

INTERNET OF THINGS, IOT



物联网 射频识别 (RFID) 核心技术教程

RFID Core Technology Based on
Internet of Things

黄玉兰◎编著

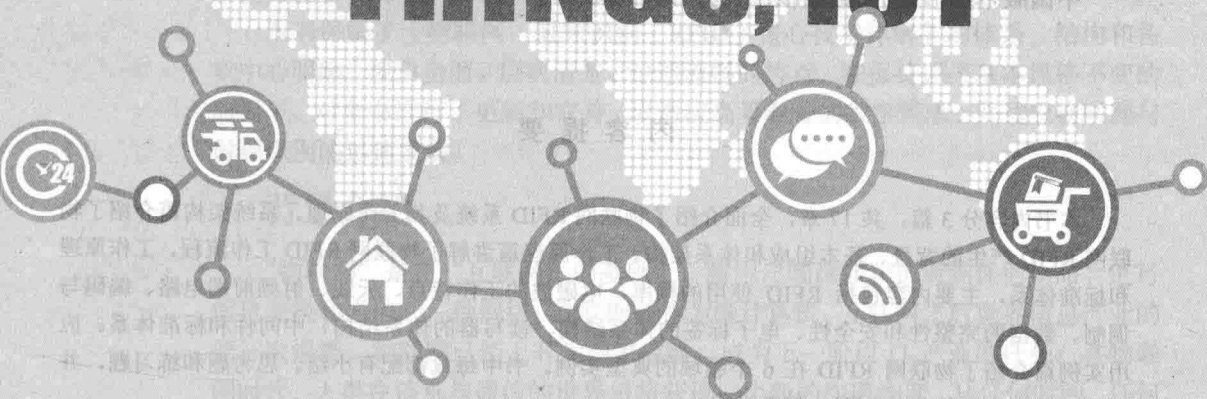


中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

INTERNET OF THINGS, IOT



物联网 射频识别 (RFID)

核心技术教程

黄玉兰◎编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

物联网-射频识别 (RFID) 核心技术教程 / 黄玉兰编

著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-115-41255-3

I. ①物… II. ①黄… III. ①射频—无线电信号—信号识别—教材 IV. ①TN911.23

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第298398号

内 容 提 要

本书内容分3篇,共17章,全面介绍了物联网RFID系统及其工作原理。系统架构篇介绍了物联网RFID产生的背景、基本组成和体系架构。工作原理篇讲解了物联网RFID工作流程、工作原理和标准体系,主要内容包括RFID使用的频率、电磁波的工作特点、天线、射频前端电路、编码与调制、数据的完整性和安全性、电子标签的体系结构、读写器的体系结构、中间件和标准体系。应用实例篇介绍了物联网RFID在6个领域的典型实例。书中每章都配有小结、思考题和练习题,并列举了具有实用价值的例题,便于学习。

本书内容丰富、视角全面,具有可读性、知识性和系统性,不仅讲解了物联网RFID的基本理论和基础知识,而且介绍了该技术在国内外的发展现状、仿真设计和解决方案。

本书适合作为高等学校计算机、通信、电子、物联网、自动控制等相关专业的教材。本书对于从事物联网RFID工作的工程师也是一本很好的参考书。

◆ 编 著 黄玉兰

责任编辑 张孟玮

责任印制 沈 蓉 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 22.5

2016年4月第1版

字数: 621千字

2016年4月河北第1次印刷

定价: 58.00元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

前言

本书由《物联网：射频识别（RFID）核心技术详解》一书改编而来。《物联网：射频识别（RFID）核心技术详解》于2010年出版，2011年荣获陕西省普通高等學校优秀教材一等奖，2012年修订完成第2版，总计发行1万多册。

本书保留了《物联网：射频识别（RFID）核心技术详解》的体系、结构和各章中心明确、视角全面、层次清楚、论述流畅的特点，在保持原书基本风格不变的前提下，对全书进行了更新和完善，以适应高等教育的教学需求，并适应物联网与射频识别的迅速发展。

背景介绍

“物联网”是在“互联网”的基础上，将用户端延伸和扩展到任何物品、进行信息交换和通信的一种网络。物联网被称为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮，物联网已经上升为国家战略，成为下一阶段IT产业的任务。在物联网时代，人类在信息与通信的世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间、任何地点的人与人之间的沟通和连接，扩展到任何时间、任何地点的人与物、物与物之间的沟通和连接。互联网时代，人与人之间的距离变小了；而继互联网之后的物联网时代，则是人与物、物与物之间的距离变小了。

射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）通过无线射频方式获取物体的相关数据，并对物体加以识别，是一种非接触式的自动识别技术。RFID通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据，识别工作无需人工干预，可以识别高速运动的物体，可以同时识别多个目标，可以实现远程读取，并可以工作于各种恶劣环境。RFID技术无需与被识别物体直接接触，即可完成信息的输入和处理，能快速、实时、准确地采集和处理信息，是21世纪十大重要技术之一。

物联网起源于RFID领域。在物联网中，RFID技术与互联网、移动通信等技术相结合，可以实现全球范围内物品的跟踪与信息的共享，从而给物体赋予智能，实现人与物体及物体与物体的沟通和对话，最终构成联通万事万物的物联网。

关于本书

本书由物联网RFID系统架构、工作原理和应用实例3部分构成。编写本书的初衷有3个，一是介绍物联网RFID的系统架构，给出物联网与RFID之间的关系，使读者领悟RFID在物联网中所处的地位和作用；二是给出RFID的工作原理，这些工作原理可以构成完整的物联网RFID解决方案；三是给出物联网RFID的应用实例，使读者认识到物联网的时代即将来临，物联网RFID将对社会经济的各个领域产生重大影响。

本书内容组织方式

本书分为3篇，共17章内容。其中，第1篇（第1章～第3章）为物联网RFID系统架构篇，该篇系统地介绍了物联网的概念、RFID的概念、物联网RFID基本

概况、物联网 RFID 基本组成和物联网 RFID 体系架构;第2篇(第4章~第14章)为物联网 RFID 工作原理篇,该篇系统地介绍了 RFID 的工作频率、电子标签和读写器的天线、电子标签和读写器的射频前端电路、编码与调制、数据的完整性与数据的安全性、电子标签的体系结构、读写器的体系结构、RFID 中间件和 RFID 标准体系;第3篇(第15章~第17章)为物联网 RFID 应用实例篇,该篇介绍了物联网 RFID 在国内外的民航领域、公交领域、制造领域、物流领域、防伪领域和公共安全领域的典型实例。

本书作者

本书由西安邮电大学黄玉兰教授编著。中国科学院西安光学精密机械研究所、中国科学院大学通信与信息系统专业的博士研究生夏璞协助完成了本书的插图工作,并协助整理了物联网和 RFID 的技术资料,在此表示感谢。

由于作者时间和水平有限,书中难免会有缺点和错误,敬请广大读者予以指正。(电子邮箱:huangyulan10@sina.com。)

编者

2015年9月

关于本书

本书由物联网 RFID 系统架构、工作原理、应用案例三部分组成。第1篇为物联网 RFID 系统架构,主要介绍物联网 RFID 系统架构、RFID 系统组成、RFID 系统标准、RFID 系统应用等。第2篇为物联网 RFID 工作原理,主要介绍 RFID 工作频率、电子标签和读写器的天线、电子标签和读写器的射频前端电路、编码与调制、数据的完整性与数据的安全性、电子标签的体系结构、读写器的体系结构、RFID 中间件和 RFID 标准体系。第3篇为物联网 RFID 应用案例,主要介绍物联网 RFID 在国内外的民航领域、公交领域、制造领域、物流领域、防伪领域和公共安全领域的典型实例。

本书内容结构

本书共分3章。第1章为物联网 RFID 系统架构,主要介绍物联网 RFID 系统架构、RFID 系统组成、RFID 系统标准、RFID 系统应用等。第2章为物联网 RFID 工作原理,主要介绍 RFID 工作频率、电子标签和读写器的天线、电子标签和读写器的射频前端电路、编码与调制、数据的完整性与数据的安全性、电子标签的体系结构、读写器的体系结构、RFID 中间件和 RFID 标准体系。第3章为物联网 RFID 应用案例,主要介绍物联网 RFID 在国内外的民航领域、公交领域、制造领域、物流领域、防伪领域和公共安全领域的典型实例。

目 录

第 1 篇 物联网 RFID 系统架构

第 1 章 物联网与 RFID 技术.....2

1.1 物联网概述.....2

1.1.1 物联网的概念.....2

1.1.2 物联网的历史与未来.....3

1.1.3 物联网的作用.....4

1.2 自动识别技术.....4

1.2.1 自动识别技术概述.....5

1.2.2 条码识别技术.....5

1.2.3 磁卡识别技术.....7

1.2.4 IC 卡识别技术.....8

1.2.5 RFID 技术.....8

1.3 RFID 的发展历程.....9

1.3.1 RFID 技术的产生.....9

1.3.2 RFID 技术的探索阶段.....10

1.3.3 RFID 技术成为现实阶段.....10

1.3.4 RFID 技术的推广阶段.....10

1.3.5 RFID 技术的普及阶段.....11

1.4 RFID 的应用现状.....12

本章小结.....12

思考与练习.....13

第 2 章 RFID 系统的基本构成.....14

2.1 RFID 系统概述.....14

2.1.1 RFID 系统的基本组成.....14

2.1.2 RFID 系统的工作流程.....15

2.1.3 RFID 系统的分类方法.....15

2.2 电子标签.....19

2.2.1 电子标签的基本组成.....19

2.2.2 电子标签的结构形式.....19

2.2.3 电子标签的工作特点.....22

2.2.4 电子标签的技术参数.....25

2.2.5 电子标签的功能模块.....26

2.2.6 电子标签的封装.....28

2.2.7 电子标签的发展趋势.....28

2.3 读写器.....30

2.3.1 读写器的基本组成.....30

2.3.2 读写器的结构形式.....30

2.3.3 读写器的工作特点.....32

2.3.4 读写器的技术参数.....32

2.3.5 读写器的功能模块.....33

2.3.6 读写器的发展趋势.....34

2.4 系统高层.....35

本章小结.....35

思考与练习.....36

第 3 章 物联网 RFID 系统架构.....37

3.1 全球物品编码.....37

3.1.1 物品编码概述.....37

3.1.2 条码编码.....39

3.1.3 EPC.....40

3.2 电子标签与读写器构成的 RFID 识别系统.....42

3.2.1 EPC 标签.....42

3.2.2 EPC 读写器.....45

3.2.3 EPC 读写器与电子标签构成的系统.....46

3.3 中间件.....46

3.3.1 中间件的作用.....46

3.3.2 中间件的结构.....47

3.3.3 中间件的发展阶段.....48

3.3.4 中间件的应用.....48

3.4 物联网名称解析服务和信息发布服务.....48

3.4.1 物联网网络服务概述.....49

3.4.2 物联网名称解析服务.....49

3.4.3 物联网信息发布服务.....50

本章小结.....52

思考与练习.....53

第2篇 物联网 RFID 工作原理

第4章 RFID 使用的频率及

电磁波的工作特点56

4.1 频率范围56

4.1.1 频谱的划分56

4.1.2 频谱的分配和无线电业务种类57

4.1.3 ISM 频段58

4.1.4 RFID 使用的频段60

4.2 RFID 电波传播的电参数63

4.2.1 电磁波的传播速度63

4.2.2 RFID 的工作波长65

4.2.3 相位常数、波阻抗和能流密度 矢量66

4.2.4 波的极化67

4.2.5 反射系数和折射系数68

4.3 低频和高频 RFID 电磁场的特性70

4.4 微波 RFID 电磁波的特性70

4.4.1 自由空间的传输损耗70

4.4.2 视距传播与非涅耳区71

4.4.3 RFID 电磁波的传播机制73

4.4.4 集肤效应76

本章小结78

思考与练习78

第5章 天线基础80

5.1 天线概述80

5.1.1 天线的定义80

5.1.2 天线的分类81

5.1.3 天线的研究方法和设计方法81

5.2 基本振子的辐射82

5.2.1 电基本振子的辐射82

5.2.2 磁基本振子的辐射84

5.3 天线的电参数86

5.3.1 发射天线的电参数86

5.3.2 互易定理和接收天线的电参数90

5.4 对称振子天线91

5.4.1 对称振子天线的电流分布91

5.4.2 对称振子天线的辐射场与 方向图92

5.4.3 对称振子天线的辐射电阻93

5.4.4 对称振子天线的输入阻抗94

5.5 天线阵94

5.5.1 二元阵与方向性乘积原理94

5.5.2 均匀直线阵95

5.6 其他类型天线简要介绍96

5.6.1 引向天线96

5.6.2 螺旋天线97

5.6.3 微带天线97

5.6.4 缝隙天线98

5.6.5 旋转抛物面天线98

本章小结99

思考与练习100

第6章 RFID 中的天线技术101

6.1 RFID 天线的应用及设计现状101

6.1.1 RFID 天线的应用现状101

6.1.2 RFID 天线的设计现状102

6.2 低频和高频 RFID 天线技术104

6.2.1 低频和高频 RFID 天线的结构104

6.2.2 低频和高频 RFID 天线的磁场105

6.2.3 低频和高频 RFID 天线的最佳 尺寸107

6.3 微波 RFID 天线技术107

6.3.1 微波 RFID 天线的结构107

6.3.2 微波 RFID 天线的应用方式108

6.3.3 多种类型的微波 RFID 天线109

6.4 天线仿真设计与制作114

6.4.1 Ansoft HFSS 仿真软件115

6.4.2 CST MICROWAVE STUDIO 和 IE3D 仿真软件116

6.4.3 天线仿真、制作与调试116

6.5 RFID 天线的制造工艺116

6.5.1 线圈绕制法116

6.5.2 蚀刻法117

6.5.3 印刷法117

本章小结119

思考与练习120

第7章 RFID 电感耦合方式的

射频前端121

7.1 线圈的自感和互感121

7.1.1 磁通量121

7.1.2 线圈的电感122

7.1.3 线圈间的互感122

7.2 RFID 读写器的射频前端123

7.2.1 RFID 读写器射频前端的结构123

7.2.2 串联谐振电路124

7.3 RFID 电子标签的射频前端127

7.3.1 RFID 电子标签射频前端的结构127

7.3.2 并联谐振电路128

7.4 RFID 读写器与电子标签之间的电感

耦合131

7.4.1 电子标签的感应电压132

7.4.2 电子标签的直流电压134

7.4.3 负载调制134

本章小结136

思考与练习137

第8章 RFID 电磁反向散射方式的

射频前端139

8.1 微波 RFID 射频前端的基本构成139

8.2 射频滤波器设计141

8.2.1 滤波器的基本类型141

8.2.2 低通滤波器原型141

8.2.3 滤波器的变换及集总参数

滤波器的设计145

8.2.4 分布参数滤波器的设计148

8.3 射频低噪声放大器的设计153

8.3.1 放大器的稳定性153

8.3.2 放大器的功率增益154

8.3.3 放大器输入输出驻波比155

8.3.4 放大器的噪声155

8.4 射频功率放大器的设计156

8.4.1 A 类放大器的设计156

8.4.2 交调失真158

8.5 射频振荡器的设计159

8.5.1 振荡器的基本模型159

8.5.2 射频低频段振荡器的设计160

8.5.3 微波振荡器的设计162

8.6 混频器的设计165

本章小结168

思考与练习169

第9章 编码与调制170

9.1 信号与信道170

9.1.1 信号171

9.1.2 信道172

9.2 编码与调制175

9.2.1 编码与解码175

9.2.2 调制和解调176

9.3 RFID 常用的编码方法177

9.3.1 编码应具有的预期性能177

9.3.2 编码格式178

9.3.3 RFID 常用标准的编码方式181

9.3.4 编码方式 Matlab/Simulink 仿真

方法183

9.4 RFID 常用的调制方法184

9.4.1 载波184

9.4.2 振幅键控185

9.4.3 频移键控187

9.4.4 相移键控187

9.4.5 副载波调制188

9.4.6 RFID 常用标准的调制方式190

本章小结191

思考与练习191

第10章 数据的完整性与数据的
安全性193

10.1 数据的完整性193

10.1.1 差错控制193

10.1.2 数据传输中的防碰撞问题200

10.1.3 RFID 中数据完整性的实施

策略202

10.1.4 编解码电路和校验电路 FPGA

设计204

10.2 数据的安全性208

10.2.1 密码学基础208

10.2.2 RFID 电子标签的安全设计210

10.2.3 RFID 应用系统的安全设计212

10.2.4 RFID 安全策略举例213

本章小结215

思考与练习	216
第 11 章 电子标签的体系结构	217
11.1 一位电子标签	217
11.2 采用声表面波技术的标签	219
11.2.1 表面波的形成及表面波的反射	219
11.2.2 声表面波器件概述	220
11.2.3 声表面波器件的特点	221
11.2.4 声表面波标签	222
11.2.5 声表面波技术的发展方向	224
11.3 含有芯片的电子标签	224
11.3.1 射频前端电路	225
11.3.2 控制部分的电路结构	227
11.4 具有存储功能的电子标签	228
11.4.1 地址和安全逻辑	229
11.4.2 存储器	230
11.4.3 非接触式 IC 卡芯片介绍	232
11.4.4 MIFARE 技术	235
11.5 含有微处理器的电子标签	237
11.5.1 微处理器	237
11.5.2 操作系统命令的处理过程	237
11.5.3 含有微处理器的电子标签实例	238
本章小结	239
思考与练习	240

第 12 章 读写器的体系结构 241

12.1 读写器在 RFID 应用系统中的作用	241
12.2 读写器的组成与设计要求	242
12.2.1 读写器的组成	242
12.2.2 读写器的设计要求	243
12.3 低频读写器	244
12.3.1 基于 U2270B 芯片的读写器	244
12.3.2 考勤系统的读写器	246
12.3.3 汽车防盗系统的读写器	247
12.4 高频读写器	248
12.4.1 MF RC500 芯片	248
12.4.2 基于 MF RC500 芯片的读写器	251
12.5 微波读写器	254
12.5.1 微波 RFID 系统射频前端的一般结构	254
12.5.2 用于表面波标签的微波系统	254
12.5.3 微波读写器的一个实例	255

12.5.4 射频电路与 ADS 仿真设计	256
本章小结	261
思考与练习	262

第 13 章 物联网 RFID 中间件 263

13.1 RFID 中间件概述	263
13.1.1 中间件的概念	263
13.1.2 RFID 中间件的分类	264
13.1.3 RFID 中间件的发展历程	265
13.1.4 RFID 中间件的特征与作用	266
13.2 RFID 中间件的接入技术和业务集成技术	266
13.2.1 RFID 硬件设备与中间件的架构	267
13.2.2 RFID 读写设备接入技术	267
13.2.3 RFID 中间件业务集成技术	268
13.3 RFID 中间件的基本结构	270
13.3.1 中间件的系统框架	270
13.3.2 中间件的处理模块	271
13.4 RFID 中间件实例	273
13.4.1 IBM 的 RFID 中间件	274
13.4.2 微软的 RFID 中间件	275
13.4.3 国内的 RFID 中间件	277
本章小结	278
思考与练习	279

第 14 章 物联网 RFID 标准体系 280

14.1 物联网 RFID 标准简介	280
14.1.1 RFID 标准化组织	280
14.1.2 RFID 标准体系构成	282
14.1.3 标准的意义、本质与作用	283
14.1.4 标准与知识产权	283
14.2 ISO/IEC RFID 标准体系	284
14.2.1 ISO/IEC 技术标准	284
14.2.2 ISO/IEC 数据结构标准	286
14.2.3 ISO/IEC 性能标准	287
14.2.4 ISO/IEC 应用标准	287
14.2.5 ISO/IEC 其他标准	289
14.2.6 ISO/IEC 的 RFID 标准汇总表	290
14.3 EPCglobal RFID 标准体系	293
14.3.1 EPC 系统的框架结构	293
14.3.2 EPC 系统的体系框架标准	295
14.3.3 EPC 系统的工作流程	296

14.4 日本泛在识别 UID 标准体系	297
14.4.1 UID 标准体系的架构	297
14.4.2 泛在识别码	297
14.4.3 泛在通信器	298
14.4.4 Ucode 标签分级	298
14.4.5 信息系统服务器	299
14.4.6 Ucode 解析服务器	299
14.5 我国物联网 RFID 技术标准	300

14.5.1 制定我国 RFID 标准的必要性和基本原则	300
14.5.2 我国 RFID 标准体系框架	301
14.5.3 我国 RFID 的关键技术	302
14.5.4 我国 RFID 应用技术标准	304
本章小结	305
思考与练习	306

第 3 篇 物联网 RFID 应用实例

第 15 章 物联网 RFID 在交通

运输领域的应用

15.1 物联网 RFID 在民航领域的应用	308
15.1.1 RFID 在机场管理系统应用的 优势	308
15.1.2 RFID 在机场管理系统的应用 前景	309
15.1.3 RFID 在机场管理系统各个 环节中的应用	310
15.1.4 实施 RFID 需要考虑的几个 问题	313
15.1.5 RFID 在世界各国机场的应用 案例	313
15.2 物联网 RFID 在公交领域的应用	314
15.2.1 RFID 在公交管理系统中的 应用	314
15.2.2 美国双子城 RFID 公交车库 定位和管理系统	316
15.2.3 RFID 不停车收费智能化管理 系统	317
15.2.4 RFID 京津城际列车公交化 系统	319
本章小结	322
思考与练习	323

第 16 章 物联网 RFID 在制造与

物流领域的应用

16.1 物联网 RFID 在制造领域的应用	324
16.1.1 物联网 RFID 在制造业中的 作用	324

16.1.2 物联网 RFID 在德国汽车制造 领域的应用实例	326
16.1.3 物联网 RFID 在美国电路板制造 领域的应用实例	328
16.1.4 各国用于制造业的 RFID 产品 实例	329
16.2 物联网 RFID 在物流领域的应用	331
16.2.1 物联网 RFID 在物流领域的实施 效果	332
16.2.2 物联网 RFID 在日本物品配送 领域的应用实例	332
本章小结	334
思考与练习	335

第 17 章 物联网 RFID 在防伪和

公共安全领域的应用

17.1 物联网 RFID 在防伪领域的应用	336
17.1.1 物联网 RFID 电子票证在防伪 系统中的作用	336
17.1.2 南非世界杯预选赛(中国-澳大 利亚) RFID 电子门票系统	337
17.1.3 五粮液酒 RFID 防伪系统	339
17.2 物联网 RFID 在公共安全领域的 应用	341
17.2.1 中国 RFID 门禁控制系统	341
17.2.2 德国 RFID 医院信息系统	345
本章小结	348
思考与练习	348

参考文献	349
------	-----

第 1 篇

物联网 RFID 系统架构

第 1 篇“物联网 RFID 系统架构”共有 3 章内容。第 1 章简要地介绍了物联网和 RFID 的基本概况，包括物联网的概念、RFID 的概念、RFID 在物联网中的作用、RFID 发展历程和 RFID 应用现状。第 2 章全面地介绍了 RFID 系统的基本构成，包括 RFID 组成部分、功能特征、分类方式、结构形式、技术特点、工作流程和发展趋势，通过本章的学习，可以对由电子标签和读写器构成的 RFID 系统有一个基本认识。第 3 章以物联网 EPC 系统为基础，介绍了物联网 RFID 体系架构。通过本章的学习，可以对由 EPC、RFID、IOT-Middleware、IOT-ONS 和 IOT-IS 构成的物联网 RFID 体系架构有一个全面的认识。

物联网 (The Internet of Things, IOT) 起源于射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID) 领域。1999 年，美国麻省理工学院 (Massachusetts Institute of Technology, MIT) 首先提出了物联网的概念。MIT 构想为全球所有物品都提供电子产品编码 (Electronic Product Code, EPC)，目标是实现对全球任何物理对象都进行唯一有效的标识，物联网最初的思想来源于 MIT 的这一构想，MIT 的这一构想就是现在经常提到的物联网 EPC 系统。传统的 RFID 系统是由电子标签、读写器和系统高层构成的闭环系统，这个闭环系统用于对物品的自动识别。物联网 EPC 系统将传统的 RFID 闭环应用拓展到开环应用。物联网 EPC 系统利用 RFID 技术识别物品，利用 EPC、中间件 (Middleware)、名称解析服务 (Object Name Service, ONS) 和信息发布服务 (Information Service, IS) 将物品的信息发布到互联网上，可实现全球范围内物品的跟踪与信息的共享，从而赋予物体智能，实现人与物、物与物的沟通和对话，最终构成联通万事万物的物联网。

第 1 章

物联网与 RFID 技术

物联网是在互联网的基础上，将用户端延伸和扩展到任何物体，进行信息交换和通信的一种网络。当物联网最初在美国被提出时，还只是停留在给全球每个物品一个代码，实现物品跟踪与信息传递的设想上。如今，物联网已经成为国家战略，物联网本身则被称为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。

IBM 前首席执行官郭士纳曾提出一个观点，认为世界计算模式每隔 15 年发生一次变革。1965 年前后发生的变革以大型机为标志，1980 年前后发生的变革以个人计算机为标志，1995 年前后发生的变革以互联网为标志，这次则将是物联网变革。物联网描绘的是充满智能化的世界，在物联网的世界中物与物都将相连，地球万物将充满智慧。

在物联网中，RFID 技术是实现物联网的关键技术。RFID 技术是一种自动识别技术，它利用射频信号实现无接触信息传递，达到物体识别的目的。RFID 技术与互联网、移动通信等技术相结合，可以实现全球范围内物体的跟踪与信息的共享，从而给物体赋予智能，实现人与物体以及物体与物体的沟通和对话，最终构成联通万事万物的物联网。

本章主要介绍物联网和 RFID 技术的基本概况。本章首先介绍物联网的概念、物联网的历史与未来，并介绍物联网的作用以及物联网与 RFID 的相互关系；然后介绍物品的自动识别技术，通过条码识别、磁卡识别、IC 卡识别和 RFID 的比较，介绍 RFID 技术与其他自动识别技术相比的优势；最后介绍 RFID 技术的发展历程和应用现状。

1.1 物联网概述

1.1.1 物联网的概念

物联网的定义是：通过射频识别（RFID）、传感器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按照约定的协议，把任何物体与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

由物联网（The Internet of Things, IOT）名称可见，物联网就是“物与物相连的互联网”。这有两层意思，第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础之上延伸和扩展的一种网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物体，在物体之间进行信息的交换和通信。

物联网概念的问世，在某种程度上打破了之前对信息与通信技术固有的看法。人类在信息与通信的世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间、任何地点的人与人之间的沟通和连接，扩展到任何时间、任何地点的人与物、物与物之间的沟通和连接。

根据国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）的描述，世界上的万事万

物,小到手表、钥匙,大到汽车、楼房,只要嵌入一个微型芯片,把它变得智能化,这个物体就可以“自动开口说话”。再借助无线网络技术,人就可以和物体“对话”,物体和物体之间也能“交流”。物联网搭上互联网这个桥梁,在世界任何一个地方,人类都可以即时获取万事万物的信息。IT产业下一阶段的任务,就是把新一代的IT技术充分运用到各行各业之中,地球上的各种物体将被普遍连接,形成物联网。

1.1.2 物联网的历史与未来

物联网的基本思想是美国麻省理工学院在1999年提出的,其核心思想是为全球每个物品提供唯一的电子标识符,实现对所有实体对象的唯一有效标识。这种电子标识符就是现在经常提到的电子产品编码(Electronic Product Code, EPC),物联网最初的构想是建立在EPC之上的。EPC系统使网络的触角伸到了物体之上,通过EPC来搭建自动识别全球物品的物联网,目标是实现全球物品实时识别和信息共享的网络平台。EPC系统利用射频识别技术追踪和管理物品。在EPC系统中,电子标签中存储着EPC,电子标签是EPC的物理载体,附着在可跟踪的物品上,可全球流通;电子标签与读写器构成的射频识别系统对EPC自动采集;读写器与互联网相连,读写器是读取电子标签中EPC,并将EPC输入互联网的设备。

2003年,美国沃尔玛公司宣布2005年将使用EPC系统的射频识别技术。随后,联合利华、保洁、卡夫、可口可乐、吉列和强生等公司也宣布将采用EPC系统。2004年,EPC系统推出了第一代的全球标准,第一代EPC电子标签标准EPC Gen1完成,并在部分应用中进行了测试。2005年,EPC系统发布了电子标签的EPCGen2标准,Gen2标准得到实际应用。从示范实验到全球标准,EPC系统以射频识别技术作为一种物联网的实现模式,构建全球的、开放的、物品标识的物联网。

2005年11月17日,在突尼斯(Tunis)举行的信息社会世界峰会(W SIS)上,国际电信联盟(ITU)发布了《ITU互联网报告2005:物联网》,正式提出了“物联网”的概念。报告指出,无所不在的“物联网”通信时代即将来临,世界上所有的物体都可以通过因特网主动进行信息交换,包括从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾。

2009年1月28日,奥巴马就任美国总统后,与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”。IBM首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念,建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。“智慧地球”概念一经提出,立即得到美国各界的高度关注,甚至有分析认为,IBM公司的这一构想极有可能上升至美国的国家战略,并在世界范围内引起轰动。IBM认为,IT产业下一阶段的任务是把新一代的IT技术充分运用到各行各业之中,地球上的各种物体将被普遍连接,形成物联网。

2009年6月18日,欧盟在比利时首都布鲁塞尔提交了以《物联网——欧洲行动计划》为题的公告。欧盟的《物联网——欧洲行动计划》列举了14项行动,欧盟希望通过构建新型物联网管理框架来引领世界物联网的发展。有关专家认为,欧盟制定有关物联网的行动计划,标志着欧盟已经将物联网的建设提到议事日程上来。

2009年8月,我国首次提出发展物联网。2010年3月,教育部下发“教育部办公厅关于战略性新兴产业相关专业申报和审批工作的通知”,我国高校开始创办物联网工程专业。2010年9月,国务院通过“国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定”,确定物联网是我国7个战略性新兴产业之一。2015年7月,国务院发布推进“互联网+”的行动指导意见,“互联网+”将在协同制造、现代农业、智慧能源、普惠金融、益民服务、高效物流、电子商务、便捷交通、绿色生态和人工智能方面开展重点行动,这将进一步加快我国物联网的发展。

美国权威咨询机构弗雷斯特预测,到2020年,世界上“物与物互联”业务与“人与人通信”业务相比将达到30:1。也有预测这个比例未来可以达到100:1甚至1000:1,将对社会经济产

生巨大影响。

欧洲智能系统集成技术平台 (The European Technology Platform on Smart Systems Integration, EPOSS) 是欧盟工业企业为协调研发活动而成立的一个组织。EPOSS 在《Internet of Things in 2020》报告中指出物联网的发展将经历 4 个阶段: 2010 年之前 RFID 被广泛应用于物流、零售和制药领域; 2010 年~2015 年物体互联; 2015 年~2020 年物体进入半智能化; 2020 年之后物体进入全智能化。

1.1.3 物联网的作用

2005 年, 国际电信联盟 (ITU) 的一份报告曾描绘了物联网时代的图景: 司机出现操作失误时汽车会自动报警; 公文包会提醒主人忘带了什么东西; 衣服会告诉洗衣机对颜色和水温的要求; 装载时汽车会告诉你还有多少剩余空间, 并告诉你怎样搭配装载轻重货物。

物联网将把新一代 IT 技术充分运用到各行各业之中。具体地说, 就是把感应器嵌入到商品、公路、铁路、桥梁、隧道、建筑、供水系统、大坝和油气管道等各种物体中, 然后将物联网与现有的互联网整合起来, 实现人类社会与物理系统的整合。在这个整合的网络当中, 存在有大数据计算能力的中心计算机群, 能够对整合网络内的人员和设备实施实时的管理和控制。在此基础上, 人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活, 这将极大提高资源利用率和生产力水平。在物联网中, 世界上的所有物体都将“自动开口说话”, 人和物体也可以“对话”, 物体和物体之间也能“交流”, 再借助于互联网, 在世界任何一个地方, 人类都可以即时获取物体的信息, 这就是物联网的作用。

在物联网中, 射频识别是非常重要的技术。在物联网的构想中, 每个物品都有一个电子标签, 电子标签中存储着规范而具有互用性的信息, 射频识别技术通过读写器自动采集电子标签的信息, 再通过网络传输到中央信息系统, 以实现物品的自动识别和信息共享。物联网以射频识别系统为主要基础, 结合已有的网络技术、数据库技术、中间件技术和无线通信技术等, 构筑一个由大量联网的读写器和无数移动的电子标签组成的、比 Internet 更为庞大的网络。物联网需要各行各业的参与, 是一项综合性的技术, 是一项系统工程。一般来讲, 射频识别在物联网中的作用如下。

- (1) 对物体属性进行标识, 静态属性可以直接存储在电子标签中, 动态属性则需要实时存储。
- (2) 需要各种自动识别设备, 尤其是射频识别设备, 来完成对物体属性的读取, 并将信息转换为适合网络传输的数据格式。
- (3) 将物体的信息通过网络传输到信息处理中心, 由信息处理中心完成物体通信的相关计算, 然后进行信息的交换和通信。

1.2 自动识别技术

随着人类社会步入信息时代, 人们所获取和处理的信息量不断加大。传统的信息采集是通过人工手段录入的, 不仅劳动强度大, 而且数据误码率高。以通信技术和计算机为基础的自动识别技术可以对目标对象自动识别, 并可以工作在各种环境之下, 使人类得以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, 并可以将数据实时更新, 是构造全球物品信息实时共享的基础, 是物联网的重要组成部分。

射频识别是一种自动识别技术。与条码识别技术、磁卡识别技术和 IC 卡识别技术等相比, 射频识别技术以特有的无接触、抗干扰能力强、可同时识别多个物体等优点, 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。本节首先介绍自动识别技术的概念和分类, 然后分别介绍条码识别技术、磁卡识别技术、IC 卡识别技术和射频识别技术。通过本章的学习可以对自动识别技术有一个基本的认识。

1.2.1 自动识别技术概述

1. 自动识别技术的概念

自动识别技术是利用机器识别对象的众多技术的总称。具体地讲,就是应用识别装置,通过被识别物品与识别装置之间的接近活动,自动地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或数据采集技术,对字符、影像、条码和信号等记录数据的载体进行机器自动识别,自动地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后续处理。

以前信息识别和管理多采用单据、凭证和传票等为载体,通过手工记录、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、信息滞后,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。因而造成了信息的识别和管理不能系统控制,无法实现系统优化和实时监控、效率低下,导致人力、运力、资金和场地的大量浪费。

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、防伪和安全等领域中应用,可以采用光识别、磁识别、电识别或射频识别等多种识别方式,是集计算机、光、电、通信和网络技术为一体的高技术学科。

2. 自动识别技术的分类

自动识别技术的分类方法很多,可以按照国际自动识别技术的分类标准进行分类,也可以按照应用领域和具体特征的分类标准进行分类。

(1) 按照国际标准分类

按照国际自动识别技术的分类标准,自动识别技术可以分为数据采集技术和特征提取技术两大类。数据采集技术分为光识别技术、磁识别技术、电识别技术和无线识别技术等;特征提取技术分为静态特征识别技术、动态特征识别技术和属性特征识别技术等。

(2) 按照应用领域和具体特征分类

按照应用领域和具体特征的分类标准,自动识别技术可以分为条码识别技术、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。这几种自动识别技术采用了不同的数据采集技术,其中,条码是光识别技术,磁卡是磁识别技术,IC卡是电识别技术,射频识别是无线识别技术。

1.2.2 条码识别技术

条码是由一组条、空和数字符号组成,按一定编码规则排列,用以表示一定的字符、数字及符号等信息。

条码技术最早诞生于西屋公司实验室,发明家约翰·科芒德想对邮政单据实现自动分检,他的想法是在信封上做条码标记,条码中的信息是收信人的地址,如同今天的邮政编码。为此,约翰·科芒德发明了最早的条码标识。最早的条码标识设计方案非常简单,即一个“条”表示数字“1”、二个“条”表示数字“2”,依次类推。然后,约翰·科芒德又发明了由扫描器和译码器构成的识读设备,扫描器利用当时新发明的光电池收集反射光,“空”反射回来的是强信号,“条”反射回来的是弱信号,通过这种方法可以直接分检信件。

目前条码的种类很多,大体可以分为一维条码和二维条码。一维条码和二维条码都有许多码制,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。条码识别是对红外光或可见光进行识别,由扫描器发出的红外光或可见光照射条码标记,深色的“条”吸收光,浅色的“空”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,数据最后传至后台。

1. 一维条码

(1) 一维条码的码制

一维条码有许多种码制, 包括 Code25 码、Code39 码、Code93 码、Code128 码、EAN-8 码、EAN-13 码、ITF25 码、Matrix 码、库德巴码、UPC-A 码和 UPC-E 码等。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

(2) 一维条码的构成

不论哪一种码制, 一维条码都是由以下几部分构成的。

- ① 左右空白区: 作为扫描器的识读准备。
- ② 起始符: 扫描器开始识读。
- ③ 数据区: 承载数据的部分。
- ④ 校检符(位): 用于判别识读的信息是否正确。
- ⑤ 终止符: 条码扫描的结束标志。
- ⑥ 供人识读字符: 机器不能扫描时手工输入用。
- ⑦ 有些条码还有中间分隔符, 如 EAN-13 条码和 UPC-A 条码等。

(3) EAN-13 条码

目前最流行的一维条码是 EAN-13 条码。EAN (European Article Number) 是欧洲物品编码的缩写。EAN-13 条码的代码由 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启用的前缀码为“690~692”。当前缀码为“690”和“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。

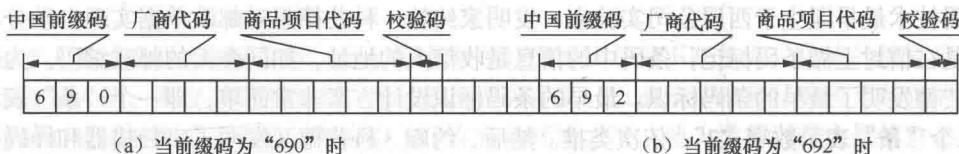


图 1.2 EAN-13 条码的构成

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。由于受信息容量的限制, 一维条码通常只是对物品的标识, 而不是对物品的描述。二维条码能够在横向和纵向二维空间同时表达信息, 因此能在很小的面积内表达大量的信息。二维条码技术自 20 世纪 70 年代初问世以来, 发展十分迅速, 目前它已广泛应用于商业流通、仓储、医疗卫生、图书情报、邮政、铁路、

交通运输和生产自动化管理等领域。

二维条码是用某种特定的几何图形,按一定规律在平面(二维空间)上分布的黑白相间的图形。二维条码在代码编制上巧妙地利用计算机逻辑基础的“0”“1”比特的概念,使用若干个与二进制相对应的几何图形来表示数值信息,通过图像输入设备或光电扫描设备自动识读,以实现信息自动处理。目前有几十种二维条码的码制,常用的码制有 Datamatrix 码、QR Code 码、Maxicode 码、PDF417 码、Code 49 码、Code 16K 码和 Code one 码等。图 1.3 所示为几种常用的二维条码样图。

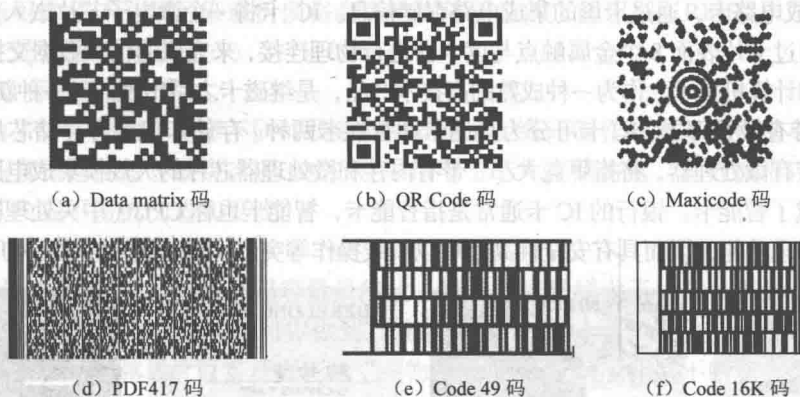


图 1.3 几种常用的二维条码样图

1.2.3 磁卡识别技术

磁卡最早出现在 20 世纪 60 年代。当时伦敦交通局将地铁票背面全涂上磁介质制成磁卡用于储值。后来,由于改进了系统、缩小了面积,磁介质成为了现在的磁条。磁条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、字符和数字信息。磁条通过粘合或热合与塑料或纸牢固地整合在一起,形成磁卡。

磁卡是一种磁记录介质卡片,它由高强度、耐高温的塑料或纸质涂覆塑料制成,能防潮、耐磨且有一定的柔韧性,携带方便、使用较为稳定可靠。磁条记录信息的方法是变化磁的极性,在磁性氧化的地方具有相反的极性(如 S-N 和 N-S),这个过程被称作磁变。识读器材能够分辨到这种磁性变换。一部解码器可以识读到磁性变换,并将它们转换回字母或数字的形式,以便由一部计算机来处理。磁卡技术能够在很小的磁条内存储较大数量的信息,在磁条上的信息可以被重写或更改。

磁条有 2 种形式,一种是普通信用卡式磁条,另一种是强磁式磁条。强磁式磁条由于降低了信息被涂抹或损坏的机会而提高了可靠性,大多数读卡器同时支持这 2 种类型磁条的识读。磁卡的特点是数据可读写,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,例如银行信用卡、会员卡、现金卡、机票和公共汽车票等都可以采用磁卡。图 1.4 所示为一种银行卡,该银行卡通过背面的磁条可以读写数据。

磁卡数据存储时间的长短受磁性粒子极性、耐久性的限制,因此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。要提高存储数据的安全性能,就必须采用另外的相关技术。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,再加上磁卡技术的成熟和低成本,在短期内磁卡技术仍然会在许多领域应用。



图 1.4 银行卡