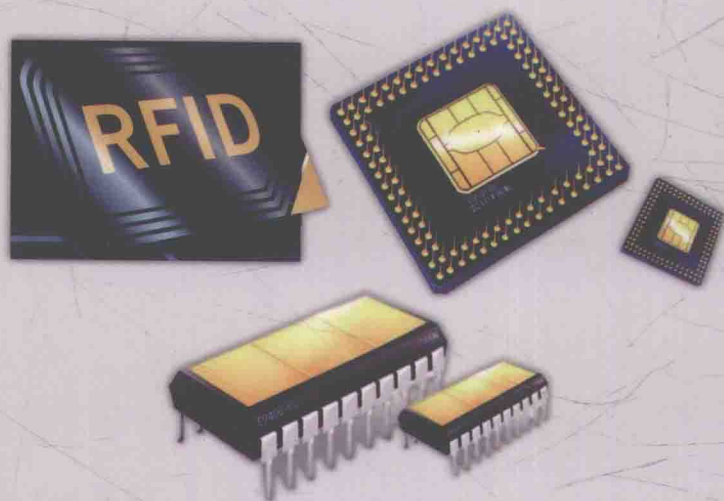


电 气 信 息 工 程 丛 书

RFID与EPC技术

刘同娟 杨岚清 胡安琪 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电气信息工程丛书

RFID 与 EPC 技术

刘同娟 杨岚清 胡安琪 编著



机械工业出版社

本书是为了适应现代智能物流发展需要,促进现代物流业和物流信息技术发展的需要而编写的。本书力求从 RFID 与 EPC 技术原理以及物流应用案例的各个方面进行比较全面的介绍,既强调 RFID 与 EPC 技术的系统设计方法和原理,又立足于该技术在物流领域的实际应用,并给出了现代物流领域的最新案例。主要内容包括:RFID 技术概述、RFID 技术的工作原理及系统组成、RFID 标准化、EPC 基础、EPC 编码体系、EPC 系统网络技术、RFID 在现代仓储物流管理中的应用、RFID 在智能交通领域中的应用、RFID 在配送中心的应用、EPC 技术在第四方物流信息平台中的应用和 EPC 物联网技术在乳制品供应链追溯中的应用。

本书内容简单明了侧重基本概念和基础技术的讲解,并强调 RFID 与 EPC 技术在现代物流领域中的应用。随书配有电子课件。

本书适合计算机科学与技术、信息工程和物联网工程专业的本科生或研究生作为物联网技术相关课程学习的教材或教学参考书,也可供其他领域的学生、学者及科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

RFID 与 EPC 技术/刘同娟,杨岚清,胡安琪编著. —北京:机械工业出版社,2016.10

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-55494-3

I. ①R… II. ①刘… ②杨… ③胡… III. ①无线电信号-射频-信号识别 ②码分多址移动通信-通信技术 IV. ①TN911.23 ②TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 279173 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:时 静 责任编辑:尚 晨

责任校对:张艳霞 责任印制:常天培

涿州市星河印刷有限公司印刷

2017 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·11.5 印张·273 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-55494-3

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

随着社会的快速发展,信息成为人类生活中必不可少的一部分,人们通过不同的渠道获得所需要的信息,从而为自己所用。作为国民经济发展中重要一环的物流业,物流的信息化更是十分重要的。物流信息化快速推进现代物流的发展,使得物流企业的管理理念以及管理体制都得到了改进,而且对其他传统的物流仓储、物流配送等环节的信息化推进都起到了示范作用。随着计算机以及其他信息技术的发展及应用,物流信息化已经成为整个物流行业发展的主要支撑。

物流信息化很大部分依赖于物联网技术,而作为物联网技术中的关键环节即射频识别技术(RFID)以及产品电子代码(EPC)系统的快速发展,使得物流信息化可以得到快速发展。RFID技术就是通过无线电技术对信息进行采集,EPC系统将其所建立的标准应用于物流领域,从而使得物流的信息化更加完善。物流信息化的发展将现代物流推向更高的层次。

全文分为两篇,共11章内容。第一篇是技术原理,共6章内容,其中第1~3章介绍RFID,主要从RFID概念,RFID技术的工作原理及其系统组成以及RFID的标准化方面介绍RFID;第4~6章主要介绍EPC,从EPC的基础到EPC编码体系最后到EPC的系统网络技术进行了详细的介绍。第二篇为应用案例,共5章内容,其中第7~9章介绍了RFID在现代物流中的应用,分别介绍了RFID在现代仓储物流管理、智能交通领域以及配送中心的应用;第10~11章介绍了EPC技术在第四方物流信息平台及EPC物联网技术在乳制品供应链追溯中的应用。

本书内容深入浅出,具有丰富的应用案例,非常适合计算机科学与技术、物联网工程和信息工程专业的本科生或研究生使用,也可供其他领域的学生、学者及科技人员参考使用。

本书由刘同娟、杨岚清和胡安琪编著。第1~7章由刘同娟编写,第8~9章由杨岚清编写,第10~11章由胡安琪编写。在本书编写的过程中,参考和引用了大量学者的研究成果,在此对这些作者表示敬意和感谢!同时,在本书的写作过程中,得到了北京物资学院信息学院领导及专家的指导,在此向他们表示感谢。

本书出版得到北京市属高等学校高层次人才引进与培养青年拔尖人才培育计划项目(CIT&TCD201504051)、北京市优秀人才培养资助青年骨干个人项目(2014000020124G093)资助。

由于RFID技术以及EPC编码应用范围较广,编写时间仓促,同时作者的知识水平和教学经验有限,本书的错漏之处在所难免,因此希望使用本书的读者给予批评与意见,以使我们在未来的教学中和科研工作中不断进步。

编 者

2016年8月

目 录

前言

第1章 射频识别 (RFID) 技术概述	1
1.1 认识 RFID 技术	1
1.1.1 RFID 技术基本概念	1
1.1.2 RFID 技术的特征	1
1.1.3 日常生活中 RFID 技术的应用	2
1.2 RFID 技术的发展历史	3
1.3 RFID 技术的分类	3
1.3.1 按频率划分	4
1.3.2 按电子标签供电方式划分	4
1.3.3 按电子标签的可读写划分	5
1.3.4 按数据通信方式划分	5
1.4 RFID 技术的发展现状	6
1.4.1 RFID 技术在国外的应用现状	7
1.4.2 我国 RFID 技术的发展现状	8
1.5 RFID 技术的市场前景	9
第2章 RFID 技术的工作原理及系统组成	12
2.1 基本原理	12
2.2 RFID 电子标签	13
2.2.1 电子标签的定义	13
2.2.2 电子标签的内部结构	13
2.2.3 电子标签的分类	14
2.2.4 标签的类型	16
2.2.5 考虑因素	18
2.3 RFID 阅读器	19
2.3.1 阅读器的定义	19
2.3.2 阅读器的内部结构	19
2.3.3 阅读器的分类	20
2.3.4 选择阅读器需考虑的因素	21
2.4 RFID 应用系统的组成	22
第3章 RFID 标准化	25
3.1 RFID 标准概述	25
3.2 RFID 标准简介	25

3.3	RFID 标准的分类	27
3.4	常用 RFID 标准	28
3.5	RFID 标准化组织	29
3.6	我国相关标准的现状和存在的问题	30
3.6.1	相关标准现状	30
3.6.2	存在的问题	31
3.6.3	RFID 标准化发展趋势	32
第 4 章	EPC 基础	33
4.1	EPC 的定义	33
4.2	EPC 的产生	33
4.2.1	条码自动识别	33
4.2.2	射频识别	34
4.2.3	EPC	34
4.3	EPC 系统的构成	35
4.3.1	全球产品电子代码编码体系	36
4.3.2	射频识别技术	36
4.3.3	信息网络系统	37
4.4	EPC 系统的特点	37
4.5	EPC 系统的工作流程	38
4.6	EPC 的发展状况	38
4.6.1	国外 EPC 的发展现状	39
4.6.2	国内 EPC 的发展现状	39
第 5 章	EPC 编码体系	41
5.1	EPC 标准	41
5.1.1	EPC 编码的两个标准	41
5.1.2	EPC 编码的原则	42
5.2	EPC 编码的结构和类型	43
5.2.1	EPC 编码的结构特性	43
5.2.2	EPC 编码的结构	44
5.2.3	EPC 编码的类型	45
5.3	EPC 编码策略	48
5.4	EPC 编码实现	52
5.4.1	EPC 标签 (e-Tag)	52
5.4.2	阅读器	53
第 6 章	EPC 系统网络技术	54
6.1	中间件	54
6.1.1	中间件的定义	54

6.1.2	EPC 中间件的功能	54
6.1.3	EPC 中间件的作用	54
6.1.4	EPC 系统的 Savant 中间件技术	55
6.2	ONS 工作原理	56
6.2.1	对象名称解析服务作用	56
6.2.2	对象命名服务的技术原理	56
6.2.3	对象命名服务的实现架构	58
6.2.4	对象命名服务的应用前景	59
6.3	实体标记语言	59
6.4	EPC 信息服务	60
第 7 章	RFID 在现代仓储物流管理中的应用	63
7.1	现代仓储物流管理现状	63
7.1.1	现代仓储的发展过程	63
7.1.2	我国现代仓储管理的现状及问题	64
7.1.3	现代仓储管理的优化策略	65
7.1.4	现代仓储管理的发展趋势	67
7.2	现代仓储物流管理的流程	67
7.2.1	主业务流程	67
7.2.2	入库作业流程	68
7.2.3	库存管理作业流程	69
7.2.4	出库作业流程	69
7.3	RFID 技术在现代仓储物流管理中的应用	70
7.3.1	RFID 系统硬件构成	70
7.3.2	RFID 技术应用的层次	70
7.3.3	RFID 技术应用的环节	71
7.3.4	RFID 技术用于现代仓储物流管理的优势	71
7.3.5	RFID 技术在现代仓储物流管理中的应用实例	72
7.4	基于 RFID 技术的仓储管理系统设计与开发	73
7.4.1	系统总体设计	73
7.4.2	软件体系结构设计	75
7.4.3	系统数据库设计	75
7.4.4	系统功能模块	76
7.4.5	系统业务流程	77
第 8 章	RFID 在智能交通领域中的应用	79
8.1	智能交通概述	79
8.1.1	智能交通的定义	79
8.1.2	我国智能交通的应用前景	79

8.1.3	我国智能交通系统存在的问题	80
8.1.4	国外智能交通的发展	80
8.1.5	我国智能交通系统的研发方向	82
8.2	智能交通的内容划分	84
8.2.1	从系统组成的角度分类	84
8.2.2	从面向服务的角度分类	84
8.3	RFID 技术在智能交通中的应用模式	86
8.3.1	RFID 技术在智能交通中应用的可行性	86
8.3.2	RFID 技术在智能交通中的应用模式	87
8.3.3	与其他相关技术的比较与融合	89
8.4	RFID 技术在智能交通领域的典型应用	89
8.4.1	RFID 技术在智能交通领域应用介绍	89
8.4.2	RFID 技术在智能交通系统中的应用设想	92
8.5	基于 RFID 技术的智能交通系统设计与开发	92
8.5.1	系统总体设计	92
8.5.2	系统的硬件组成和网络配置	94
8.5.3	基站的构成与分布	96
8.5.4	数据存储系统的设计	96
第 9 章	RFID 在配送中心的应用	101
9.1	物流配送及配送中心	101
9.1.1	配送及配送中心的定义	101
9.1.2	物流配送中心的基本作业流程	101
9.2	传统物流配送中心存在的主要问题	102
9.3	RFID 技术在物流配送中心的应用	103
9.4	RFID 在配送中的两种应用方式	104
9.5	RFID 在配送中的应用成效	105
9.6	RFID 在物流配送应用中的瓶颈与问题	108
9.6.1	RFID 在物流配送应用中的瓶颈	108
9.6.2	RFID 在物流配送应用中存在的问题	111
9.7	RFID 在我国物流配送应用中的对策	112
9.7.1	成本价格对策	112
9.7.2	标准与技术对策	112
9.7.3	市场需求与风险对策	113
9.7.4	组织变革与流程再造对策	114
第 10 章	EPC 技术在第四方物流信息平台中的应用	115
10.1	第四方物流概述	115
10.1.1	第四方物流产生的背景及定义	115

10.1.2	第三方物流的特点	116
10.1.3	第三方物流的组织结构与运作模式	116
10.1.4	第三方物流的优势与功能	119
10.1.5	第三方物流的发展面临的问题	120
10.1.6	我国发展第三方物流的应对策略	122
10.2	EPC 物联网和第三方物流	123
10.2.1	EPC 物联网概述	123
10.2.2	现有物流体系及思考	125
10.2.3	基于 EPC 物联网的第三方物流解决方案	127
10.3	基于 EPC 技术的第三方物流信息平台设计与开发	128
10.3.1	第三方物流信息平台概述	128
10.3.2	第三方物流信息平台的功能分析	128
10.3.3	第三方物流信息平台的体系结构	129
10.3.4	第三方物流信息平台的功能	130
10.3.5	业务流程设计	131
10.3.6	数据库设计	134
第 11 章	EPC 物联网技术在乳制品供应链追溯中的应用	138
11.1	乳制品供应链概述	138
11.1.1	乳制品供应链相关概念	138
11.1.2	乳制品供应链的模式	139
11.2	乳制品供应链追溯模式分析	143
11.2.1	乳制品供应链的可追溯性	143
11.2.2	供应链追溯模式	143
11.3	基于 EPC 物联网技术的乳制品供应链追溯平台的设计研究	148
11.3.1	平台总体结构	148
11.3.2	系统的主要功能模块	151
11.3.3	EPC 编码策略	154
11.3.4	对象名解析服务	157
11.3.5	EPCIS	161
11.3.6	平台数据库	169
11.4	基于 EPC 物联网的乳制品供应链追溯平台的实现	170
参考文献		175

第1章 射频识别（RFID）技术概述

射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术是20世纪90年代开始兴起的一种非接触的自动识别技术，它利用无线射频方式进行非接触式通信，可以实现对目标的自动识别。在现实生活中，各种各样的活动或者事件产生的数据往往需要输入到计算机中，通过计算机对其进行分析，得出对生产和生活十分重要的决策。如果脱离了这些基础数据的支持，人们将无法通过计算机进行正确的决策。在当前比较流行的物流研究中，基础数据的实时采集是物流管理信息系统（Logistics Management Information System, LMIS）存在的基础，而且物流产生的实时数据比其他任何环节都要密集，数据量非常大，这就要求在设计、实现这些系统的过程中使用一种可动态识别目标、识别距离长、数据采集量大、信息可动态更新的自动识别技术——射频识别技术。

1.1 认识 RFID 技术

1.1.1 RFID 技术基本概念

射频（Radio Frequency, RF）技术是一种无线电通信技术，其基本原理是电磁理论，利用无线电波对记录媒体进行读写。

RFID 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，可快速地进行物品追踪和数据交换。识别工作无须人工干预，并可以在各种恶劣环境下正常工作。RFID 技术可识别处于高速运动状态下的物体并可同时识别多个标签，操作快捷方便。

与传统的条形码、磁卡及 IC 卡相比，射频卡具有非接触、阅读速度快、无磨损、不受环境影响、寿命长、便于使用的特点和具有防冲突功能，并能同时处理多张卡片。如今，射频识别技术已被广泛应用于工业自动化、商业自动化、交通运输控制管理等诸多领域。

RFID 是一种具有突破性的技术，具有如下特点：第一，它可以识别单个且非常具体的物体，而不是像条形码那样只能识别一类物体；第二，它采用无线射频，可以穿透外部材料读取数据，而条形码必须靠激光来读取信息；第三，它可以同时对多个物体进行识读，而条形码只能一个一个地读。此外，它储存的信息量非常大。RFID 的应用非常广泛，目前其典型应用有动物晶片、汽车晶片防盗器、门禁管制、停车场管制、生产线自动化和物料管理等。

1.1.2 RFID 技术的特征

（1）数据的无线读取功能

通过 RFID Reader 可不需接触，直接读取信息至数据库内，并且可以一次处理多个标签，还可以将物流处理的状态写入标签，供下一阶段物流处理使用。

(2) 容易实现小型化、多样化

RFID 在读取时并不受物体的大小与形状的限制,所读取数据的精确度高,RFID 电子标签可往小型化发展并应用于不同的产品中,因此,它可以灵活控制产品的生产,特别是在生产线上的应用。

(3) 耐环境性

RFID 对水、油和药品等物质具有很强的抗污性,RFID 即便在黑暗或脏污的环境下,也可以读取数据。

(4) 可重复使用

由于 RFID 为电子数据,可反复读写,所以可以回收标签进行重复使用。

(5) 穿透性

RFID 若被纸张、木材和塑料等非金属或非透明的材质包覆,也可以进行穿透性通信,但若是铁质金属,则无法进行通信。

(6) 数据的记忆容量大

数据容量会随着记忆规格的发展而扩大,未来物品需要携带的资料信息量越来越大,对标签所能扩充的容量需求也在增加,而 RFID 不会受到限制。

(7) 系统安全

将产品数据从中央计算机中转存到工件上将为系统带来安全保障,从而大大提高系统的安全性。

(8) 数据安全

通过校验或循环冗余校验的方法可保证射频标签中存储数据的准确性。

1.1.3 日常生活中 RFID 技术的应用

1. 物流仓储管理

现代物流业是运输、仓储、装卸、加工、整理和配送等方面的有机结合,形成完整的产业链,为用户提供多功能,一体化的综合性服务。要实现对整个产业链的精确控制与调度,控制系统需要对整个供应链上的各项业务资料进行读写。而 RFID 能够有效地完成这项工作。对供应链上的产品或原料等实物打上电子标签,在物流产业链的关键节点(如仓储中的入库和出库及盘点环节)设置读写器,从而实现对这些实物的有效监控和管理,并可完成实物的整个产业链级别的全流程跟踪。

2. 宠物管理

在城市中,为了控制流浪狗数量和城市内宠物数量,可以采用 RFID 技术给宠物佩戴可识别标牌,避免宠物走失。通过各地的流浪宠物救助中心、宠物医院的数据中心和全球定位系统迅速帮助找到走失的宠物,更为便捷的是,甚至可以通过宠物身上的 RFID 标牌信息连接到 Google 网站的全球定位频道,宠物主人可以通过卫星影像图来确定丢失宠物的位置。这种系统可以大大降低流浪宠物的出现,保护了宠物的生存权。

3. 智能停车场管理

高档社区,企业和机构对停车场的管理和安全措施有比较高的要求。可以采用基于 RFID 的智能停车场管理系统来实现车辆的自动识别和信息化管理。该系统给车辆分配电子车卡,给司机分配司机卡,两者都是电子标签。在车辆经过停车场门禁区时,门禁区读写器

同时与电子车卡和司机卡通信，读取司机和车辆的信息，并送往车道控制计算机。车道控制计算机判定车卡和司机卡的有效性，只有当车卡和司机卡相匹配时，才能判定为合法，否则都被认为是非法。当判定为合法时，系统才会对车辆放行，而判定为非法时，将拒绝放行，同时系统会报警和抓拍图片。这种方式可以有效提高停车场车辆的通行效率和安全性。

除上述应用外，目前 RFID 技术还被广泛应用于诸如门禁、铁路、图书馆和快递等领域。

1.2 RFID 技术的发展历史

RFID 并不是一个崭新的技术，最早可以追溯至第二次世界大战时期。RFID 是直接继承了雷达的概念，并由此发展起来的一种新的自动识别技术。1948 年哈里·斯托克曼（Harry Stockman）发表的《利用反射功率的通信》一文奠定了 RFID 的理论基础。

RFID 被称为一种新的技术，是无线电技术与雷达技术的结合。奠定了 RFID 基础的技术最先在第二次世界大战中得到发展，当时是为了鉴别飞机，又称为“敌友”识别技术，该技术的后续版本至今仍在飞机识别中使用。在第二次世界大战中，为了在空战中能识别目标是否为自己的战友，人们曾经开发并应用了一种雷达，称为敌我识别器，也称应答器。这可以认为是目前 RFID 系统的最早应用。但是由于成本高，它在很长的一段时期内未能在民用产品中推广应用。

近年来，由于半导体制造业和无线电技术的发展，RFID 的成本得以进一步降低，特别是在多目标、高速运动物体识别和非接触式识别方面，RFID 技术显示出在各个领域中应用的巨大发展潜力。在过去的半个多世纪里，RFID 的发展经历了几个阶段，如果按照十年为一个时间段，可以划分为如下几个阶段：

- 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阶段。
- 1961 ~ 1970 年，RFID 技术的理论得到了发展，并逐步转向一些应用尝试。
- 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，各种规模应用开始出现。
- 1991 ~ 2000 年，RFID 技术标准化问题日趋得到重视，RFID 产品得到广泛采用并逐渐成为人们生活的一部分。
- 2001 年至今，标准化问题日益为人们所重视，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。RFID 技术的理论得到丰富和完善，单芯片电子标签、多电子标签识读、无线可读、无源电子标签的远距离识别、适应高速移动物体的 RFID 正在成为现实。

1.3 RFID 技术的分类

RFID 系统可以从多种角度进行分类，主要包括按频率划分、按电子标签供电形式划分、

按电子标签可读写性划分和按数据通信方式划分。

1.3.1 按频率划分

RFID 系统的工作频率是其最重要的特征之一。RFID 系统的工作频率不仅决定着射频识别系统的工作原理（电感耦合还是电磁耦合）、识别距离，还决定着电子标签及读写器实现通信的难易程度和设备的成本。工作在不同频段或频点上的 RFID 系统具有不同的特点。RFID 阅读器发送的频率基本上划分为三个范围分别为低频（30 ~ 300 kHz）、中高频（3 ~ 30 MHz）、超高频（300 MHz ~ 3 GHz）或微波（大于 3 GHz）。从应用概念看，电子标签的工作频率也就是 RFID 系统的工作频率。

低频段电子标签，简称为低频标签，其工作频率为 30 ~ 300 kHz。典型工作频率为 125 kHz 或 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阅读器耦合线圈的辐射近场中获得。低频标签与阅读器之间传送数据时，标签必须位于阅读器天线辐射的近场区内，它的阅读距离一般情况下小于 1 m。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（带有内置电子标签的汽车钥匙）等。

中高频段电子标签的工作频率一般为 3 ~ 30 MHz。典型工作频率为 13.56 MHz。该频段的电子标签，从射频识别应用角度来看，因其工作原理与低频标签完全相同，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，其工作频段又称为高频，所以也常将其称为高频标签。鉴于该频段的电子标签可能是实际应用中最大量的一种电子标签，因而我们只要将高频、低频理解为一个相对的概念，不会造成理解上的混乱。

为了便于叙述，我们将其称为中频射频标签。中频标签一般也采用无源方式，其工作能量同低频标签一样，也是通过电感耦合方式从阅读器耦合线圈的辐射近场中获得。标签与阅读器进行数据交换时，标签必须位于阅读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。中频标签由于可以方便地做成卡片状，因而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、大厦门禁系统等场合。

超高频与微波频段的电子标签，简称为微波电子标签，其典型工作频率为 433.92 MHz、915 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，电子标签位于阅读器天线辐射场的远场区内，标签与阅读器之间的耦合方式为电磁反向散射耦合方式。相应的射频识别系统阅读距离一般大于 1 m，典型情况为 4 ~ 6 m，最大可达 10 m 以上。阅读器天线一般均为定向天线，只有在阅读器天线定向波束范围内的电子标签可被读写。微波标签主要用于铁路车辆自动识别、集装箱识别，同时还可用于公路车辆识别与自动收费系统中。为了解决 RFID 系统工作频率所造成的对特定物品（如高湿物品）识别效果差的问题，RFID 技术研发者们新近又开发出了将低频和高频两个频率集成到一枚芯片上的双频系统。

1.3.2 按电子标签供电方式划分

根据电子标签工作所需能量的供给方式的不同，RFID 系统可分为无源、有源以及半有源系统。无源系统所使用的无源标签又称被动标签，标签自身不需电源供电，而是通过阅读器发送的射频信号供电，它重量轻、体积小、寿命长成本低廉，在工程实现中得到了广泛应

用。有源系统的标签使用标签内的电池来供电，系统识别距离较长，可达几十米，但其寿命有限并且成本较高。另外由于标签内载电池，因此有源标签的体积较大，无法制成薄卡。半有源系统的标签也带有电池，但是此电池只起到激活系统的作用，标签一旦被阅读器激活，无需标签内的电池供电，就可进入无源标签工作模式。

1.3.3 按电子标签的可读写划分

根据电子标签内部使用的存储器类型的不同，电子标签可分为三种：可读（RW）标签、一次写入多次读出（WORM）标签和只读（RO）标签。RW 标签比 WORM 标签和 RO 标签成本高很多。

RO 标签内部只有只读存储器（Read Only Memory, ROM）和随机存储（Random Access Memory, RAM）。ROM 用于存储发射器操作系统程序 and 安全性要求较高的数据，它与内部的处理器或逻辑处理单元完成内部的操作控制功能，响应延迟时间控制、数据流控制以及电源开关控制等。只读标签中的 RAM 用于存储标签反应和数据传输过程中临时产生的数据。另外，只读标签中除了 ROM 和 RAM 外，一般还有缓冲存储器，用于暂时存储调制后等待天线发送的信息。

RW 标签内部的存储器除了 ROM、RAM 和缓冲存储器之外，还有非活动可编程记忆存储器。这种存储器除了存储数据功能外，还具有在适当的条件下允许多次写入数据的功能。非活动可编程记忆存储器有许多种，电可擦除可编程只读存储器（EEPROM）是比较常用的一种，这种存储器在加电的情况下，可以实现原有数据的擦除以及数据的重新写入。

WORM 标签是用户可以一次性写入的标签，但写入后数据不能再改变。

1.3.4 按数据通信方式划分

按数据在 RFID 阅读器与电子标签之间的通信方式，RFID 系统可以划分为三种：半双工系统、全双工系统、时序系统。

在半双工（HDX）系统中，从电子标签到阅读器的数据传输与阅读器到电子标签的数据传输是交替进行的。当频率在 300 MHz 以下时常常使用负载调制的半双工法，有没有负载波都可以，电路也很简单。与此很相近的方式是来源于雷达技术的调制反射截面的方法，工作频率在 100 MHz 以上。负载调制和调制反射截面直接影响由阅读器产生的磁场或电磁场，因此被称作“谐波”处理法。

在全双工（FDX）系统中，数据在电子标签和阅读器之间的双向传输是同时进行的。其中电子标签发送数据，所用频率为阅读器的几分之一，即采用“分谐波”，或是用一种完全独立的“非谐波”频率。

在时序（SEQ）系统中，从阅读器到电子标签的数据传输和能量供给与从电子标签到阅读器的数据传输在时间上是交叉进行的，即脉冲系统。

半双工与全双工两种方式的共同点是，从阅读器到电子标签的能量供给是连续的，与数据传输的方向无关。与此相反，在使用时序系统的情况下，从阅读器到电子标签的能量供给总是在限定的时间间隔内进行，从电子标签到阅读器的数据传输是在电子标签的能量供给间歇时进行的。三种通信方式的时间过程说明如图 1-1 所示，其中从阅读器到电子标签的数据传输定义为下传，而从电子标签到阅读器的数据传输定义为上传。

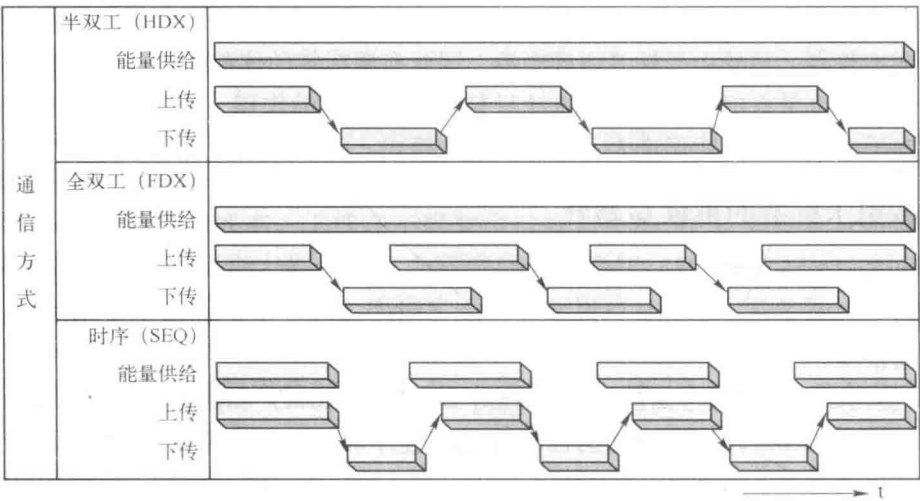


图 1-1 三种通信方式的时间过程说明

1.4 RFID 技术的发展现状

RFID 技术以其独特的优势，逐渐被广泛应用于工业自动化、商业自动化和交通运输控制管理等领域。随着大规模集成电路技术的发展以及生产规模的不断扩大，射频识别产品的成本不断降低，其应用也将越来越广泛。RFID 技术的主要应用领域有以下几个方面：

1. 仓储库存、资产管理领域

因为电子标签具有读写与方向无关、不易损坏、远距离读取、多物品同时读取等特点，可以大大提高对出入库产品信息的记录采集速度和准确性；减少库存盘点时的人为失误，提高库存盘点的速度和准确性。

2. 产品跟踪领域

因为电子标签能够无接触地快速识别，在网络支持下，可以实现对附有 RFID 标签的物品的跟踪，并可清楚了解物品的移动位置。例如已经成功应用的 Symbol 公司为香港国际机场和美国 McCarran 国际机场的行李跟踪系统和中国铁路列车监控系统。

3. 供应链自动管理领域

可以设想，如果商场货架部署了电子标签阅读器，当货物减少时，系统会将缺货信息自动传递给仓库管理系统，并且系统会将缺货信息自动汇总并传递给生产厂家。电子标签自动读写和在网络中的信息传递功能将大大提高供应链的管理水平，通过这个过程降低库存，提高生产的有效性和效率，从而大大提高企业的核心竞争力。

电子标签在零售商店中的应用包括电子标签货架、出入库管理、自动结算等各个方面。

沃尔玛公司是全球 RFID 电子标签最大的倡导者，现在沃尔玛公司的两个大供货商 HP 和 P&G 已经在他们的产品大包装上开始使用电子标签（海尔公司出口沃尔玛的电器产品也贴有电子标签）。

4. 防伪领域

RFID 电子标签的应用并不是为防伪单独设计的，但是电子标签中的唯一编码、电子标签仿造的难度以及电子标签的自动探测等特点，都使电子标签具备了产品防伪和防盗的作

用。在产品上使用电子标签，还可以起到品牌保护的功能，防止生产和流通中盗窃的发生。可广泛应用于药品、品牌商品防伪、门禁、门票等身份识别领域。

5. 医疗卫生领域

RFID 技术在医疗卫生领域的应用包括对药品监控预防，对患者的持续护理、不间断监测、医疗记录的安全共享、医学设备的追踪、进行正确有效的医学配药，以及不断改善数据显示和通信效果，此外，该技术还包括对患者的识别与定位功能，用来防止医生做手术选错病人和防止护士抱错了婴儿等事故的发生。

1.4.1 RFID 技术在国内外的应用现状

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、应用等领域走在了世界的前列。欧洲的 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。日本虽然已经有 UID 标准，但主要得到的是日本国内厂商的支持，如要成为国际标准还有很长的路要走。韩国对 RFID 技术也很重视，但至今还没有真正建成韩国的 RFID 标准。

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 多家企业支持 RFID 应用，其中包括：零售商沃尔玛，制造商吉列、强生、宝洁，物流业 UPS、联合包裹服务公司以及国防部门的物流应用。

2003 年 11 月 5 日，沃尔玛百货正式宣布，到 2005 年底，所有供应沃尔玛百货的商品包装箱上，都要有应用 RFID 技术的电子商品条形码。沃尔玛百货预期能因新技术的使用进一步降低成本，尤其是与库存流程相关的物流失误和人力成本。同时，世界上已有多家航空公司开始了 RFID 技术试验推广计划，例如美国内华达州拉斯维加斯的 McCarran 国际机场，已经启用 RFID 行李跟踪系统对拉斯维加斯市区内酒店的行李进行登记和跟踪管理。旧金山国际机场也与著名的 RFID 技术厂商 ALIEN 公司展开深度合作，成功实施完成了旧金山国际机场的行李分拣系统的 RFID 技术改造，大大提高了乘客行李分拣的效率和准确率。德国的法兰克福国际机场成功运用 RFID 技术进行机场的资产管理，提高了生产效率和准确率。同样，日本、新加坡、韩国、英国、法国等国家的机场也已在 RFID 技术应用上先后进行了尝试。

另外值得注意的是，美国政府也是 RFID 应用的积极推动者。按照美国防部的合同规定，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 跟踪最常被造假的药品。美国社会福利局（SSA）于 2005 年初正式使用 RFID 技术追踪 SSA 各种表格和手册。

在欧洲，Philips 公司、STMicroelectronics 公司正在积极开发廉价 RFID 芯片；Checkpoint 公司正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 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 最早于

2003年9月结束了第一阶段试验。试验由该公司的物流中心和英国的两家商店进行,试验是对物流中心和两家商店之间的包装盒及货盘的流通路径进行追踪,使用915 MHz频带。德国DHL试用RFID技术来追踪管理每年大约一亿零六十万个包裹的运送。

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作为一项关键的技术来发展。MPHPT(日本总务省)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UHF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在日本的应用和推广,特别是在物流等非制造领域的应用,奠定了坚实的基础。

韩国主要通过国家的发展计划,再联合企业的力量来推动RFID的发展,即主要是由产业资源部和情报通信部来推动RFID的发展计划。特别值得注意的是2004年3月韩国提出IT839计划以来,RFID的重要性得到了进一步加强。虽然目前韩国的RFID开发和应用还不多,但值得引起关注的是在韩国政府的高度重视下,RFID技术的开发和应用试验正在加速展开。同日本类似,韩国也出现了将RFID引入开放系统的趋势。2005年3月,韩国政府耗资7.84亿美元在仁川新建技术中心,主要从事电子标签技术的研发以及生产,以帮助韩国企业快速确立在全球RFID市场的地位。该中心的建设在2007年前完成,RFID标签和传感器在2008年批量出货。

1.4.2 我国RFID技术的发展现状

目前,RFID技术已经在我国很多领域得到应用并取得了显著的成果。例如,安全管理领域中的门禁管理系统、会展人员登记查询系统等;在畜牧管理领域中,为了确保民众吃上“放心肉”,国家启动了金卡工程“四川RFID生猪项目”;上海运用RFID技术对市内宠物狗进行健康监测管理,将米粒大小的电子芯片植入宠物皮下,电子标签里载有全球唯一的编码,健康检查、防疫情况等信息都会记录其中。植入了这个标签,不仅可以标记该宠物是否已经过检疫、办理准养手续,还可以用来监测宠物是否定期进行健康检查。

在商品流通领域中,国家烟草管理局启动并实施了《EPC、RFID在烟草行业的应用方案》,使国家管理部门有效实现对卷烟进行物流信息跟踪,全面、及时、准确地掌握生产环节卷烟的牌号、规格、产量、价格、库存、成本、利润和流向等信息,以及商业经营环节各种卷烟的牌号、规格、销量、库存、调批价、零售价和合同执行情况等,为国家的决策制定部门提供了参考依据。中国的铁路调度和统计系统是目前国内最大的RFID应用系统。据了解,目前国内有55万辆车厢、机车都安装了RFID标签,网络遍布全国。机车底部的标签上写有该列车的车种、车型、车号及所载货物等信息,铁路沿线有阅读器,列车在行驶过程中,车辆信息就能够被读取到,读取到的数据被传到国家铁道部的中央服务器。铁路局通过RFID应用系统,提高了统计调度水平,减少了人工,但它不对外开放,标准是封闭的。

在商品防伪领域,清华同方应用RFID技术,推出了“RFID特殊物品防伪追踪系统”应用方案,而且已经成功应用于军队物资管理。

在交通运输领域,北京公交系统所实施的市政、公交“一卡通”项目有效地缓解了公