



智能

科/学/技/术/著/作/丛/书

物联网：RFID多标签识别技术

贾小林 著



科学出版社

智能科学技术著作丛书

物联网:RFID 多标签识别技术

贾小林 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对物联网标识系统的基本构成和技术要求,围绕 RFID 多标签识别过程中的核心技术问题,介绍了 RFID 多标签识别碰撞和防碰撞技术方法,重点分析了以碰撞树算法为代表的基于碰撞树的 RFID 多标签识别防碰撞算法分支中的系列技术方法及其性能特征,包括碰撞树算法、动态碰撞树算法、碰撞树窗口算法、改进型碰撞树算法、通用碰撞树算法、双响应碰撞树算法、多分支碰撞树算法和自适应碰撞树算法等,以及 RFID 多标签识别防碰撞算法稳定性的基本概念和分析评价方法,为相关技术研究和标准化应用奠定了基础。

本书可以作为物联网技术、RFID 技术、计算机应用技术领域技术人员和研究人员的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

物联网:RFID 多标签识别技术/贾小林著. —北京:科学出版社,2019. 6
(智能科学技术著作丛书)

ISBN 978-7-03-061263-2

I. ①物… II. ①贾… III. ①无线信号-射频-信号识别 IV. ①TN911.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 094648 号

责任编辑:张海娜 赵微微 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:吴兆东 / 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>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2019 年 6 月第一次印刷 印张:10 1/4

字数:199 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《智能科学技术著作丛书》编委会

名誉主编：吴文俊

主 编：涂序彦

副 主 编：钟义信 史忠植 何华灿 何新贵 李德毅 蔡自兴 孙增圻
谭 民 韩力群 黄河燕

秘 书 长：黄河燕

编 委：(按姓氏汉语拼音排序)

蔡庆生(中国科学技术大学)

蔡自兴(中南大学)

杜军平(北京邮电大学)

韩力群(北京工商大学)

何华灿(西北工业大学)

何 清(中国科学院计算技术研究所)

何新贵(北京大学)

黄河燕(北京理工大学)

黄心汉(华中科技大学)

焦李成(西安电子科技大学)

李德毅(中央军委联合参谋部第六十一研究所)

李祖枢(重庆大学)

刘 宏(北京大学)

刘 清(南昌大学)

秦世引(北京航空航天大学)

邱玉辉(西南大学)

阮秋琦(北京交通大学)

史忠植(中国科学院计算技术研究所)

孙增圻(清华大学)

谭 民(中国科学院自动化研究所)

谭铁牛(中国科学院自动化研究所)

涂序彦(北京科技大学)

王国胤(重庆邮电学院)

王家钦(清华大学)

王万森(首都师范大学)

吴文俊(中国科学院数学与系统科学研究院)

杨义先(北京邮电大学)

于洪珍(中国矿业大学)

张琴珠(华东师范大学)

赵沁平(北京航空航天大学)

钟义信(北京邮电大学)

庄越挺(浙江大学)

《智能科学技术著作丛书》序

“智能”是“信息”的精彩结晶,“智能科学技术”是“信息科学技术”的辉煌篇章,“智能化”是“信息化”发展的新动向、新阶段。

“智能科学技术”(intelligence science & technology, IST)是关于“广义智能”的理论方法和应用技术的综合性科学技术领域,其研究对象包括:

- “自然智能”(natural intelligence, NI),包括“人的智能”(human intelligence, HI)及其他“生物智能”(biological intelligence, BI)。

- “人工智能”(artificial intelligence, AI),包括“机器智能”(machine intelligence, MI)与“智能机器”(intelligent machine, IM)。

- “集成智能”(integrated intelligence, II),即“人的智能”与“机器智能”人机互补的集成智能。

- “协同智能”(cooperative intelligence, CI),指“个体智能”相互协调共生的群体协同智能。

- “分布智能”(distributed intelligence, DI),如广域信息网、分散大系统的分布式智能。

“人工智能”学科自 1956 年诞生以来,在起伏、曲折的科学征途上不断前进、发展,从狭义人工智能走向广义人工智能,从个体人工智能到群体人工智能,从集中式人工智能到分布式人工智能,在理论方法研究和应用技术开发方面都取得了重大进展。如果说当年“人工智能”学科的诞生是生物科学技术与信息科学技术、系统科学技术的一次成功的结合,那么可以认为,现在“智能科学技术”领域的兴起是在信息化、网络化时代又一次新的多学科交融。

1981 年,中国人工智能学会(Chinese Association for Artificial Intelligence, CAAI)正式成立,25 年来,从艰苦创业到成长壮大,从学习跟踪到自主研发,团结我国广大学者,在“人工智能”的研究开发及应用方面取得了显著的进展,促进了“智能科学技术”的发展。在华夏文化与东方哲学影响下,我国智能科学技术的研究、开发及应用,在学术思想与科学方法上,具有综合性、整体性、协调性的特色,在理论方法研究与应用技术开发方面,取得了具有创新性、开拓性的成果。“智能化”已成为当前新技术、新产品的发展方向和显著标志。

为了适时总结、交流、宣传我国学者在“智能科学技术”领域的研究开发及应用成果,中国人工智能学会与科学出版社合作编辑出版《智能科学技术著作丛书》。需要强调的是,这套丛书将优先出版那些有助于将科学技术转化为生产力以及对社会和国民经济建设有重大作用和应用前景的著作。

我们相信,有广大智能科学技术工作者的积极参与和大力支持,以及编委们的共同努力,《智能科学技术著作丛书》将为繁荣我国智能科学技术事业、增强自主创新能力、建设创新型国家做出应有的贡献。

祝《智能科学技术著作丛书》出版,特赋贺诗一首:

智能科技领域广

人机集成智能强

群体智能协同好

智能创新更辉煌

涂序彦

中国人工智能学会荣誉理事长

2005 年 12 月 18 日

前 言

互联网已经广泛应用于信息检索、视频传输、资源共享、网上购物、银行服务、娱乐交友等各种服务之中。物联网是互联网的进化发展和应用,它允许各种对象相互连接、共享信息、协同行动,以便汇聚更多资源,形成更加强大的计算和存储能力,提供更加丰富和快捷的应用和服务。随着接入对象和服务业务的不断增加,物联网面临新的技术挑战。这些挑战包括:海量目标对象标识和识别,传感设备感知能力提升和小型化、微型化,大数据分析和处理,远程数据高效获取与计算,数据过程开放性和安全性等。物联网中每一个物对象都需要有一个唯一的编号进行标识、识别和身份确认,以方便与系统和其他物对象的连接和通信。射频识别(RFID)技术是发展最快、最具前途的物联网标识和识别技术。RFID技术与物联网发展息息相关,相互促进,密不可分。

RFID系统中阅读器和标签通过无线射频信号进行通信和数据交互,当多个标签同时向阅读器发送数据时,所发送的信号在无线信道中相互干扰,发生信号冲突,形成标签碰撞。因此,需要采取防碰撞技术进行RFID多标签识别过程中的碰撞处理,正确识别和选择与阅读器通信的标签标识对象,完成数据采集和相关交互任务。现有国际标准推荐使用的RFID多标签识别方法主要包括基于树搜索的查询树算法、二进制树算法、动态二进制搜索算法和基于ALOHA算法的Q算法、时隙算法、帧时隙算法、动态帧时隙算法等经典防碰撞算法。但是这些经典防碰撞算法的RFID多标签识别性能较低,最佳识别效率通常限于34%~36.8%,不能满足物联网中RFID标签规模化部署和快速识别的要求。

本书针对物联网标识和识别技术的发展和用户需求,介绍基于碰撞树的几种高性能的RFID多标签识别防碰撞方法。这些方法完全消除了RFID多标签识别过程中可能存在的空周期(树型算法)或空时隙(ALOHA算法),有效解决了RFID多标签识别过程中的标签碰撞问题,将RFID多标签识别效率提高到50%及以上,突破了RFID多标签识别防碰撞技术长期存在的效率瓶颈。这些算法简单直接,应用实施方便,能够应用于无源被动RFID多标签识别系统等多种RFID应用系统。以碰撞树算法为代表和核心的防碰撞算法系列,通过对碰撞位的跟踪和直接处理,消除了RFID多标签识别过程中的空周期或空时隙,标签识别效率达到或超过50%,算法本身复杂度低且具有良好的可实施性,能够作为现行国际标准推荐算法的高性能替代算法使用。

本书包括10章内容。第1章介绍物联网、RFID技术、RFID多标签识别防碰

撞技术等基本概念,以及它们之间的联系;第2章介绍物联网和工业物联网的基本概念、物联网关键技术和资源体系、物联网标识技术,以及物联网技术应用;第3章介绍RFID系统的组织结构、通信和编码技术、碰撞和防碰撞技术,以及RFID多标签识别防碰撞算法;第4章介绍碰撞树算法的基本思路和标签识别过程,给出碰撞树的定义和基本性质,分析碰撞树算法的主要识别性能;第5章介绍RFID多标签识别防碰撞算法稳定性的基本概念和计算方法,并分析碰撞树算法的识别性能稳定性;第6章针对RFID标签编号连续分布的情况,介绍基于二元确定性原理的改进型碰撞树算法,给出标签编号分布连续度的概念和计算方法;第7章针对RFID系统中捕获效应等不确定因素,介绍通用碰撞树算法的基本思路和RFID多标签识别过程,解决标签漏读或标签隐藏问题;第8章介绍双响应碰撞树算法的基本原理和工作过程;第9章针对动态RFID系统中多标签识别过程和特征,介绍动态RFID系统模型,给出动态碰撞树算法的基本思路和工作过程;第10章介绍与碰撞树算法系列相关的几种RFID多标签识别技术。

本书内容涵盖作者多年的研究成果,从构思到付梓得到众多老师、同学、朋友和家人的支持和帮助。特别感谢西南交通大学信息科学与技术学院冯全源教授引领我进入这一新兴领域,指导我完成相关技术研究,并对我的教学科研工作给予长期支持。感谢渥太华大学电子工程和计算机科学学院 Miodrag Bolic 教授对我在加拿大访学期间的学习工作和科学研究,以及本书撰写等方面给予的帮助。本书的研究得到国家自然科学基金(61471306、61601381、61531016、61831017)、国家留学基金(201709390005)、四川省科技厅科研基金(2018GZ0139、2016GZ0059、2014JY0230)和四川省教育厅资助科研基金(18ZA0488、18TD0020、13CZ00025)等资助。

由于作者水平有限,书中难免会有疏漏之处,恳请读者批评指正。

作 者

2018年12月于渥太华大学

目 录

《智能科学技术著作丛书》序

前言

第 1 章 绪论	1
第 2 章 物联网标识识别技术	7
2.1 引言	7
2.2 物联网的概念	7
2.3 物联网体系架构	9
2.3.1 物联网关键技术	9
2.3.2 物联网资源体系	11
2.4 物联网标识技术	12
2.4.1 物联网标识体系	12
2.4.2 RFID 对象标识体系	13
2.5 物联网技术应用	14
2.5.1 物联网技术应用分类	15
2.5.2 物联网技术应用示例	16
2.6 小结	19
第 3 章 RFID 多标签识别技术	21
3.1 引言	21
3.2 RFID 系统组成	21
3.2.1 标签	21
3.2.2 阅读器	24
3.2.3 工作模式	25
3.3 RFID 通信与编码	26
3.3.1 工作频段	26
3.3.2 耦合方式	28
3.3.3 信号调制	29
3.3.4 数字编码	30
3.4 RFID 系统碰撞与防碰撞技术	32
3.4.1 标签碰撞	33
3.4.2 阅读器碰撞	33

3.4.3 防碰撞技术基础	33
3.5 RFID 多标签识别防碰撞算法	35
3.5.1 ALOHA 算法	35
3.5.2 查询树算法	39
3.5.3 二进制树算法	40
3.5.4 二进制搜索算法	41
3.5.5 增强型防碰撞算法	42
3.6 小结	44
第4章 基于碰撞树的 RFID 多标签识别技术	45
4.1 引言	45
4.2 曼彻斯特编码	46
4.3 碰撞树算法	47
4.4 碰撞树定义及性质	49
4.4.1 碰撞树的定义	49
4.4.2 碰撞树的性质	49
4.5 碰撞树算法性能分析	51
4.5.1 时间复杂度	51
4.5.2 通信复杂度	51
4.5.3 识别效率	52
4.6 仿真实验及数据分析	53
4.6.1 实验环境设置	53
4.6.2 时间复杂度	53
4.6.3 通信复杂度	54
4.6.4 识别效率	55
4.7 小结	56
第5章 RFID 多标签识别防碰撞算法稳定性分析	57
5.1 引言	57
5.2 RFID 防碰撞算法稳定性概念	57
5.3 碰撞树算法性能分析	58
5.3.1 时间复杂度	58
5.3.2 通信复杂度	59
5.3.3 识别效率	59
5.4 仿真实验及数据分析	60
5.4.1 实验场景及参数设置	60
5.4.2 基于 FPGA 的碰撞树算法实验平台	61

5.4.3 分布形式对碰撞树算法稳定性的影响	64
5.4.4 连续度对碰撞树算法稳定性的影响	67
5.4.5 样本集合对碰撞树算法稳定性的影响	69
5.4.6 编号长度对碰撞树算法稳定性的影响	70
5.5 小结	72
第6章 连续分布 RFID 多标签识别技术	74
6.1 引言	74
6.2 二元确定性原理	75
6.3 改进型碰撞树算法	75
6.4 改进型碰撞树算法性能分析	78
6.4.1 时间复杂度	78
6.4.2 通信复杂度	80
6.4.3 识别效率	80
6.5 仿真实验及数据分析	81
6.5.1 连续分布下改进型碰撞树算法的性能	82
6.5.2 均匀分布下改进型碰撞树算法的性能	84
6.5.3 不同连续度下改进型碰撞树算法的性能	85
6.6 小结	87
第7章 抗捕获 RFID 多标签识别技术	88
7.1 引言	88
7.2 抗捕获防碰撞算法简介	89
7.3 通用碰撞树算法	91
7.4 通用碰撞树算法性能分析	93
7.4.1 时间复杂度	93
7.4.2 识别效率	95
7.5 仿真实验及数据分析	95
7.6 小结	98
第8章 双响应 RFID 多标签识别技术	99
8.1 引言	99
8.2 基本原理及相关机制	99
8.3 双响应碰撞树算法	101
8.4 双响应碰撞树算法性能分析	106
8.4.1 时间复杂度	106
8.4.2 通信复杂度	107
8.4.3 识别效率	108

8.4.4 稳定性	108
8.5 仿真实验及数据分析	109
8.5.1 仿真实验设置	109
8.5.2 时间复杂度、识别效率和识别速度	110
8.5.3 通信复杂度和能量消耗	112
8.5.4 空周期及其影响	114
8.6 小结	116
第9章 动态 RFID 系统多标签识别技术	117
9.1 引言	117
9.2 动态 RFID 系统模型	118
9.3 动态碰撞树算法	119
9.3.1 动态碰撞树算法基本过程	119
9.3.2 动态碰撞树结构	120
9.3.3 动态碰撞树算法识别性能	121
9.4 动态碰撞树算法动态性能分析	122
9.4.1 动态 RFID 系统工作负载	122
9.4.2 标签进入速度	122
9.4.3 标签识别延时	123
9.4.4 标签识别率	124
9.5 仿真实验及数据分析	125
9.6 小结	127
第10章 RFID 多标签识别相关技术	128
10.1 引言	128
10.2 碰撞树算法硬件系统实现	128
10.2.1 碰撞树算法硬件系统逻辑模块	128
10.2.2 碰撞树算法有限状态机	129
10.2.3 碰撞树算法控制信号及功能	130
10.3 碰撞树窗口算法	131
10.3.1 RFID 系统数据通信模型及能耗	131
10.3.2 位窗口的基本概念	132
10.3.3 碰撞树窗口算法工作过程	134
10.4 双前缀搜索识别算法	135
10.4.1 双前缀搜索识别算法命令规格	135
10.4.2 双前缀搜索识别算法工作过程	136
10.5 多分支碰撞树算法	138

10.5.1 多分支碰撞树结构	138
10.5.2 多分支碰撞树算法工作过程	139
10.5.3 多分支碰撞树算法示例	140
10.6 自适应碰撞树算法	141
10.6.1 自适应分支策略	141
10.6.2 自适应碰撞树算法工作过程	143
10.6.3 自适应碰撞树算法示例	144
10.7 小结	145
参考文献	146

第 1 章 绪 论

物联网(internet of things, IOT)^[1,2],也称为信息物理系统(cyber physical systems, CPS),是信息物理网络的一种新模式,它允许物对象(objects)采集和交换数据信息,物对象和应用系统可以通过网络基础设施进行远程感知和控制,从而实现物理时间和计算机系统的集成,将互联网(internet)扩展到现实世界。物联网在智能住宅、环境监测、医疗卫生、工业生产、农业管理、交通运输等领域有着广泛的应用。物联网以其巨大的应用潜力,引起学术界、工业界和政府的广泛关注。

物联网是在计算机互联网的基础上,利用射频识别(radio frequency identification, RFID)技术、无线数据通信技术构造的一个覆盖世界上万事万物的网络。将阅读器安装到任何需要采集信息的地方,通过互联网进行全程跟踪,这样所有的物品和互联网就组成了“物联网”。其实质就是利用 RFID 技术等,通过计算机互联网以实现全球物品的自动识别,达到信息的互联和实时共享。物联网技术发展和应用可以概括为以下四个阶段^[3]。

第一阶段(2010 年前):基于 RFID 技术实现低功耗、低成本的单个物体间的互联,并在物流、零售、制药等领域开展局部的应用。

第二阶段(2010~2015 年):利用传感网与无处不在的 RFID 标签实现物与物之间的广泛互联,针对特定的产业制定技术标准,并完成部分网络的融合。

第三阶段(2015~2020 年):具有可执行指令的 RFID 标签广泛应用,物体进入半智能化,物联网中异构网络互联的标准制定完成,网络具有高速数据传输能力。

第四阶段(2020 年之后):物体具有完全的智能响应能力,异构系统能够实现协同工作,人、物、服务与网络达到深度融合。

RFID 技术作为物联网技术的子领域,位于感知层,是物联网发展的基础,也是实现物联网的前提。物联网应用层的发展必须在感知层的基础上进行,因此若要发展物联网,必须优先发展感知层。物联网的发展使得应用层需求呈现多元化及复杂化趋势,应用场景不断拓展,释放新型技术需求,这驱动着感知层相关技术的创新升级。为了进一步普及超高频(UHF)RFID 技术应用,促进 UHF RFID 技术的发展,实现万物互联互通,全球范围的 RAIN RFID 联盟成立,其拥有来自美洲、欧洲、大洋洲、亚洲等国家及地区的 160 多个成员单位,包括政府机构、科研单位、生产企业、商业公司、高校院所等,他们共同推动 RFID 技术与物联网技术的协

同发展和深入应用。

我国各部委对物联网技术和 RFID 技术相关领域技术的研究和示范应用给予了多层面的支持,973 计划、863 计划、国家自然科学基金、国家科技支撑计划等先后建立了专项基金,支持基础技术、专项技术的研究和应用。2006 年 6 月,科技部、发展改革委、信息产业部、商务部、公安部、教育部、交通部、农业部等 15 个部委正式出台了《中国射频识别(RFID)技术政策白皮书》,全面规划并指导 RFID 技术的发展研究和应用推广。2009 年 10 月,中国射频识别(RFID)技术发展与应用报告编写组发布了《中国射频识别(RFID)技术发展与应用报告蓝皮书》,对未来五到十年我国 RFID 技术、应用、产业和标准的发展进行了规划和部署。工业和信息化部在 2011 年 5 月和 2013 年 5 月,先后发布了《物联网白皮书》和《物联网标识白皮书》,对物联网的发展和应用趋势,以及其面临的主要问题进行了分析和预测,特别是对物联网的重要支撑技术——RFID 技术,在物联网中的编码、标识、感知等方面的重要作用进行了阐述。RFID 系统构成了物联网的末端系统和边界系统,是物联网感知层最重要的组成和支撑部分。

近年来,随着人工智能、云计算、大数据、量子计算等新一代智能技术的出现,第四次工业革命的序幕悄然拉开,技术社会发展的引擎正由互联网逐步转向智能技术。人类社会迎来智能时代,智能技术应用开始赋能各行各业,行业智能化加快,导致物联网的全面升级应用,RFID 技术的重要地位和应用需求也随之提升。2016 年 11 月,国务院印发了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》,实施网络强国战略,加快建设“数字中国”,推动物联网、云计算和人工智能等技术向各行业全面融合渗透,构建万物互联、融合创新、智能协同、安全可控的新一代信息技术产业体系。2016 年 12 月,国务院印发了《“十三五”国家信息化规划》,推进物联网感知设施规划布局,发展物联网开环应用,实施物联网重大应用示范工程,推进物联网应用区域试点,建立城市级物联网接入管理与数据汇聚平台,深化物联网在城市基础设施、生产经营等环节中的应用。2017 年 1 月,工业和信息化部发布了《物联网发展规划(2016—2020 年)》,在物联网产业生态布局、技术创新体系、标准建设、物联网的规模应用以及公共服务体系等方面,提出了具体的建设思路和发展目标。2017 年 7 月,国务院印发了《新一代人工智能发展规划》,要求大力推动智能化信息基础设施建设,提升传统基础设施的智能化水平,完善物联网基础设施,发展支撑新一代物联网的高灵敏度、高可靠性智能传感器件和芯片,攻克射频识别、近距离机器通信等物联网核心技术和低功耗处理器等关键器材。

随着传感技术、网络传输技术的不断进步,RFID 芯片的硬件成本不断下降,基于互联网、物联网的集成应用解决方案不断成熟,RFID 技术在工业生产、物流运输、医疗健康、智能化管理等众多领域得到了更广泛的应用。物联网中的每一个物理对象都需要使用一些自动识别技术(auto-ID technology),用于唯一标识和识

别物理对象。自动识别技术是自动识读信息数据,并将其自动输入计算机的重要方法和手段,它是以计算机技术和通信技术为基础的综合性学科。近几十年来,自动识别技术在全球范围内得到了迅猛发展,目前已经形成了一个包括条形码(barcode)、磁识别、光学字符识别、生物识别、智能卡、射频识别,以及图像识别等集计算机、光学、机械、电子、通信技术为一体的高新技术学科。其中条形码技术被认为是自动识别技术中最古老、最成熟,同时是到目前为止应用最成功、最广泛的技术。它具有简单、信息采集速度快、可靠性高、灵活适用、自由度大、使用成本低等特点。

RFID 技术相较其他感知技术(二维码、条形码等)具备无须接触、无须可视、可完全自动识别化等优势,在适用环境、读取距离、读取效率、可读写性方面的限制相对较低,已经逐步成为应用最广泛的自动识别技术。RFID 技术将通信、存储、计算等组件集成在可附加的 RFID 标签之中,可以在一定距离和范围内与 RFID 阅读器或智能终端设备进行无线通信。因此,RFID 技术为物联网中目标对象的标识和连接提供了一种简单而廉价的方式,只要一个目标对象有附加 RFID 标签,阅读器就可以识别和跟踪该目标对象,并获取该目标对象的数据信息。

随着物联网应用范围的不断拓展,RFID 技术已经成为重点发展和主流的感知层技术,而未来成本的逐步下降令其有望在高度智能化的社会中进一步替代二维码、条形码的市场份额,且行业自身存在更新换代需求,技术革新驱动行业的可持续健康发展。感知层的标识感知技术是物联网的基础和源泉,其核心是 RFID 技术和无线传感器网络(WSN)技术。图 1-1 给出了物联网技术以及标识感知技

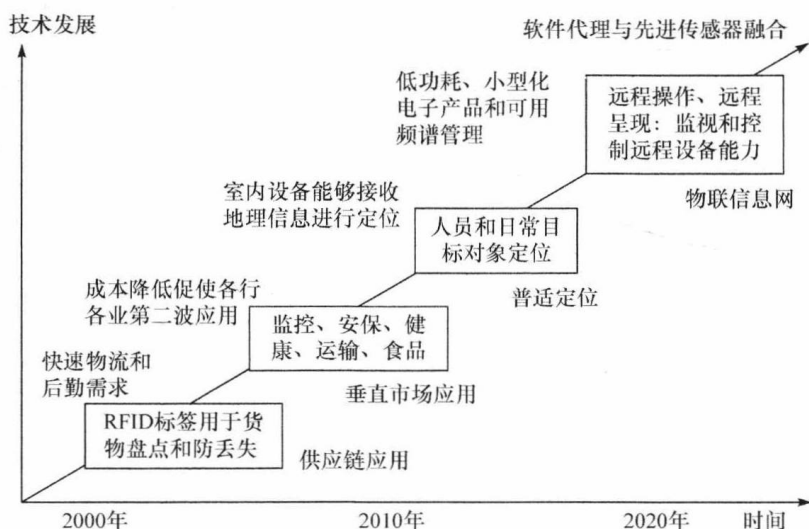


图 1-1 物联网技术以及标识感知技术发展和应用趋势^[4]

术的发展和应用趋势。可见,对物质世界的统一标识、普适定位、智能感知、互联互通成为物联网发展的必然趋势。因此,RFID 技术、物联网技术将长期成为诸多相关领域研究的热点内容和关键技术之一。

RFID 技术是一种基于无线射频通信原理的非接触式自动识别技术。RFID 标签具有体积小、容量大、寿命长、可重复使用等特点,可支持快速读写、非可视识别、移动识别、多目标识别、定位及长期跟踪管理。RFID 技术与互联网、通信等技术相结合,可以实现全球范围内物品跟踪和信息共享。RFID 技术应用于物流、制造、公共信息服务等行业,可大幅提高管理和运作效率,降低成本。研究和发展 RFID 相关技术和产业,对提升社会信息化水平、促进经济可持续发展、提高人民生活质量、增强公共安全与国防安全等产生深远影响,具有战略性的重大意义。

RFID 系统通常由若干标签和一个或多个阅读器组成。RFID 系统采用射频信号通过空间耦合(交变磁场或电磁场)实现无接触信息传递,并通过所传递的信息达到识别目标对象的目的。阅读器与标签通过无线信道进行通信,当多个附着标签的物体进入阅读器的识别范围,多个标签同时与阅读器进行通信时,信号在空中媒介中相互干扰,就会发生标签碰撞(tag collision),导致标签识别和数据传送失败。因此,就需要建立有效的防碰撞机制,来协调阅读器与标签之间的通信过程,以实现多个标签的同时识别。在 RFID 系统中,用于解决多标签识别中碰撞问题的方法或机制,称为防碰撞算法(anti-collision algorithm),也称为防碰撞协议(anti-collision protocol)。所以,防碰撞算法是 RFID 多标签识别的重要支撑技术,也是突破多标签识别瓶颈的技术。目前,多标签识别技术及防碰撞算法的研究,已经成为 RFID 相关技术及应用研究的核心内容之一。

解决标签碰撞的实质就是多标签识别(multiple tags identification)问题。目前,已经提出的多标签识别防碰撞算法可以分为两大类:一类是基于 ALOHA 的时隙防碰撞算法,如纯 ALOHA(pure ALOHA,PA)算法、时隙 ALOHA(slotted ALOHA,S-ALOHA)算法、帧时隙 ALOHA(frame slotted ALOHA,FSA)算法;另一类是基于树搜索的树型防碰撞算法,如查询树(query tree,QT)算法、二进制树(binary tree,BT)算法、二进制搜索(binary search,BS)算法和动态二进制搜索(dynamic binary search,DBS)算法。这些算法是防碰撞算法研究中的经典算法和基础算法,在相关研究领域和生产应用中也发挥了重要的作用,其中大部分被国际标准推荐使用,如表 1-1 所示。