

特高频无源标签 码分射频识别

刘礼白 著



科学出版社

特高频无源标签 码分射频识别

刘礼白 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从特高频射频识别(UHF RFID)空中接口属于短距离无线通信的概念出发,首先介绍要掌握 UHF RFID 空中接口设计必备的通信思维,来作为本书的基础。然后分析以 ISO/IEC18000-6 为代表的源于雷达模型的现行 UHF RFID 空中接口标准和技术,说明其单信道射频识别(SC-RFID)特征、系统和各组成单元的技术特点。最后详细介绍本书的核心内容,即基于通信思维的码分射频识别(CD-RFID)系统设计技术。

本书可供从事 UHF RFID 空中接口技术研究设计和工程应用的人员参考,对从事短距离通信系统研究和开发的人员也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

特高频无源标签码分射频识别/刘礼白著. —北京:科学出版社,2014. 1
ISBN 978-7-03-038748-6

I. ①特… II. ①刘… III. ①无线电信号-射频-信号识别 IV. ①TN911.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 232215 号

责任编辑:刘宝莉 张 宇 / 责任校对:刘亚琦
责任印制:肖 兴 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2014 年 1 月第一次印刷 印张:16 3/4 插页:3

字数:337 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本书按照通信思维分析无源标签特高频射频识别(UHF RFID)空中接口的工作机理,用通信系统的设计方法定义特高频码分射频识别(UHF CD-RFID)空中接口系统参数,设计无源标签特高频码分射频识别空中接口。

本书共三篇。第一篇通信思维,提供按照通信思维认识现行 UHF RFID 空中接口标准和建立码分射频识别技术体制所必需的基础知识。第二篇单信道射频识别,简略介绍现行 UHF RFID 空中接口基本技术,用通信思维分析该系统体制的瓶颈所在及其对通信资源的浪费。第三篇码分射频识别,详细介绍作者研究提出的码分射频识别体制设计技术。

本书将现行 RFID 空中接口体制归类于单信道射频识别(SC-RFID)系统。以 ISO/IEC18000-6 为例,作者按照通信思维分析单信道射频识别系统,认为系统的瓶颈是接入能力低,对系统的应用前景不利。下行信道功能的瓶颈是无线功率传输低效,造成标签过高的接收信噪比。上行信道功能的瓶颈是阅读器载波泄漏干扰,限制了接收灵敏度提高。这些既表明改进系统的需求,也是提高系统性能的切入点。

开发 RFID 系统的初衷是为物流网服务,新一代 RFID 系统需要作为物联网的组成部分。无论是物流网还是物联网都需要 RFID 系统增强接入能力,因此期待单信道链路接入转变为多信道接入网接入。理想的技术是扩展频谱与码分接入,即将类似于 CDMA 蜂窝移动通信设计技术移植到 UHF RFID 空中接口。但是,移动通信的解决方案过于复杂,无源标签 UHF RFID 空中接口难以效仿。

本书通过对无源标签 UHF RFID 空中接口应用环境的分析,由其短距离通信、突发通信、标签的高信噪比接收环境等特点,找出了与移动通信入网管理需求的差异,从而寻找到与移动通信不同的解决方案。

本书较为详细地介绍了对移位 m 序列族特性的研究成果。利用 m 序列的伪随机特性和移位 m 序列族的正交特性,实现短距离环境扩展频谱与正交码分接入合并设计;利用移位 m 序列族初始状态的各态历经性和新定义的广义游程特性对序列族进行序列分组,实现码分接入管理和码分组网;利用 m 序列的捕获特性,移位 m 序列族的相互衍生特性和衍生序列平移等价特性,以及无源标签高接收信噪比环境,实现标签高信噪比接收环境的多进制扩展频谱信号切普率相关接收,使芯片电路量和工作速率被控制在允许范围内,从而可满足无源标签低功耗的严格要求。

本书按照所设定的系统参数给出了系统和各重要单元的设计技术解决方案,以及码分射频识别系统与单信道射频识别系统的功能对比,主要表现为:

由多信道并行应答和标签应答的时域分散控制构成码分射频识别上行链路,变单信道射频识别为多信道接入网接入,标签碰撞大为减少,而且提高了系统接入能力。由多进制扩展频谱编码构成码分射频识别下行链路,能适应标签低功耗需求,而且提高了传输效率。由于正交码分组网,阅读器碰撞被消除,可能构成地域全覆盖无缝隙蜂窝组网。

设备能力方面,本书给出设计示例,阅读器接收灵敏度可得到大幅度改善。标签对指令信号接收灵敏度也有可观的改善。系统设备能力的改善还可以转化为系统抗干扰能力和网络接入能力的提升。

最后本书在附录 D 中给出了作者推导的 $n=3,4,5,6$ 全部本原多项式的移位 m 序列族相互衍生关系表。

本书按无源标签码分射频识别空中接口系统设计撰写,也可供设计有源标签 RFID 空中接口系统时参考,为此,有关章节也有有源标签 RFID 空中接口环境和系统设计的叙述。

本书是在中国工程院童志鹏院士的建议下撰写的,包括码分射频识别(CD-RFID)体制定名也是源于童志鹏院士的意见,谨在此表示感谢。同时,对给予本书出版提供经费支持的中国电子科技集团公司第七研究所表示感谢。

作 者

2013 年 5 月

目 录

序 前言

第一篇 通信思维

第一章 射频识别空中接口的物理模型	3
1.1 基于射频能量传递的 RFID 空中接口物理模型	3
1.1.1 感应标签的物理模型——变压器模型	3
1.1.2 传播标签的物理模型——雷达模型	4
1.2 基于雷达模型的单信道射频识别	6
1.2.1 基于雷达模型的后向散射调制	6
1.2.2 基于单信道体制的多种工作场景	6
1.2.3 基于雷达模型的单信道射频识别体制特征	9
1.3 基于信息传输的 RFID 通信模型	10
1.3.1 RFID 空中接口工作全过程	10
1.3.2 通信思维	10
1.3.3 RFID 无线数据通信模型	10
1.3.4 基于通信模型的 RFID 空中接口的主要参数定义	11
1.4 基于无线数据通信的码分射频识别	12
1.4.1 基于无线数据通信的 UHF RFID 空中接口	12
1.4.2 UHF 码分射频识别空中接口特征	13
第二章 UHF RFID 空中接口的通信资源	15
2.1 频谱资源	15
2.1.1 UHF RFID 空中接口频谱与 ISM 频带	15
2.1.2 不同频带的典型应用	17
2.1.3 国际上 800/900MHz RFID 应用频段	17
2.1.4 我国 800/900 频段 RFID 空中接口频谱规定	18
2.2 功率资源	19
2.2.1 发射功率	19
2.2.2 发射功率参数监管	20
2.3 调制解调与制度增益	20
2.3.1 调制概念	20

2.3.2 二进制数字调制误码率特性	21
2.4 跳频通信与跳频扩展频谱通信增益	23
2.4.1 UHF RFID 跳频系统	23
2.4.2 跳频扩展频谱增益	24
2.5 噪声与接收机灵敏度	25
2.5.1 UHF 频段的噪声	25
2.5.2 接收机灵敏度	27
2.6 空间资源	28
2.6.1 天线分集	28
2.6.2 蜂窝组网	29
2.7 时间资源	31
2.7.1 时间资源受限于频谱资源	31
2.7.2 时间资源利用	31
2.7.3 多进制编码和多参量调制	32
第三章 UHF RFID 空中接口的无线电波传播特性	33
3.1 传播机理	34
3.1.1 电磁场概念	34
3.1.2 三种不同特性的场区	34
3.1.3 电磁场的工程化界限	36
3.1.4 UHF RFID 空中接口测试距离	37
3.2 基本传播损耗	38
3.3 UHF RFID 空中接口的介质耦合损耗	39
3.3.1 无线通信的介质耦合损耗	39
3.3.2 天线极化状态的不确定性	41
3.3.3 二维空间天线极化偏差影响	41
3.3.4 三维空间极化偏差影响	42
3.4 传播时延	43
3.4.1 标称路径长度传播时延	43
3.4.2 UHF RFID 路径传播时延	44
3.5 静态多径传播	44
3.5.1 传播方向的反射——驻波	45
3.5.2 存在地面反射的传播	45
3.5.3 多径传播	46
3.5.4 多径时延扩展	47
3.6 移动多径传播特性	47
3.6.1 多普勒效应	47

3.6.2 移动多径环境的时域扩散——延时功率谱	50
3.6.3 相关带宽	51
3.6.4 相关时间	51
3.6.5 多径衰落	51

第二篇 单信道射频识别

第四章 单信道射频识别概述	55
4.1 现行 RFID 标准及技术体制	55
4.1.1 演进中的 ISO/IEC18000 系列标准	56
4.1.2 ISO/IEC18000-6 860~960MHz 空中接口通信一致性参数标准	56
4.1.3 相应的测试标准	57
4.2 单信道应答信号传输数学模型	57
4.3 碰撞仲裁	59
4.4 ISO/IEC18046/7 检测标准	60
4.4.1 ISO/IEC18046 性能检测标准	60
4.4.2 ISO/IEC18047 标签与阅读器一致性的标准	61
第五章 UHF RFID 无源标签	64
5.1 UHF RFID 无源标签概述	64
5.1.1 UHF RFID 无源标签组成框图	64
5.1.2 无源标签的技术限制	65
5.1.3 标签的功能对系统体制的制约	66
5.2 无源标签 UHF RFID 无线功率传输	66
5.2.1 无线功率传输起源	66
5.2.2 无线功率传输(电荷泵)接收灵敏度	68
5.2.3 电荷泵	71
5.2.4 电荷储存与供电方式	72
5.3 无源标签包络检波接收灵敏度	73
5.3.1 无源标签 UHF RFID 空中接口下行信道数据传输原理框图	73
5.3.2 包络检波电路	74
5.3.3 包络检波接收灵敏度	75
5.4 UHF RFID 无源标签 ASK 调制	76
5.4.1 无源标签 UHF RFID 空中接口上行信道数据传输原理框图	76
5.4.2 后向散射调制	77
5.4.3 后向散射调制灵敏度需求	79
第六章 UHF RFID 阅读器	81
6.1 无源标签 UHF RFID 阅读器概述	81

6.1.1	阅读器的任务和特点	81
6.1.2	阅读器简单框图	82
6.1.3	阅读器的硬件组成	83
6.1.4	阅读器的软件组成	83
6.2	相干解调	83
6.2.1	阅读器对无源标签应答信号接收	83
6.2.2	AM 信号相干解调	84
6.2.3	正交相干解调	85
6.3	阅读器接收灵敏度	86
6.3.1	晶体管噪声系数限制	86
6.3.2	阅读器发射机载波和杂散发射对接收机的干扰	86
6.4	阅读器载波泄漏抵消	87
6.4.1	直接耦合补偿	87
6.4.2	自适应补偿	88
第七章	通信协议	90
7.1	物理层参数	90
7.1.1	射频参数	90
7.1.2	调制参数	92
7.1.3	基带参数部分	93
7.2	媒体接入控制参数	94
7.2.1	指令和应答	94
7.2.2	ISO/IEC18000-6 各型标准的标签防碰撞设计	96
7.3	ISO/IEC18000-6 空中接口碰撞仲裁算法	96
7.3.1	ISO/IEC18000-6 Type A 无源标签 RFID 空中接口	96
7.3.2	ISO/IEC18000-6 Type C 无源标签 RFID 空中接口	98
7.3.3	ISO/IEC18000-6 Type B 无源标签 RFID 空中接口	99
7.3.4	ISO/IEC18000-6 Type D RFID 空中接口	100
第八章	通信资源利用状况	102
8.1	信道资源与系统接入能力	102
8.1.1	无源标签 UHF RFID 信道资源	102
8.1.2	信道利用率	103
8.2	频谱效率和频谱利用率	104
8.2.1	ISO/IEC18000-6C 频谱效率和频谱利用率	104
8.2.2	与同频段移动通信比较	105
8.3	射频功率资源与无源标签高信噪比接收	106
8.3.1	标签可能接收到的最高电平	106

8.3.2	无源标签接收端内部噪声	106
8.3.3	无源标签接收归一化信噪比	106
8.4	无源标签 UHF RFID 空中接口覆盖区	107
8.4.1	无源标签 UHF RFID 空中接口三种不同的灵敏度	107
8.4.2	不同概念的覆盖区范围及其意义	109

第三篇 码分射频识别

第九章	码分射频识别概述	113
9.1	码分射频识别发展需求	113
9.1.1	现行 UHF RFID 空中接口的改进需求	113
9.1.2	物联网的发展需求	115
9.1.3	RFID 接入物联网的现有技术	118
9.1.4	有关码分射频识别的研究	119
9.2	码分射频识别系统设计要点	120
9.2.1	码分射频识别及其技术依托	120
9.2.2	码分射频识别的媒体接入控制	122
9.2.3	码分射频识别的物理层	123
9.3	码分射频识别的环境条件	123
9.3.1	无源标签空中接口的短距离通信环境	123
9.3.2	突发通信环境	125
9.3.3	无源标签高信噪比接收环境	126
9.3.4	相对信道速率的频谱资源富裕度	126
9.4	扩展频谱信号的抗干扰特征	127
9.4.1	相关函数	127
9.4.2	相关检测	128
第十章	码分射频识别数学模型	133
10.1	扩展频谱通信基础概念	133
10.1.1	扩展频谱通信的理论依据——仙农信道容量公式	133
10.1.2	最佳信号形式——伪随机序列信号	134
10.2	多进制扩展频谱编码传输数学模型	135
10.2.1	多进制扩展频谱编码传输信号形成	135
10.2.2	多进制扩展频谱编码传输信号接收	136
10.3	码分多标签接入扩展频谱传输数学模型	137
10.3.1	码分多标签接入扩展频谱信号	137
10.3.2	码分并行应答扩展频谱接收	138

第十一章 m 序列和移位 m 序列族	140
11.1 正交序列(码)与伪随机序列(码)	140
11.1.1 正交序列(码)	140
11.1.2 伪随机序列	141
11.2 最长线性反馈移位寄存器序列(m 序列)	142
11.2.1 线性反馈移位寄存器序列	142
11.2.2 特征多项式和本原多项式	143
11.2.3 游程	144
11.3 m 序列特性	145
11.3.1 m 序列是伪随机序列	145
11.3.2 m 序列是周期序列	145
11.3.3 状态图和各态历经性	146
11.3.4 m 序列本原多项式镜像特性	146
11.3.5 m 序列的自相关特性	148
11.3.6 由本原多项式产生 m 序列	148
11.4 m 序列捕获	149
11.4.1 已知本原多项式捕获 m 序列	149
11.4.2 已知移位寄存器级数寻找 m 序列的本原多项式	149
11.5 移位 m 序列族	151
11.5.1 移位 m 序列族概念	151
11.5.2 移位 m 序列族特性	152
11.5.3 衍生序列	152
11.5.4 同族的全部序列的初始状态具有各态历经性	154
11.5.5 反码序列族	155
第十二章 码分射频识别系统框架	156
12.1 码分射频识别系统组成	156
12.1.1 单阅读器应用	156
12.1.2 多阅读器码分射频识别系统	158
12.2 码分射频识别系统技术架构	161
12.2.1 总体框架	161
12.2.2 总体技术框架说明	162
12.3 码分射频识别系统参数	163
12.3.1 码分射频识别系统的写入和读取操作过程	163
12.3.2 基于通信模型的空中接口参数定义	164
12.4 码分射频识别系统技术特性	165
12.4.1 技术对比	165

12.4.2 预期效果	165
12.5 码分射频识别系统检测方法	166
12.5.1 基于通信模型的空中接口参数的测试装置	166
12.5.2 测试系统基本假定条件	169
12.5.3 测试程序	169
第十三章 无源标签码分射频识别空中接口下行链路	173
13.1 码分射频识别下行链路技术特点与设备组成	173
13.1.1 码分射频识别下行链路任务	173
13.1.2 码分射频识别下行链路的技术特点	174
13.1.3 下行信道的设备构成	176
13.2 浅调幅	177
13.2.1 下行链路浅调幅的需求与可能	177
13.2.2 浅调幅设计	178
13.3 注入同步	180
13.3.1 码分射频识别系统的同步需求	180
13.3.2 注入同步环路构成	180
13.3.3 注入同步环路工作状态	182
13.4 chip 率相关检测	183
13.4.1 CD-RFID 下行信道相关的特点	183
13.4.2 离散信号相关原理	184
13.4.3 移位 m 序列相关检测	184
13.4.4 数域映射和容错	185
13.5 多进制扩展频谱编码序列相关检测	185
13.5.1 下行链路多进制编码需求与可能	185
13.5.2 下行链路多进制编码分组	186
13.5.3 移位 m 序列衍生和多进制编码序列相关接收	189
第十四章 码分射频识别空中接口上行链路	193
14.1 码分射频识别上行链路技术特点与设备组成	193
14.1.1 上行链路的任务和技术特点	193
14.1.2 无源标签 CD-RFID 上行链路设备组成	194
14.2 并行应答序列分组与代码设定	196
14.2.1 序列分组需求	196
14.2.2 移位 m 序列族的序列分组和代码设定	197
14.2.3 移位 m 序列族序列长度选择	198
14.2.4 移位 m 序列族序列选择	199
14.2.5 序列族序列分组与代码设定举例	200

14.3 伪 PSK 调制	201
14.3.1 技术思路	201
14.3.2 均匀无耗传输线	202
14.3.3 伪 PSK 调制相位—反射系数与负载归一化电抗关系	206
14.4 标签并行应答时域分散设计	206
14.4.1 设计思路	206
14.4.2 参数选择	207
14.4.3 接入状态	207
14.4.4 各级本原多项式	207
14.4.5 各本原多项式 m 序列的接入信道状态表	208
14.4.6 逻辑图	208
14.5 扩展频谱阅读器载波泄漏干扰抵消	210
14.5.1 CD-RFID 系统载波泄漏干扰的特点	210
14.5.2 CD-RFID 阅读器载波泄漏干扰抵消	211
14.6 无源标签并行应答功率控制	212
14.6.1 需求分析	212
14.6.2 标签可能接收到的最大信号电压	214
14.6.3 分流式可变衰减器	214
14.6.4 衰减量计算	215
14.6.5 举例	217
第十五章 无源标签特高频码分射频识别的应用前景	219
15.1 码分射频识别的体制优势	219
15.2 提高了网络接入能力	219
15.3 码分射频识别应用前景	221
参考文献	224
附录 A 无线电频谱划分	227
附录 B 中国 800/900MHz 频段射频识别 (RFID) 技术应用规定 (试行)	229
附录 C 部分 m 序列本原多项式结构表	231
附录 D 部分移位 m 序列族衍生关系表	232
附录 E 并行应答时间分散控制逻辑图	241
附录 F 名词术语	242

第一篇 通信思维

RFID 源于雷达,用于自动识别,基于数据通信,被归类于无线短距离通信。按其工作机理分,历史上曾经有过变压器模型和雷达模型。

1948 年,Harry Stockman 发表的《利用反射功率的通信》奠定了 RFID 的理论基础,从此 RFID 也被打下了深深的雷达思维烙印。就射频能量传递而言,对于应用最为广泛的无源标签 RFID 空中接口,其借用阅读器发送载波通过“后向散射调制”返回应答信号的过程,类似于雷达。但是按照信息传输思维,这个系统实际上可以分解为下行和上行两个链路,下行链路通过调制下达询问指令,上行链路通过调制返回应答数据,所以归根到底还是通信系统。技术的不断发展,应用内涵的日渐丰富,使得数据通信的特征在系统中的重要性更加突出,系统的技术进步更多地寄托于现代通信技术发展既得成果的推动;有源标签的出现,使得最基本的利用反射功率传送应答信号的前提不复存在,RFID 空中接口完全失去了与雷达模型的思维关联。即便是对于无源标签系统,利用反射功率也仅仅是系统内信号传输中的一个环节。所以从技术发展的角度,当今国际上把 RFID 归属于无线短距离通信范畴体现了 RFID 空中接口的数据通信本质的一致认知。

尽管无线通信与雷达同属于无线电设备,甚至可以认为雷达是通信的一种特例,但具体而言,雷达与无线数据通信由于用途不同,设计思维大相径庭。

雷达是自发自收系统,信号形式已知,其通过返回信号的波形变化、到达时间和被探测体的后向散射功率获取目标信息,是一个单信道的闭环操作系统。

无线数据通信是发射端对接收端传送信息,载波受信息调制成为信号,接收端对信息未知。波形变化属于干扰分量,到达时间无关紧要。无线数据通信系统设计关注系统设备能力。多用户共享系统资源,进行开环操作。

雷达是探测系统,通常单机工作,覆盖一片地域,探测对象是被动的目标。当出现多目标时,对探测结果依次处理。

无线数据通信是服务系统,以尽可能广泛的互联互通为宗旨。关注频谱资源共享、多用户接入能力和组网能力。

雷达系统通常是单信道系统,对频谱利用率不太关心,没有多信道复用需求。

无线数据通信系统为增加系统容量发展了各类多信道复用技术。因此,通信思维有助于建立更高效的 RFID 空中接口新体制。

雷达系统的被探测对象是被动体,靠返回信号检测,即闭环检测方法,闭环检测对系统中间环节的参数是难以定义和检测的。

无线数据通信系统的两端都可进行检测,即开环检测,便于对各检测点参数分别定义和分别检测。因此,通信思维的检测更能保证一致性检测的需求。

无线数据通信思维在于,充分而合理地使用通信资源,构建高效的通信系统。通信资源包括频谱资源、功率资源、时间资源和空间资源。

任何一个无线数据通信系统都有其特定的工作环境,由于 UHF RFID 空中接口的工作方式和服务对象特殊,因此其工作环境更加特殊,特殊的环境必将造就一种特定的系统。

根据通信原理,通过对不同的通信资源的利用率调整与相互转换,最终实现系统设备能力与系统损耗的平衡,上行链路与下行链路的平衡,频谱资源与信道传输能力的平衡等。

通过应用环境分析,实现系统设计与通信环境相匹配。例如,需要解决现行 UHF RFID 空中接口标准 ISO/IEC18000-6 体制,频谱资源与传输容量不平衡,标签接收信号归一化信噪比过大等问题,就需要在通信思维主导下实施调整。

按照上述思路,在本篇中,通过对 UHF RFID 空中接口的物理模型,通信资源和通信环境的介绍,说明单信道接入与多信道接入两类系统的特征,以作为了解单信道射频识别和码分射频识别的技术基础。

第一章 射频识别空中接口的物理模型

为认识 RFID 空中接口的物理特征和考核空中接口设备的性能,需要建立物理模型,进而建立考核参数体系和相应的检测方法。传统的 RFID 空中接口的物理模型基于射频能量传递机理,有变压器模型和雷达模型。

变压器模型适合于感应标签,感应场耦合机理,应用于 13.56MHz 及其以下的工作频段。

雷达模型适合于传播标签,辐射场传播机理,应用于 433MHz 及其以上的工作频段。以关注雷达散射截面、波形与时间参数为特征。现行 UHF RFID 空中接口标准体制源于雷达模型,属于单信道射频识别体制。其参数体系与相应的闭环检测方法源于雷达思维。

用通信思维认识 UHF RFID 空中接口,建立基于无线信息传输的通信模型。目的在于更加完整地表达 RFID 空中接口的无线数据通信特征,并由此引入基于通信系统设计思维的新型 UHF RFID 空中接口体制——码分射频识别(CD-RFID)。重新定义的空中接口参数,重点关注系统设备能力和充分而合理地利用通信资源。通信思维是建立码分射频识别体制的基本出发点和系统设计的基本方法。

1.1 基于射频能量传递的 RFID 空中接口物理模型

经典的 RFID 空中接口物理模型基于射频能量传递机理。对于感应标签,采用变压器模型,适合于 13.56MHz 及低于 13.56MHz 频段的无源标签 RFID 空中接口;对于传播标签,采用雷达模型,适合于 433MHz 及高于 433MHz 频段的无源标签 RFID 空中接口。

1.1.1 感应标签的物理模型——变压器模型

1. 感应标签物理过程

感应标签 RFID 空中接口工作机理如图 1.1.1 所示。依赖于感应场实现射频能量耦合的标签即感应标签,通常为无源标签,也称无源感应标签,被用于电磁场的近区场,即感应场情况下的 RFID 空中

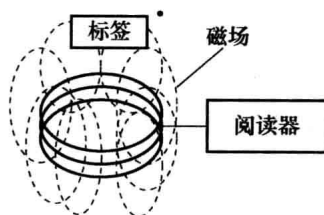


图 1.1.1 感应标签物理过程示意图

接口。阅读器发射单元发射的电信号通过感应线圈产生交变电磁场,电场 E_r , E_θ 和磁场 H_φ 相位相差 90° , 此时坡印亭复矢量如下式:

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}E \times H^* &= \frac{1}{2}[\hat{I}E_\theta H_\varphi^* - \hat{\theta}E_r H_\varphi^*] \\ &= \frac{1}{2}\left[-\hat{I}j\frac{\eta}{k}\left(\frac{I\Delta l}{4\pi}\right)^2\frac{\sin^2\theta}{r^5} + \hat{\theta}j\frac{\eta}{k}\frac{I\Delta l}{8\pi}\frac{\sin\theta\cos\theta}{r^5}\right]\end{aligned}\quad (1.1.1)$$

式中, $j=\sqrt{-1}$, 表明此时坡印亭矢量为纯虚数, 即没有能量辐射, 称为感应场。

2. 变压器模型

变压器模型如图 1.1.2 所示。将感应标签与阅读器线圈之间的射频能量传递

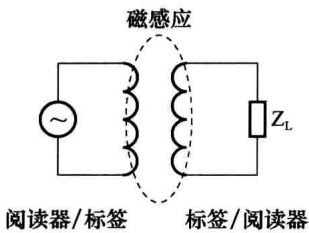


图 1.1.2 变压器模型

比作变压器能量耦合, 能量传递属于磁感应耦合, 磁场分量局限于感应线圈附近。当标签进入交变电磁场所在区域时, 因标签感应线圈受磁场感应, 在线圈内产生感应电流, 由此标签获得来自阅读器的射频能量和所需的调制信息。标签的应答过程是借助阅读器发来的射频能量, 经标签应答数据信号调制之后, 再通过标签感应线圈产生交变电磁场以对阅读器感应线圈实现反向磁场能量感应的过程。

3. 关键参数——磁场强度

感应标签 RFID 空中接口最重要的参数是标签最低可接收磁场强度, 定义为感应标签接收灵敏度。感应标签使用耦合线圈以取代传统通信中所使用的辐射天线来实现信号耦合。

磁场强度是线圈安匝数的一个表征量, 反映磁场的强弱, 与感应线圈圈数和通过线圈的电流大小有关。磁场强度的单位在国际单位制中为安(培)/米(A/m)。

1.1.2 传播标签的物理模型——雷达模型

1. 远区场

依赖于辐射场实现射频能量耦合的标签为传播标签, 传播标签可以是有源标签, 也可以是无源标签, 工作环境适合于电磁场的远区场。波阻抗等于媒体的特性阻抗, 呈平面波特性。此时坡印亭复矢量如下式:

$$\frac{1}{2}E \times H^* = \frac{1}{2}\hat{I}E_\theta H_\varphi^* = \frac{1}{2}\hat{I}\eta\left(\frac{kI\Delta l}{4\pi r}\sin\theta\right)\quad (1.1.2)$$

坡印亭矢量为纯实数, 并指向 r 方向, 称为辐射场(详见 3.1 节)。