



国家出版基金项目

“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进制造技术与应用前沿

WU LIAN WANG JI SHU YU YING YONG

物联网技术 与应用

董耀华 佟锐 孙伟 董丽华

编著

上海科学技术出版社

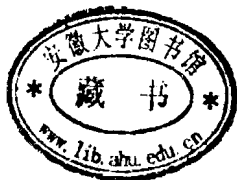


国家出版基金项目

“十二五”国家重点图书出版规划项目
先进制造技术与应用前沿

物联网技术 与应用

董耀华 佟锐 孙伟 董丽华 编著



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术与应用/董耀华等编著. —上海:上海科学技术出版社, 2011. 12

(先进制造技术与应用前沿)

ISBN 978-7-5478-1045-3

I. ①物... II. ①董... III. ①互连网络—应用—制造工业②智能技术—应用—制造工业 IV. ①F407.4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 229415 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/32 印张:23.5 插页:4

字数:400 千字

2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-1045-3/TP·17

定价:75.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

本书共包括9章,内容由两大部分组成。前五章主要介绍物联网的关键技术,对物联网各种技术的特点、性能加以归纳,具体内容有物联网感知技术、物联网传输技术、物联网定位技术和物联网之云计算。后四章主要通过实例介绍物联网技术在制造业中的应用,具体内容有射频识别技术、传感器及机器视觉技术、数据传输技术和实时定位系统在制造业中的应用。

本书对于学习物联网技术的读者和相关专业的大学
生,具有较高的理论和实践参考价值;对于那些正在钻研、
开发各种技术在制造业中应用的技术人员,亦有借鉴意义。

编撰委员会

先进制造技术与应用前沿

主 任 路甬祥

副 主 任 李蓓智 曹自强

委 员 (按姓氏笔画排序)

王庆林 石来德 包起帆 严仰光

杜宝江 李 明 李 春 李希明

何 宁 何亚飞 陈 明 阎耀保

葛江华 董丽华 舒志兵

学术专家 艾 兴 汪 耕 周勤之

前 言

物联网作为将来技术发展的必然趋势,近年来受到了各国专家学者和各级政府官员的密切关注。2008年中国国务院总理温家宝提出了“感知中国”的战略目标,2009年1月中国江苏省无锡市率先挂牌成立了“无锡物联网产业研究院”,同年美国总统奥巴马也将建设“智慧地球”提升为该国国家战略。作为未来信息科技发展的方向,物联网的建设正如火如荼。那么,物联网为现代制造业又带来了什么?或者说在制造业中如何建立物联网?近年来作者所在的上海海事大学RFID(射频识别)课题组一直密切关注物联网的发展并致力于物联网相关技术的应用研究,针对上述问题,我们结合以往的研究对物联网关键技术的发展和在现代制造业中的应用进行了梳理,在本书中与读者分享。

本书在撰写过程中秉承科学严谨、系统实用的原则,并辅以大量图例以便于读者理解。通过本书的介绍,不仅使读者对物联网技术有一个清晰的认识,还会对需要了解制造业中有关物联网技术的应用的读者有所帮助。

本书具有以下几个显著特点:一是突出物联网技术的实用性:从标准、特性等方面介绍物联网关键技术,重点介绍工作流程和系统原理。二是采用理论结合实例的方式,在介绍物联网技术的基础上,对其在制造业信息化中的应用给出相应实例,使得读者在阅读过程中更易理解相关理论,并且在掌握物联网技术的同时,能够了解基于理解设计和搭建的实际应用系统。

本书内容丰富,实用性强。对于急于学习物联网技术的读者,本书中有关RFID技术、实时定位技术、传感网络技术章节是很好的基本理论内容;对于初识物联网的读者,本书中详实的应用案例定会激起他们对物联网和先进制造技术的兴趣;同时对于那些正在钻研、开发各种技术在制造业中

应用的技术人员,本书将为他们的研究提供参考。

本书第一、二、七章由董耀华编著,第三~五章由佟锐、孙伟和董耀华编著,第六、八章由董丽华编著,第九章由孙伟编著。全书由董耀华和佟锐组织并统稿。在本书成稿过程中,得到了很多有关人员的支持和帮助,尤其感谢谭微、姚玲玉、王玉春、邱秋、姜文博等人的帮助,也非常感谢本书所有被引用资料的作者。

物联网技术在制造业中的应用尚处研究发展阶段,由于时间仓促和作者水平有限,书中难免存在谬误和不足之处,敬请各界专家和读者给予批评指正。

作者

目 录

第一章	绪论	1
第一节	制造业概述	1
第二节	中国制造业信息化的现状	4
	一、中国制造业信息化的发展历程	5
	二、中国制造业信息化主要差距	6
	三、中国制造业信息化存在问题及需求	8
第三节	现代制造业信息化的发展趋势	12
第四节	物联网概述	14
	一、物联网的概念	14
	二、物联网的基本框架	23
	三、各国物联网发展的现状	27
	四、物联网支撑技术	31
第五节	物联网背景下中国制造业信息化的发展	31
第二章	物联网感知技术	36
第一节	RFID 技术	36
	一、RFID 技术概述	36
	二、RFID 技术分类	39
	三、RFID 工作原理	43
	四、各频段特性	44
	五、RFID 信号的编码和调制	49
	六、RFID 数据处理	53

七、协议与标准	55
八、RFID 对制造业的影响	62
九、RFID 在制造业中的作用	63
第二节 传感器技术	66
一、传感器概述	66
二、传感器的分类	67
三、传感器性能指标	69
四、常见传感器的工作原理	72
五、传感器的发展方向	89
六、传感器在制造业中的作用	91
第三节 机器视觉技术	92
一、机器视觉技术概述	93
二、机器视觉系统的组成	94
三、机器视觉系统技术要求	95
四、机器视觉技术在制造业中的作用	101

第三章 物联网传输技术 105

第一节 无线传感网络	105
一、无线传感网络的组成	105
二、无线传感网络的体系结构	107
三、无线传感网络的特征	111
四、无线传感网络的关键技术	113
五、无线传感网络的研究现状	116
第二节 蓝牙技术	119
一、蓝牙技术简介	119
二、蓝牙协议体系结构	122
三、蓝牙的组网方式	126
四、蓝牙数据包及控制器状态	127
第三节 WiFi 技术	129
一、WiFi 技术简介	129
二、WiFi 的发展进程	129

三、WiFi 无线网络结构	131
四、WiFi 的主要技术优势	135
第四节 ZigBee 技术	136
一、ZigBee 技术概述	136
二、ZigBee 技术自身的特点	139
三、ZigBee 协议栈的体系结构	141
四、ZigBee 组网技术	143
五、ZigBee 发展现状及展望	146
第五节 6LoWPAN 技术	148
一、6LoWPAN 技术概述	148
二、6LoWPAN 技术特点	150
三、6LoWPAN 体系结构	152
四、6LoWPAN 在物联网中的意义	153
第六节 传输技术在制造业中的作用	155

第四章 物联网定位技术

157

第一节 物联网定位技术概述	157
一、物联网定位技术的发展	157
二、物联网定位技术的评价指标	160
三、主要的定位算法分类	164
四、物联网定位技术分类	166
五、物联网定位技术特点	168
六、物联网定位技术在制造业中的作用	170
第二节 GPS/GPSOne 技术	171
第三节 RTLS 技术	172
一、RTLS 技术概述	172
二、RTLS 的系统组成	174
三、RTLS 的精确定位算法	180
四、影响 RTLS 精确的因素	183
五、ISO/IEC 24730 系列标准	184
第四节 无线传感网络定位技术	185

一、定位模型和基本原理	185
二、性能评价指标	189
三、常用定位算法	190
四、算法分析与比较	193
五、无线传感网络定位技术的不足	195
第五节 移动通信网络定位技术	196
一、移动通信网络定位技术分类	196
二、基于 Cell - ID 的定位方式	198
三、影响移动定位精度的主要原因	201
第六节 定位系统的设计与实现	202
一、物联网下的实时定位系统设计	202
二、支持多模式的实时定位系统	204
三、实时定位无线信号处理	208
四、实时定位系统软件系统	219
五、实时定位系统技术指标	224

第五章

物联网之云计算

228

第一节 云计算	228
一、云计算概述	228
二、云计算的发展历程	229
三、云计算系统组成	230
四、云计算的原理	231
五、云计算的特征	232
六、云计算的分类	233
七、云计算的应用模式	236
八、云计算面临的挑战	237
第二节 云计算在制造业的发展	238
一、云计算在制造业的发展趋势	238
二、云制造	240

第六章	RFID 技术在制造业中的应用	246
第一节	RFID 在生产过程监控中的应用	246
一、	RFID 技术在生产监控应用的优势	246
二、	基于 RFID 的生产过程监控系统结构	247
三、	基于 RFID 的生产过程监控系统功能	249
四、	生产监控数据采集	250
五、	数据融合与查询	252
第二节	RFID 在仓储管理中的应用	254
一、	仓储管理的功能和意义	255
二、	生产仓储信息管理	256
三、	基于 RFID 的生产仓储管理系统	258
四、	系统操作流程设计	263
五、	生产仓储管理实例	265
六、	危险化学品仓储管理实例	267
第三节	RFID 在产品跟踪及防伪中的应用	272
一、	产品的跟踪及防伪	273
二、	基于 RFID 产品跟踪及防伪系统	275
三、	应用实例	277
第四节	RFID 在产品生命周期管理中的应用	278
一、	产品生命周期管理对制造企业的意义	278
二、	系统的设计理念	279
三、	系统的框架结构及特点	280
第五节	RFID 在制造业中的其他应用实例	282
一、	RFID 在轮轴车间管理系统中的应用	282
二、	基于 RFID 的零件分拣系统	284
三、	RFID 在汽车装配线中的应用	288
四、	RFID 在电器装配线中的应用	292
五、	RFID 在汽车座套生产线中的应用	296
六、	RFID 在包装材料生产中的应用	300

第七章 传感器及机器视觉技术在制造业中的应用 304

第一节	传感器技术在工业机器人中的应用	304
一、	机器人传感器概述	304
二、	机器人视觉传感器	305
三、	机器人听觉传感器	306
四、	机器人触觉传感器	307
五、	机器人力觉传感器	308
六、	机器人滑觉传感器	308
第二节	传感器技术在汽车制造中的应用	309
一、	电感式传感器的应用概述	309
二、	Uprox ⁺ 电感式传感器的应用实例	310
第三节	传感器技术在食品加工中的应用	314
一、	生物传感器概述	314
二、	生物传感器的应用实例	315
第四节	机器视觉技术在电子制造业中的应用	317
一、	机器视觉在表面贴装技术中的应用	317
二、	机器视觉在连接器检测中的应用	320
三、	机器视觉技术在电子制造业的其他应用	322
第五节	机器视觉技术在制造业中的其他应用	323
一、	机器视觉技术在饮料生产线的应用	323
二、	机器视觉技术在汽车制造中的应用	325

第八章 数据传输技术在制造业中的应用 327

第一节	无线传感网络在制造业中的应用	327
一、	无线传感网络在制造业中的应用概述	327
二、	无线传感网络在供应链物流业中的应用	328
三、	无线传感网络在制造业中的应用案例	331
第二节	蓝牙在制造业中的应用	336
第三节	ZigBee 技术在制造执行系统中的应用	338
一、	ZigBee 技术在 MES 中的应用概述	338



二、ZigBee 生产现场网络系统优化设计	340
三、ZigBee 技术在制衣厂 MES 中的应用实例	342

第九章 实时定位系统在制造业中的应用 346

第一节 WhereNet 系统功能及特点	346
第二节 汽车制造企业物料配送应用实例	347
第三节 教学系统实例	351
第四节 用于制造业的一些 RTLS 产品	355

第一章

绪 论

制造业作为中国工业的主体,总产值约占全国 GDP 的 42.5%,是国民经济的重要支柱产业,制造业的发展也对社会和文化诸方面有着巨大和深刻的影响。可以说它是实现社会经济持续增长的物质保证,是加快农村劳动力转移和充分就业的重要途径,是快速发展科学技术与教育事业的重要物质支撑,也是实现军事现代化和保障国家安全的基本条件。近几年来,全球制造中心正在向中国等发展中国家转移,中国已经成为名副其实的全球制造大国,举世瞩目。然而,我国制造业发展水平总体上还不高,能源和环境的压力越来越大,许多领域还停留在国际价值链分工的低端,至今还没有成为制造强国。

如今,随着物联网及相关产业的兴起,人类社会开始走向新的知识经济时代,这无疑给中国制造业带来了新的契机。物联网时代的到来,预示着人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度——无论任何时间任何地点人-人之间的沟通连接逐渐扩展到人-物和物-物之间的沟通连接。目前,物联网在国内外都已有不同程度的研究和应用,并已在很多方面表现出巨大的潜能。我们有理由相信物联网的发展将会极大地促进各行各业的信息化进程,也必将为制造业信息化中的“数字制造”提供主要支撑,并把制造业推进一个崭新的发展阶段。

第一节 制造业概述

制造业(manufacturing industry)是指对制造资源(物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等)按照市场要求,通过制造过程,转化为可供人们使用和利用的工业品与生活消费品的行业的总称。根据国家统计局于 2003 年 5 月以国统字[2003]14 号文向各省、自治区、直辖市统计局,新疆生

产建设兵团统计局,以及国务院各部门印发的《三次产业划分规定》,制造业作为第二产业 C 门类 1 343 大类,包括食品加工、金属制造等 30 个类别(表 1-1),涵盖设计、原料采购、制造、仓储运输、订单处理及批发零售等过程。

表 1-1 制造业分类

类 别	代码	类 别	代码
食品加工业	01	化学纤维制造业	16
食品制造业	02	橡胶制品业	17
饮料制造业	03	塑料制品业	18
烟草加工业	04	非金属矿物制品业	19
纺织业	05	黑色金属冶炼及压延加工业	20
服装及其他纤维制品制造业	06	有色金属冶炼及压延加工业	21
皮革、毛皮、羽绒及制品业	07	金属制品业(含日用金属制品业)	22
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	08	普通机械制造业	23
家具制造业	09	专用设备制造业	24
造纸及纸制品业	10	交通运输设备制造业	25
印刷业、记录媒介的复制	11	武器弹药制造业	26
文教体育用品制造业	12	电气机械及器材制造业	27
石油加工及炼焦业	13	电子及通信设备制造业	28
化学原料及化学制品制造业	14	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	29
医药制造业(含生物制造业)	15	其他制造业	30

目前,中国已完成工业化的初级阶段,此阶段以劳动密集型产业飞速发展特点,产业结构轻型化,中国已将加工制造业在这一阶段发展到了极致。早在 2007 年,中国制造业增加值就超越了日本成为全球第二制造大国,超越美国成为全球第二大出口国,见表 1-2、表 1-3。目前中国多种主要产品产量居世界第一位,如钢产量占世界 47%,水泥占世界 60%,化肥占世界 33%,化纤占世界 65%,个人电脑占世界 87%,移动电话占世界 70%,DVD 占世界 78%,HDD 占世界 31%。可以说,中国已经成为全球制造大国。

表 1-2 2007 年中美日 GDP 及制造业增加值对比 (亿美元)

国别	GDP	制造业增加值
美国	138 413.4	16 157.8
中国	33 762.2	10 972.7
日本	50 248.8	8 793.5

表 1-3 2007 年主要国家出口贸易额

国别	出口总额(亿美元)	制成品出口额占比(%)
美国	11 625.38	80.0
日本	7 128.10	92.3
德国	13 288.41	84.9
中国	12 177.76	94.8

但从中国内部形势来看,却不是制造业强国,其制造业竞争优势水平仍旧很低,具体表现在以下几个方面。

1. 创新能力不强,核心技术仍依赖进口

当中国成为彩电、微波炉等产品的世界第一生产大国的时候,当人们把目光投向生产“中国制造”的技术和装备时,发现更多的却是“本国躯壳、外国脑袋”与“中国制造、外国设备”。作为世界纺织大国,中国纺织机械的 70%来自进口;高端的机床 75%依赖进口,高速胶印机 75%依赖进口。中国的计算机生产正跻身世界前列,但中国集成电路芯片制造装备的 85%却被进口产品占领;中国“光谷”的建设正如火如荼,但中国光纤制造装备却 100%依赖进口……中国工业品制造与国际先进水平整体上相差甚远。显然,中国仅仅是“制成品出口大国”,而且是“低附加值的制成品出口大国”。

2. 处于全球价值链分工的低端

目前,中国制造业水平总体上还不高,许多领域仍处于国际产业分工价值链的低端,创新能力较弱,自主核心知识产权少,跨国经营企业和国际著名品牌少,主要依靠数量和价格优势,产品附加值低。

2006 年,美国制造业增加值率在 40%以上,而中国的制造业增加值率只有 26.2%,见表 1-4。中国是制造大国,但还不是制造强国。制造业附加值低的原因在于缺乏核心技术和自主品牌。