

高等院校

物 联 网

专业规划教材



# RFID

# 技术及应用

王佳斌 张维纬 黄诚惕 主编

- 知识内容专业实用，案例选择与行业实际技术紧密接轨
- 理论与实践相结合，侧重对学生应用技能的培养
- 立体化教学资源——电子课件、习题资源与参考答案



清华大学出版社

高等院校

物 联 网

专业规划教材

# RFID 技术及应用

王佳斌 张维纬 黄诚惕 主编

清华大学出版社

## 内 容 简 介

无线射频识别技术(RFID)随着近年来物联网技术的发展,在各领域中的应用日益广泛,是物联网技术的重要内容之一,也是高校物联网工程专业的必修课之一。

本书先从 RFID 的发展历史及现行主流标准入手,介绍 RFID 技术的基本工作原理及相关技术,详细解析 RFID 技术编解码及解决数据碰撞问题的方案;然后通过 RFID 在 EPC 体系及 M2M 技术中的重要应用,展现 RFID 在物联网技术领域中的重要地位;并通过 RFID 中间件设计及相应网络的安全分析,完善整个 RFID 技术体系的内容;最后,通过 RFID 的若干实际应用案例,让读者更加深入地理解 RFID 技术及其应用。

本书内容综合了 RFID 的基础知识、实际应用及与物联网技术相关的其他领域的有关知识,由浅入深、循序渐进,涉及面广,实用性强,可作为高校物联网工程专业本科生、研究生的专业教材,还可供相关领域的工程技术人员参考使用。

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

RFID 技术及应用/王佳斌,张维纬,黄诚惕主编. —北京:清华大学出版社,2016  
(高等院校物联网专业规划教材)  
ISBN 978-7-302-44889-1

I. ①R… II. ①王… ②张… ③黄… III. ①无线电信号—射频—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(2016)第 196611 号

责任编辑:汤涌涛

封面设计:常雪影

责任校对:宋延清

责任印制:宋 林

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.25 字 数:415 千字

版 次:2016 年 9 月第 1 版 印 次:2016 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

---

产品编号:068116-01

# 前 言

物联网技术近几年来得到了充分的发展。在物联网技术中，自动识别是非常重要的。因为物联网最终需要实现机器与机器之间的自主学习、自主通信和相互控制，而这就需要自动识别技术。条形码和二维码是自动识别技术的一种尝试，但由于这类识别手段有内在的缺陷，导致仍然无法实现完全的自动识别。

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术的出现，让自动识别有了真正实现的可能。尽管射频技术历史久远，但作为自动识别手段，也只是近些年的事情。

射频识别技术是通过无线电波进行数据传递的自动识别技术，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目标对象，并获取相关数据，其识别工作无须人工干预，可工作于各种恶劣环境中。

与条码识别、磁卡识别和 IC 卡识别等技术相比，射频识别技术以特有的无接触、抗干扰能力强、可同时识别多个物品等优点，逐渐成为自动识别领域中最优秀和应用最广泛的技术之一，是目前最重要的自动识别技术。

本书共分为 9 章。

第 1 章主要介绍射频识别技术的发展历史；第 2 章主要介绍射频识别技术的工作原理；第 3、第 4 章深入讨论射频识别技术的编解码原理和数据传输等问题；第 5 章介绍射频识别技术与 EPC 体系的关系；第 6 章介绍射频识别技术与 M2M 体系的关系；第 7 章介绍射频识别技术中间件开发技术；第 8 章介绍射频识别技术应用过程中涉及的信息安全问题；第 9 章给出大量的射频识别技术应用实例，供读者参考。

本书具有以下特点。

- 体系清晰：对射频识别技术与物联网其他领域技术的关系进行完整的阐述。
- 知识面广：通过大量的应用实例，说明射频识别技术在物联网技术中的重要作用，及在生产、生活中的广泛应用。
- 浅显易懂：适当减少射频识别技术理论性的内容，增加大量实例应用，着重体现其技术性和实用性。

本书的第 1、5、6、7 章由王佳斌编写，第 4、8 章由张维纬编写，第 3 章由王佳斌和张维纬联合编写；第 2、9 章由黄诚惕编写。全书由王佳斌统稿。

本书文字打印和绘图由宋春红、陈丽枫完成。

本书在编写过程中，得到清华大学出版社编辑、华侨大学工学院领导和教师的大力支持，在此表示感谢！此外，本书在编写过程中，参考了众多的书籍和网络资料，在此对书籍和资料的作者一并表示感谢！

由于作者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。



# 目 录

## 第1章 射频识别技术概述

1

1.1 自动识别技术.....2	1.3 RFID 技术标准..... 8
1.1.1 自动识别技术的概念.....2	1.3.1 全球三大标准体系的比较..... 8
1.1.2 自动识别技术的分类.....2	1.3.2 超高频 RFID 技术协议 标准的发展与应用..... 12
1.1.3 RFID 技术.....5	1.3.3 不同频率的标签和标准..... 15
1.2 射频技术及其特点.....6	本章小结..... 17
1.2.1 RFID 的发展简史.....6	习题..... 17
1.2.2 RFID 的发展现状.....7	

## 第2章 RFID 的工作原理

19

2.1 RFID 的基本工作原理.....20	2.4 电感耦合方式的射频前端..... 38
2.2 RFID 系统的构成.....21	2.4.1 读写器的功能与分类..... 38
2.2.1 RFID 的基本组成.....21	2.4.2 标签的功能与类别..... 39
2.2.2 电子标签.....24	2.5 天线..... 42
2.2.3 读写器.....32	2.5.1 天线的工作模式..... 42
2.2.4 系统高层.....35	2.5.2 天线的基本参数..... 43
2.3 耦合方式.....36	2.5.3 天线的设计要求..... 45
2.3.1 电感耦合方式.....36	本章小结..... 45
2.3.2 反向散射耦合方式.....37	习题..... 45

## 第3章 编码与调制

47

3.1 信号和编码.....48	3.2.1 曼彻斯特码和密勒码..... 54
3.1.1 数据和信号.....48	3.2.2 修正密勒码..... 60
3.1.2 信道.....48	3.3 脉冲调制..... 63
3.1.3 编码.....51	3.3.1 FSK 方式..... 63
3.2 RFID 中常用的编码方式和 编/解码器.....54	3.3.2 PSK 方式..... 66
	3.3.3 副载波调制和调解..... 70

3.4 正弦波调制.....	73
3.4.1 载波.....	74
3.4.2 调幅.....	74

3.4.3 数字调频和调相.....	80
本章小结.....	81
习题.....	82

## 第 4 章 数据校验和防碰撞算法

83

4.1 差错检测.....	84
4.1.1 差错的性质和表示方法.....	84
4.1.2 差错控制.....	85
4.1.3 检纠错码.....	85
4.1.4 数字通信系统的性能.....	87
4.1.5 RFID 中的差错检测.....	88
4.2 防碰撞算法.....	90
4.2.1 Aloha 算法.....	91
4.2.2 二进制树型搜索算法.....	92
4.3 ISO/IEC 14443 标准中的 防碰撞协议.....	93

4.3.1 TYPE A 的防碰撞协议.....	93
4.3.2 TYPE B 的防碰撞协议.....	98
4.4 碰撞检测.....	104
4.5 防碰撞 RFID 系统设计实例.....	105
4.5.1 无源 RFID 芯片 MCRF250.....	105
4.5.2 基于 FSK 脉冲调制方式的 碰撞检测方法.....	106
4.5.3 FSK 防碰撞读写器的设计.....	107
本章小结.....	108
习题.....	109

## 第 5 章 RFID 与 EPC

111

5.1 EPC 基础.....	112
5.1.1 EPC 的定义.....	112
5.1.2 EPC 的产生.....	112
5.1.3 EPC 系统的构成.....	114
5.1.4 EPC 系统的特点.....	117
5.1.5 EPC 系统的工作流程.....	117
5.1.6 EPC 在国内外的的发展状况.....	118
5.2 编码体系.....	121
5.2.1 EPC 标准.....	121
5.2.2 GS1 全球统一标识系统.....	125
5.2.3 EPC 编码体系.....	133
5.2.4 EPC 编码策略.....	134
5.2.5 EPC 编码实现.....	136
5.3 EPC 系统网络技术.....	148

5.3.1 EPCglobal 网络与全球数据 同步网络(GDSN).....	148
5.3.2 中间件.....	151
5.3.3 ONS 的工作原理.....	152
5.3.4 EPC 信息服务(EPCIS).....	155
5.4 EPC 射频识别系统.....	156
5.4.1 EPC 与自动识别技术.....	156
5.4.2 EPC 与射频识别技术.....	157
5.4.3 EPC 标签.....	158
5.4.4 EPC 标签识读器.....	160
5.4.5 EPC 射频识别系统的建设.....	162
本章小结.....	165
习题.....	165

## 第 6 章 RFID 与 M2M

167

6.1 什么是 M2M.....	168
6.1.1 M2M 的发展现状.....	168
6.1.2 M2M 的业务模式.....	169
6.1.3 促进 M2M 技术的成熟.....	174
6.2 M2M 高层框架及标准.....	176

6.2.1 M2M 高层框架介绍.....	176
6.2.2 M2M 标准.....	178
6.3 M2M 需要 RFID 技术.....	179
6.3.1 自动识别技术是 M2M 可以实施的关键.....	179

6.3.2	RFID 应用于 M2M 技术 .....	180
6.4	M2M 技术在贸易与物流中的应用 .....	181
6.4.1	为什么要在物流中 应用 M2M .....	181
6.4.2	发展现状 .....	184

6.4.3	预测和前景 .....	187
6.4.4	纵向 M2M 集成 .....	188
	本章小结 .....	190
	习题 .....	190

## 第 7 章 RFID 中间件的设计

191

7.1	为什么需要 RFID 中间件 .....	192
7.1.1	背景介绍 .....	192
7.1.2	中间件介绍 .....	192
7.2	RFID 中间件设计依赖的技术 .....	196

7.3	RFID 中间件的设计方法 .....	198
	本章小结 .....	200
	习题 .....	200

## 第 8 章 RFID 信息安全

201

8.1	信息安全概述 .....	202
8.2	密码学基础 .....	206
8.2.1	密码学的基本概念 .....	206
8.2.2	密码体制的原则 .....	207
8.2.3	对称密码体制 .....	207
8.2.4	非对称密码体制 .....	209
8.3	序列密码(流密码) .....	210
8.3.1	序列密码体制的结构框架 .....	210

8.3.2	m 序列 .....	212
8.3.3	非线性反馈移位寄存器 序列 .....	213
8.4	密钥管理 .....	213
8.5	射频识别中的认证技术 .....	218
	本章小结 .....	222
	习题 .....	222

## 第 9 章 物联网 RFID 应用实例

223

9.1	沃尔玛全面推进 RFID/EPC 在供应链中的应用 .....	224
9.2	班加罗尔心脏病诊疗中心 应用 UHF RFID 标签 .....	227
9.3	意大利纺织商应用 EPC 系统追踪 卷板布匹 .....	228
9.4	葡萄牙家具制造商在生产线上 应用无源 UHF RFID 标签 .....	231
9.5	海尔美国应用 RFID 超高频 标签标识冰箱冰柜产品 .....	232
9.6	上海世博会采用 RFID 门票 .....	235
9.7	RFID 在交通领域的应用 .....	237
9.8	上海浦东国际机场防入侵系统 .....	240

9.9	博物馆利用 RFID 技术拓展 参观者体验 .....	243
9.10	食品物流 RFID 监控溯源系统 .....	244
9.11	医院智能管理系统 .....	245
9.12	智慧型药盒与 RFID 药罐提醒 老年人准时服药 .....	247
9.13	RFID 在物流管理中的应用 .....	250
9.14	RFID 无线实时定位系统 .....	253
9.15	RFID 在农业中的应用 .....	255
9.16	RFID 在畜牧业中的应用 .....	257
	本章小结 .....	259
	习题 .....	259

261



### 学习目标

1. 掌握自动识别技术的种类。
2. 了解 RFID 技术的发展历史及现状。
3. 掌握 RFID 技术的体系及其产业发展趋势。

### 知识要点

自动识别技术、射频识别技术、射频识别技术体系及产业发展趋势。

## 1.1 自动识别技术

人类社会步入信息时代后,人们获取和处理的信息量在不断增大。传统的信息采集是通过人工手段录入的,不仅工作强度大,而且差错率高。以计算机和通信技术为基础的自动识别技术,可以对目标对象自动辨认,并可以工作在各种环境下,使人类能够对大量信息进行及时、准确的处理。自动识别技术可以对每个物品进行标识和识别,并可以实时更新数据,是构建全球物品信息实时共享的基础,是物联网的重要组成部分。

### 1.1.1 自动识别技术的概念

自动识别技术,是用机器来识别不同物品的众多技术的总称。具体地说,就是使用识别装置,通过被识别物品与识别装置之间的接近运动,自动获取被识别物品的相关信息。

自动识别技术是一种高度自动化的信息(数据)采集技术,可对记录了字符、影像、条码、声音、信号等信息的载体进行自动识别,自动地获取被标识物品的相关信息,并提供给后台的计算机处理系统,来完成相关的后续处理。

以往的信息识别和管理中,多采用单据、凭证、传票为载体,以手工记录、电话沟通、人工计算、邮寄或传真等方法,对信息进行采集、记录、处理、传递和反馈,不仅极易出现差错,也使管理者对物品在流动过程中的各个环节难以统筹协调,不能系统地控制,更无法实现系统优化和实时监控,导致效率低下和人力、运力、资金、场地的大量浪费。

近几十年来,自动识别技术在全球范围内得到了迅猛发展,极大地提高了数据采集和信息处理的速度,改善了人们的工作和生活环境,提高了工作效率,并为管理的科学化和现代化做出了重要贡献。

自动识别技术可以在制造、物流、防伪和安全等多个领域中应用,可以采用光识别、电识别、射频识别等多种识别方式,是集计算机、光、电、通信和网络技术于一体的高技术学科。

### 1.1.2 自动识别技术的分类

根据应用领域和具体特征,自动识别技术可分为条码识别技术、生物识别技术、图像识别技术、磁卡识别技术、IC卡识别技术、光学字符识别技术和射频识别技术等。这里介绍几种典型的自动识别技术,分别采用了不同的数据采集技术。其中,对条码使用光识别技术、对磁卡使用磁识别技术、对IC卡使用电识别技术、对射频标签使用无线识别技术。

#### 1. 条码识别技术

条码是由一组线条、空白条和数字符号组成的,按一定编码规则排列的,用以表示一定字符、数字及符号的标签信息载体。条码是利用红外光或可见光进行识别的。由扫描器发出的红外光或可见光照射条码,条码中深色的“条痕”吸收光,浅色的“空白”将光反射回扫描器,扫描器将光反射信号转换成电子脉冲,再由译码器将电子脉冲转换成数据,最后传至后台,完成对条码的识别。

目前,条码的种类很多,大体上可以分为一维条码和二维条码两种。一维条码和二维条码都有许多码制。条码中,条、空图案对数据不同的编码方法,构成了不同形式的码制。不同码制有各自不同的特点、可以用于一种或若干种应用场合。

### (1) 一维条码。

一维条码有许多种码制,包括 Code25 码、Code128 码、EAN-13 码、EAN-8 码、ITF25 码、库德巴码、Matrix 码和 UPC-A 码等。如图 1-1 所示为几种常用的一维条码样图。



图 1-1 几种常用的一维条码样图

目前最流行的一维条码是 EAN-13 条码。EAN-13 条码由 13 位数字组成,其中,前 3 位数字为前缀码,目前国际物品编码协会分配给我国并已经启用的前缀码为 690~692。当前缀码为 690 或 691 时,第 4~7 位数字为厂商代码,第 8~12 位数字为商品项目代码,第 13 位数字为校验码;当前缀码为 692 时,第 4~8 位数字为厂商代码,第 9~12 位数字为商品项目代码,第 13 位数字为校验码。EAN-13 条码的构成如图 1-2 所示。

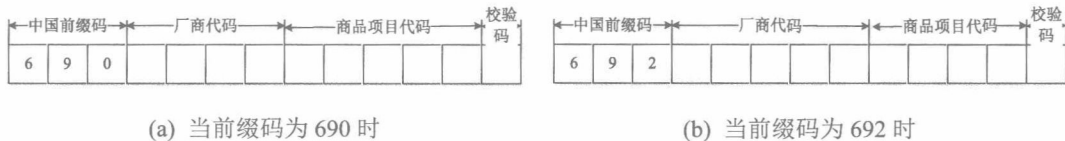


图 1-2 EAN-13 条码的构成

### (2) 二维条码。

二维条码技术是在一维条码无法满足实际应用需求的前提下产生的。二维条码在横向和纵向两个方位同时表达信息,因此,能在很小的面积内表达大量信息。目前有几十种二维条码,常用的码制有 Data Matrix 码、QR Code 码、Maxicode 码、PDF417 码、Code49 码、Code 16K 码和 Codeone 码等。如图 1-3 所示为几种常用的二维条码样图。



图 1-3 几种常用的二维条码样图

## 2. 磁卡识别技术

磁卡,从本质意义上讲,与计算机用的磁带或磁盘是一样的,它可以用来记载字母、字符及数字信息。磁卡是一种磁介质记录卡片,通过黏合或热合,与塑料或纸牢固地整合在一起,能防潮、耐磨且有一定的柔韧性,携带方便,较为稳定可靠。

磁卡记录信息的方法是变化磁极。在磁性变化的地方具有相反的极性(如 S-N 或 N-S),识读器材能够在磁条内探测到这种磁性变化。使用解码器,可以将磁性变化转换成字母或数字的形式,以便由计算机来处理。

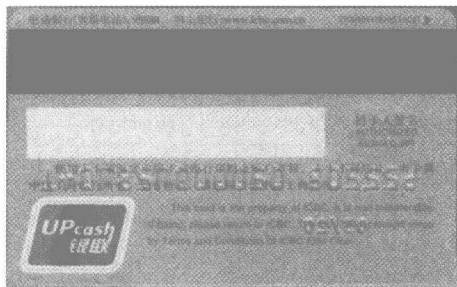
磁卡的优点是数据可读写,即具有现场改变数据的能力,这个优点使得磁卡的应用领域十分广泛,如信用卡、银行 ATM 卡、会员卡、现金卡(如电话磁卡)和机票等。

磁卡的缺点,是数据存储的时间长短受磁性粒子极性耐久性的限制。另外,磁卡存储数据的安全性一般较低,如果磁卡不小心接触磁性物质,就可能造成数据的丢失或混乱。随着新技术的发展,安全性能较差的磁卡有逐步被取代的趋势。

但是,在现有条件下,社会上仍然存在大量的磁卡设备,再加上磁卡技术比较成熟和具有低成本,所以,短期内,该技术仍然会在许多领域中继续使用。如图 1-4 所示为一种银行磁卡,该银行磁卡通过背面的磁条可以读写数据。



(a) 银行卡正面



(b) 银行卡背面的磁条

图 1-4 银行磁卡

## 3. IC 卡识别技术

IC(Integrated Circuit)卡是一种电子式数据自动识别卡,IC 卡分接触式 IC 卡和非接触式 IC 卡两种,这里介绍的是接触式 IC 卡。

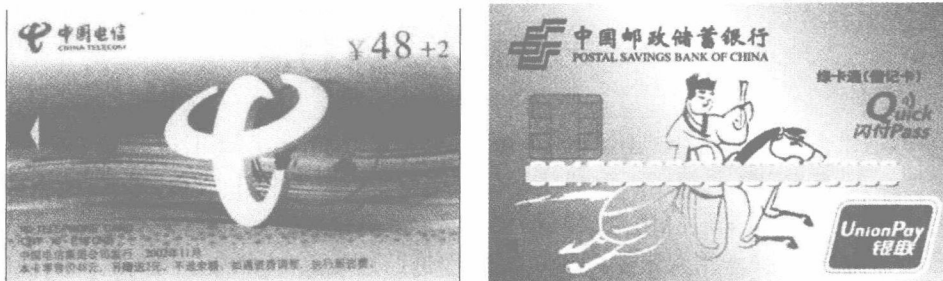
接触式 IC 卡是集成电路卡,通过卡里的集成电路来存储信息,它将一个微电子芯片嵌入到卡基中,做成卡片的形式,通过卡片表面的 8 个金属触点与读卡器进行物理连接,来完成通信和数据交换。IC 卡使用了微电子技术和计算机技术,作为一种成熟的高技术产品,是继磁卡之后出现的又一种新型的信息工具。

IC 卡的外形与磁卡相似,区别在于数据存储的媒体不同。磁卡是通过卡上磁条的磁场变化来存储信息的,而 IC 卡是通过嵌入卡中的电擦除式可编程只读存储器(EEPROM)来存储数据信息的。IC 卡与磁卡相比,具有存储容量大、安全保密性好、有数据处理能力、使用寿命长等优点。

依据是否带有微处理器,IC 卡可分为存储卡和智能卡两种。存储卡仅包含存储芯片而无微处理器,一般的电话 IC 卡即属于此类。将带有内存和微处理器芯片的大规模集成电路



嵌入到塑料基片中，就制成了智能卡，它具有数据读写和处理功能，因而具有安全性高、可以离线操作等突出优点，银行的 IC 卡通常是指智能卡。如图 1-5 所示为几种 IC 卡。



(a) 中国电信 IC 卡

(b) 中国邮政储蓄银行 IC 卡

图 1-5 IC 卡

#### 4. 射频识别技术

射频识别技术是通过无线电波进行数据传递的自动识别技术。与条码识别技术、磁卡识别技术和 IC 卡识别技术等相比，它以特有的无接触、可同时识别多个物品等优点，逐渐成为自动识别领域中最优秀和应用最广泛的自动识别技术。

### 1.1.3 RFID 技术

RFID 技术是自动识别技术中的一种。RFID 以电子标签来标识某个物体，电子标签包含某个芯片和天线，芯片用来存储物体的数据，天线用来收发无线电波。电子标签的天线通过无线电波，将物体的数据发射到附近的 RFID 读写器，RFID 读写器就会对接收到的数据进行收集和处理。RFID 与传统的条码识别相比，具有很大的优势。

(1) RFID 电子标签抗污损能力强。

传统的条码载体是纸张，它附在物体和外包装箱上，特别容易受到折损。条码采用的是光识别技术，如果条码的载体受到污染或者折损，将会影响信息的正确识别。而 RFID 采用电子芯片存储信息，可以免受外部环境污染。

(2) RFID 电子标签安全性高。

条码制作容易，操作简单，但同时也产生了仿造容易、信息保密性差等缺点。RFID 采用电子标签存储信息，数据可以通过编码实现密码保护，内容不易被伪造和更改。

(3) RFID 电子标签容量大。

条码的标识容量有限。而 RFID 电子标签的标识容量可以做到比条码大很多，实现真正的“一物一码”，可以满足信息流量不断增大和信息处理速度不断提高的需求。

(4) RFID 可实现远距离同时识别多个电子标签。

条码识别一次只能有一个条码接受扫描，而且要求条码与读写器的距离比较近。射频识别采用无线电波进行数据交换，RFID 读写器能够远距离同时识别多个 RFID 标签，并可以识别高速运动的标签。

(5) RFID 是物联网的基石。

条码印刷上去就无法更改了。而 RFID 采用电子芯片存储信息，可以随时记录物品在任



何时候的任何信息，并可以很方便地新增、更改和删除信息。RFID 通过计算机网络可以实现对物品透明化、实时的管理，实现真正意义上的“物联网”。

## 1.2 射频技术及其特点

射频识别是无线电频率识别(Radio Frequency Identification, RFID)的简称，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、写过程是通过相互之间的无线通信来实现的。

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，必须遵守使用无线电频率的众多规范。
- (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、工业过程监控等。
- (4) 容易对多个应答器、多个阅读器组合建网，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、电磁场等众多学科，是一个新兴的、融合了多种技术的领域。

### 1.2.1 RFID 的发展简史

在过去的半个多世纪中，RFID 技术的发展经历了以下几个阶段。

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，主要处于实验室研究中。

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 技术应用。

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，但成本成为制约进一步发展的主要问题。国内开始关注这项技术。

1991—2000 年，大规模生产使得其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得到了重视，大量厂商进入，RFID 产品逐渐走入人们的生活，国内研究机构开始跟踪和研究该技术。

2001—至今，RFID 技术得到了进一步丰富和完善，产品种类更加丰富，无源电子标签、半有源电子标签均得到了发展，电子标签成本也不断降低，RFID 技术的应用领域不断扩大，RFID 与其他技术正在日益结合。

纵观 RFID 技术的发展历程，我们不难发现，随着市场需求的不断发展，人们对 RFID 技术的认识水平正在日益提升，RFID 技术已经逐渐走入生产和生活的各个领域；RFID 技术及产品的不断开发，必将带来其应用发展的新高潮，并引发相关应用领域新的变革。

## 1.2.2 RFID 的发展现状

从全球范围来看,美国已经在 RFID 标准的建立、相关软硬件数据的开发与应用领域走在了世界的前列。欧洲 RFID 标准追随美国主导的 EPCglobal 标准。在封装系统应用方面,欧洲与美国基本处在同一阶段。日本虽然已经提出了 UID 标准,但主要得到的是其本国厂商的支持,如要成为国际标准,还有很长的路要走。在韩国,RFID 技术的重要性得到了加强,政府给予了高度重视,但韩国在 RFID 标准上至今仍模糊不清。

美国的 TI、RFID 等集成电路厂商目前都在 RFID 领域投入巨资进行芯片开发。Symbol 等公司已经研发出同时可以阅读条形码和 RFID 的扫描器。IBM、Microsoft 和 HP 等公司也在积极开发相应的软件及系统,来支持 RFID 技术的应用。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在逐步应用 RFID 技术。在物流方面,美国已有 100 多家企业承诺支持 RFID 技术应用。另外,值得注意的是,美国政府是 RFID 技术应用的积极推动者。

欧洲的 Philips、STMicroelectronics 公司在积极开发廉价的 RFID 芯片;Checkpoint 公司在开发支持多系统的 RFID 识别系统;诺基亚公司在开发能够基于 RFID 技术的移动电话购物系统;SAP 公司则在积极开发支持 RFID 的企业应用管理软件。在应用方面,欧洲对诸如交通管理、身份识别、生产线自动化控制、物资跟踪等封闭系统的应用研究与美国基本处于同一阶段。目前,欧洲有许多大型企业都纷纷进行 RFID 技术的应用实验。

日本是一个制造业强国,在 RFID 研究领域起步较早,政府也将 RFID 作为一项关键的技术来发展。2004 年 7 月,日本经济产业省 METI 选择了七大产业做 RFID 技术的应用实验,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已经开始集中出现,这为 RFID 技术在日本的应用推广,特别是在物流等非制造领域的应用推广,奠定了坚实的基础。

韩国主要通过国家的发展计划,且联合企业的力量,来推动 RFID 技术的发展,即主要是由产业资源部和情报通信部来推动 RFID 技术的发展计划。特别值得注意的是,自 2004 年 3 月韩国提出 IT839 计划以来,RFID 技术的重要性得到了进一步确认。虽然目前韩国在 RFID 技术的开发和应用领域乏善可陈,但值得关注的是,在韩国政府的高度重视下,韩国关于 RFID 的技术开发和应用实验正在加速开展。

中国人口众多,经济规模不断扩大,已经成为全球制造中心,RFID 技术有着广阔的应用市场。近年来,中国已初步开展了 RFID 相关技术的研发和产业化工作,并在部分领域开始应用。中国已经将 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,但规模化的实际应用项目还很少。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。我国超高频产品的应用刚刚兴起,还未开始规模化生产,产业链尚未形成。我国第二代身份证从 2005 年开始,已经进入全面换发阶段,现已基本完成全国 16 岁以上人口的换发工作,全国换发总量将达到 10 亿。

2004 年 12 月 16 日,非营利性标准化组织——EPCglobal 批准了对 EPCglobal 成员和签订了 EPCglobal IP 协议的单位免收专利费的空中接口新标准——EPC Gen2。这一标准是 RFID

技术、互联网和产品电子代码(EPC)组成的 EPCglobal 网络的基础。

EPC Gen2 的获批对于 RFID 技术的应用和推广具有非常重要的意义,它为在供应链应用中使用的 UHF RFID 提供了全球统一的标准,给物流行业带来了革命性的变革,推动了供应链管理和物流管理向智能化方向发展。

自 2004 年起,全球范围内掀起了一场 RFID 的热潮,包括沃尔玛、保洁、波音公司在内的商业巨头,无不积极推动 RFID 在技术制造、零售、交通等行业的应用。RFID 技术及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,它的发展和推广应用推广,将是自动识别行业的一场技术革命。当前,RFID 技术的应用和发展还面临一些关键问题与挑战,主要包括标签成本、标准制定、公共服务体系、产业链形成以及技术和安全等问题。

## 1.3 RFID 技术标准

目前,RFID 技术还未形成统一的全球化标准,但业界已经广泛认同市场将走向多标准的统一。RFID 系统主要是由数据采集和后台数据库网络应用系统两大部分组成的。目前已经发布或正在制定中的标准主要是与数据采集相关的,其中包括标签与读卡器之间的空中接口、读卡器与计算机之间的数据交换协议、标签与读卡器的性能和一致性测试规范以及标签的数据内容编码标准等。后台数据库网络应用系统目前并没有形成正式的国际标准,只有少数产业联盟制定了一些规范,现阶段还在不断演变中。

信息技术发展到今天,已经没有多少人还对标准的重要性持有任何怀疑态度。RFID 的技术标准之争非常强烈,各行业都在发展自己的 RFID 技术标准,这也是 RFID 技术目前没有统一国际标准的原因之一。关键是,RFID 技术不仅与商业利益有关,甚至还关系到国家或行业的利益,以及信息的安全。

目前,全球存在五大 RFID 技术标准化势力,即 ISO/IEC、EPCglobal、Ubiquitous ID Center、AIM Global 和 IP-X。其中,前三个标准化组织势力比较强大;而 AMI 和 IP-X 的势力则相对弱小。这五大 RFID 技术标准化组织纷纷制定自己的 RFID 技术相关标准,并在全球积极推广这些标准。

### 1.3.1 全球三大标准体系的比较

#### 1. ISO 制定的 RFID 标准体系

RFID 的标准化工作最早可追溯到 20 世纪 90 年代。1995 年,国际标准化组织 ISO/IEC 联合技术委员会 JTC1 设立了子委员会 SC31(以下简称 SC31),负责 RFID 标准化研究工作。

SC31 委员会由来自各个国家的代表组成,如英国的 BSI IST34 委员、欧洲的 CEN TC225 成员。他们既是各大公司的内部咨询者,也是不同公司利益的代表者。因此,在 ISO 标准制定的过程中,有企业、区域标准化组织和国家三个层次的利益代表者。

SC31 子委员会负责的 RFID 标准,可以分为 4 个方面:数据标准(如编码标准 ISO/IEC 15691,数据协议 ISO/IEC 15692、ISO/IEC 15693,解决了应用程序/标签和空中接口多样性的要求,提供了一套通用的通信机制);空中接口标准(ISO/IEC 18000 系列);测试标准(性能

测试标准 ISO/IEC 18047 和一致性测试标准 ISO/IEC 18046); 实时定位(RTLS)(ISO/IEC 24730 系列应用接口与空中接口通信的标准)方面的标准。

如图 1-6 所示为 RFID 技术的国际标准, 如图 1-7 所示为 RFID 系统与 ISO/IEC 数据标准和空中接口标准的关系。

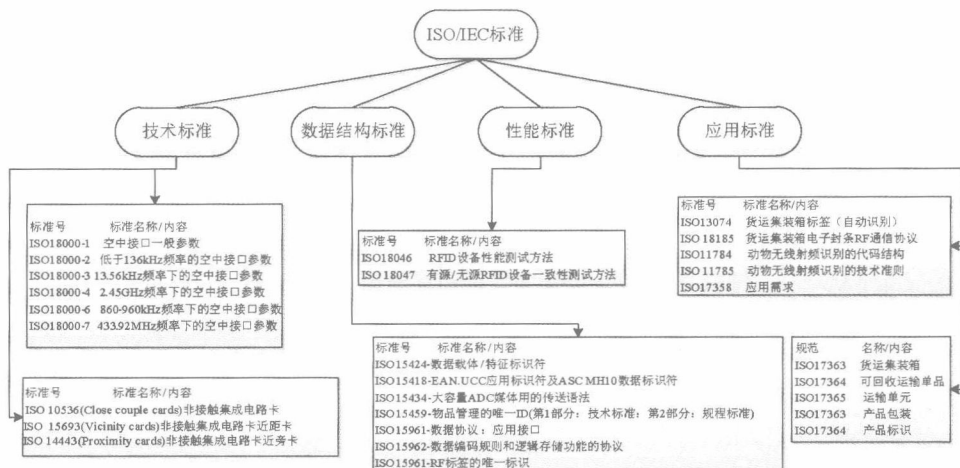


图 1-6 RFID 技术的国际标准

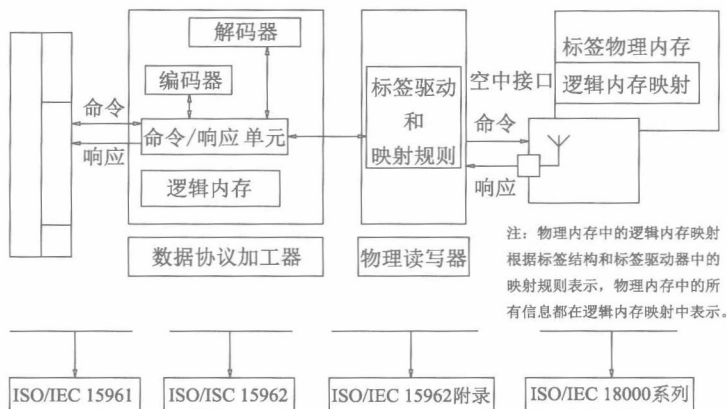


图 1-7 RFID 系统与 ISO/IEC 数据标准和空中接口标准的关系

ISO 对于 RFID 的应用标准是由应用相关的子委员会制定的。RFID 在物流供应链领域中的应用标准由 ISO TC 122/104 联合工作组制定, 包括 ISO 17358(应用要求)、ISO 17363(货运集装箱)、ISO 17364(装载单元)、ISO 17365(运输单元)、ISO 17366(产品包装)、ISO 17367(产品标签)。RFID 在动物追踪方面的标准由 ISO TC 23 SC19 制定, 包括 ISO 11784/11785(动物 RFID 在畜牧业的应用), ISO 14223(动物 RFID 在畜牧业的应用-高级标签的空中接口、协议定义)。从 ISO 制定的 RFID 标准内容来说, RFID 应用标准是在 RFID 编码、空中接口协议、读写器协议等基础标准之上, 针对不同的使用对象, 确定的使用条件、标签尺寸、标签粘贴位置、数据内容格式、使用频段等方面的特定应用要求的具体规范, 同时, 也包括数据的完整性、人工识别等其他一些要求。

通用标准提供了一个基本框架, 而应用标准是对它的补充和具体规定。这一标准制定

思想,既保证了 RFID 技术具有互通和互操作性,又兼顾了应用领域的特点,能够很好地满足应用领域的具体要求。

## 2. EPCglobal

与 ISO 的通用性 RFID 标准相比, EPCglobal 标准体系是面向物流供应链领域的,可以看成是一个应用标准。

EPCglobal 的目标,是解决供应链的透明性和追踪性问题。透明性和追踪性,是指供应链各环节中所有合作伙伴都能够了解单件物品的相关信息,如位置、生产日期等信息。为此, EPCglobal 制定了 EPC 编码标准,它可以实现对所有物品提供单件唯一标识;也制定了空中接口协议、读写器协议。这些协议与 ISO 标准体系类似。

在空中接口协议方面,目前 EPCglobal 的策略尽量与 ISO 兼容,如 CiGen2 UHF RFID 标准,递交给 ISO 后,将成为 ISO 18000 6C 标准。但 EPCglobal 空中接口协议有它的局限范围,仅仅关注 UHF(860~930MHz)。

除了信息采集以外, EPCglobal 非常强调供应链各方之间的信息共享,为此制定了信息共享的物联网相关标准,包括 EPC 中间件规范、对象名解析服务 ONS(Object Naming Service)、物理标记语言 PML(Physical Markup Language)。这样,从信息的发布、信息资源的组织管理、信息服务的发现以及大量访问之间的协调等方面,都做出了规定。

“物联网”的信息量和信息访问规模大大超过了普通的因特网。“物联网”是基于因特网的,与因特网具有良好的兼容性。物联网标准是 EPCglobal 所特有的,ISO 仅仅考虑自动身份识别与数据采集的相关标准,而对数据采集以后如何处理、共享,并没有做规定。

物联网是未来的一个目标,对当前应用系统建设来说,具有指导意义。

## 3. 日本 UID 制定的 RFID 技术标准体系

日本“泛在 ID”(Ubiquitous ID, UID)中心制定的 RFID 标准,思路类似于 EPCglobal,目标也是构建一个完整的标准体系,即从编码体系、空中接口协议到泛在网络体系结构,应有尽有。但是,其每一个部分的具体内容,当然存在差异。为了制定具有自主知识产权的 RFID 标准,在编码方面制定了 uCode 编码体系,它能够兼容日本已有的编码体系,同时,也能兼容国际上其他的编码体系。在空中接口方面,积极参与了 ISO 的标准制定工作,也尽量考虑与 ISO 相关标准兼容。

在信息共享方面,UID 主要依赖于日本的泛在网络,它可以独立于因特网,实现信息的共享。泛在网络与 EPCglobal 的物联网还是有区别的。EPC 采用业务链的方式,面向企业、面向产品信息的流动(物联网),比较强调与互联网的结合;而 UID 采用扁平式信息采集分析方式,强调信息的获取与分析,比较强调前端的微型化和集成。

## 4. AIM Global

AIM Global 即全球自动识别组织。AIDC(Automatic Identification and Data Collection)组织原先制定过通行全球的条形码标准,于 1999 年,另外成立了 AIM(Automatic Identification Manufactures)组织,目的是推出 RFID 技术标准。

AIM Global 有 13 个国家与地区性的分支,且目前的全球会员数已超过 1000 个。