



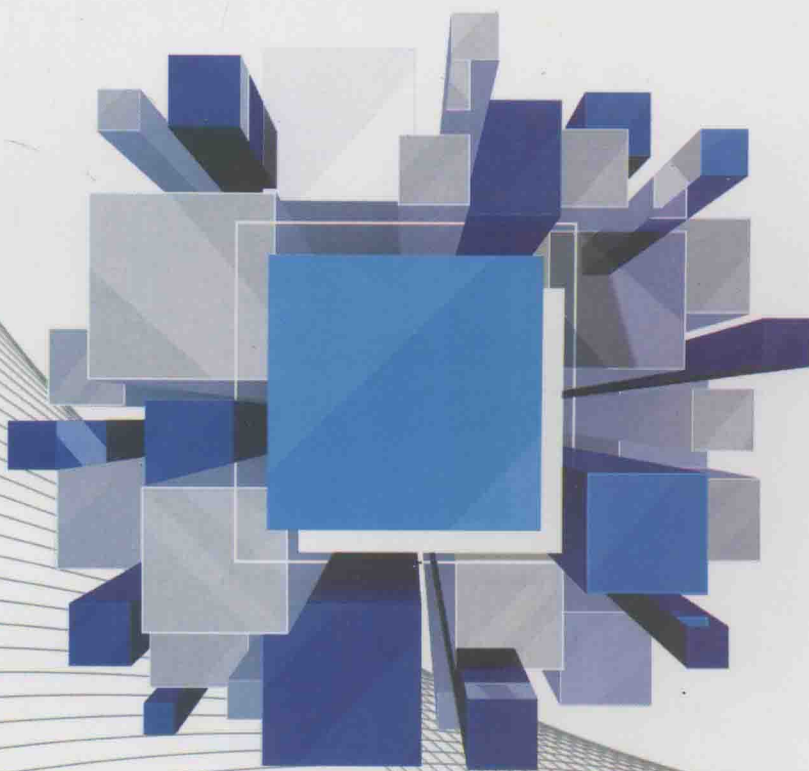
中国电子学会物联网专家委员会推荐

普通高等教育物联网工程专业“十二五”规划教材

无线射频识别 技术与应用

The Technology and Applications of Radio Frequency Identification

彭力 徐华 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国电子学会物联网专家委员会推荐

普通高等教育物联网工程专业“十二五”规划教材

无线射频识别技术与应用

彭 力 徐 华 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书详细介绍了 RFID 的相关概念、基本原理、技术标准、安全与隐私及其在工业、生活中的应用,剖析了 RFID 项目开发、测试和实验实践平台。

全书共分 6 章。第 1 章帮助读者初步了解 RFID 技术的基本概念;第 2 章~第 4 章介绍了 RFID 系统的基本原理、技术标准和安全措施;第 5 章给出了几个典型的 RFID 应用案例;第 6 章在 RFID 实验研发平台的基础上,详细地介绍了与 RFID 技术相关的软硬件知识,分析讨论了在 125 kHz、13.56 MHz、900 MHz 与微波四个典型频段的实验。

本书可作为高等院校电子信息类、计算机类专业相关课程的教材,也可作为科研机构研究人员及在职电子工程师等相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无线射频识别技术与应用/彭力,徐华编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2014.1

普通高等教育物联网工程专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3246-9

I. ① 无… II. ① 彭… ② 徐… III. ① 无线电信号—射频—信号识别—高等学校—教材 IV. ① TN911.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 298640 号

策 划 刘玉芳

责任编辑 王 瑛 王 艳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 13

字 数 304 千字

印 数 1~3000 册

定 价 22.00 元

ISBN 978-7-5606-3246-9/TN

XDUP 3538001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

普通高等教育物联网工程专业“十二五”规划教材

编审专家委员会名单

- 总顾问: 姚建铨 天津大学、中国科学院院士 教授
- 顾问: 王新霞 中国电子学会物联网专家委员会秘书长
- 主任: 王志良 北京科技大学信息工程学院首席教授
- 副主任: 孙小菡 东南大学电子科学与工程学院 教授
- 曾宪武 青岛科技大学信息科学技术学院物联网系主任 教授
- 委员: (成员按姓氏笔画排列)
- 王洪君 山东大学信息科学与工程学院副院长 教授
- 王春枝 湖北工业大学计算机学院院长 教授
- 王宜怀 苏州大学计算机科学与技术学院 教授
- 白秋果 东北大学秦皇岛分校计算机与通信工程学院院长 教授
- 孙知信 南京邮电大学物联网学院副院长 教授
- 朱昌平 河海大学计算机与信息学院副院长 教授
- 邢建平 山东大学电工电子中心副主任 教授
- 刘国柱 青岛科技大学信息科学技术学院副院长 教授
- 张小平 陕西物联网实验研究中心主任 教授
- 张 申 中国矿业大学物联网中心副主任 教授
- 李仁发 湖南大学教务处处长 教授
- 李朱峰 北京师范大学物联网与嵌入式系统研究中心主任 教授
- 李克清 常熟理工学院计算机科学与工程学院副院长 教授
- 林水生 电子科技大学通信与信息工程学院物联网工程系主任 教授
- 赵付青 兰州理工大学计算机与通信学院副院长 教授
- 武奇生 长安大学电子与控制工程学院自动化卓越工程师主任 教授
- 房 胜 山东科技大学信息科学与工程学院物联网专业系主任 教授
- 赵庶旭 兰州交通大学电信工程学院计算机科学与技术系副主任 教授
- 施云波 哈尔滨理工大学测控技术与通信学院传感网技术系主任 教授
- 桂小林 西安交通大学网络与可信计算技术研究中心主任 教授
- 秦成德 西安邮电大学教学督导 教授
- 黄传河 武汉大学计算机学院副院长 教授
- 黄 炜 电子科技大学通信与信息工程学院 教授
- 黄贤英 重庆理工大学计算机科学与技术系主任 教授
- 彭 力 江南大学物联网系副主任 教授
- 谢红薇 太原理工大学计算机科学与技术学院软件工程系主任 教授
- 薛建彬 兰州理工大学计算机与通信学院物联网工程系主任 副教授

项目策划: 毛红兵

策 划: 邵汉平 刘玉芳 王 飞

前 言

随着人们对物联网概念及技术的深入了解和认识，对物品的定位和跟踪已成为社会广泛的需求。由于应用了无线射频识别(RFID)技术的物品的数据可读、可写功能，并且使用方便、卫生、永久，因此受到人们的青睐，已成为物联网应用技术的核心。

RFID 技术的应用最早可以追溯到第二次世界大战时期，美军曾用它识别盟军的飞机。目前，RFID 技术已应用于人们日常生活中的方方面面，如非接触式就餐卡、车辆防盗系统、道路自动收费系统、门禁系统、身份识别系统等。特别是近几年，随着零售和物流行业信息化的不断深入，这些行业越来越依赖于应用信息技术来控制库存、改善供应链管理、降低成本、提高工作效率，这为 RFID 技术的应用和快速发展提供了极大的市场空间。

RFID 技术被誉为 21 世纪最有应用和市场前景的十大技术之一，借助 RFID 可将人们的需求自动地与计算机和网络联系起来，大大扩充了人们自身的能力，并极大地提高了工作效率。本书主要介绍 RFID 的基本概念、基本原理、技术标准、安全与隐私及其在工业、生活中的应用，以此让读者对 RFID 技术有一个更深刻的认识，并能够更好地应用 RFID 技术。同时，作者结合自己开发的 RFID 实验研发平台，详细阐述了主流工作频率下的 RFID 开发和操作原理，对 RFID 实践有较大的帮助。

本书由江南大学物联网工程学院的彭力教授主编。江南大学徐华老师、冯伟工程师、吴治海博士、闻继伟博士、李稳高级工程师以及研究生韩潇、贾云龙、高雪、董国勇、卢晓龙、吴凡等参加了编写和平台开发工作，在此向他们表示感谢。同时感谢物联网应用技术教育部工程研究中心和江南感知能源研究院的资助。

彭 力

2013 年 7 月于无锡

目 录

第 1 章 多媒体技术基础	1
1.1 多媒体技术概述	1
1.2 多媒体信息处理技术	15
本章小结	30
思考题	30
第 2 章 图形图像处理——Adobe Photoshop CS6 的应用	31
2.1 Photoshop 概述	31
2.2 基本操作	34
2.3 选区的创建和编辑	36
2.4 基本绘制工具	41
2.5 图像的编辑和变换	47
2.6 图像的修复和修补	51
2.7 色调和色彩的调节	54
2.8 图像的局部修整	57
2.9 图层操作	60
2.10 路径操作	65
2.11 通道和蒙版	68
2.12 滤镜	74
本章小结	76
思考题	76
第 3 章 动画制作——Adobe Flash CS6 的应用	79
3.1 初识 Adobe Flash CS6	79
3.2 Flash CS6 中的图形绘制和编辑	93
3.3 在 Flash CS6 中创建和使用元件	108
3.4 使用时间轴和帧设计基本动画	116
3.5 图层和高级动画制作	124
3.6 骨骼运动和 3D 动画	130
3.7 ActionScript 脚本基础和应用	135
本章小结	143
思考题	144

第 4 章 RFID 系统中的安全与隐私	34
4.1 概述	34
4.2 目前主要面临的安全与隐私威胁	34
4.3 安全与隐私问题的解决方法	35
4.3.1 物理方法	35
4.3.2 逻辑方法	37
4.4 RFID 芯片的攻击技术分析及安全设计策略	38
4.4.1 RFID 芯片的攻击技术	38
4.4.2 破坏性攻击及其防范	39
4.4.3 非破坏性攻击及其防范	39
4.5 关于 RFID 系统安全方面的建议	39
习题	40
第 5 章 RFID 应用案例分析	41
5.1 RFID 在 EAS 系统中的应用	42
5.1.1 RFID 在超市物联网购物引导系统中的应用	42
5.1.2 RFID 在仓库管理系统中的应用	47
5.2 RFID 在肉类蔬菜流通追溯系统中的应用	50
5.3 RFID 在物流控制系统中的应用	59
5.3.1 RFID 在物流业中发挥的作用	59
5.3.2 RFID 在医药方面的应用	61
5.4 RFID 在定位系统中的应用	63
5.4.1 RFID 在学校学生定位管理系统中的应用	63
5.4.2 RFID 在养老院老人看护系统中的应用	67
习题	70
第 6 章 射频识别教学实验	71
6.1 硬件开发平台预备知识	71
6.1.1 系统控制主板	71
6.1.2 仿真器	74
6.1.3 RFID-125 kHz-Reader 125 kHz 低频 RFID 模块	75
6.1.4 RFID-13.56 MHz-Reader 13.56 MHz 高频 RFID 模块	77
6.1.5 RFID-900 MHz-Reader 900 MHz 超高频 RFID 模块	78
6.1.6 RFID-ZigBee-Reader 2.4 GHz 微波 RFID 模块	79
6.1.7 RFID-ZigBee-Tag 2.4 GHz 微波 RFID 标签模块	81
6.2 软件开发平台预备知识	83
6.2.1 软件开发环境 IAR Embedded Workbench Evaluation for MSP430 V4.21 的安装	83
6.2.2 软件开发环境 IAR Embedded Workbench for MCS-51 的安装	87
6.2.3 Z-Stack V2.2.0 协议栈的安装	87

6.2.4	系统控制主板(CP2102)驱动程序的安装	88
6.2.5	MSP430 仿真器驱动程序的安装	89
6.2.6	CC Debugger 多功能仿真器驱动程序的安装	95
6.3	125 kHz 低频 RFID 实验	96
6.3.1	在 IAR 开发环境下对 MSP430 进行程序仿真和固化	96
6.3.2	由 MSP430F2370 控制的寻卡实验	101
6.3.3	由 PC 控制的寻卡实验	102
6.4	13.56 MHz 高频 RFID 实验	104
6.4.1	由 MSP430F2370 控制的寻卡实验	104
6.4.2	联机通信实验	106
6.4.3	ISO 15693 协议联机通信实验	107
6.4.4	ISO 14443A 协议联机通信实验	140
6.4.5	ISO 14443B 协议联机通信实验	145
6.4.6	Tag-it 协议	152
6.4.7	多协议寻找标签实验	161
6.4.8	寄存器设置实验	162
6.4.9	自定义命令测试实验	163
6.5	900 MHz 超高频 RFID 实验	167
6.5.1	由 MSP430F2370 控制的寻卡实验	167
6.5.2	获取信息和设置功率实验	168
6.5.3	单次寻卡实验	170
6.5.4	连续寻卡实验	172
6.5.5	防碰撞连续寻卡实验	173
6.5.6	读取标签信息实验(不指定 UII 模式)	175
6.5.7	读取标签信息实验(指定 UII 模式)	177
6.5.8	写入标签信息实验(不指定 UII 模式)	179
6.5.9	写入标签信息实验(指定 UII 模式)	181
6.5.10	擦除标签信息实验	182
6.5.11	锁定存储区实验	183
6.5.12	销毁标签实验	186
6.6	微波 2.4 GHz RFID 实验	187
6.6.1	无线传感器网络监控系统 Hex 文件烧写	187
6.6.2	RFID-ZigBee-Reader 2.4 GHz 微波 RFID 读卡实验	189
6.6.3	RFID-ZigBee-Reader 2.4 GHz 微波 RFID 上位机实验	192
参考文献		197



第1章 射频识别技术概论

1.1 RFID 技术的定义

无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术是一种非接触式的自动识别技术,它通过射频信号自动识别特定目标对象并获取相关的数据信息,即 RFID 技术无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触,是利用射频信号通过空间耦合(交变磁场或电磁场)实现无接触信息传递并通过所传递的信息达到识别目的的技术。

RFID 技术利用无线电波进行双向通信,不需要人工干预,它易于实现自动化且其射频卡不易损坏,不怕油渍、灰尘污染等,因此可工作于各种恶劣的环境中。RFID 技术可识别高速运动的物体并可同时识别多个电子标签,其操作快捷方便。因此,短距离的电子标签可以在恶劣的环境中替代条形码;而长距离的产品多用于交通中,其识别距离有几十米。

在过去的半个多世纪里,RFID 的发展经历了以下一些阶段:

1941—1950 年,雷达的改进和应用催生了 RFID 技术,1948 年奠定了 RFID 技术的理论基础。

1951—1960 年,早期 RFID 技术的探索阶段,主要处于实验室实验研究阶段。

1961—1970 年,RFID 技术的理论得到了发展,开始了一些应用尝试。

1971—1980 年,RFID 技术与产品研发处于一个大发展时期,各种 RFID 技术测试得到加速,出现了一些最早的 RFID 应用。

1981—1990 年,RFID 技术及产品进入商业应用阶段,多种应用开始出现,然而 RFID 技术的成本成为制约其进一步发展的主要问题,同时国内也开始关注这项技术。

1991—2000 年,大规模生产使得 RFID 技术的成本可以被市场接受,技术标准化问题和技术支撑体系的建立也得到重视;同时,大量厂商进入,RFID 产品逐渐走入人们的生活,国内研究机构也开始跟踪和研究该技术。

2001 年至今,RFID 技术得到进一步的丰富和完善,其产品种类更加丰富,无源电子标签、半有源电子标签和有源电子标签均得到发展,电子标签的成本也不断降低;RFID 技术的应用领域不断扩大,与其他技术日益结合。

纵观 RFID 的发展历程不难发现,随着市场需求的不断发展,以及人们对 RFID 认识水平的日益提升,RFID 必然会逐步进入人们的生活,而 RFID 技术及其产品的不断开发也将引发其应用扩展的新高潮,必将带来 RFID 技术发展的新变革。



1.2 RFID 系统的组成

RFID 系统包括三部分：标签、读卡器(含天线)和应用软件系统，如图 1-1 所示。

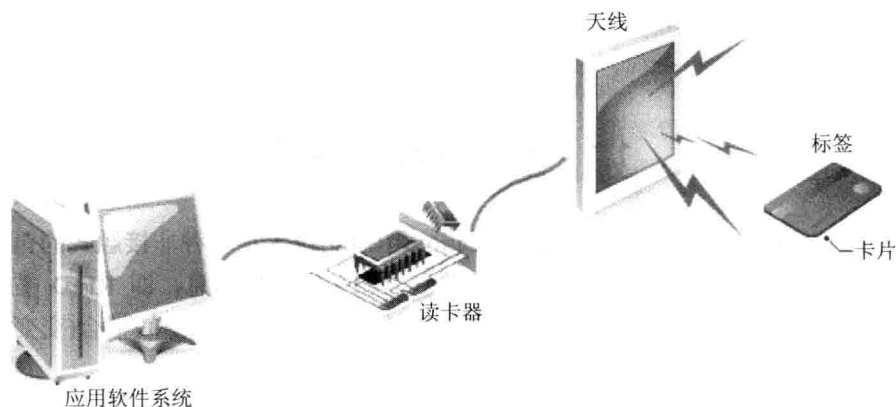


图 1-1 RFID 系统组成与工作示意图

标签(Tag): 又称电子标签，由耦合元件及芯片组成，也称应答器、卡片等。每个电子标签具有唯一的电子编码，附着在物体上标识目标对象。电子标签通常由三部分组成，即读写电路、硅芯片以及相关的天线，它能够接收并发送信号。电子标签一般被做成低功率的集成电路，与外部的电磁波或电磁感应相互作用，得到其工作时所需的功率并进行数据传输。

读卡器(Reader): 读取(有时还可以写入)电子标签信息的设备，可设计为手持式或固定式，也称阅读器、读写器(取决于电子标签是否可以无线改写数据，可写时称为读写器)、读头、读出装置、扫描器、通信器等。通过天线与电子标签进行无线通信，读卡器可以实现对电子标签识别码和内存数据的读出或写入操作。典型的 RFID 读卡器包含有 RFID 射频模块(发送器和接收器)、控制单元以及读卡器天线。电子标签上的芯片一旦被激活，就会进行数据读出、写入操作，而读卡器可把通过天线得到的标签芯片中的数据，经过译码送往主计算机处理。

天线(Antenna): 是电子标签与读卡器之间的联系通道，通过天线来控制系统信号的获得与交换。天线的形状和大小多种多样，它可以装在门框上，接收从该门通过的人或物品的相关数据；也可以安装在适当的地点，以监控道路上的交通情况等。

电子标签可以做成动物跟踪标签，嵌入在动物的皮肤下，其直径比铅笔芯还小，长度只有 1.27 cm(0.5 英寸)；也可以做成卡的形状，许多商店在售卖的商品上附有硬塑料电子标签用于防盗。除此以外，12.7 cm × 10.16 cm × 5.08 cm 的长方形电子标签可用于跟踪联运集装箱或重型机器、车辆等。读卡器发出的无线电波在 2.54 cm~30.48 m(英尺)甚至更远的范围内都有效，这主要取决于其功率与所用的无线电频率。图 1-2 和图 1-3 分别给出了读卡器、天线和电子标签及其封装。

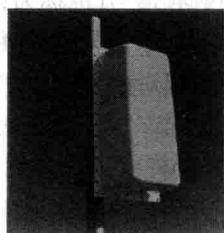
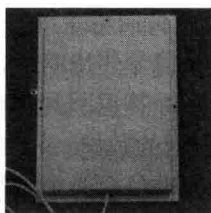
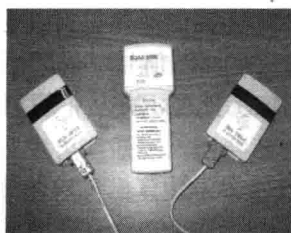


图 1-2 读卡器、天线

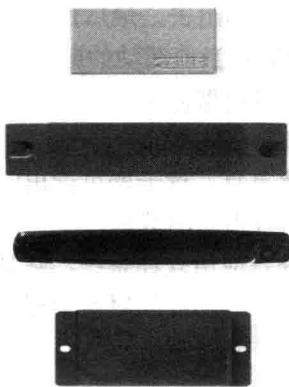
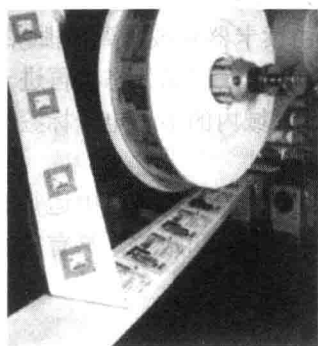
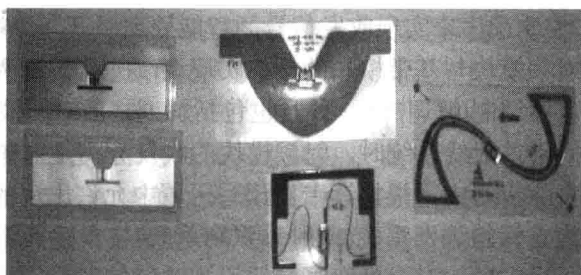
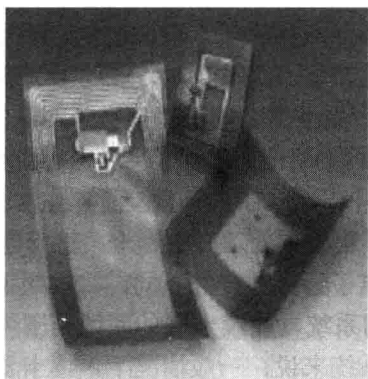


图 1-3 不同的电子标签及其封装

在射频识别应用系统中,读卡器实现对电子标签数据的无接触收集后,收集的数据需送至后台(上位机)处理,这就形成了电子标签读写设备与应用系统程序之间的接口(Application Program Interface, API)。一般情况下,要求读卡器能够接收来自应用系统的命令,并且能根据应用系统的命令或约定的协议作出相应的响应(回送收集到的电子标签数据等)。

从电路实现角度来说,读卡器又可划分为两大部分,即射频模块(射频通道)与基带模块。

射频模块实现的任务主要有两项,第一项是将读卡器欲发往电子标签的命令调制(装载)



到射频信号(也称为读卡器/电子标签的射频工作频率)上,经由发射天线发送出去。发送出去的射频信号(可能包含有传向电子标签的命令信息)经过空间传送(照射)到电子标签上,电子标签对照射其上的射频信号作出响应,形成返回给读卡器天线的反射回波信号。射频模块的第二项任务是对电子标签返回到读卡器的回波信号进行必要的加工处理,并从中解调(卸载)提取出电子标签回送的数据。

基带模块实现的任务也包含两项,第一项是将读卡器智能单元(通常为计算机 CPU 或 MPU)发出的命令加工(编码),形成便于调制(装载)到射频信号上的编码调制信号;第二项任务是实现对经过射频模块解调处理的电子标签回送数据信号进行必要的处理(包含解码),并将处理后的结果送入读卡器智能单元。

一般情况下,读卡器的智能单元划归为基带模块部分。从原理上来说,智能单元是读卡器的控制核心;从实现角度来说,智能单元通常采用嵌入式 MPU,并通过编写相应的 MPU 控制程序来实现收发信号的智能处理以及与终端应用程序之间的接口。

射频模块与基带模块的接口实现调制(装载)/解调(卸载)功能。在系统实现中,射频模块通常包括调制/解调部分,并且也包括解调之后对回波小信号必要的加工处理(如放大、整形)等。采用单天线系统时,射频模块的收发分离是射频模块必须处理好的一个关键问题。

实际应用中,根据读卡器读写区域中允许出现的电子标签数目的不同,将射频识别系统称为单标签识别系统(或射频识别系统)与多标签识别系统。在读卡器的阅读范围内有多个电子标签时,对于具有多标签识读功能的射频识别系统来说,一般情况下,读卡器处于主动状态,即读卡器先讲方式。读卡器通过发出一系列的隔离指令,使得读出范围内的多个电子标签逐一或逐批地被隔离(令其睡眠)出去,最后保留一个处于活动状态的电子标签与读卡器建立无冲突的通信。通信结束后将当前活动的电子标签置为第三态(可称其为休眠状态,只有通过重新上电或特殊命令,才能解除休眠),进一步由读卡器对被隔离(睡眠)的电子标签发出唤醒命令唤醒一批(或全部)被隔离的电子标签,使其进入活动状态,再进一步隔离,选出一个电子标签通信。如此重复,读卡器可读出阅读区域内的多个电子标签信息,也可以实现对多个电子标签分别写入指定的数据。

射频识别系统的最后一个组成部分是应用软件系统,它是在上位监控计算机中运行的包括数据库在内的管理软件系统,用于各种物品的属性管理、目标定位和跟踪,具有良好的人机操作界面。

1.3 RFID 系统标签的分类

根据供电方式的不同,电子标签可分为无源标签、半无源标签、有源标签。

无源系统——无源标签(被动标签, Passive Tag): 电子标签内没有内装电池,在读卡器的阅读范围之外时,电子标签处于无源状态;在读卡器的阅读范围之内时,电子标签从读卡器发出的射频能量中提取其工作所需的电能。无源标签读写距离近、价格低,它的使用寿命几乎无限制,但需要大功率的读写装置。

半无源系统——半无源标签(Semi-passive Tag): 电子标签内装有电池,但电池仅对电子标签内要求供电维持数据的电路或芯片工作所需的电压作辅助支持,电子标签电路本身



耗电很少。未进入工作状态前,电子标签一直处于休眠状态,相当于无源标签;电子标签进入读卡器的阅读范围时,受到读卡器发出的射频能量的激励,进入工作状态,且其用于传输通信的射频能量与无源标签的一样都来自读卡器。半无源系统结合有源 RFID 和无源 RFID 的优势,在 125 kHz 频率的触发下,使微波 2.45 GHz 的优势发挥出来。半有源 RFID 技术也叫低频激活触发技术,它利用低频近距离精确定位、微波远距离识别和上传数据,来解决有源 RFID 和无源 RFID 没有办法解决的问题。简单地说,半有源 RFID 技术就是近距离激活定位、远距离识别及上传数据。

有源系统——有源标签(主动标签, Active Tag): 电子标签的工作电源完全由内部电池供给,同时电子标签电池的能量供应部分转化为电子标签与读卡器通信所需的射频能量。目前有源标签逐步采用无线单片机来进行设计,具有持久性、信息传播穿透性强、存储信息容量大、种类多等特点。有源标签最重要的特点是电子标签工作的能量由电池提供,与无源标签系统感应读卡器的能量不一样。有源 RFID 可以提供更远的读写距离,但是需要电池供电,成本要更高一些。有源 RFID 适用于远距离读写的应用场合,使用寿命有限,但对读写装置的依赖小。

根据应用频率的不同,RFID 可分为低频(LF, 30 kHz~1 MHz)、高频(HF, 3 MHz~30 MHz)、超高频(UHF, 300 MHz~1000 MHz)、微波(MW, 2.4 GHz 或 5.8 GHz)这四种。不同频段的 RFID,其工作原理不同,低频的和高频的电子标签一般采用电磁耦合原理,而超高频的及微波的 RFID 一般采用电磁发射原理。由图 1-4 可知,RFID 的频率范围非常广,应用领域也很广。

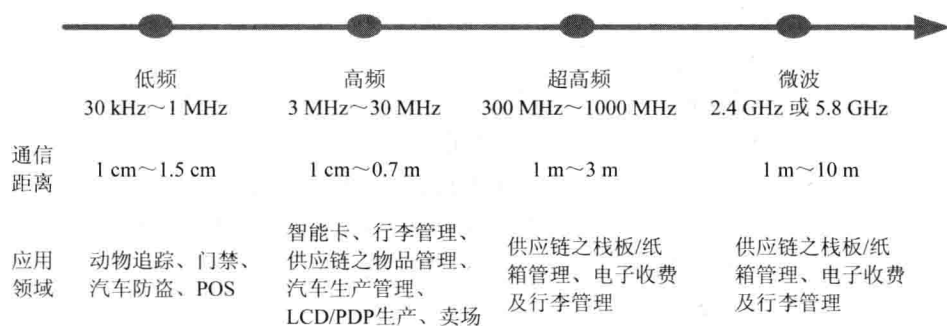


图 1-4 RFID 的频率划分及应用领域

低频段电子标签(或低频标签)的工作频率范围为 30 kHz~1 MHz,其典型的工作频率为 125 kHz 和 133 kHz。低频标签一般为无源标签,其工作能量通过电感耦合方式从读卡器耦合线圈的辐射近场中获得。与读卡器之间传送数据时,低频标签须位于读卡器天线辐射的近场区内,其阅读距离一般情况下小于 1m。低频标签的典型应用有:动物识别、容器识别、工具识别、电子闭锁防盗(带有内置应答器的汽车钥匙)等。

中高频段电子标签的工作频率一般为 3 MHz~30 MHz,其典型的工作频率为 13.56 MHz。中高频电子标签因其工作原理与低频标签的完全相同,即采用电感耦合方式工作,所以宜将其归为低频标签类中。另一方面,根据无线电频率的一般划分,中高频射频标签的工作频段又在高频范围内,所以也常将其称为高频标签。鉴于中高频段的电子标签可能是应用



最多的一种电子标签,因而只要将高、低理解成为一个相对的概念,就不会造成理解上的混乱。为了便于叙述,将中高频段电子标签称为中频电子标签(或中频标签)。中频标签一般是无源标签,其工作能量同低频标签的一样,也是通过电感(磁)耦合方式从读卡器耦合线圈的辐射近场中获得。中频标签与读卡器进行数据交换时,标签必须位于读卡器天线辐射的近场区内。中频标签的阅读距离一般情况下也小于 1 m。中频标签由于可方便地做成卡状,因此其广泛应用于电子车票、电子身份证、电子闭锁防盗(电子遥控门锁控制器)、小区物业管理、大厦门禁等系统中。

超高频与微波频段的电子标签的典型工作频率有 433.92 MHz、862(902) MHz~928 MHz、2.45 GHz、5.8 GHz。微波电子标签可分为有源标签与无源标签两类。工作时,超高频或微波电子标签位于读卡器天线辐射场的远场区内,其与读卡器之间的耦合方式为电磁耦合方式;读卡器天线辐射场为无源标签提供射频能量,将有源标签唤醒,其相应的射频识别系统的阅读距离一般大于 1 m,典型情况为 4 m~6 m,最大可达 10 m。读卡器天线一般均为定向天线,只有在读卡器天线定向波束范围内的电子标签可被读/写。由于阅读距离的增加,应用中有可能在阅读区域中同时出现多个电子标签,从而提出了多标签同时读取的需求。目前,先进的射频识别系统均将多标签识读问题作为系统的一个重要指标。超高频标签主要用于铁路车辆自动识别、集装箱识别中,还可用于公路车辆识别与自动收费系统中。

以目前的技术水平来说,无源微波电子标签比较成功的产品相对集中在 902 MHz~928 MHz 范围内。2.45 GHz 和 5.8 GHz 的射频识别系统多以半无源微波电子标签产品面世。半无源标签一般采用钮扣电池供电,具有较远的阅读距离。微波电子标签的典型特点主要集中在是否无源、无线读写距离、是否支持多标签读写、是否适合高速识别应用、读卡器的发射功率容限、电子标签及读卡器的价格等方面。对于可无线写的电子标签而言,通常情况下写入距离要小于识读距离,其原因在于写入要求更大的能量。微波电子标签的数据存储容量一般限定在 2 Kb 以内,再大的存储容量似乎没有太大的意义;从技术及应用的角度来说,微波电子标签并不适合作为大量数据的载体,其主要功能在于标识物品并完成无接触的识别过程。微波电子标签典型的数据容量指标有:1 Kb、128 B、64 B 等,由 Auto-ID Center 制定的产品电子代码(EPC)的容量为 90 B。微波电子标签的典型应用包括移动车辆识别、电子闭锁防盗(电子遥控门锁控制器)、医疗科研等行业。

不同频率的电子标签有不同的特点,例如,低频标签比超高频标签便宜、省能量、穿透金属物体能力强、工作频率不受无线电频率管制约束,最适合用于含水成分较高的物体中,例如果实等;超高频标签作用范围广、数据传送速度快,但是比较耗能、穿透力较弱,且其作业区域内不能有太多干扰,适用于监测港口、仓储等物流领域的物品;高频标签属中短距识别,读写速度居中,产品价格也相对便宜,可应用在电子票证一卡通上。

目前,对于相同波段,不同国家使用的频率也不尽相同。欧洲使用的超高频是 868 MHz,美国则是 915 MHz,而日本目前不允许将超高频用到射频技术中。

在实际应用中,比较常用的是 13.56 MHz、860 MHz~960 MHz、2.45 GHz 等频段。近距离 RFID 系统主要使用 125 kHz、13.56 MHz 等频段,其技术也最为成熟;远距离 RFID 系统主要使用 433 MHz、860 MHz~960 MHz 以及 2.45 GHz、5.8 GHz 等频段,目前还多在测试当中,没有大规模应用。



我国在低频和高频频段电子标签芯片设计方面的技术比较成熟, 高频频段方面的设计技术接近国际先进水平, 已经自主开发出符合 ISO 14443 TypeA、ISO 14443 TypeB 和 ISO 15693 标准的 RFID 芯片, 并成功地应用于交通一卡通和第二代身份证等项目中。

1.4 全球 RFID 产业发展分析

自 2004 年起, 全球范围内掀起了一场无线射频识别的热潮, 包括沃尔玛、宝洁、波音公司在内的商业巨头无不积极地推动 RFID 在制造、零售、交通等行业中的应用。目前, RFID 技术及其应用正处于迅速上升的时期, 被业界公认为是 21 世纪最有潜力的技术之一, 它的发展和应用推广将是自动识别行业的一场技术革命。然而当前 RFID 技术的发展和运用还面临一些关键问题与挑战, 主要包括: 标签成本问题、标准制定问题、公共服务体系问题、产业链形成问题以及技术和安全问题。

1.4.1 RFID 的国内外发展现状

从全球范围来看, 美国已经在 RFID 标准的建立、相关软硬件技术的开发、应用等领域走在世界的前列; 欧洲 RFID 标准追随美国主导的 EPC global 标准, 在封闭系统应用方面, 欧洲与美国基本处在同一阶段; 日本虽然已经提出 UID 标准, 但主要得到的是本国厂商的支持, 如要成为国际标准还有很长的路要走; RFID 在韩国的重要性得到了加强, 政府也给予了高度的重视, 但至今韩国在 RFID 标准上仍模糊不清。

1. 美国

在产业方面, TI、Intel 等美国集成电路厂商目前都在 RFID 领域投入巨资进行芯片开发; Symbol 等已经研发出同时可以阅读条形码和 RFID 的扫描器; IBM、Microsoft 和 HP 等也在积极地开发相应的软件及系统来支持 RFID 的应用。目前, 美国的交通、车辆管理、身份识别、生产线自动化控制、仓储管理及物资跟踪等领域已经开始逐步应用 RFID 技术。在物流方面, 美国已有 100 多家企业承诺支持 RFID 应用, 这其中包括: 零售商沃尔玛; 制造商吉列、强生、宝洁; 物流行业的联合包裹服务公司以及政府方面国防部的物流应用。

另外, 美国政府是 RFID 应用的积极推动者。按照美国国防部的合同规定, 2004 年 10 月 1 日或者 2005 年 1 月 1 日以后, 所有军需物资都要使用 RFID 标签; 美国食品及药物管理局(FDA)建议制药商从 2006 年起利用 RFID 技术跟踪最常造假的药品; 美国社会福利局(SSA)于 2005 年年初正式使用 RFID 技术追踪 SSA 的各种表格和手册。

2. 欧洲

在产业方面, 欧洲的 Philips、STMicroelectronics 在积极地开发廉价的 RFID 芯片; Checkpoint 在开发支持多系统的 RFID 识别系统; Nokia 在开发能够基于 RFID 的移动电话购物系统; SAP 则在积极开发支持 RFID 的企业应用管理软件。在应用方面, 欧洲在诸如交通、身份识别、生产线自动化控制、物资跟踪等封闭系统与美国基本处在同一阶段。目前, 欧洲许多大型企业都纷纷进行 RFID 的应用实验。例如, 英国的零售企业 Tesco 于 2003 年 9 月结束了第一阶段的试验, 该试验由 Tesco 公司的物流中心和英国的两家商店进



行, 是对物流中心和两家商店之间的包装盒及货盘的流通过程进行追踪, 使用的频率为 915 MHz。

3. 日本

日本是一个制造业强国, 它在电子标签研究领域起步较早, 政府也将 RFID 作为一项关键技术来发展。MPHPT 在 2004 年 3 月发布了针对 RFID 的“关于在传感网络时代运用先进的 RFID 技术的最终研究草案报告”, 报告称 MPHPT 将继续支持测试在超高频段的被动及主动的电子标签技术, 并在此基础上进一步讨论管制的问题; 2004 年 7 月, 日本经济产业省 METI 选择了七大产业做 RFID 的应用试验, 包括消费电子、书籍、服装、音乐 CD、建筑机械、制药和物流。从近年来日本 RFID 领域的动态来看, 与行业应用相结合的基于 RFID 技术的产品和解决方案开始集中出现, 这为 RFID 在日本应用的推广, 特别是在物流等非制造领域的推广, 奠定了坚实的基础。

4. 中国

中国人口众多, 经济规模在不断扩大, 已经成为全球制造中心, 因此 RFID 技术有着广阔的应用市场。近年来, 中国已初步开展了 RFID 相关技术的研发及产业化工作, 并在部分领域开始应用, 且已经将 RFID 技术应用于铁路车号识别、身份证和票证管理、动物标识、特种设备与危险品管理、公共交通以及生产过程管理等多个领域中, 但规模化的应用项目还很少。目前, 我国 RFID 应用以低频和高频标签产品为主, 如城市交通一卡通和中国第二代身份证等项目。我国超高频标签产品的应用刚刚兴起, 还未开始规模生产, 产业链尚未形成。

1.4.2 RFID 的发展趋势

随着 RFID 技术的不断发展和应用系统的推广普及, 其在性能等各方面都会有较大的提高, 成本将逐步降低。因此, 可以预见未来 RFID 技术的发展趋势为:

(1) 标签产品多样化。未来用户的个性化需求较强, 单一产品将不能适应未来的发展和市场需求。因此, 要求芯片频率、容量、天线、封装材料等组合形成系列化产品, 并与其他高科技融合, 如与传感器、GPS、生物识别结合, 实现产品由单一识别向多功能识别发展。

(2) 系统网络化。当 RFID 系统应用普及到一定程度时, 每件产品通过电子标签赋予身份标识, 与互联网、电子商务结合将是必然趋势, 也必将改变人们传统的生活、工作和学习方式。

(3) 系统的兼容性更好。随着 RFID 标准的统一, RFID 系统的兼容性将会得到更好的发挥, 产品替代性也将更强。

(4) 与其他产业融合。与其他 IT 产业一样, 当 RFID 标准和关键技术解决和突破之后, 与其他产业如 3G 等融合将形成更大的产业集群, 并得到更加广泛的应用, 实现跨地区、跨行业应用。

因此, RFID 产业的发展潜力是巨大的, 它将是未来经济发展的一个新的增长点, 也将与人们的日常生活密不可分。



1.4.3 RFID 面临的问题

虽然 RFID 技术现在发展迅速,但还有一系列的技术及文化方面的障碍尚待解决。

1. 成本问题

成本问题包括射频识别中芯片的成本以及整个信息系统更新换代所引发的巨大的投资成本。目前,美国一个电子标签的价格在 20 美分左右,这显然不适用于制造厂制造价格较低的单件产品。只有把价格降低到 4 美分以下才能适用于单件产品;同样,RFID 读卡器的价格目前大都在 1000 美元以上,而一般的企业动辄就需要安装数十台甚至上千台类似的装备,再加上计算机、局域网、应用软件、系统集成及技术人员的培训等费用,这对于大部分中小企业来说过于昂贵。可见,RFID 技术要获得大规模的应用,只有把其成本降低到大部分企业可以接受的程度时才有可能,而这个目标只有通过技术改进和大规模的生产才能达到。

2. 安全问题

一方面,RFID 技术的应用有着无限的魅力;另一方面,RFID 技术对个人隐私安全的威胁极大地阻碍了它的快速推广。因此,如何保护持有人的隐私安全将是目前和今后 RFID 技术发展需要十分关注的课题。由于目前常用的 RFID 技术都是无源的,没有读写能力,无法使用各种验证口令及密码等主动验证方法,而读卡器中唯一的标识符很容易被复制,例如只要提着一个装有复制功能的探测设备的公文包在某一公司内走一趟,就可以轻易地得到该公司的各种商业情报及信息,这是广大商家所不能接受的;如果使用有源标签并且不断变换验证密匙就可以大大提高安全性,但这同时也导致成本的大幅度提高。

3. 标准问题

标准问题是制约 RFID 技术推广的另一重要因素。到目前为止,RFID 技术已经具有了一些国际标准。当前世界上主要存在着两套射频识别标准:一套是日本制定的 128 位编码及专用协议,另一套是 Auto-ID Center 提出的 96 位电子产品编码和专用协议,但这两套标准不统一,严重制约着物联网这一跨地区、跨国家的全球统一网络的构建。在中国,RFID 技术的生产和应用领域仅有一些行业标准,还没有相应的国家标准。因此,制定一个自主的 RFID 国家标准,并且与国际标准相互兼容,使我国的 RFID 产品能顺利地在世界范围中流通,是当前迫切需要解决的问题。针对这一问题,中国国家标准局于 2004 年 4 月在北京召开“2004 首届中国国际 EPC 与物联网高层论坛”、“EPC 与物联网第二届联席会”,就标准问题商议了对策。

4. 辐射问题

辐射问题与人们的健康密切相关,因为 RFID 技术所使用的是 800 MHz~900 MHz 的高频电磁波,且随着它的应用范围不断扩大,人们将会生活在高频电磁场中,这将是另一种形式的污染。因此,尽可能地降低辐射强度并将其控制在对人安全的范围内,是需要解决的又一重要问题。

另外,RFID 技术与中间件的接口差错率较高等系列问题都是 RFID 技术大面积推广所要解决的。

RFID 的应用目前多处于初级阶段,尽管前景广大,但是由于成本、技术等方面的原因,