

普通高校物联网工程专业规划教材

物联网射频 识别技术

王洪泊 编著

清华大学出版社

普通高校物联网工程专业规划教

物联网射频 识别技术

王洪泊 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍物联网射频识别技术(RFID)的理论、应用及发展趋势,全书共9章,内容包括RFID概述、RFID标准体系、RFID理论基础、RFID系统设计、RFID防碰撞算法分析、RFID安全相关协议分析、RFID中间件,最后两章给出一个完整的RFID应用实例——自动不停车收费ETC仿真系统的研发及运行测试的技术细节。

本书采用研究探索式教学理念,以物联网射频识别高级编程的主流技术为主线,以提升学习者开发兴趣为首要任务,围绕基本原理和技术细节,力求反映最新研究进展,并将典型应用项目融入教学。本书概念准确、论述严谨、内容新颖、图文并茂,适合作为高等学校物联网工程计算机科学与技术、信息安全、软件工程等专业本科生教材,也可供从事物联网射频识别技术理论研究和应用开发人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

物联网射频识别技术/王洪泊编著.--北京:清华大学出版社,2013

普通高校物联网工程专业规划教材

ISBN 978-7-302-31983-2

I. ①物… II. ①王… III. ①射频—无线电信号—信号识别—高等学校—教材 IV. ①TN911.23

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第078296号

责任编辑:龙启铭 战晓雷

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12

字 数:292千字

版 次:2013年6月第1版

印 次:2013年6月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:23.00元

产品编号:052723-01

序

1995年,在人工智能与管理科学相结合的基础上,我撰写了《智能管理》专著,获得中国计算机学会学术著作出版基金支持,由清华大学出版社出版。该书在启发式程序设计与面向对象程序设计方法相结合的基础上,提出了称为“启发对象程序设计方法”的高级编程技术。

2000年,在《软件世界》第7期上,我在分布式人工智能、多智体、动智体基础上进一步提出“面向智体(Agent-Oriented)的软件工程方法”,以适应计算机网络发展的需求。

王洪泊博士基于“启发对象程序设计方法”和“面向智体(Agent-Oriented)的软件工程方法”的设计思想,在高级编程技术和物联网射频智能识别技术的科研与教学工作实践的基础上,进行了总结与提高,撰写了《物联网射频识别技术》专著,得到中国人工智能学会、北京科技大学计算机与通信工程学院的关心和支持,由清华大学出版社出版。王洪泊博士特别邀请我作序,我有感而发,特赋诗一首:

物联射频识别好
启发对象编程巧
师生合作善协调
智能普适效率高

中国人工智能学会荣誉理事长
北京人工智能学会名誉理事长
北京科技大学计算机与通信工程学院学术委员会名誉主任
涂序彦

2013年3月16日

序

射频识别技术是支撑国家战略性新兴产业——物联网普及应用的四大关键技术之一，是一门覆盖范围很广的综合性交叉学科，涉及计算机科学与技术、电子科学与技术、自动化、通信工程、信息安全、智能科学与技术等诸多学科领域，在科技民生、智慧城市、优化调度、低碳环保、资源协调、物流配送、安防监控、智能管网和节能环保等方面有着广阔的应用前景。

我之前读过王洪泊博士的《协调智能调度》(国防工业出版社)和《高级编程技术》(清华大学出版社)专著，很是欣赏王博士在资源协调方面的许多见解。《物联网射频识别技术》是一本教学性和实践性都很强的书，从总体上来看，它主要具有如下特点：

(1) 结构性强。作者基于物联网射频识别技术相关的理论基础、系统设计、关键实现技术以及应用领域，较为全面地介绍了物联网射频识别相关的技术，如电子标签防碰撞技术、安全协议与算法和 RFID 中间件技术等。

(2) 实践性强。本书由浅入深，先是梳理射频识别技术的发展概况以及关键技术和应用领域，让读者对物联网射频识别技术有一个较为概括的了解；接着深入讨论物联网射频识别系统的设计与实现，特别是第 8、9 章详实地给出一个自动不停车收费仿真系统设计分析的具体实现细节，十分有利于学生们动手创新能力和软硬件编程能力的培养。书中还有创意地为每章设计了知识点小结和扩展阅读，为教师们研究性教学的开展奠定坚实的基础。

王洪泊博士作为物联网射频识别教学和研究的实践者，在本书中合理地安排结构，使得初学者可以由浅入深地学习射频识别相关知识。本书抓住工程实践性的特点，结合关键知识点，编写了面向应用的具体案例，力图将抽象的知识转化成具体的实现过程，便于读者学以致用。

本书是一本有特色的物联网射频识别技术专业教材，所以我推荐全国的物联网相关专业都能采用这本书，大家共同研究、共同进步，齐心协力推动我国的物联网射频识别工程技术教育事业的发展。

北京科技大学计算机与通信工程学院

物联网与电子工程系 主任

王志良

2013 年 3 月

前 言

为了适应物联网技术发展趋势及高校新增的物联网专业技术人才培养工作的迫切需要,作者结合相关研究工作基础编写了《物联网射频识别技术》教材,采用研究探索式教学理念,以物联网射频识别高级编程的主流技术为主线,以提升学习者的开发兴趣为首要任务,将典型应用项目融合在课程日常教学中,鼓励学生在团队协作中锻炼及提高物联网射频识别软硬件设计能力。

全书共分为9章,系统地介绍物联网射频识别技术的发展趋势、理论基础、标准体系、编码调制方式、基于不同原理的RFID系统结构、运行环境与接口方式、防碰撞复用技术与常用算法、射频识别系统面临的攻击方式、安全需求、射频识别安全相关协议及改进趋势等。第1章为物联网射频识别技术概述;第2章为物联网射频识别标准体系;第3章为物联网射频识别理论基础;第4章为物联网射频识别系统设计,围绕13.56MHz射频识别核心系统软硬件设计与实现,从读写器具体的硬件设计、电子标签芯片设计、RFID天线指标要求等多个侧面,从电路图设计、器件选取、参数设置等多个角度,全方位详实地加以论述;第5章为物联网射频识别防碰撞算法分析;第6章为物联网射频识别安全相关协议分析;第7章为物联网射频识别中间件;第8、9章给出一个物联网射频识别完整的应用实例——自动不停车收费ETC仿真系统研发及运行测试的技术细节。3个附录分别给出元器件清单及接VCC、GND的元件,名词及术语中英文对照索引表以及近年来的RFID专利情况。

本书概念准确、论述严谨、内容新颖、图文并茂。围绕基本原理和技术细节加以阐述,同时力求将相关研究的最新进展反映出来。

作者结合本书的撰写深入开展研究型教学实践尝试,从理论学习和动手能力培养两方面帮助学生迈出坚实的一步。并且积极创造机会,为精品课程建设打好基础,为物联网特色专业建设贡献力量。

2013年1月,全国高校物联网专业教学与最新技术应用学术交流大会上,本书作者做了特邀报告——《物联网环境下的资源协调智能调度》,受到全国兄弟院校同行们的一致好评。

本书获得了北京科技大学“十二五”教材建设规划资助(编号JCYB2012047),本书的顺利出版得益于校教务处、院系各级领导的关怀和帮助,在此表示衷心感谢。

涂序彦教授、王志良教授在百忙之中对本书的选题和内容提出了许多宝贵建议,并欣然为本书作序,在此表示衷心感谢。

我的学生王可臻参与了部分图表绘制工作,张旭参与了书中第8、9章软硬件代码的部分调试工作,在此一并表示诚挚的感谢。

物联网相关技术正在飞速发展,由于时间仓促,加之作者水平与经验所限,书中疏漏之处在所难免,恳请专家和广大读者批评指正。

编著者
2013年3月

对教学大纲的建议

本书可以作为物联网工程专业高年级本科生的教材使用,也可供计算机科学与技术、电子科学与技术、控制工程、通信工程、信息安全、智能科学与技术等相关专业本科生学习及研究生选读。授课教师可以根据教学计划灵活调整授课学时。为方便教学,本书提供全部课件。

建议授课学时安排如下。

(1) 针对物联网工程专业教学,要求学生掌握本书所讲的全部内容,使其能够掌握射频识别技术基础理论、基本知识、相关技术、动手能力和实践应用。本书安排 48 个学时(其中 32 个授课学时和 16 个实验学时),授课学时建议分配如下:

第 1 章为 2 个学时(讲授 2 个学时)。

第 2 章为 6 个学时(讲授 4 个学时,实验 2 个学时)。

第 3 章为 4 个学时(讲授 4 个学时)。

第 4 章为 8 个学时(讲授 4 个学时,实验 4 个学时)。

第 5 章为 6 个学时(讲授 4 个学时,实验 2 个学时)。

第 6 章为 6 个学时(讲授 4 个学时,实验 2 个学时)。

第 7 章为 4 个学时(讲授 4 个学时)。

第 8 章为 6 个学时(讲授 4 个学时,实验 2 个学时)。

第 9 章为 6 个学时(讲授 2 个学时,实验 4 个学时)。

(2) 针对物联网工程相关专业教学,如计算机科学与技术、电子科学与技术、控制工程、通信工程、信息安全、智能科学与技术等专业,要求学生理解物联网工程的基本内容,了解物联网相关技术和应用领域。可以从中选取 32 个学时的内容进行讲授。

(3) 针对其他专业教学,如经济类、教育类、物流工程类等学科专业,只要求学生了解物联网射频识别技术的基本概念,目的是对学生进行射频识别技术的入门教育。可以从中选取 18 个学时的内容,作为《物联网射频识别技术概论》教材使用。

(4) 本书第 5、6、7 章内容可以作为研究生教学内容,目的是启发学生关注物联网射频识别(电子标签防碰撞、RFID 安全协议、RFID 实时中间件)理论方法,掌握物联网射频识别的理论基础及关键技术。建议授课 10 个学时。

第 1 章 绪论	1
1.1 射频识别技术发展史	1
1.2 射频识别技术的特点	2
1.3 射频识别的分类	3
1.3.1 按电子标签的供电形式分类	3
1.3.2 按电子标签的可读性分类	3
1.3.3 按工作频率分类	5
1.4 射频识别的基本技术参数	6
1.4.1 数据传输速率	6
1.4.2 安全要求	7
1.4.3 存储容量	7
1.4.4 RFID 系统的连通性	7
1.4.5 多电子标签同时识读性	8
1.4.6 电子标签的封装形式	8
1.5 射频识别技术的发展趋势	8
1.5.1 RFID 与无线传感器技术融合	8
1.5.2 RFSIM 卡	9
1.5.3 RFID 与 3G 技术融合	10
本章知识体系小结	10
扩展阅读	11
思考与练习	12
第 2 章 射频识别标准体系	13
2.1 ISO/IEC 的射频识别标准体系	13
2.1.1 ISO/IEC RFID 技术标准	14
2.1.2 ISO/IEC RFID 数据内容标准	16
2.1.3 ISO/IEC RFID 性能标准	17
2.1.4 ISO/IEC 应用技术标准	18
2.2 EPC global 标准体系	20
2.2.1 EPC global RFID 标准体系框架	20
2.2.2 EPC global RFID 标准	23
2.2.3 EPC global 与 ISO/IEC RFID 标准之间的关系	24
2.3 Ubiquitous ID 标准体系	24

2.3.1	泛在识别中心标准体系	25
2.3.2	UID 编码体系	26
2.3.3	Ucode 标签分级	27
2.4	RFID 不同应用环节中的标准体系	28
2.4.1	技术标准	28
2.4.2	数据内容与编码标准	29
2.4.3	性能与一致性标准	30
2.4.4	应用行业(领域)标准	30
2.5	我国 RFID 标准化工作	31
2.5.1	基本原则	31
2.5.2	相关机构和业务领域	31
2.5.3	未来工作重点	32
	本章知识体系小结	33
	扩展阅读	33
	思考与练习	36
第 3 章 射频识别理论基础		37
3.1	相关电磁场知识	37
3.1.1	天线近场与远场	37
3.1.2	耦合类型	37
3.1.3	能量传递	38
3.1.4	数据传输原理	39
3.2	RFID 系统传播信道	40
3.2.1	RFID 系统近场通信机制	41
3.2.2	电磁波的传播机制	41
3.2.3	小尺度多径传播对 RFID 系统的影响	42
3.3	编码与调制	42
3.3.1	RFID 常用编码方式	43
3.3.2	RFID 常用调制方式	45
3.4	数据完整性	49
3.4.1	奇偶校验法	49
3.4.2	纵向冗余校验法	50
3.4.3	循环冗余校验法	50
	本章知识体系小结	51
	扩展阅读	51
	思考与练习	52
第 4 章 射频识别系统设计		53
4.1	RFID 系统总体结构	53

4.1.1	信号发射机	53
4.1.2	信号接收机	53
4.1.3	编程器	54
4.1.4	天线	54
4.2	RFID 读写器设计	54
4.2.1	RFID 系统的硬件组件	55
4.2.2	读写器的功能	55
4.2.3	读写器具体的硬件设计	56
4.3	RFID 电子标签设计	57
4.3.1	电子标签分类	57
4.3.2	电子标签芯片设计	59
4.4	射频天线设计	60
4.4.1	RFID 天线的分类	60
4.4.2	RFID 天线指标要求	61
4.4.3	RFID 天线国内外研究动态	62
4.5	基于不同原理的 RFID 系统结构	62
4.5.1	电感耦合 RFID 系统	63
4.5.2	反向散射耦合式应答器设计	64
4.5.3	声表面波标签应答器设计	65
4.6	运行环境与接口方式	67
4.6.1	运行环境	67
4.6.2	接口方式	67
4.6.3	接口软件	68
	本章知识体系小结	68
	扩展阅读	69
	思考与练习	69
第 5 章	射频识别防碰撞算法分析	70
5.1	射频识别防碰撞概述	70
5.2	防碰撞复用技术	71
5.2.1	频分多路法	71
5.2.2	空分多路法	71
5.2.3	码分多路法	72
5.2.4	时分多路法	73
5.3	标签防碰撞 ALOHA 算法	73
5.3.1	基本 ALOHA 算法	73
5.3.2	时隙 ALOHA 算法	75
5.3.3	帧隙 ALOHA 算法	76
5.3.4	动态时隙 ALOHA 算法	77

5.4	标签防碰撞二进制搜索算法	78
5.4.1	基本二进制搜索算法	78
5.4.2	后退二进制搜索算法	81
5.4.3	动态后退二进制搜索算法	83
5.4.4	跳跃式二进制树形算法	83
5.5	几种典型的改进防碰撞算法的基本思想	85
5.5.1	不等长动态时隙 ALOHA 改进算法	85
5.5.2	标签设计改进算法	86
5.5.3	防碰撞 Q 算法的分析及改进	87
5.5.4	ALOHA 和二进制结合算法	88
5.5.5	基于记忆功能的防碰撞算法	89
	本章知识体系小结	92
	扩展阅读	93
	思考与练习	93
第 6 章	射频识别安全相关协议分析	94
6.1	射频识别系统面临的攻击方式	94
6.1.1	主动攻击	94
6.1.2	被动攻击	94
6.2	射频识别系统的安全需求	95
6.2.1	机密性	95
6.2.2	完整性	95
6.2.3	可用性	95
6.2.4	真实性	95
6.2.5	隐私性	95
6.3	射频识别安全相关协议	96
6.3.1	Hash-Lock 协议	96
6.3.2	随机化 Hash-Lock 协议	97
6.3.3	Hash 链协议	97
6.3.4	基于 Hash 的 ID 变化协议	98
6.3.5	数字图书馆 RFID 协议	99
6.3.6	分布式 RFID 询问-应答认证协议	100
6.3.7	低成本鉴定协议	101
6.4	射频识别安全协议研究趋势	102
	本章知识体系小结	102
	扩展阅读	103
	思考与练习	103
第 7 章	射频识别中间件技术	104
7.1	关于中间件	104

7.1.1	中间件的分类	104
7.1.2	中间件与多层应用体系结构	106
7.2	RFID 中间件概述	107
7.2.1	RFID 中间件的定义	107
7.2.2	RFID 中间件的功能	107
7.2.3	RFID 中间件构架	108
7.2.4	RFID 中间件的意义	109
7.2.5	RFID 中间件发展历程	109
7.2.6	现有的 RFID 中间件产品	110
7.3	RFID 中间件的结构	111
7.3.1	RFID 中间件模型	111
7.3.2	RFID 中间件主流系统结构框架	112
7.4	RFID 中间件的关键技术	114
7.4.1	数据一致性控制保证机制	114
7.4.2	数据压缩	115
7.4.3	RFID 数据清洗技术	115
7.5	典型 RFID 中间件模型研究	116
7.5.1	Edge Server 层	116
7.5.2	消息系统层	117
7.5.3	数据接口层	117
7.5.4	功能层间的通信机制	118
7.6	RFID 中间件的发展趋势	118
7.6.1	RFID 中间件的研究现状及研究方向	118
7.6.2	我国 RFID 中间件产品存在的问题与对策分析	120
	本章知识体系小结	121
	扩展阅读	121
	思考与练习	122
第 8 章	自动不停车收费 ETC 仿真系统设计	123
8.1	ETC 技术发展概述	123
8.1.1	国外发展状况	123
8.1.2	国内发展状况	123
8.2	车辆信息采集系统硬件核心元器件的选择	124
8.2.1	感应式 IC 卡 Philips Mifare 1 S50	124
8.2.2	AT89S52 微控制器	125
8.2.3	基站单元 MFRC500	125
8.2.4	发送接收器	125
8.3	车辆信息采集系统的总体硬件设计	126
8.3.1	UART 串行通信接口设计	126
8.3.2	其他接口设计	127

8.4	AT89S52 和 MFRC500 接口设计	127
8.4.1	MFRC500 芯片的功能结构	127
8.4.2	AT89S52 和 MFRC500 芯片接口设计	128
8.5	车辆信息采集系统的下位机软件设计	131
8.5.1	车辆信息采集系统和 PC 通信帧格式的设计	131
8.5.2	MFRC500 读写模块的设计、实现与调试	132
8.5.3	AT89S52 系统初始化	133
8.5.4	MFRC500 系统初始化	133
8.5.5	MFRC500 读写模块设计	135
8.5.6	MFRC500 的内部寄存器组和指令集	136
8.5.7	MFRC500 的内部指令集 C 语言函数模块设计	137
	本章知识体系小结	137
	扩展阅读	138
	思考与练习	140
第 9 章	自动不停车收费 ETC 仿真系统模拟运行测试	141
9.1	装置安装测试步骤	141
9.1.1	读写器连接	141
9.1.2	启动上位机软件	141
9.1.3	Mifare 1 卡读写测试	141
9.1.4	Mifare 1 卡块值测试	144
9.1.5	修改密码和控制位	147
9.1.6	参数设置	147
9.1.7	调试信息	147
9.2	模拟车辆计费	148
9.2.1	前期准备	148
9.2.2	车辆驶过时的模拟	148
	本章知识体系小结	150
	扩展阅读	151
	思考与练习	155
附录 A	元器件清单以及接 GND、VCC 的元件	156
附录 B	名词术语中英文对照表	158
附录 C	RFID 专利情况	161
参考文献	171

第 1 章 绪 论

20 世纪以来,无线电理论、技术与应用迅速成为现代科学技术发展最具活力的热点研究领域之一,而射频识别(Radio Frequency Identification,RFID)技术是自动识别技术之一,即通过无线射频方式进行非接触双向数据通信对目标加以识别^[1]。

1.1 射频识别技术发展史

RFID 技术的发展最早可以追溯至第二次世界大战时期,在雷达工作原理的启发下,英国空军研究开发空中作战行动中进行敌我识别系统(Identify Friend or Foe,简称 IFF)^①。

IFF 系统是现代信息化战场军事对抗的重要手段之一,它可以增强作战指挥与控制的准确性和各作战单位间的协调性,显著地加快系统反应速度,降低误伤概率,特别适合于多兵种联合作战使用。随着现代战争中武器打击精度的空前提高和破坏威力的不断增强,各国军方越来越重视敌我识别系统的发展。

一个典型的 RFID 系统一般由 RFID 标签、读写器以及计算机系统等部分组成。RFID 标签中一般保存有约定格式的编码数据,可以唯一地标识标签所附着的物体。与传统的识别方式相比,RFID 技术无须直接接触、光学可视和人工干预即可完成信息输入和处理,且操作方便快捷,可广泛应用于生产、物流、交通、运输、医疗、防伪、跟踪、设备和资产管理等需要收集和处理数据的应用领域,并被认为是条形码标签的未来替代品。

RFID 技术的发展历程可按十年划分为如下 7 个阶段。

(1) 1941—1950 年,雷达技术改进及其应用催生 RFID 技术。

1948 年,哈里·斯托克曼(Harry Stockman)在美国无线电工程师学会(Institute of Radio Engineers,是 IEEE 的前身)的国际会议中发表了一篇雷达史上具有划时代意义的经典论文——《利用反射功率的通信》奠定了射频识别技术的理论基础^②。

(2) 1951—1960 年,RFID 技术的早期探索。

这 10 年中,军方的巨大需求推动了 RFID 技术在实验室中的相关研究的大量开展,当时军用的 RFID 技术设备主要是要尽快设计出有利于敌我识别的长距离应答器(identification friend or foe)等。

^① The concept of using radio frequencies to reflect waves from objects dates back as far as 1886 to experiments conducted by Frederick Hertz. Radar as we know it was invented in 1922 and its practical applications date back to World War II, when the British used the IFF (Identify Friend or Foe) system to distinguish friendly aircraft returning from missions on mainland Europe from unfriendly aircraft entering British skies.

^② In 1948, Harry Stockman published a paper titled *Communication by Means of Reflected Power*, in which he outlined basic concepts for what would eventually become RFID.

(3) 1961—1970年,RFID相关理论得到长足发展。

在这10年里,RFID技术的理论得到发展,出现一大批极具参考价值的重要论文,代表性的成果有:

① J. P. Vinding 于1967年发表的论文 *Interrogator responder identification system*;

② J. H. Vogelman 于1968年发表的论文 *Passive data transmission techniques utilizing radar beams*;

③ Otto Rittenback 于1969年发表的论文 *Communication by radar beams*;

④ RFID技术的第一个商用应用系统是由 Sensormatic 和 Checkpoint 公司开发的电子商品监督系统(Electronic Article Surveillance,EAS),也是目前应用最广泛的 RFID 商用应用系统。

(4) 1971—1980年,RFID产品研发大发展时期。

各种 RFID 技术测试在这一阶段得到加速发展,瑞典的微波基础研究院和美国国家实验室中子散射研究中心、西北大学等研究机构成为 RFID 关键技术研究的技术先锋。

(5) 1981—1990年,RFID电子标签问世。

射频肖特基二极管的集成化将 RFID 电子标签板级电路芯片化,推动了单集成芯片 RFID 电子标签的问世。从此 RFID 技术及产品进入商业应用阶段,IBM 和 Single Chip System 等公司成为当时 RFID 技术的弄潮儿。这个10年当中各种规模应用开始出现,例如世界上首个应用 RFID 技术的不停车收费系统于1989年在美国达拉斯问世。

(6) 1991—2000年,RFID技术标准化问题日趋得到重视。

麻省理工学院和剑桥大学发起成立了 AutoID 中心,作为一个国际性的 RFID 研究机构提出了产品电子码(EPC)的概念,并制订了一系列的 RFID 国际标准。在20世纪90年代,RFID 产品得到广泛的采用,RFID 产品逐渐成为人们生活中的一部分。

(7) 2001年至今,RFID技术商业应用和技术大繁荣。

国际主流半导体商纷纷成立 RFID 研发部门,致力于 RFID 技术的商业应用和技术更新。TI、Alien、ST、EM、ATEML、Infineon 和 Inteimec 等公司现已推出多个频段的 RFID 芯片。RFID 产品种类更加丰富,有源电子标签、无源电子标签及半无源电子标签均得到发展,电子标签成本不断降低,规模应用行业扩大。与此同时,RFID 技术的理论也得到进一步丰富和完善。单芯片电子标签、多电子标签识读、无线可读写、无源电子标签的远距离识别以及适应高速移动物体的 RFID 正在成为现实并走向应用。

目前 RFID 在中国的应用越来越多,给人们的工作、生活和学习都带来了便利。例如,第二代身份证是目前国内 RFID 最大的应用案例,此外还有公交一卡通、校园一卡通、铁路车号识别、学生证防伪、畜牧(猪、牛、羊)/宠物管理、食品安全、高速公路不停车收费系统 ETC(ITS)、停车场管理、图书馆/档案管理、煤矿安全管理、应答器、资产管理、医疗/垃圾处理、航空行李管理、地铁票、门票(体育类)、烟草物流、军事物流、集装箱管理和服装管理等。

1.2 射频识别技术的特点

射频识别也称为无线电频率识别,即通过无线电波进行识别。在 RFID 系统中,识别信息存放在电子数据载体中,电子数据载体称为应答器,应答器中存放的识别信息由阅读器读

出。在一些应用中,阅读器不仅可以读出存放的信息,而且可以对应答器写入数据,读、写过程是通过双方之间的无线通信来实现的^[2]。

射频识别具有下述特点:

(1) 是通过电磁耦合方式实现的非接触自动识别技术。

(2) 需要利用无线电频率资源,必须遵守无线电频率使用的众多规范。

(3) 存放的识别信息是数字化的,因此通过编码技术可以方便地实现多种应用,如身份识别、商品货物识别、动物识别、工业过程监控和收费等。

(4) 可以容易地对多应答器和多阅读器进行组合建网,以完成大范围的系统应用,并构成完善的信息系统。

(5) 涉及计算机、无线数字通信、集成电路和电磁场等众多学科,是一个新兴的融合多种技术的领域。

1.3 射频识别的分类

射频识别可以从标签的供电形式、可读性和工作频率进行分类。

1.3.1 按电子标签的供电形式分类

1. 有源式电子标签

一般来说主动式 RFID 系统为有源系统,即主动式电子标签用自身的射频能量主动地发送数据给读写器,在有障碍物的情况下,只需穿透障碍物一次。有源式电子标签通过标签自带的内部电池进行供电,它的电能充足,工作可靠性高,信号传送的距离远。

2. 无源式电子标签

无源式电子标签也称为被动式电子标签。无源式标签的内部不带电池,需靠天线接收特定的电磁波,由线圈产生感应电流,在经过整流、稳压后作为工作电压。无源式电子标签具有永久的使用期,常常用在标签信息需要每天读写或频繁读写多次的地方,而且支持长时间的数据传输和永久性的数据存储,再加上它的价格、体积和方便性,决定了它是电子标签的主流。

3. 半有源式电子标签

在半有源式电子标签里,本身带有电池,但是标签并不通过自身能量主动发送数据给读写器,电池只负责对标签内部电路供电。标签需要被读写器的能量激活,然后才通过反向散射调制方式传送自身数据。

1.3.2 按电子标签的可读性分类

从电子标签内保存的信息注入的方式可将标签分成只读(Read Only, RO)标签、可读可

写(Read and Write,RW)标签和一次写入多次读出(Write Once Read Many,WORM)标签3类。

1. 只读标签

只读标签内部只有只读存储器(Read Only Memory,ROM)。ROM中存储有标签的标识信息。这些信息可以在标签制造过程中由制造商写入ROM,电子标签在出厂时,即已将完整的标签信息写入标签。这种情况下,在应用过程中,电子标签一般具有只读功能。也可以在标签开始使用时由使用者根据特定的应用目的写入特殊的编码信息。

只读标签信息的写入,在更多的情况下是在电子标签芯片的生产过程中将标签信息写入芯片,使得每一个电子标签拥有一个唯一的标识UID(如96b)。应用中,需再建立标签唯一UID与待识别物品的标识信息之间的对应关系(如车牌号)。有的只读标签信息的写入是在应用之前由专用的初始化设备将完整的标签信息写入。

只读标签一般容量较小,可以用做标识标签。对于标识标签来说,一个数字或者多个数字字符串存储在标签中,这个储存内容是进入信息管理系统中数据库的钥匙(key)。标识标签中存储的只是标识号码,用于对特定的标识项目,如人、物、地点进行标识,关于被标识项目的详细、特定的信息,只能在与系统相连接的数据库中进行查找。

一般电子标签的ROM区存放有厂商代码和无重复的序列码,每个厂商的代码是固定和不同的,每个厂商的每个产品的序列码也肯定是不同的。所以每个电子标签都有唯一码,这个唯一码又是存放在ROM中,所以标签就没有可仿制性,是防伪的基础点。

2. 可读可写标签

可读可写标签内部的存储器,除了ROM和缓冲存储器之外,还有非活动可编程记忆存储器。这种存储器一般是EEPROM(电可擦除可编程只读存储器),它除了存储数据功能外,还具有在适当的条件下允许多次对原有数据的擦除以及重新写入数据的功能。可读可写标签还可能有随机存取器(Random Access Memory, RAM),用于存储标签反应和数据传输过程中临时产生的数据。

可读写标签一般存储的数据量比较大,这种标签一般都是用户可编程的,标签中除了存储标识码外,还存储有大量的被标识项目其他的相关信息,如生产信息、防伪校验码等。在实际应用中,关于被标识项目的所有信息都是存储在标签中的,读标签就可以得到关于被标识目标的大部分信息,而不必连接到数据库进行信息读取。另外在读标签的过程中,可以根据特定的应用目的控制数据的读出,实现在不同情况下读出的数据部分不同。

3. 一次写入多次读出标签

应用中,还广泛存在着一次写入多次读出(Write Once Read Many,WORM)的电子标签。这种WORM概念既有接触式改写的电子标签存在,也有无接触式改写的电子标签存在。这类WORM标签一般大量用在一次性使用的场合,如航空行李标签、特殊身份证件标签等。

RW卡一般比WORM卡和RO卡价格高得多,如电话卡、信用卡等。WORM卡是用户可以一次性写入的卡,写入后数据不能改变。RO卡存有一个唯一的ID号码,不能修改,具有较高的安全性。