

射频识别技术 与应用

赵军辉 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



射频识别技术与应用

赵军辉 编著

图例 (410) 图例 (410)



机械工业出版社

本书较为全面地介绍了射频识别 (RFID) 技术的基本原理、关键技术与应用案例。全书内容包括: RFID 标准和标准化、电子标签的原理、读写器的原理以及 RFID 中间件和系统框架, 同时也给出了 RFID 系统中的安全和隐私、防碰撞、定位以及数据挖掘、应用中的实施、测试和故障分析等技术的原理, 最后介绍了在供应链物流管理和公共管理中的应用。

本书理论和实际紧密结合, 既可作为从事射频识别工作的工程技术人员参考书, 也可以作为高等院校自动识别、物流、电子工程等专业高年级本科生和研究生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

射频识别技术与应用/赵军辉编著. —北京: 机械工业出版社, 2008.5
ISBN 978-7-111-24014-3

I. 射… II. 赵… III. 无线电信号-射频-信号识别 IV. TN911.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 059583 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 朱林 版式设计: 霍永明 责任校对: 陈延翔

封面设计: 王奕文 责任印制: 杨曦

北京机工印刷厂印刷 (北京樱花印刷厂装订)

2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 22 印张 · 544 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-24014-3

定价: 44.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379045

封面无防伪标均为盗版

前言

近十几年来,无线通信技术得到了迅猛发展和广泛应用,极大地推动了社会的发展和进步。RFID (Radio Frequency Identification, 射频识别) 技术,又称为电子标签或者无线标签,是一种利用无线通信实现的非接触式自动识别技术。RFID 作为无线通信和自动识别技术的一种完美结合,被认为是 21 世纪最有前途的 IT 技术之一。从此,RFID 开始成为全球学术界、工业界和有关标准化组织所关心的一个新热点。目前我国拥有产品门类最为齐全的装备制造业,又是全球最重要的生产加工基地和消费市场,即将成为世界第二大贸易国。这些都为我国 RFID 产业与应用的发展提供了巨大的市场空间、带来了难得的发展机遇,RFID 技术与应用必将成为我国信息产业发展和信息化建设的一个新机遇,并成为国民经济新的增长点。

今天被公认为 21 世纪最有前途的 RFID,并不是一项新技术。最初,RFID 技术在第二次世界大战时期,在空中作战行动中用于进行敌我识别,但是由于技术和成本的原因,RFID 技术一直没有得到广泛应用。从军事领域转向市场更为广阔的医疗、零售、海关等民用领域,RFID 技术经历了一个循序渐进的过程。而大规模集成电路、网络通信、信息安全等技术近年来在迅速发展,则为 RFID 技术进入商用阶段提供了重要的推动力。20 世纪 40 年代,雷达的改进和应用催生了 RFID 技术,其理论基础于 1948 年奠定;50 年代是早期 RFID 技术的探索阶段,主要进行了实验室的试验和研究工作;60 年代,RFID 技术的理论得到了发展,并开始了一些应用尝试;70 年代,RFID 技术与产品研发处于一个大发展时期,各种 RFID 技术测试快速发展,市场上出现了一些较早的 RFID 应用;RFID 技术及产品进入商用阶段是在 80 年代,当时各种封闭系统应用开始出现;90 年代,RFID 技术进入了广泛的行业应用阶段,RFID 技术的标准化也日益得到重视;此后,RFID 技术开始稳步发展,其产品种类也更加丰富,应用成本开始不断下降,RFID 技术开辟出发展的全新局面。

由 RFID 技术引发的变革,催生了 RFID 这一朝阳产业。来自全球多家市场咨询公司的数据均对 RFID 产业的未来给予了肯定:国际知名咨询公司埃森哲的一份调查报告称,对 RFID 技术的投资会带来高额回报。2015 年全球 RFID 市场规模将达到 900 亿美元,与现在的手机市场规模不相上下;In-Stat 公司也在其研究报告中预测,到 2009 年,全球电子标签的销售收入将从 2004 年的 3 亿美元增长到 28 亿美元。在新兴的、有着广阔发展前景的 RFID 产业面前,相信任何一家企业都无法坐视不理,RFID 技术引发的变革必将影响每个人的生活,从而成为继 3G 技术之后最有影响力的无线通信技术之一。

编写此书的目的是希望能够较为全面地介绍 RFID 的原理、关键技术和应用,可供从事 RFID 技术的工程技术人员参考,也可以作为高等院校自动识别、物流、电子工程等专业高年级学生和研究生的教学参考书。本书力图与其他的 RFID 相关书籍相互补充,共同为推进

我国的 RFID 技术发展尽绵薄之力。

本书是在很多人的帮助下才得以完成的。首先感谢我的学生罗竣友、廖健雄、郑才目、王海霞、任坚、岳海翎、聂波、周迪、陈静辉、张禹强、谢胜眉、叶梦杰、万梅君等在资料的收集、部分内容的研究和部分章节的校对方面给予的帮助。其次感谢李秀萍副教授、沈月林博士对本书部分章节的审阅。特别感谢安捷伦公司、泰克公司、深圳远望谷信息技术有限公司、NEC 中国有限公司、北京火眼科技公司、Rifidi 开放源代码组织提供的有关技术资料。

本书所有参考和引用的资料，在参考文献中都有提及，再次感谢所有提供资料的公司和作者。本书部分研究内容得到澳门科技发展基金 005/A/2005 和 087/A2/2005 的资助，同时澳门科技大学唐泽圣副校长、丁利亚院长对于本书的撰写也给予了大力支持，在此表示诚挚感谢。

RFID 技术正在日新月异地飞速发展，其深度和广度已经达到了前所未有的水平，本书只是根据个人的理解对现有的技术内容加以整理和总结。由于 RFID 技术还在不断发展中，各种标准还在研究和讨论中，大规模普及应用还有很长的路要走，加上作者水平有限，欢迎专家和读者对于书中的错误之处给予批评指正。

谨以此书献给我的父母和两个姐姐全家，家人的支持是我不断努力工作的动力。

赵军辉

于澳门凼仔

2008 年 2 月

目 录

前言

第 1 章 RFID 技术概述	1
1.1 自动识别技术	1
1.2 RFID 技术	2
1.2.1 RFID 技术简史	2
1.2.2 RFID 系统组成	3
1.2.3 RFID 技术标准和规范	5
1.2.4 RFID 技术的应用	5
1.3 RFID 技术和其他技术的结合	11
1.3.1 RFID 技术与传感器技术	11
1.3.2 RFID 技术与 NFC	12
1.3.3 RFID 技术与 3G	13
1.4 RFID 的发展	13
1.4.1 RFID 技术面临的问题	13
1.4.2 RFID 技术的发展	15
1.4.3 RFID 市场和行业发展趋势	16
1.4.4 RFID 产业发展	17
1.5 本书的体系结构	21
参考文献	22
第 2 章 RFID 标准	23
2.1 RFID 标准概述	23
2.1.1 RFID 标准简介	23
2.1.2 RFID 标准的分类	23
2.1.3 常用 RFID 标准	24
2.1.4 RFID 标准化组织	24
2.1.5 RFID 频段规范	25
2.2 ISO/IEC 相关标准	28
2.2.1 ISO/IEC 标准概述	28
2.2.2 ISO/IEC18000 介绍	30
2.3 EPC 相关标准	32
2.3.1 EPCglobal 概述	32
2.3.2 EPCglobal 的组织网络结构概要	33
2.3.3 EPC 码制标准	34
2.3.4 EPC 电子标签	35
2.3.5 EPC 中间件	36
2.4 UID 相关标准	36
2.4.1 UID 中心简介	36

2.4.2 T-engine 论坛	37
2.4.3 泛在 ID	37
2.4.4 UID 电子标签体系	41
2.4.5 EPC 标准和 UID 标准的比较	42
2.5 我国相关标准的现状和存在的问题	43
2.6 RFID 标准化存在的问题和发展趋势	44
2.7 本章小结	46
参考文献	47
第 3 章 电子标签	48
3.1 电子标签的分类	48
3.1.1 能量来源	48
3.1.2 电子标签频率	53
3.1.3 只读标签与可读写标签	57
3.1.4 标识标签与便携式数据文件	58
3.2 电子标签协议	58
3.3 电子标签和条形码	59
3.3.1 条形码介绍	59
3.3.2 两者对比	60
3.4 电子标签的组成和制造	62
3.4.1 芯片及其设计	63
3.4.2 标签天线的选择与配置	65
3.4.3 连接层	67
3.4.4 底层	68
3.4.5 电子标签的封装	68
3.4.6 电子标签的写入	72
3.5 电子标签的性能	72
3.6 电子标签的发展趋势	75
3.7 本章小结	76
参考文献	76
第 4 章 RFID 读写器	77
4.1 读写器概述	77
4.1.1 读写器的工作原理	77
4.1.2 读写器的功能和分类	78
4.1.3 读写器的组成结构	79
4.1.4 读写器协议	82
4.1.5 读写器的发展趋势	84
4.2 读写器的设计	85

4.2.1 设计目标	85	6.1.3 干扰和多径	137
4.2.2 硬件选择	86	6.1.4 通信链路	139
4.2.3 软件选择	87	6.2 RFID 天线的特征	142
4.3 基于 C51 读写器	87	6.2.1 特性参数	142
4.3.1 AT89S51 单片机	88	6.2.2 天线的种类	145
4.3.2 MF RC500 射频读写芯片	88	6.2.3 电缆和连接器	146
4.3.3 基于 C51 的 RFID 读写器	90	6.3 RFID 天线的设计与制造	147
4.4 基于 ARM 处理器的读写器	93	6.3.1 天线的设计技术	147
4.4.1 ARM 技术	93	6.3.2 天线的制造技术	148
4.4.2 基于 ARM 处理器的 RFID 读写器 开发	94	6.4 RFID 天线设计举例	148
4.5 基于 DSP 的读写器	96	6.4.1 全向收发功能的天线设计	148
4.5.1 DSP 介绍	96	6.4.2 小型化印刷偶极子天线的设计	150
4.5.2 基于 DSP 的 RFID 读写器开发	98	6.4.3 2.45GHz 电子标签圆极化天线的 设计	152
4.6 本章小结	100	6.4.4 RFID 缝隙加载双频读写器天线的 设计	154
参考文献	100	6.5 本章小结	155
第 5 章 RFID 中间件和系统体系 结构	101	参考文献	155
5.1 RFID 软件部分	101	第 7 章 RFID 系统中的安全和隐私	156
5.1.1 RFID 前端软件	101	7.1 引言	156
5.1.2 RFID 中间件	102	7.2 RFID 面临的安全问题	157
5.1.3 RFID 后端软件	103	7.2.1 RFID 组件中的安全侵犯方面	157
5.1.4 RFID 其他软件	103	7.2.2 RFID 系统应用的安全风险 分类	158
5.2 RFID 中间件	105	7.2.3 安全缺陷类型	159
5.2.1 使用 RFID 中间件的目的	105	7.3 RFID 安全基础	160
5.2.2 RFID 中间件的功能	106	7.3.1 密码学概述	160
5.2.3 RFID 中间件的逻辑结构	109	7.3.2 对称加密系统	161
5.2.4 应用层事件规范	110	7.3.3 非对称加密系统	163
5.2.5 RFID 中间件产品	117	7.3.4 Hash 函数	164
5.2.6 RFID 中间件的设计	122	7.4 RFID 常用的安全协议分析	168
5.2.7 RFID 中间件的发展	123	7.4.1 Hash-Lock 协议	168
5.3 RFID 系统体系结构	125	7.4.2 随机化 Hash-Lock 协议	169
5.3.1 体系结构元素	126	7.4.3 Hash 链协议	170
5.3.2 体系结构功能	126	7.4.4 基于 Hash 的 ID 变化协议	171
5.3.3 体系结构的标准	129	7.4.5 David 的数字图书馆 RFID 协议	172
5.3.4 读写器的管理	132	7.4.6 分布式 RFID 询问应答认证 协议	172
5.4 本章小结	132	7.4.7 LCAP	173
参考文献	132	7.4.8 再次加密机制	174
第 6 章 RFID 系统中的射频技术	134	7.5 RFID 安全需求及研究进展	174
6.1 射频基础	134	7.5.1 RFID 系统的安全需求	174
6.1.1 电磁波频谱	134	7.5.2 RFID 系统安全的研究进展	175
6.1.2 电磁波传播	135		

7.6 RFID 隐私考虑	177	9.2.5 测试体系与规范的建立	240
7.6.1 隐私简介	177	9.2.6 电磁兼容性测试	242
7.6.2 消费者个人资料的透露	178	9.2.7 一致性测试	244
7.6.3 RFID 隐私的最佳实施策略	179	9.2.8 应用系统中的测试	245
7.7 RFID 安全与隐私的解决	180	9.3 系统安装技术	249
7.7.1 RFID 数据安全与隐私的解决		9.3.1 现场勘查	249
方案	180	9.3.2 硬件安装	250
7.7.2 与蜂窝网络电话系统中安全的		9.4 故障分析技术	257
比较	184	9.4.1 一般故障分析过程	257
7.7.3 关于 RFID 系统安全方面的		9.4.2 读取区域的故障分析	258
建议	184	9.4.3 标签失效的故障分析	259
7.8 国际组织相关法规和研究报告	184	9.4.4 软硬件的故障分析	260
7.9 本章小结	185	9.5 本章小结	262
参考文献	186	参考文献	262
第 8 章 RFID 系统关键技术	189	第 10 章 RFID 在供应链物流管理中	
8.1 简介	189	的应用	264
8.2 RFID 系统中数据挖掘技术的研究	189	10.1 RFID 在供应链物流管理中的应用	
8.2.1 数据挖掘技术简介	190	概述	264
8.2.2 RFID 系统中的数据挖掘技术	191	10.1.1 供应链与物流的概念	264
8.2.3 构造 RFID 数据仓库	193	10.1.2 应用的现状和特点	265
8.2.4 性能分析及总结	196	10.1.3 价值分析	267
8.3 RFID 系统中防碰撞技术的研究	198	10.1.4 应用框架	269
8.3.1 防碰撞技术	198	10.1.5 一致性管理	271
8.3.2 ALOHA 防碰撞技术	203	10.1.6 应用环节	273
8.3.3 性能比较及总结	206	10.2 RFID 在生产制造环节中的应用	274
8.4 RFID 系统中定位技术的研究	207	10.2.1 简介	274
8.4.1 定位的意义	207	10.2.2 生产制造业中的应用	276
8.4.2 常用的 RFID 定位技术	209	10.2.3 生产制造业中的实施建议	277
8.4.3 RFID 定位技术研究	212	10.3 RFID 在仓储管理环节中的应用	278
8.5 本章小结	216	10.3.1 简介	278
参考文献	216	10.3.2 仓储管理中 RFID 信息的应用	279
第 9 章 RFID 系统中的应用技术	218	10.3.3 数字化仓库应用案例	280
9.1 RFID 系统的实施	218	10.4 RFID 在配送中心环节中的应用	282
9.1.1 系统实施阶段	218	10.4.1 简介	282
9.1.2 系统技术参数	223	10.4.2 在配送中心 RFID 技术的应用	282
9.1.3 运行环境和接口参数	224	10.4.3 配送中心 RFID 应用方案	283
9.1.4 硬件组件的选择	226	10.5 RFID 在运输管理环节中的应用	288
9.1.5 成功实施要素	229	10.5.1 简介	288
9.2 测试技术	231	10.5.2 集装箱运输管理中的 RFID	
9.2.1 测试的目的和意义	231	应用	288
9.2.2 测试现状和测试机构	231	10.5.3 集装箱运输管理中的 RFID 应用	
9.2.3 测试设备和环境	234	案例	290
9.2.4 仪器供应商测试方案	236	10.6 RFID 在其他环节中的应用	291

10.7	RFID 在国内供应链物流管理中的	292	11.2.4	校园管理	311
	应用	292	11.3	交通监管方面的应用	313
10.8	本章小结	294	11.3.1	简介	313
	参考文献	294	11.3.2	RFID 交通监管技术	314
第 11 章 RFID 在公共管理中的			11.3.3	公交管理应用	318
	应用	296	11.3.4	不停车收费系统	322
11.1	公共医疗卫生方面的应用	296	11.4	本章小结	324
11.1.1	简介	296		参考文献	325
11.1.2	药品监管	296	附录		327
11.1.3	医院信息管理系统	298	附录 A	RFID 缩略语	327
11.1.4	应用案例	301	附录 B	部分 RFID 机构、媒体	339
11.2	人员管理方面的应用	305	B.1	国内机构	339
11.2.1	简介	305	B.2	国外机构	341
11.2.2	景区公园管理	305	B.3	国内媒体	342
11.2.3	无障碍人员管理	306	B.4	国外媒体	343

第 1 章 RFID 技术概述

射频识别 (RFID) 技术是众多自动识别技术中的一种。本章首先介绍自动识别技术,接着对 RFID 技术的历史加以简要回顾,然后介绍 RFID 系统的组成、标准和规范,以及 RFID 技术在各行各业中的应用,并讨论 RFID 技术与其他一些新兴技术的结合以及 RFID 技术未来的发展,最后给出本书的组织和结构。

1.1 自动识别技术

自动识别技术是一种自动收集数据的技术,用来收集相关的人或物的信息或数据。自动识别技术几乎涵盖了所有领域,它无需人为干涉,可对字符、影像、条码、声音等记录数据的载体进行自动识别,自动获取被识别物品的相关信息,并提供给后台的计算机处理系统来完成相关的后续处理。它是一种高度自动化的信息或数据采集技术,包含自动识别、数据采集和移动计算三个方面的技术应用。自动识别技术发挥重要作用的一个工作就是回答一些诸如“是什么”、“在哪里”、“怎么样”的重要问题,主要指物体(货箱、人、动物等)的识别和跟踪。与人工识别相比,自动识别技术的识别和跟踪更快更准,整体花费也更小。RFID 技术只是众多自动识别技术中的一种,其他的自动识别技术还包括磁性墨迹识别(MICR)、磁条识别、语音识别、生物识别和条形码识别等。

磁性墨迹识别可以阅读磁性墨水打印的字符,比如说常在私人支票底部出现的那些文字,支票必须放置正确,一次一张地通过 MICR 阅读器。磁条常用在信用卡和借记卡上,它也需要正确的放置方向以及卡与读卡器之间的物理接触。条形码由一系列不同宽度的黑色条纹和白色条纹组成,当前人们正在使用的条形码有数百种,最常见的是通用产品代码(UPC),它在零售商业界被广泛使用。条形码识别需要视距(LOS),并且要求扫描仪与条形码之间的相对方位要合适。在订单拣选中,语音识别比条形码识别有更大的优势,因此语音识别常用于配送中心的订单拣选中。利用语音识别,人们不用手和眼就可以进行订单拣选,并且也无需结合标签与读写器。生物识别中的指纹和视网膜扫描,通常被用来鉴别人,许多最新的计算机使用指纹来鉴别使用者,在许多安全性要求高的地方,要通过视网膜扫描来获得进入许可。此外,视网膜扫描也常被用来识别家畜。

RFID 技术最常见的应用就是通过一个识别号码(类似姓名)来惟一地识别一个物体、地点、动物或者人。这个号码存储在附属于天线的集成电路(IC)中,IC 和天线一起被称为电子标签,电子标签附属于要识别的物体、地点、动物或人。RFID 读写器从电子标签中读取鉴别号码,将其读取的号码传送给一个信息系统,信息系统将号码存储在自己的数据库中,或者在合适的数据库中找出与这个号码对应的物体、地点、动物或人的信息。以上众多自动识别技术之间的主要差异在于如何存储和找回这个识别号码。表 1-1 列出了常用的自动识别技术的特性比较。

表 1-1 常用自动识别技术的特性比较

系统参数	条形码	OCR	生物识别	IC 卡	RFID
典型数据量	1 ~ 100B	1 ~ 100B	—	16 ~ 64KB	16 ~ 64KB
数据密度	低	低	高	很高	很高
数据载体	纸、塑料或金属表面	物体表面	生物本身	EEPROM	EEPROM
读取方式	CCD 或激光扫描	光电转换	机器识读	电擦写	无线方式
人工读取	受限	简单	不可	不可	不可
遮盖的影响	完全失效	完全失效	依赖于具体的实现技术	—	不影响
方向和位置的影响	很小	很小	—	单向	不影响
退化和磨损	有限	有限	—	有(接触)	不影响
购买成本	很低	中	很高	低	中
运行成本	低	低	无	中(接触式)	无
安全性能	无	无	好	好	好
阅读/读取速度	慢,约 4s	慢,约 3s	较慢	较慢	快,约 0.5s
阅读器/读写器/扫描器和载体之间最大距离	0 ~ 50cm	小于 1cm	0 ~ 50cm	直接接触	0 ~ 5m,微波频段更远
多对象同时识别	不能	不能	不能	不能	能

注: OCR—光学字符识别; CCD—电荷耦合器件; EEPROM—电可擦可编程只读存储器。

1.2 RFID 技术

1.2.1 RFID 技术简史

RFID 被称作是一种新的技术,但实际上它比条形码还要古老。1840 年,法拉第发现了电磁能;19 世纪,麦克斯韦就建立了电磁辐射传播理论,提出了麦克斯韦方程组;20 世纪初,人类利用无线电波发明了雷达,通过无线电波的反射来检测和锁定目标(位置和速度)。RFID 就是无线电技术与雷达技术的结合。奠定 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,又被称作“敌友”识别技术,该技术的后续版本至今仍仍在飞机识别中使用。但是,由哈里·斯托克曼(Harry Stockman)于 1948 年开展的用反射能量进行通信的项目可能是最早的对 RFID 的研究。

条形码技术产生于 20 世纪 40 年代后期,但直到 60 年代后期及 70 年代前期,这项技术才变得比较实用。由于需要识别飞机的情况并不多,加之成本比 RFID 低廉,条形码技术成为自动识别技术的首选。但随着 RFID 技术的成本逐渐降低,工业界开始用它来做更多事情,RFID 技术在 50 年代得到了进一步的开发。60 年代,RFID 开始被用于身份识别和监测有害物质。1979 年,RFID 开始被用来鉴别和跟踪动物;1991 年美国俄克拉何马州的电子公路收费系统第一次批量使用 RFID 技术;1994 年美国所有的轨道车都用电子标签来进行鉴别。近年来,由于半导体制造业和无线技术的发展,RFID 的成本得以进一步降低,特别是

在多目标识别、高速运动物体识别和非接触识别方面，RFID 技术显示出其在各个领域的巨大发展潜力，这掀起了 RFID 技术研究、制造和应用的浪潮。RFID 技术已经成为 21 世纪最有发展潜力的技术之一，表 1-2 列举了 RFID 技术历史上一些重要事件。

表 1-2 RFID 技术历史上的重要事件

年份	事 件
1948	Harry Stockman 所写的《通过能量反射进行通信》发表于无线电工程师协会学报
1950	Harris Patent——使用可调制被动应答器的无线传输系统
1973	Cardullo 获得被动 RFID 专利
1975	Los Alamos 科学实验室向公众发布 RFID 研究
1979	RFID 用于标记动物
1987	挪威应用 RFID 技术实行机动车辆自动收费
1991	美国铁路标准协会成立
1994	美国所有的轨道车采用 RFID 技术
1999	麻省理工学院(MIT)的自动识别技术中心成立
2003	发布 EPCglobal 系统 1.0 版本
2005	美国国防部和沃尔玛公司开始应用 RFID 技术

过去的 RFID 系统没有世界范围的开放通用标准，使用的是专有协议和标准。不同 RFID 供应商的产品之间没有或很少存在兼容性，每个供应商都有自己的读写器、电子标签、信令、协议以及设备标准。由于缺乏兼容性，采用 RFID 技术变得十分具有挑战性，同时也限制了在全局供应链上对 RFID 技术进行优化配置。然而，新标准的出现逐渐解决了这个问题，自 2006 年以来，许多国际工业组织创建了开放的标准。RFID 设备制造商也开始销售支持这些新标准的电子标签和读写器，这导致供应的增加以及 RFID 设备价格的降低，这反过来又促进了 RFID 技术的使用。

1.2.2 RFID 系统组成

RFID 系统可以只由电子标签和读写器组成，也可以结合许多其他组件，例如计算机、网络、无线设备和软件系统。所有这些组件和电子标签以及读写器共同工作，组成了完整的解决方案。典型 RFID 系统由以下两部分组成：

1) 电子标签，即携带数据的发射器（如标签）。位于要识别的目标表面或内部，一般由两个部件（如线圈或微波天线）和一个电子芯片组成。标签、电子标签和 RFID 标签在本书中不加区别，含义相同。标签根据使用的电源分为主动标签、半被动标签和被动标签，还可以根据其编码的数据进一步分为只读、读/写及读/写/重写。大多数标签比一粒砂子还小（即宽度小于 3mm），一般内部封有一个玻璃或塑料的模块。第 3 章将对电子标签作详细介绍。

2) 读写器，即读取电子标签的数据和写入数据到电子标签的收发器（或阅读器），例如装在或嵌入墙上的一个设备。无论是只读取还是读/写，本书中统一称为读写器。许多读写器都有额外的接口，可以把收到的数据传送给另一个系统，如个人计算机或自动控制系统。与标签相比，读写器体积比较大，价格较贵，消耗能量也较多。本书第 4 章将对读写器

作详细介绍。

在采用被动标签的系统中,读写器发射一个低功率的射频信号,激活被动标签。然后,标签选择性地把能量/数据反射回读写器,告知自己的身份和其他相关信息。大多数的标签只有在读写器的覆盖范围内才会被激活,超出这个范围,标签处于休眠状态。读写器可以附着于含有相关数据库的计算机上,这个数据库可以同公司的内部网相连接,也可以和全球互联网相连接。图 1-1 给出了 RFID 系统的示意图。

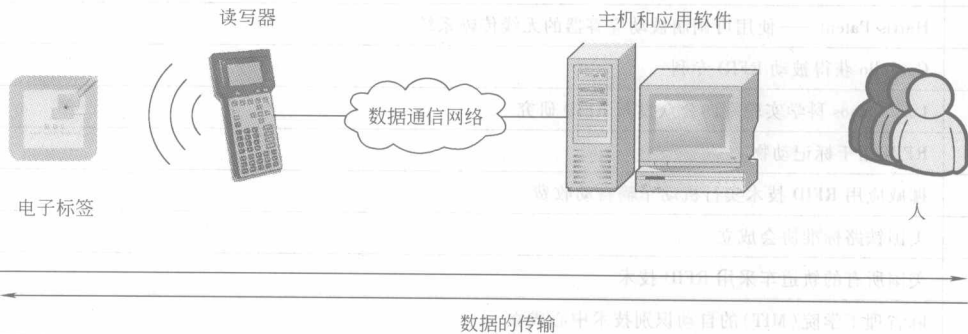


图 1-1 RFID 系统示意图

一个典型的 RFID 系统也可以按照如下方式分为两部分:物理部分和信息技术部分。物理部分包括以下 4 个组件:一个或多个电子标签、一个或多个读写器、一个或多个读写器天线以及实施环境。信息技术部分包括以下 5 个组件:与读写器相连的主机、设备驱动程序、RFID 中间件、数据库以及各种软件。

图 1-2 是 RFID 系统物理部分的示意图,表示了电子标签、读写器、网络、安装了软件应用程序的计算机以及与商业跟踪过程相互作用的设备。RFID 系统中许多部分数据的流向是双向的,在商业过程中,可以从标签中读取数据,也可以将数据写入标签。例如,一箱货物通过装卸码头时,可以读取货物电子标签内的数字;然而在制造过程中,对于从一个工作场所移动到另外一个工作场所的货物,可以向货物的电子标签写入数据。

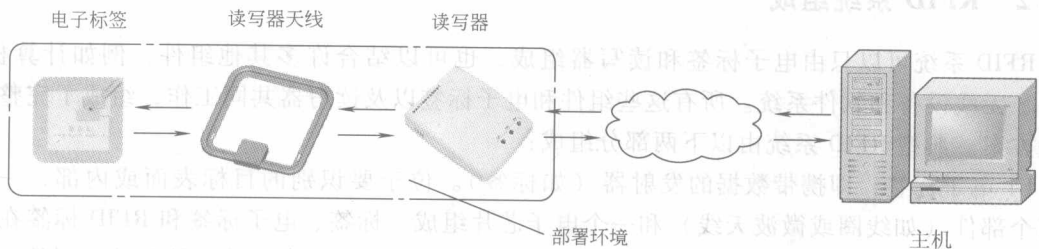


图 1-2 RFID 系统的物理层

图 1-2 还给出了 RFID 系统的物理部分:标签、天线、读写器和部署环境。部署环境由读写区域(读写器天线发射使标签信息能够传播的无线电波的区域)和读写区域内的物体组成。部署环境之所以被包括在硬件子系统中,是因为它的许多特性对 RFID 读写器和标签的性能影响非常大。读写空间中的无线电频率干扰,以及开发环境中分布的物体的种类、尺寸和形状,都会影响标签的读取性能。

信息技术部分在所有 RFID 系统中都需要,它由各种计算机系统、网络、数据库以及各

种软件组成。RFID 软件一般分为 3 类：前端软件（设备驱动程序）、中间件和后端软件（企业应用软件）。中间件直接与 RFID 物理部分相互作用，从读写器收集数据，将商业过程信息关联到数据上，存储数据，并且以本地格式给企业应用软件提供数据。此外，中间件还负责硬件的管理、监测和配置。中间件为用于管理商业过程和硬件组成的企业应用软件架起了桥梁。后端软件或企业应用软件，也被称为商业应用软件，使用中间件从 RFID 读写器搜集数据，并将收集到的数据用于管理商业活动。如在装卸码头，从 RFID 读写器接收的数据可用来生成发货单，从而方便地给客户id提供账单。

当前市场上可用的电子标签、读写器和天线种类非常多。电子标签具有不同的形状和尺寸，工作在不同的工作频率，使用不同的协议，从不同的源获得功率，允许一次或多次写入，并且造价不一。目前来看，从几美分到几美元的都有。RFID 读写器同样可以通过设计，工作在不同的频率、协议和功率级别上。RFID 天线也有不同的尺寸、形状、频率和辐射模式。RFID 系统设计者可以根据被贴标签的物体、标签读取距离、读取过程中的商业过程、读写区内物体的移动速度和读写区内物体的数目等众多需求来选择这些可用组件。

1.2.3 RFID 技术标准和规范

为了能够被广泛接受，任何技术都需要某种标准和规范，以提供设计、制造和使用这项技术的方针。标准由行业机构，比如 EPCglobal，或者标准化组织，比如国际标准化组织（ISO）制定。标准能在供应商的产品中提供互用性，从而提高产品的需求量，降低成本。规范由政府机构制定，以帮助提高技术的安全性，创造一个有序的发展和部署环境。在这个环境中，满足一致性要求的技术可以同时运作。

制定标准能够促进技术、数据结构和具体应用的兼容与互换。任何技术的广泛应用都需要国际上的协调，包括标准的制定。因为没有国际标准，RFID 的全球大规模推广会受到限制，缺少标准也最终会迫使企业付出高成本去保证与多种读写器和标签的兼容。除了电子编码外，现在也只有一些地区性的标准。

现在正在制定的有两类 RFID 标准。第一类是用于读写器和标签通信的频率与协议标准，通常由国际组织制定；第二类是标签上数据格式的标准化（如电子产品编码），一般由行业组织制定。

EPCglobal 和 ISO 是两个非盈利的制定 RFID 标准的组织，EPCglobal 开发的一些标准包括 Gen 2（第二代）和 ALE（应用层事件）标准。Gen 2 标准定义了标签与读写器之间通信的规则，而 ALE 标准定义了数据收集和过滤以及读写器管理和监测的规则。ISO 已经采纳 Gen 2 标准为 ISO 18000-6C。EPCglobal 目前正在研究 EPC（Electronic Product Code，电子产品代码）网络的发展，这将为在供应链的不同环节中收集、存储和分发数据提供一个标准化的方法。该部分内容将会在第 2 章中详细讨论。

1.2.4 RFID 技术的应用

RFID 系统的最大优点就是减少了人工干预，可以在商业活动进行过程中自动收集数据，且收集数据不需要特别的动作。这种自动操作提高了数据质量，减少了数据采集的时间，具有可以实时地获取数据以及降低在低质量数据上的花销的特点。因为无需打开物品包装盒就可以扫描货品来收集数据，RFID 还有节约时间和降低成本的好处。此外，它还可以实时获

取详细的目录信息和实时监测货物清单。RFID 也可以用来校验某个货品的来源, 从而帮助检测出伪造的产品。由于降低了收集数据的成本, 可以在商业过程中更多的地方来收集数据; 提供了可视化管理的途径, 有助于协调商业过程, 以及得知由于行窃和毁坏而导致的存货损失。电子标签中的数据伴随货物一起流动, 从而为下游的商业过程提供有用信息。即使在恶劣的环境下, 也可以惟一确定货品, 并且以较快的速度一次扫描多个货品。

RFID 技术可以在跟踪和识别物体、人或动物的多个行业中使用。下面对 RFID 技术在不同领域和行业的应用做简单介绍 (见图 1-3), 如供应链物流管理、公共管理、人员管理门禁控制、交通领域、生产领域、政府应用和消费者应用等。其中 RFID 技术在供应链物流管理和公共管理中的应用分别将在本书第 10 章和第 11 章中详细介绍。

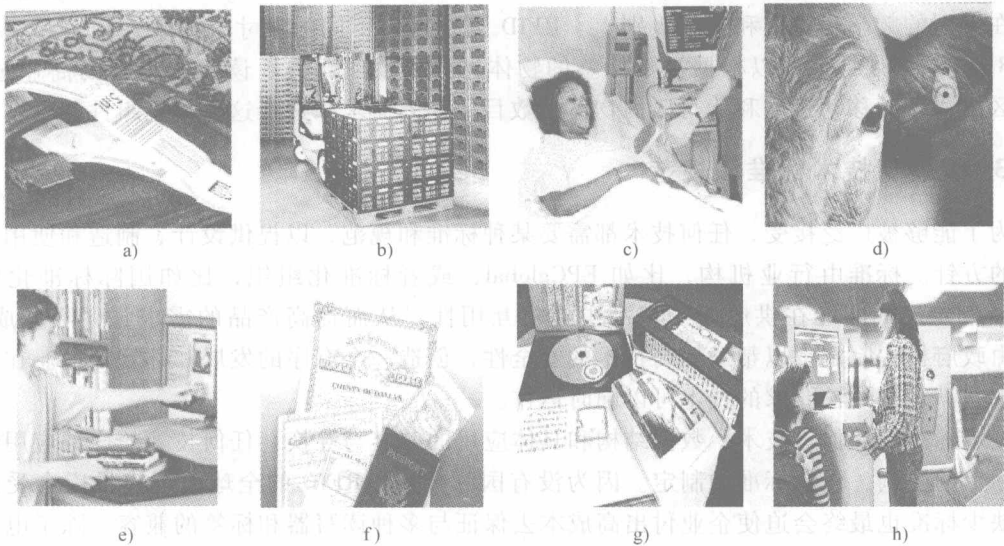


图 1-3 RFID 技术的应用领域

- a) 民航行李跟踪管理 b) 物料自动仓储管理 c) 病人追踪管理 d) 畜牧动物跟踪监
控管理 e) 图书馆文物文件查找 f) 证件防伪 g) 图书馆管理 h) 门票管理

1. 供应链物流管理

RFID 技术与无线网络和智能软件相结合, 将来可能使供应链物流管理发生革命性的变化。超级市场现在正在货盘、包装袋和其他可回收利用的包装物 (如放新鲜食品的塑料筐) 上装标签。可写 RFID 能输入货品种类、到期日、制造厂商和产地的信息, 这样 RFID 就能提高运输和交付的准确度。另外, RFID 还能了解产品损失和失窃的情况。从 RFID 发出的电子产品编码可以确定供应链上所有节点上产品的抵达和离开情况, 因此可以根据最后的报告找到给定产品的位置, 此外电子标签还可以装在员工制服上以跟踪其位置。许多企业把 RFID 看做是理顺业务流、降低成本的主要手段。

除了供应链物流管理, 包裹和邮件运输也开始使用 RFID 技术。RFID 技术能对整个邮政系统进行改造, 更快速安全地进行邮件的发送和接收, 大量的个人信件和包裹可以采用这项无需接触的技术, 来查找物品和传输信息。IDTechEx 预测, 到 2016 年, 美国将占据全球 30 亿美元邮政服务 RFID 市场的 25%, 欧洲为 25%, 中国大陆为 50%。电子标签价格的下降促进该技术被广泛的采纳。预计 2020 年邮政服务每年需要 1 万亿个包裹和信件标签, 这

使得邮政服务有可能成为继供应链物流之外的第二大 RFID 应用市场。此外,航空公司也正在积极开发 RFID 行李标签。香港国际机场是世界上最繁忙的机场之一,年旅客流量为 3500 万人次,2004 年 5 月,香港国际机场宣布在行李处理设施中安装 RFID 读写器。行李传送带、仓储等机场的各个环节都将安装 RFID 读写系统,可以对旅客行李的电子标签进行读/写操作,手持读写器也可用于处理移动中的行李。

2. 公共管理

(1) 医药业中的应用

医药业是 RFID 应用的又一个重要领域。电子标签能装在人体上、衣服上、床单上和金属材料上,全自动地传递病人的信息,这样可以减少人为误差,提高效率。通过与安全的无线网络连接,嵌入药品和病人手镯中的标签就能快速发送病人的病历和其他信息,还可以使用电子标签来取代条形码,以提高供血者向病人输血的准确度。RFID 还可以跟踪运往填埋场的医疗废料,IBM 公司和日本的 Kureha 环境工程公司最近试验了在废品集装箱上采用 RFID 技术。RFID 还可用于产品鉴别和食品及药物管理局的认证。医药业若能运用 RFID 技术,将会解决许多生产和销售方面的问题。制药者可以准确掌握产品现状,提高生产效率,减少人力成本,缩短产品质量保证时间,实时监控产品制造过程的所有情况,快速应对市场,减少过期产品的数量损失。药品上的电子标签也能防范假药、增加销售收入、降低处方误差和减少退货。RFID 技术还可用于护理方面,例如用于跟踪病人、设备和服务,帮助健康护理工作。

(2) 人员管理和门禁管理

RFID 技术现在越来越多地用于限制某些区域的进出,提高实验室、学校、机场等地方的安全程度。许多雇员身份卡已经使用了 RFID 技术,作为办公大楼的出入证,持卡者进入受保护区域时,要将卡放在门附近的 RFID 读写器上,读写器从身份卡上读取号码并传送给计算机系统。计算机系统将读取的号码与已存储的信息进行比较,并决定持卡者是否有这个区域的出入权。RFID 也可以用来防止欺诈,我国铁道部和教育部已采用 RFID 技术来鉴别学生证的真伪问题,防止非学生购买学生票。2003 年发出了 1000 万个智能标签和微型芯片,每个芯片含有 2kbit 的数据,可以在 1.5m 的距离上进行读取,当前芯片存储有学生的身份数据,将来还可能会包含文凭和学位信息。

(3) 交通领域

RFID 技术最早应用于交通领域,使用 RFID 技术的电子收费管理系统可以降低运输公司的管理费用,增加持通勤票的旅客流量。同时,RFID 与车牌识别技术的有效结合能够对所有车辆实现高度自动化的不停车稽查,也可以解决车辆盗抢、假套牌、非法运营等车辆管理问题。一般情况下,这些系统使用的是非接触式的智能卡,寿命可达 10 年,且不易被液体、尘埃和温度变化所损坏。近几年,欧洲和美国都开始在交通运输领域广泛应用 RFID 技术。韩国在 1997 年就开始使用电子标签车票,泰国曼谷也使用了地铁无接触智能卡系统。在东京,甚至出租汽车司机也开始使用电子标签卡。1996 年底,北京首都高速公路发展有限公司进行了为期三个月的不停车收费(ETC)系统试验,该系统于第二年投入运行。2007 年底,包括京通快速路在内的全市 11 条高速路将全部联网收费,除在主要收费站开通不停车收费系统外,所有收费口还将同步开通 IC 卡收费功能,普通公交一卡通也能轻松刷卡缴费。

3. 生产领域

生产领域对计算机控制和信息技术的依赖越来越强，使用电子标签，再加上传感器和触发器，可以全面提高生产、制造和加工产业的精细化管理程度及效率。

(1) 制造业

RFID 技术能够跟踪进行中的工作，确定和消除瓶颈，跟踪成品存货水平和位置，提高经济效益。通过在工厂车间级别逐步采用 RFID 技术，制造商可以无缝且不间断地集成从 RFID 捕获的信息并链接到现有的、已验证和工业加强的控制系统基础结构，与配置 RFID 功能的供应链物流其他环节协调。这样不需要更新已有的制造执行系统（MES）和制造信息系统（MIS），就可以发送准确、可靠的实时信息流，从而创造附加值、提高生产率和节省投资。RFID 技术在制造业中的影响是广泛的，包括：信息管理、制造执行、质量控制、标准一致性、跟踪和追溯、资产管理、仓储量可视化以及生产率等。

(2) 汽车业

RFID 技术在汽车业中的应用 20 年前就开始了，从电子熄火器到胎压监测器，从装配线到供应链，RFID 在汽车行业已经无处不在。以制造流程来说，RFID 从车辆本身到生产与流通流程处处都显示出其重要性。目前 RFID 在汽车业应用得最多的是车辆出入管理与安全系统（Vehicle Entry and Security System），主要是电子熄火器（Immobilizer）。使用者发出的信息和设置在启动装置上的信息匹配时，汽车才可以启动，否则 RFID 电子熄火器禁止车辆启动。汽车业中 RFID 技术最大的成长点是生产过程自动化，与其他大批量生产的企业一样，RFID 在汽车生产流程管理合理化方面可以发挥明显的作用，如通用汽车公司和大众汽车公司都采用了 RFID 技术，以使生产流程更加合理。

(3) 农业

RFID 技术在农产品方面的广泛应用可以提高农产品的物流管理能力、质量监督能力和可跟踪能力，同时也有利于规范和净化农产品市场。近年来，食品安全问题（疯牛病、口蹄疫和禽流感等畜禽疾病以及农产品严重残药导致的食物中毒等危机）频繁发生，严重影响了人们的身体健康，引起了世界各国特别是欧洲各国的高度重视。为此，各国政府迅速制定政策和采取各种措施，加强对农产品安全生产的管理，其中采用 RFID 技术可使对农产品的识别与跟踪更为实时可靠。如：2003 年在我国 863 计划的数字农业项目中首次列入了数字养殖研究课题。目前，一套基于远距离系统的 RFID 牛个体识别系统已经进入实用阶段。2004 年 11 月，RFID 被用于跟踪从纳米比亚运输到英国的冻牛肉集装箱，目的是保证牛肉的质量。RFID 能检查和记录运输途中集装箱的封口是否被篡改和破坏，并检查运输是否超时。用于温室的 RFID 比传统的条形码要好得多，条形码必须清洁干燥才能扫描，而电子标签不怕水，不怕尘土，可以更快地读取数据。装在温室苗床上、带有天线的 RFID 传感器能跟踪作物生长，精确地掌握产量。美国的一些农场已开始使用电子标签跟踪农产品生产，例如密执安州的一个农场把电子标签安装在蓝莓的包装箱上，并同其他的一些公司如医药公司和教育机构一起试验这个系统。

4. 政府应用

不仅私人企业在使用 RFID 技术改进业务流程，在当前政治因素不稳定、恐怖事件频频发生的环境中，政府部门也开始采用这一技术。下面介绍几个政府部门的 RFID 技术应用范例。