管理、农业生态环境检测、农产品生产管理和安全溯源等方面。农业物联网结合传感、云通信、云计算等技术,可以实现对农产品的生长环境及生长、生产、加工、流通和销售等过程的全程管理,为解决食品安全问题提供了一种可行的途径。通过农业物联网对高端农产品进行跟踪与追溯,可以实现对农产品的生长环境及生长、生产、加工、流通和销售等过程的实时感知和智能处理,这可以实现农产品全生命周期信息的透明化,对于树立农产品品牌、建立农产品生产商与消费者之间的互动、建立农产品供应商和经营者之间的诚信机制等都具有重要的意义,市场前景十分广阔。

本章介绍了物联网的技术演进,农业物联网的系统架构、关键技术和发展趋势,并且结合我国食品安全问题现状提出了基于农业物联网体系结构的技术方案,并对其应用模式进行了探讨。

1.2 物联网的技术演进

分布式计算的思想产生于 20 世纪 90 年代初。1991 年 Mark Weiser 在 *Scientific*

American 上撰文指出,“当所有物品都包含一个计算机的时候,信息获取将变成一件很小的事情”^[1]。1995年 Bill Gates 在 *The Road Ahead* 一书中提出消费者将通过互联网从生产者手里直接购买产品,并且可以通过网上的电子公告栏了解其他消费者对于本产品的评价^[2]。1998年麻省理工学院制造与生产力实验室(Laboratory for Manufacturing and Productivity, LMP)的助理教授 Sanjay Sarma 和 David L. Brock 研究员开始从事射频识别方向的研究工作,并且产生了从系统角度来解决物品自动识别问题的思想。David L. Brock 当时正在从事机器人方面的研究工作,他率先提出通过阅读射频识别参考标签来替代机器人的视觉分析和图像处理以减少自动识别的工作量。在此基础上,David L. Brock 进一步提出可以在每个电子标签上放一个唯一编码,通过网络数据库进行数据查询,提高数据的使用效率^[3]。Sanjay Sarma 分析了当时的射频识别标签的成本构成,提出了10美分电子标签的目标和路线图,并且提出了产品电子代码(Electronic Product Code, EPC)的概念。1999年10月他们与时任宝洁公司助理品牌经理的 Kevin Ashton 及麻省理工学院的 Sunny Siu 教授共同创立了 MIT 自动识别中心,目标是建立全球开放的系统标准并进行推广应用。吉列、宝洁和美国统一代码协会是该中心最早的赞助商。中心由 Sanjay Sarma 担任研究主任,由 Kevin Ashton 担任执行主任。Kevin Ashton 将 MIT 自动识别中心提出的基于电子标签和分布式数据库的网络架构正式命名为“Internet of Things”。由 Sanjay Sarma、David L. Brock 和 Kevin Ashton 合作撰写的论文 *The networked physical world*^[4]于2000年10月发表,首次系统地阐述了基于电子标签和分布式数据库的物联网系统架构。物联网技术可以使得更细粒度的物品管理成为可能,将为传统的管理技术带来革命性的变化^[5]。

MIT 自动识别中心最初提出的物联网系统架构如图 1-1 所示。物品被赋予唯一的产品电子代码,载体为射频识别电子标签。系统工作原理如下:第1步,EPC 标签被 RFID 读写器识别后通过互联网络发送给远处的用户;第2步,用户发起一次解析查询,访问对象名解析服务器(Object Name Service, ONS);第3步,ONS 返回对应于 EPC 编码的信息服务器的 IP;第4步,用户根据上述 IP 访问对应于 EPC 编码的信息服务器;第5步,PML 服务器返回用户该 EPC 标签对应的信息,所述信息用实体标记语言(Physical Markup Language, PML)来描述。

MIT 自动识别中心提出的 EPC 标签和物联网受到工业界的广泛关注,会员单位迅速扩展到 103 个,并且补充了剑桥大学、庆应大学、圣加仑大学、阿特莱德大学、复旦大学等单位的研究团队,形成了一个国际研究机构的联盟。麻省理工学院 2004 年将相关技术转让给国际非营利性组织 GS1 (Globe Standard 1), 自动识别中心联盟更名为自动识别实验室(www.autoidlabs.org), 继续从事自动识别与物联网技术的研究。

MIT 自动识别中心最早提出的物联网思想主要在于:

(1) 物品编码的序列化,即不再局限于商品条码仅对物品品类进行编码的编码方式,而是可以包含产品唯一序列号,实现对单个物品的管理。虽然 EPC 的编码方式并

未被所有国家完全采纳，但是编码序列化的思想深入人心，各种包含产品批次，产品序列化的编码形式不断诞生，包括条形码本身也开始支持序列化的编码。

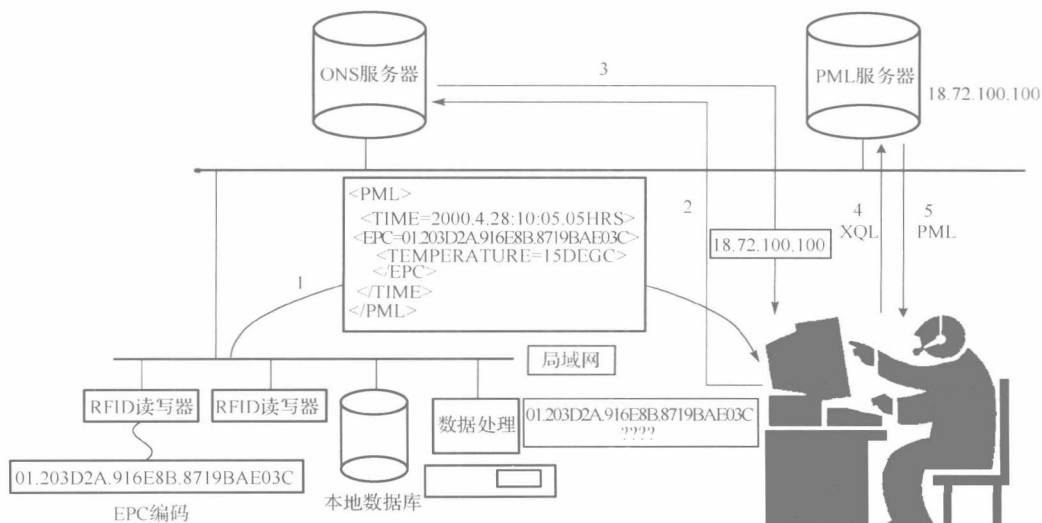


图 1-1 物联网系统架构 (2000)

(2) 采用低成本电子标签作为物品编码的载体进行数据获取，而将对应物品编码的信息内容存储在网络数据库中。目前全球符合 EPC 标准的低成本电子标签已经销售 100 亿枚以上。

(3) 采用分布式的网络数据库结构，在现有的互联网架构下通过解析服务实现物品编码与对应的信息服务器的关联。这种思想具有很重要的现实意义。实际上把所有物品信息放在单一的数据库上是不现实的。物品信息的数据包括物品的静态属性(如形状、生产单位)和动态属性(如温度、湿度、运动轨迹)，其数据量比现有的企业网站信息高几个数量级。即便上述物品信息可以在同一个地方存储，也很难解决大量用户并发访问的问题。

GS1 是一个从事编码标准化的国际非营利性组织，其前身为美国统一代码协会和欧洲的国际物品编码协会。2004 年上述组织合并成立 GS1，负责全球范围的商品标码的分配和管理，并且工业界和学术界的相关力量进行接口和数据标准化方面的工作，目前在全球拥有 130 多个会员单位。

基于电子标签的 GS1 系统架构^[6]如图 1-2 所示。GS1 定义了自动识别、数据获取和数据交换三个层次的标准。自动识别层包括：标签数据(Tag Data)、标签数据转换(Tag Data Translation)、电子标签空中接口协议(UHF Class 1 Gen2, UHF Gen2)。数据获取层包括：电子标签空中接口协议、低层读写器协议(Low Level Reader Protocol, LLRP)、读写器管理(Reader Management)、读写器协议(Reader Protocol)、应用级事

件管理接口 (Application Level Events, ALE) 和 EPC 信息服务 (Electronic Product Code Information Services, EPCIS)。数据交换层包括: EPC 信息服务、对象名解析服务、发现服务 (Discovery Service, DS)、电子履历 (Pedigree) 和证书服务 (Certificate Profile)。GS1 系统架构本身也在不断地演进, GS1 条形码也可以通过应用标识符 (Application Identifier, AI) 支持包括批次、序列号、日期、时间等各种附加属性的编码。EPCIS1.1 版本已经不限于 EPC 编码, 并且提供了许多新的特性, 如可以支持产品不同变换和组合的信息表述, 包括“一对多”(如牛奶可以变成多种奶制品)、“多对一”(如三明治可以由多个食品组合而成)、“多对多”(如多种食品原料可以制成多种食品产品)等不同的形式。

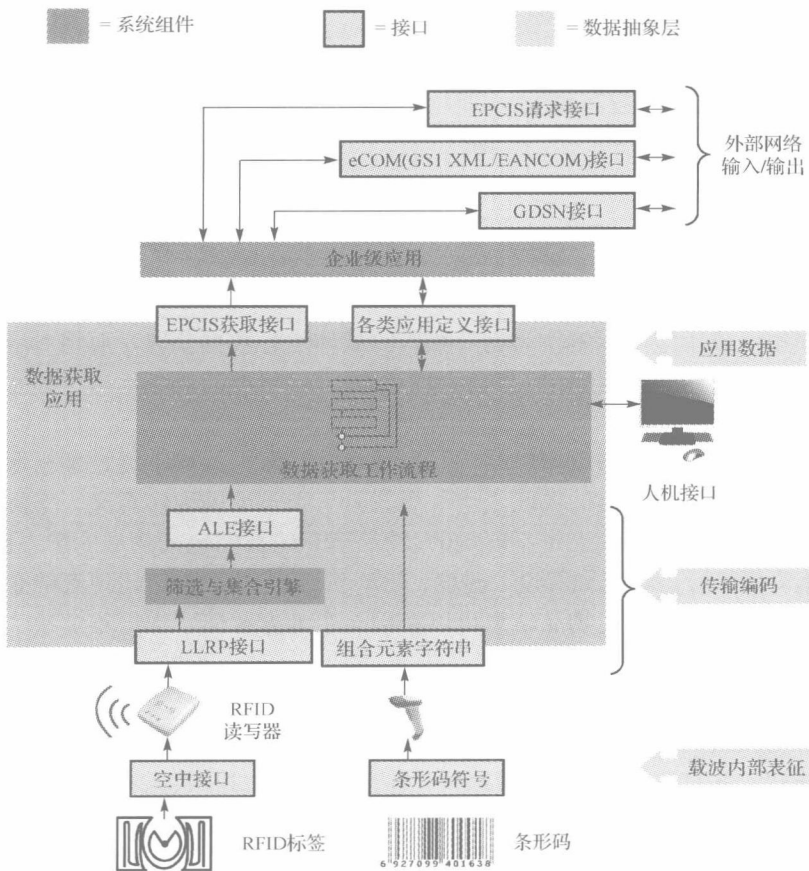


图 1-2 基于电子标签的 GS1 系统架构

2005 年 11 月, 国际电信联盟 (International Telecommunication Union, ITU) 在突尼斯举行的信息社会世界峰会 (World Summit on the Information Society, WSIS) 上发布了 *ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things*^[7], 指出无所不在的物联网通信时代即