

Internet of Things

物联网工程与技术规划教材

超高频射频识别原理与应用

RFID EN ULTRA ET SUPER
HAUTES FRÉQUENCES UHF-SHF
théorie et mise en œuvre

[法] Dominique Paret 著

安建平 高飞 薛艳明 等译

马爱文 审校



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

物联网工程与技术规划教材

超高频射频识别原理与应用

RFID EN ULTRA ET SUPER HAUTES FRÉQUENCES UHF-SHF
théorie et mise en œuvre

[法] Dominique Paret 著

安建平 高 飞 薛艳明 等译

马爱文 审校



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

RFID 技术是一项多学科融合的新兴应用技术,已广泛用于工业自动化、商业自动化、交通运输控制管理等众多领域。本书主要介绍特高频和超高频 RFID 的原理及应用。全书共分为五部分,分别介绍 RFID 技术的术语、定义、基本原理及应用和市场;特高频和超高频 RFID 的射频传输理论、电磁场计算和能量转换、一致性、传输距离、环境影响等;通信与传输、基带信号、载波调制、扩频技术等;特高频和超高频 RFID 的标准;以及标签和基站的天线等技术。

本书可作为物联网相关专业、电子信息类专业的教材,也可供 RFID 行业技术人员和应用研究人员、物流领域工作者、系统集成商等阅读参考。

Authorized translation from the French language edition, entitled RFID EN ULTRA ET SUPER HAUTES FRÉQUENCES UHF-SHF: théorie et mise en œuvre, 9782100493470 by Dominique Paret.

© Dunod, 2005, Paris.

版权贸易合同登记号 图字: 01-2010-5907

图书在版编目(CIP)数据

超高频射频识别原理与应用/(法)帕瑞特(Paret,D.)著;安建平等译.—北京:电子工业出版社,2013.8

物联网工程与技术规划教材

ISBN 978-7-121-21281-9

I. ①超… II. ①帕… ②安… III. ①无线电信号-超高频-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(2013)第 195990 号

策划编辑:马 岚

责任编辑:马 岚 特约编辑:赵晓温

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:北京市海淀区四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:24.25 字数:621 千字

印 次:2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价:59.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

译者序

近年来,自动识别技术已经逐步发展成为一门独立的跨学科专业技术。与其他传统学科不同,自动识别技术将诸多专业领域的技术综合到一起,包括射频技术、电磁兼容技术、半导体技术、数据保护、密码学、通信技术、制造技术和其他应用技术等。在工业化和信息化融合的背景下,随着电子信息技术的迅猛发展和制造技术水平的不断提高,RFID(Radio Frequency Identification, 射频识别)技术作为无线通信和自动识别技术的完美结合,被认为是 21 世纪最有前途的 IT 技术之一,在诸如物流、商业贸易、生产制造、防盗技术、防伪技术、移动支付、电子票务和医学应用等领域中得到了广泛的应用。目前,RFID 技术已经成为物联网的核心技术之一,以简单的 RFID 为基础,结合已有的网络技术、数据库技术以及中间件技术等,构建一个有大量联网的阅读器和无数移动标签组成的,比 Internet 更为庞大的物联网成为 RFID 技术的发展趋势。

与射频识别技术及其应用的迅猛发展相比,比较全面的射频识别技术专业书籍目前还比较少,难以满足广大技术人员和管理人员了解和学习射频识别技术的需要。

本书是一本面向实际应用的专业射频识别技术的书籍,分五个部分,共计 20 章,涉及射频识别技术的特征、射频识别系统的工作原理、射频识别系统的物理基础、编码和调制、数据完整性、系统安全性、标准化状况、读写器与应答器的结构和制造以及各类应用示例等方面的内容。作为一本注重实际应用的专业性技术参考书,本书的目标读者范围比较宽泛,不仅适用于首次接触射频识别的技术人员和学生,同时也适用于从事射频识别技术相关领域的专业技术人员和管理人员,为他们提供很有价值的参考信息。

本书的翻译小组成员为安建平、高飞、薛艳明、聂青、孙成、冀鹏飞、王爱华、杨杰、刘珩、周荣花。在拿到本书原版之初,翻译小组即深感由于 RFID 技术发展历史较短,国内尚缺少此类较为系统地描述 RFID 技术的书籍,此次中文译本的出版将在一定程度上填补我国关于 RFID 技术资料方面的空白。在对全书五个部分共计 20 章内容的翻译过程中,安建平、刘珩翻译整理了前言和第一部分,高飞、孙成、冀鹏飞翻译整理了第二部分,薛艳明、聂青翻译整理了第三部分,王爱华、杨杰翻译整理了第四部分,周荣花、孙成翻译整理了第五部分及结论,并由马爱文对全书进行了审校。本书中个别图里的少量法文保留未译。

本书在翻译和出版过程中,得到了电子工业出版社的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于本书内容的专业技术性较强,涉及专业领域较广,如有错漏之处,衷心希望得到大家的批评指正。

前言

在世界范围内非接触式的识别技术已经变得很成熟了，但是在一些特别领域内的应用，比如在 UHF 和 SHF 频段的 RFID 应用还需要进一步研究。通过在这个领域内多年的工作，我认为有必要写一部关于 UHF 和 SHF 的“报告”。因为直到现在，对于工程师、技术人员和学生，很难获得实践技术信息和培训。希望本书在一定程度上能够弥补这个缺陷，并且成为 UHF 和 SHF 频段的 RFID 应用这个神秘领域内最容易理解的指导书。因此本书并不会成为一本百科全书，而是一本扎实的技术说明。它涉及这项技术应用的各个方面(原理、技术、构成、标准、规则、应用、安全等)的细节。

另外，考虑到理论证明有可能使读者感到害怕，我花费了很多精力确保理论、技术、计算等方面的内容通俗易懂。

本书的结构和使用方法

为了帮助读者充分理解 UHF 和 SHF 频段的 RFID 应用，本书分成了五个部分。

第一部分 第 1 章至第 3 章

第一部分介绍了 RFID 技术，并且为了使读者可以清晰理解行业术语，术语和定义也在这部分给出。在这之后，为了激发读者的兴趣，第 3 章给出了概述，讨论 RFID 应用和市场，以及市场中主要的参与者。

第二部分 第 4 章至第 10 章

这部分讨论 RFID 的技术和理论知识，以便在工作中不会犯太多不必要的错误。对于一些读者，这部分会成为他们以前学习的简要重述，但是，以我的个人经验，这部分内容对于刚进入这个领域的人来说非常重要。内容看起来复杂，但其实并不难。在数学和科学背景上可能会有差距，我已尽量使内容通俗易懂。总之，坚持学习肯定会有回报。

在第二部分中，第 4 章总结了射频电波的传输理论，并计算了电磁场各元素和功率转换。第 5 章至第 9 章是这本书的核心和关键——一致性。这几章是必不可少的，讨论了几个研究对象，包括前向和反向链路的原理、理论和实际工作距离、原理、技术、反向散射问题、环境影响等。应该时刻牢记这些都是独立的主题。消化了前面的知识后，第 10 章总结了前面的内容并给出了具体例子，其中包括细节、数字、数量、分析等，以及在远端供电和电池辅助供电两个系统中的整个链路计算。

第三部分 第 11 章至第 14 章

第三部分内容因为一些原因变得复杂了，当学习了数学和物理理论后，将讨论技术设计和数值、构成和位持续时间等概念，以及用于射频传输和量化各种环境对辐射频谱影响的方法。这部分是一个相对独立的整体。

到现在为止，已经学习了 UHF 和 SHF 频段的 RFID 应用的内容，读者也许会认为该结束本书了，其实还有很多工作要做，将在第四部分讨论。

第四部分 第 15 章至第 17 章

第四部分一方面说明了和 UHF 和 SHF 频段的 RFID 应用直接或间接相关的物理元器件的标准(例如 ISO 标准、电磁场人体暴露),另一方面阐述了世界范围和本地的规则。对于 UHF 和 SHF 频段的 RFID 应用,在这些频率中可行(或不可行)的工业应用,这三章是非常重要的内容。读者应该仔细阅读,它可以帮你避免应用中不必要的麻烦,甚至是有关法律和犯罪方面的问题。

第五部分 第 18 章至第 20 章

第五部分将讨论特殊技术方面的应用。因为技术在不断发展,所以这部分可以提供在不远的将来将出现的非常有代表性的标签和基站的设计方案,以及有关部件和电子电路的细节。

上面简单总结了本书的内容和帮助读者理解的方法。希望读者在阅读过程中能够感到愉快并且获得知识。

最后要提到笔者的另外两本书, *Identification Radiofréquence et Cartes à Puces-Description* (2nd edition, Dunod, France), 作为这本书的参考书 1; 还有 *Identification Radiofréquence et Cartes à Puces-Applications* (Dunod, France; English translation, *RFID and Contactless Smart Cards Application*, John Wiley & Sons, Ltd, 2007), 作为参考书 2。这两本书作为补充信息提供了更多关于应用方面的信息, 还有满足大多数使用者需求的采用高频和低频的 RFID。随着这一领域的不断发展, 可能每隔三四年就需要更新本书的内容, 但是基础和原理是不变的。

希望读者喜欢这本书。对于书的内容和结构, 非常欢迎读者提出建设性的意见。

目 录

第一部分 RFID：一般特征、基本原理和市场

第 1 章 简介、定义和词汇	2
1.1 频率及其分类	2
1.2 RFID：使用者及其目的	4
1.3 历史	4
1.4 射频(或非接触式)识别及其应用范围	5
1.5 非接触式通信的概念	6
1.6 RFID 系统的组成、术语和词汇	7
1.7 词汇：RFID 中使用的术语	9
1.8 附录：单位和常数	11
第 2 章 基站-标签系统的基本工作原理	12
2.1 能量转换和通信模式	12
2.2 前向链路和反向链路	13
2.3 数据通信	22
2.4 通信原理	23
2.5 工作模式的概念	25
2.6 数据传输工作中常见的问题	27
2.7 有关远距离 RFID 系统更具体的问题	29
第 3 章 非接触式技术的市场和应用	31
3.1 非接触式技术和 RFID 的市场	31
3.2 标签应用	32
3.3 市场上的工作者和参与者	37

第二部分 电磁波的传输：原理、理论及实际情况

第 4 章 核心理论	41
4.1 电磁波的传输和辐射现象	41
4.2 赫兹偶极子	41
4.3 空间中场和区域的分类	44
4.4 UHF 和 SHF 频段的 RFID 应用，即远场应用	47
4.5 赫兹偶极子和任意长度的偶极子， λ/n 和 $\lambda/2$	61
4.6 本章主要公式列表	67
4.7 附录 1：麦克斯韦方程组的简要说明	68

4.8	附录 2: 复数的简要说明	69
4.9	附录 3: 用复数表示的功率的简要说明	70
4.10	附录 4: 有关矢量的简要说明	72
第 5 章	波在自由空间中的传输	74
5.1	全向和各向异性天线	74
5.2	天线增益	75
5.3	空间中一点的功率通量密度	78
5.4	有效辐射功率 P_{ERP}	80
第 6 章	标签天线终端的功率恢复	86
6.1	恢复发射的辐射功率(或部分)	86
6.2	孔径或表面的概念	86
6.3	RFID 应用需要的主要参数的定义	100
第 7 章	实际检查: 如何处理每天的问题	116
7.1	应用环境的影响	116
7.2	标签的极化损耗 $\theta_{\text{polarization}} = p$	125
7.3	天线负载失配因子 $\theta_{\text{load matching}} = q$	129
7.4	电压驻波比(VSWR)	131
7.5	因为天线的物理设计造成的损耗 θ_{antenna}	137
7.6	总结	137
7.7	在 UHF 和 2.45 GHz 时 RFID 的应用实例	138
7.8	标签基片上的集成电路的峰值影响	140
7.9	总结	140
7.10	UHF 和 SHF 举例	142
7.11	附录: 关于 UHF 和水的现实与想象	143
第 8 章	波的反射和/或再辐射及 RFID 应用	146
8.1	波散射的物理现象	146
8.2	散射方式	147
8.3	被标签散射的功率 P_s	147
8.4	标签的雷达截面 σ_{es}	156
8.5	附录	168
第 9 章	反向散射技术及其应用	170
9.1	基站和标签之间反向散射的通信原理	170
9.2	标签的品质因数 $\Delta\sigma_{\text{es}}$ 或 ΔRCS	173
9.3	附录: 第 7 章至第 9 章主要公式总结	191
第 10 章	RFID 实例研究	193
10.1	实例 1: 应用于远程供电无源标签	193
10.2	实例 2: 应用于电池供电无源标签	193

10.3	实例 1a 和 1b: 应用于远程供电无源标签	193
10.4	实例 2: 应用于电池供电无源标签	200

第三部分 通信和传输、基带信号、载波调制和交互

第 11 章	数字技术方面: 位编码和基带信号	209
11.1	位编码	209
11.2	UHF 和 SHF 频段的 RFID 应用中位编码的不同类型	211
11.3	不同位编码类型的总结	220
第 12 章	模拟技术方面: 载波调制原理	221
12.1	调制类型	221
12.2	从基站到标签的前向链路载波调制的类型	222
12.3	幅度调制	222
12.4	频率调制和相位调制	228
12.5	总结	230
第 13 章	扩频技术	231
13.1	跳频、捷变系统和扩频理论	231
13.2	扩频技术	231
13.3	扩展窄带调制载波的辐射频谱的跳频或捷变系统	236
13.4	扩展宽带调制载波的辐射频谱的扩频系统	244
13.5	“混合”扩频技术: DSSS 和 FHSS	249
13.6	展望未来	250
13.7	SHF 上的例子	251
13.8	FHSS, LBT, DSSS 和 RFID	252
第 14 章	相互作用和结论	253
14.1	关系、相互作用和性能	253
14.2	第三部分的一般总结	260

第四部分 标准和准则

第 15 章	UHF 和 SHF 频段的 RFID 标准	263
15.1	标准的作用	263
15.2	用户和供应商的标准	263
15.3	ISO/OSI 模型	263
15.4	ISO 非接触式技术标准	267
15.5	附录 1: EPC 系统的结构和层级	286
15.6	附录 2: EPC 的结构	287
15.7	附录 3: 关于 ISO 18000-6C—EPC C1 G2 的一些日常性能的事实	288
第 16 章	准则和电磁场人体暴露	292
16.1	标准和准则的调查	292

16.2	美国、欧洲、法国和世界其他地方关于 UHF 和 SHF RFID 的准则总结·····	295
16.3	在人类环境中关于电磁领域的标准：人体暴露·····	297
16.4	将遇到的其他要求·····	300
第 17 章	规则对性能的影响和后果·····	302
17.1	频率·····	302
17.2	传输电平·····	303
17.3	总结·····	312
17.4	欧洲与美国之间的比较·····	313
17.5	世界范围内和欧洲的 UHF 或 13.56 MHz·····	315
17.6	附录：主要标准和规则·····	320

第五部分 标签与基站的组成

第 18 章	RFID 标签·····	324
18.1	绪论·····	324
18.2	工作原理总结·····	324
18.3	标签技术·····	325
18.4	标签天线·····	329
第 19 章	基站·····	334
19.1	简介·····	334
19.2	基站硬件结构的例子·····	340
19.3	产品范例·····	356
19.4	基站天线·····	359
19.5	总结·····	360
第 20 章	评价标签和系统的一致性、性能及方法·····	361
20.1	正式的测量和测试方法·····	361
20.2	所需参数·····	362
20.3	简单的测量方法·····	363
20.4	通过的结论·····	365
结论	·····	367
有用的地址、元件生产商及深入阅读资料	·····	368
术语对照表	·····	369

第一部分

RFID:一般特征、基本原理和市场

第一部分快速介绍了适用于超高频(SHF)和特高频(UHF, 习惯上也称为超高频)的射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术。这部分介绍了很多词汇, 大量术语和概念, 以及与频率、工作模式等有关的原理。

注释

读者在利用这些术语时应尽可能仔细, 如果由于忽视、语言沟通不畅、杂志失真及技术文章误传等造成不理智的使用, 会引起很大困惑。工作在 ISO 标准组织中的一些专家编辑出版了“RFID Vocabulary”(ISO 19762), 帮助用户相互理解, 可尽量利用它。

- 第 1 章 简介、定义和词汇
- 第 2 章 基站-标签系统的基本工作原理
- 第 3 章 非接触式技术的市场和应用

第1章 简介、定义和词汇

鉴于有关利用射频识别(Radio Frquency Identification, RFID)技术进行识别、可追溯性和后勤监控系统等相当多应用的快速发展,以及作者先前所写的两本工作频率低于135 kHz(主要是125 kHz)和13.56 MHz(见前言中提到的参考书1和参考书2)时关于这些系统的书,有必要出版本书。本书主要讨论工作在特高频(Ultra High Frequency, UHF, 习惯上也称为超高频)和超高频(Super High Frequency, SHF)的RFID设备。出于多种原因(后续章节将详细说明),我想针对这个主题进行单独讨论。

本书将为工作在UHF和SHF频段的RFID系统提供广泛的原理、工艺、技术和相关应用的概述。还将以国际标准(ISO, ETSI, FCC等)、现行规则及电磁场人体暴露方面等为主题进行更详细的阐述。这些都是在这个领域工作不能忽视的内容。

本书内容中的一般术语,即识别、非接触性标签和工作在UHF和SHF频率的设备,涵盖了各类不同的领域和学科。例如,当单词“识别”和“追溯”与产品联系到一起时,生产厂商希望能监测到它的产量,同样的词也能引发公民自由和隐私被侵犯的恐惧。同样,“标签”使人联想到大商场的主要收益和快速结账,灵活的货物清点,对工业和国内供应的便捷,更好地保护商品和防范假冒等。总之,更多微妙的市场风险可能潜伏在购买任何物品的背后。

这本书是针对这个巨大的、迷人的矛盾世界的非常简短的介绍,书中仅有技术方面的描述,即所谓的“从理论到实践”。

1.1 频率及其分类

首先从频率的定义和分类开始了解射频识别(RFID)。

1.1.1 射频分类

为了避免对专业术语产生任何误解,出于简单实用的原因,依据频率的数值和/或与它相关的波长对频率进行分类。图1.1列出了频率的国际分类。

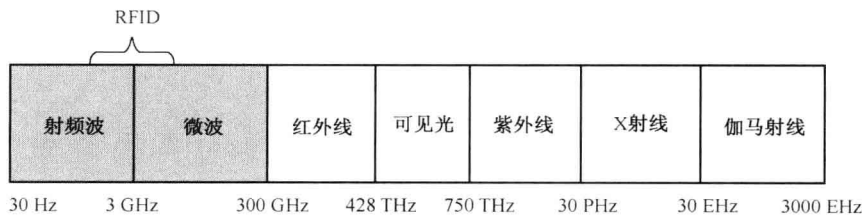


图 1.1 无线电频率的电磁频谱

众所周知,电磁波是通过其振动频率 f (和/或周期 $T = 1/f$)及其对应的波长 λ 来识别的,在空气或真空中 f 和 λ 的关系(见表1.1)为

$$\lambda = cT = c/f$$

其中 c 代表光速, 即光在真空(或空气)中的传输速度, λ 的单位为米(m), f 的单位为赫兹(Hz), 则有

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{f}$$

注意表 1.1 中列出了 RFID 的应用频段, 即 LF、HF (VHF)、UHF 和 SHF。

表 1.1 射频 (RF) 应用的频率和波长

频段号 N	频带名缩写	频带(最小值和最大值)	单位名称	频带的单位缩写	波长 λ (最小值和最大值)
-1	ELF	0.03 ~ 0.3 Hz	吉米	Gm	1 ~ 10 Gm
0	ELF	0.3 ~ 3 Hz	百兆米	hMm	100 ~ 1000 Mm
1	ELF	3 ~ 30 Hz	十兆米	daMm	10 ~ 100 Mm
2	ELF	30 ~ 300 Hz	兆米	Mm	1 ~ 10 Mm
3	ULF	300 ~ 3000 Hz	百千米	hkm	100 ~ 1000 m
4	VLF	3 ~ 30 kHz	万米	Mam	10 ~ 100 km
5	LF	30 ~ 300 kHz	千米	km	1 ~ 10 km
6	MF	300 ~ 3000 kHz	百米	hm	100 ~ 1000 m
7	HF	3 ~ 30 MHz	十米	dam	10 ~ 100 m
8	VHF	30 ~ 300 MHz	米	m	1 ~ 10 m
9	UHF	300 ~ 3000 MHz	分米	dm	10 ~ 100 cm
10	SHF	3 ~ 30 GHz	厘米	cm	1 ~ 10 cm

频段号 N 是指数值($0.3 \times 10^N \sim 3 \times 10^N$ Hz)。
ELF 项表示频段号为 -1 ~ 2 的一组频段。

1.1.1.1 经确认和授权的 RFID 频率

图 1.2 和表 1.2 显示了如上所述的射频带内、带外的频率范围和在射频频谱中的相应位置, 这是国内和国际公认的 RFID 频率范围。

表 1.2 RFID 频率

射频频带	RFID 可接受的和/或授权的射频		
30 ~ 300 kHz	LF	低频	< 135 kHz
3 ~ 30 MHz	HF	高频	13.56 MHz
300 ~ 3000 MHz	UHF	特高频(习惯上也称为超高频)	433 MHz 和 860 ~ 960 MHz 2.45 GHz
3 ~ 30 GHz	SHF	超高频	5.8 GHz

注释

频率值和物理特性密切相关, 位于 UHF 频段最高点的 2.45 GHz 常在 SHF 频段。前言中提到的两本参考书中已经给出了应用 LF 和 HF 的详细说明, 本书只关注 UHF 和 SHF 的应用。

下面讨论频率的应用方法。

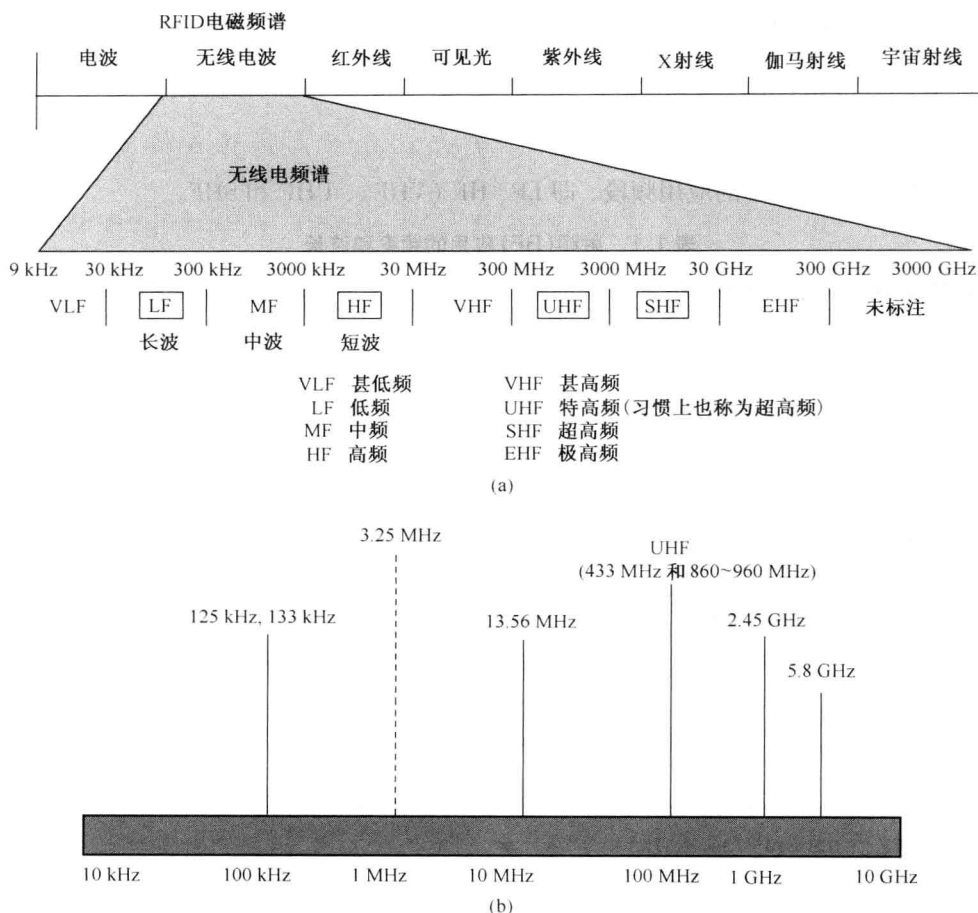


图 1.2 (a) 射频和 RFID 电磁频谱; (b) 授权/确认的 RFID 应用频率

1.2 RFID: 使用者及其目的

直到近代, 物体和人体的识别几乎还是基于纸张、卡片和其他介质, 通过书写、打印字符和数据处理等环节来实现, 这就需要接触识别器(对于写)或直接看到它(对于读)。近些年来, 随着射频链的性能和相关电子元件性能的提高, 相关的研究和开发已经直接面向利用所谓的射频识别技术或非接触式识别技术来替代和增强此前的识别方法。由于识别器只能利用本地电源供电(电瓶或蓄电池), 不能提供远程电源供电, 因此这些新的技术方法在很长一段时间内受到限制。不过随着过去十年集成电路技术的飞速发展, 真正意义的非接触式系统(不需要电池)的梦想已经变为现实。

第 3 章将讨论该技术用于何处(即应用)以及受益方(即市场)。

1.3 历史

识别系统以多种形式已经存在了很多年。看看刚刚过去的几十年, 很明显, 识别各种物品的标签技术有了一个爆炸式的大发展, 其主要表现就是发明了纸质条码和读写器。同时, 使用

电子标签的工业实验和应用得到了发展,主要用在监测工业加工进程和动物身份验证(对羊、猪、牛、马、家禽等),以植入形式或通过嵌入控制系统(针对建筑、运输等行业)来监测个体。这种电子标签的概念正从只含有一些简单的工业参数向可能为了保密性和安全性的要求而提供所有所需参数的高端识别系统演变。

针对这些特殊学科的研究已经进行了很多年,现在可以说这些技术很快会在很大范围内得到应用。另外,除了众所周知的工作在这种安全非接触式原理的汽车用电子防盗器(已在超过7亿辆车内配备)和传输智能卡(目前有价值将近20亿美元的产品在使用,主要在亚洲、欧洲和南美洲),目前还有很多有关电子标签领域的实验、分析研究及大项目正在进行。

很明显,这大大刺激了使用“可接触式”设备尤其是追溯系统设备的用户。

1.4 射频(或非接触式)识别及其应用范围

下面对目前非接触式电子识别或RFID的应用范围进行简要概述。

1.4.1 非接触式RFID

射频识别(RFID)术语是指任何利用射频波的识别系统,人们也常使用非接触式一词;但不特指传输性质(RF、IR等)。非接触式识别领域可以分成很多子领域,其中主要包括以下几方面。

光学成像

光学成像需要利用人眼、阅读设备(激光等)或CCD(Charge Coupled Device,电荷耦合器件)摄像机等能直接工作于识别器所探测到的影像的探测器。常用的例子是标准的印刷标签,或条形码和二维码标签。

这些系统的最大问题是(如果它确实是一个问题),其直接影像是读取的基本要素,但这取决于标签的清晰度(可能会有污点或破损)。第二个问题是不能很便捷地更新标签(不只是简单地更换)。不过其最大的好处是成本很低。

低频(LF)和高频(HF)链路

在识别器和读写器之间利用射频通信,不需要识别器直接的物理光学成像就可以远距离读取(不必依靠人眼或光电读写器的判断),这使得应用“巨量”读取系统成为可能。这样,在射频通信领域,读写器可以同时与很多识别器进行通信而不需要直接看到它们。借助于电子系统的帮助,还可以为识别器提供相关信息的安全保护等措施;因此,这也引领了对识别器,即智能条形码或智能标签等的开发,有关这些将会在后续进行详细描述。

如前所述,低频和高频广泛分布于从几千赫到几十兆赫。

在特高频(UHF,习惯上也称为超高频)和超高频(SHF)链路中

工作在UHF频段的设备使用的载频是433 MHz和860/960 MHz,工作在SHF频段的设备使用的载频一般是2.45~5.8 GHz,有时用24 GHz。尽管有部分识别器使用集成电池(有时也称为辅助电池),这些系统被归类为“无源”设备,因为它们不能传输任何电磁辐射(这些设备使用的集成电池不能以任何方式被唤醒)。事实上,本书会详细说明这一点,这些识别器对入射辐射的反射度或反射率进行调制(称为“镜像”效应),以便使发射机能够识别,同时接收到反射辐射的发射设备也能够识别经识别器处理的调制信号。

基于这些载频的电平,可以在很短的时间内(几十毫秒)进行高速通信,同时也可以迅速识别快速移动的物体(就像火车或高速公路上行驶的汽车始终记得速度 10 m/s 相当于 36 km/h,或 144 km/h 相当于 40 m/s,由此得出交通工具 25 ms 可行驶 1 m)。

众所周知,UHF 和 SHF 应用中存在的最大问题就是其穿透液体和人体(含水量 80%)的能力非常低,同样其定向传输能力也很低——当然有时这也是它的一个优点。

另一个问题是工作在这个频段的识别器因为受其对应的波长限制,使用的是小型天线,其远程供电受到限制,也就是说能量恢复有限,因此有时需要使用本地电源供电。

红外线链路

就像超高频链路一样,在非接触式识别设备中经常应用红外光学信号(波长在 800 nm 左右)来提供较高数据速率和较强定向性能的通信波束,再利用询问器还可以增加工作距离。

1.5 非接触式通信的概念

这里给出非接触式通信概念的简要说明,其中包括:

- 非接触式通信的距离
- 供电电源及供电模式
- 通信和通信模式(ISO/OSI)
- 工作距离

1.5.1 非接触式通信的距离

注释

“距离”指的是在传输中能够被覆盖的全部/最大距离,“范围”指的是两个地点或边界之间的区域。

因为本书关注的是 RFID 和非接触式应用,所以现在给出“非接触式”包含的机械概念方面的解释,换句话说,给出通信距离对应用“非接触式”技术的用户理解相关概念很有帮助。为了避免不必要的争议,首先需要声明,在 ISO 标准中没有给出有关 RFID 设备工作距离(米)的精确定义。

极短距离(即从非接触式到接触式)

有很多“非接触式”应用,其在基站和识别器之间的工作距离必须或可能是零(即“可接触”系统),关键点是此应用必须是绝缘的。

短距离

“短距离”应用(例如依据 ISO 10536 标准,应用频率为 13.56 MHz)一般是指工作距离为几毫米或几十毫米,这些应用称为“闭合触点”型非接触式应用。

感应

适用于“感应”型非接触式系统(例如 ISO 14443)的应用距离为几十厘米。这一应用系列包括需有“自动”报告功能的非接触式智能卡,主要应用在银行系统、支付系统、运输系统和接入控制系统中。

近距离

在“近距离”型非接触式系统中有相同的优点和缺点(见 ISO 15693/ISO 18000-*x*)。实际距离为 50 cm ~ 1 m, 支持“免提”功能, 包括接入控制、机场的行李验证及监控、手推车的移动等。

远距离

远距离指的是工作距离一般在 1 m 和 5 ~ 10 m 的应用。例如, 大型或超大型市场的入口、托盘的读取等。除了这些距离的应用, 还有“超远距离”应用。

超远距离

对于超远距离的应用(超过数十米甚至数百米), 先不讨论应用远程供电或应答器的方式, 这将在随后进行详细描述, 先探讨配有内部集成的电源模块并按照射频原理在通信链路的两端(即固有系统和远程系统)配备发射机和接收机的识别器。

这种有源系统超出了本书涉及的范围。

图 1.3 总结了这几类工作距离。

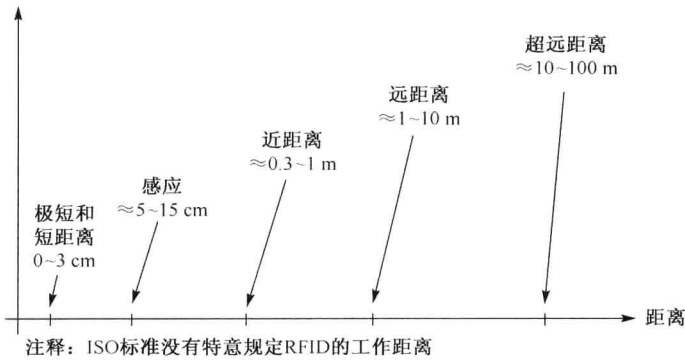


图 1.3 RFID 的工作距离

1.6 RFID 系统的组成、术语和词汇

图 1.4 和表 1.3 显示了非接触式应用中的各个组成部分, 分别以框图和 OSI/ISO 模块分层形式表示。

下面快速介绍一下 RFID 系统的组成结构。

表 1.3 非接触式应用的组成

	远程系统组成	固有系统组成
Layer 7	应用	应用
Layer 2	通信协议	通信协议
Layer 1	模拟部分天线	模拟部分天线
介质	电磁辐射	空中耦合

远程单元

远程单元是指具有记忆功能(WORM, E²PROM, FLASH 等), 用于存储对实际应用有用的数据组成信息的部件, 它能够提供对实际通信的控制功能并最终提供射频传输。