

# 基于RFID的超市智能购物车研究与设计

沈 杰, 唐本平, 刘颂阳

珠海科技学院, 机械工程学院, 广东 珠海

收稿日期: 2022年4月18日; 录用日期: 2022年5月18日; 发布日期: 2022年5月25日

## 摘 要

针对超市仍然存在消费者迷茫的寻找商品和结账时间长等影响消费者购物体验的现象, 本文提出一款基于RFID的超市智能购物车, 可以实现智能导购、自动跟随和自主结算等功能。消费者可在显示屏查阅当前超市的商品价格及位置等信息, 智能购物车则自动提取购物车内商品中的标签信息并生成购物车清单, 最后通过内嵌的扫码仪完成结算。基于RFID的超市智能购物车, 是服务经济向体验经济转变的体现, 对于提高国内购物车智能化水平具有一定的指导意义。

## 关键词

智能购物车, RFID, 智能导购, 自动跟随, 自主结算

# Research and Design of Smart Supermarket Shopping Cart Based on RFID

Jie Shen, Benping Tang, Songyang Liu

School of Mechanical Engineering, Zhuhai University of Science and Technology, Zhuhai Guangdong

Received: Apr. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 18<sup>th</sup>, 2022; published: May 25<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Aiming at the phenomenon that consumers are still confused about finding products and long checkout time in supermarkets, which affects consumers' shopping experience, this paper proposes an RFID-based supermarket smart shopping cart, which can realize functions such as smart shopping guide, automatic follow-up and autonomous settlement. Consumers can check the current supermarket price and location information on the display screen, and the smart shopping cart automatically extracts the label information of the products in the shopping cart and generates a shopping cart list, and finally completes the settlement through the built-in barcode scanner. The RFID-based supermarket smart shopping cart is the embodiment of the transformation

from the service economy to the experience economy, and has certain guiding significance for improving the intelligence level of domestic shopping carts.

## Keywords

Smart Shopping Cart, RFID, Smart Shopping Guide, Automatic Follow-Up, Self-Checkout

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 智能购物车概述

随着物联网的高速发展,越来越多的消费者已经不再满足于服务经济,也看重体验经济,关注在整个消费过程中是否获得理想的购物体验。而超市作为人们满足生活需求的主要消费区域之一,仍有大部分区域都采用人工结算,导致超市推出优惠活动时收银台人潮涌动,而消费者等待时间较长会影响消费者购物情绪。为了解决这一现象,国外发明了自主结算的智能购物车,例如二十一世纪初南朝鲜的通讯运营商 SK Telecom 发明的智能化购物车[1],而我国超市内购物车的自动化程度有待推进。因此,为实现智能化购物车的国产化替代,本文设计了基于 RFID 为技术的智能购物车,以 STM32 为核心控制器,配载 CAN 总线通讯和 ROS 控制系统于一体,实现智能导购、自动跟随和自主结算等功能。

## 2. 智能购物车主要技术及原理

### 2.1. 基本组成

RFID 技术是利用射频信号通过空间耦合(交变磁场或电磁场)实现无接触式信息传递,并通过所传递的信息达到自动识别的技术[2]。在组成结构上,RFID 系统由电子标签、阅读器和数据交换与管理系统三大部分组成[3],其组成如图 1 所示。其中电子标签和阅读器内共有天线模块和射频模块,它们之间的数据交换是以天线模块为载体。

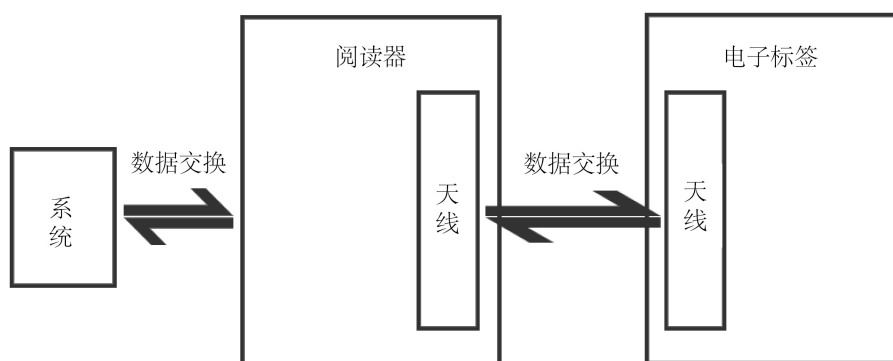


Figure 1. RFID system composition

图 1. RFID 系统组成

### 2.2. 核心技术

在技术对比上,其与传统的条形码扫描有一定的重合。条形码技术是在售卖的商品上贴上带编码的

条形码,在这基础上,利用专用的光学扫描阅读器提取条形码信息的技术。而 RFID 则采用 RFID 电磁阅读器和电子标签,电子标签本质上是一种简单的集成电路,用电磁信号将信息或数据从 RFID 标签上传到 RFID 阅读器。RFID 技术的阅读范围较大,而且无需光学的对准操作,可以实现大区域和多物体的同时读取。

### 2.3. 工作流程

在工作流程上,阅读器以发射天线为载体,发射无线电信号;当电子标签进入阅读器感应范围后,会激活电子标签获得能量,将其中的信息经由天线发送至阅读器,进而阅读器对其解码,将结果传输至系统进行数据分析。电子标签和阅读器为其关键部分,电子标签用来存储商品信息,阅读器用来读取或者写入电子标签中的商品信息[4]。RFID 系统框架如图 2 所示。

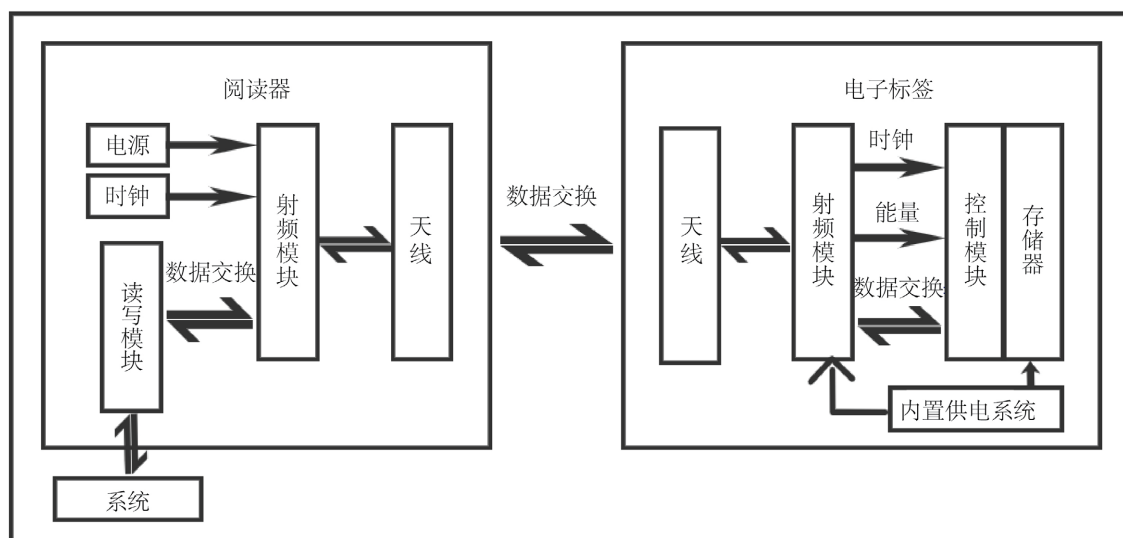


Figure 2. RFID system framework  
图 2. RFID 系统框架

### 2.4. 供电方式

在供电方式上,本文智能购物车的供电系统采用无源供电系统。无源供电系统的电子标签没有电源模块,电子标签将阅读器发出的能量进行转化,以此进行内部供电。与有源系统相比,无源系统具有体积小和成本低廉等优点,在超市的应用场景下,出于成本和效率考虑优先配备无源供电系统。

## 3. RFID 防标签碰撞算法

### 3.1. 存在问题

当智能购物车里只有一件商品(标签)处于对应阅读器识别范围内,则可直接进行读取。当一台智能购物车的阅读器识别多件(商品)标签,在信号频率一致、信道共用的情况下,多个电子标签信号进入阅读器可能会出现相互干扰的现象,进一步降低了系统的信道利用率。为了尽可能避免标签信号互扰,本文系统写入防标签碰撞算法。

### 3.2. 防碰撞算法

目前的防碰撞算法主要分为 ALOHA 和二进制数算法。出于成本与算法复杂难度等因素考虑,超市

更优先考虑使用确定性算法中的锁位式双前缀探针防碰撞算法[5]。它是基于双前缀探针算法提取碰撞位，仅传输碰撞位信息，提高了算法效率，系统吞吐率在 90% 左右。

### 3.3. 算法流程

- a) 智能购物车的阅读器初始化查询堆栈为空，让其识别范围内的全部电子标签做出应答；
  - b) 智能购物车的阅读器根据电子标签响应来确定所处状态：如果一个电子标签成功识别，则跳转到步骤 e)；如果有多个电子标签响应，则标签碰撞，跳转到步骤 c)；若没有电子标签响应，则跳转到步骤 e)；
  - c) 发送锁位指令，碰撞位置“1”，未发生碰撞位置“0”至阅读器，将对应“1”的 bit 组成新序列号传输至阅读器；
  - d) 根据碰撞位是否连续，给出新查询码并将其写入查询堆栈中；
  - e) 成功识别标签后，判断堆栈是否为空。若不为空，读取栈首查询码，并发送给标签，返回步骤 b)；否则，识别过程结束；
- 具体流程图如图 3 所示。

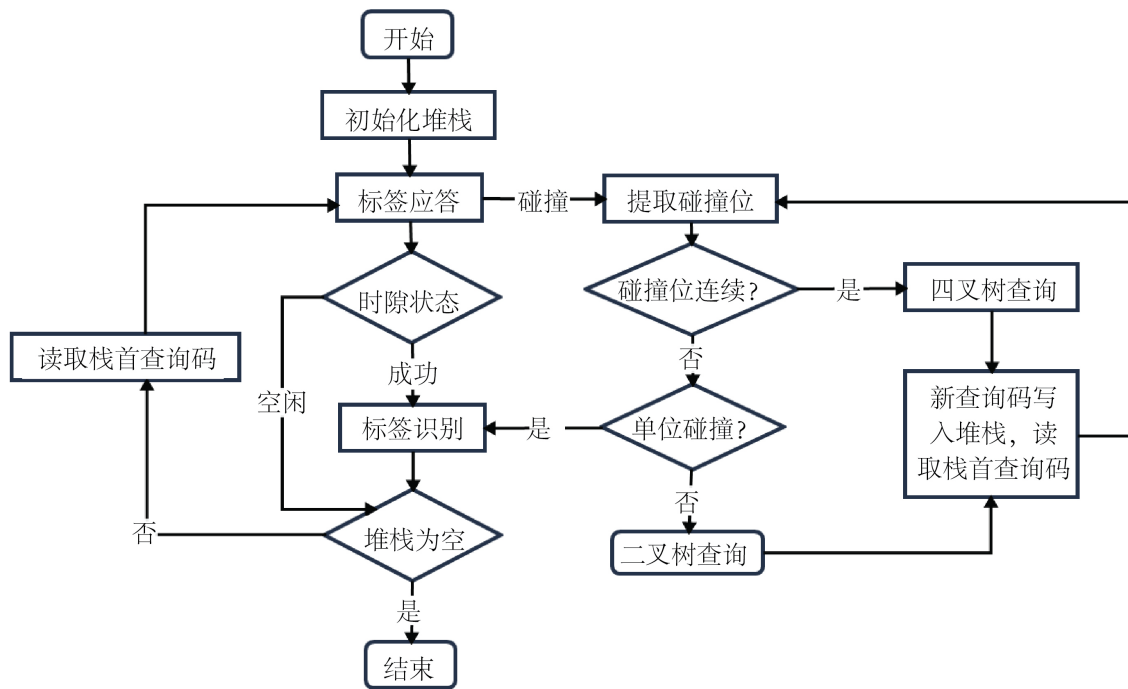


Figure 3. Flowchart  
图 3. 流程图

### 4. 智能购物车模块设计

智能购物车的机械部分主要分为三个结构，分别是购物车底盘、商品读取区和显示屏部分，如图 4 所示。当消费者启动智能购物车，显示屏会罗列超市商品信息，包括优惠活动、商品价格和商品位置等。当商品进入智能购物车范围内，预结算时，消费者可在显示屏触发启动 RFID 阅读器，则底部发射射频识别信号自动识别多个 RFID 标签，获取商品信息，将数据传输至显示屏。最后消费者在显示屏侧的支付窗口进行移动支付，实现自主结算的功能。

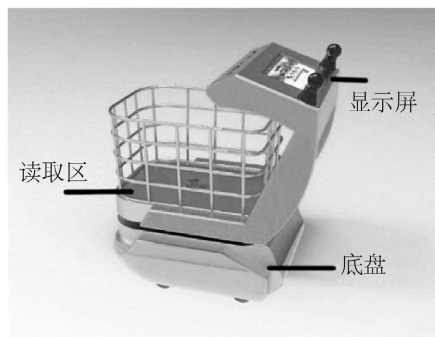


Figure 4. Smart shopping cart model diagram  
图 4. 智能购物车模型图

#### 4.1. 读取区设计

商品读取区主要装载 RFID 阅读器，其作用是无须收银员或消费者主动操作即可自动读取购物车内多个商品的 RFID 标签信息。智能购物车底部中间安装固定式的阅读器，可实时扫描车篮内带有标签的商品，提取最新的商品详情。读取区模型图如图 5 所示。



Figure 5. Read area model diagram  
图 5. 读取区模型图

#### 4.2. 显示屏设计

显示屏采用串口触摸电容屏，消费者通过触摸显示屏可以查阅商品定位、商品广告推送和会员优惠活动等信息。显示屏侧下方配置有扫码仪区域，具有高响应识别付款码，方便消费者最后进行结算付款。其支持多种移动支付方式，最后打印购物车清单。显示屏模型图如图 6 所示。

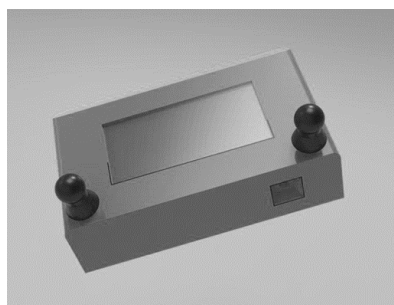


Figure 6. Display model diagram  
图 6. 显示屏模型图

### 4.3. 底盘设计

智能购物车的底盘由轮毂电机、万向轮、电机驱动盒、降压模块、12 V 充电电池、STM32 微控制器和铝架等组成。本文采取两个轮毂电机作为前驱动和两个个万向轮作为辅助承重轮方案，使得智能购物车拥有转弯半径小、成本低和承重大等优点。而将轮毂电机设为智能购物车的动力，目的是利用左右车轮的差速实现智能购物车的自主定位、路径规划以及导航等功能[6]。底盘模型图如图 7 所示。

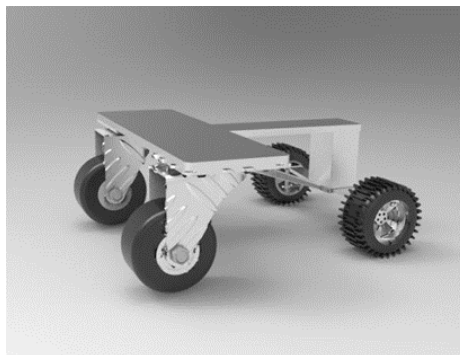


Figure 7. Chassis model diagram

图 7. 底盘模型图

## 5. 智能购物车实现功能

### 5.1. 智能导购

消费者可以在智能购物车的显示屏查看并搜索商品，并且查询功能上升级成了更人性化的服务查询功能，通过强大的语音对话模块，为超市导购服务提供了更多的趣味性和便捷性。消费者可以通过智能购物车的语音或屏幕进行商品查询及各种操作，更为方便快捷，将购物车赋予导购功能，更容易吸引消费者的注意力[7]。

### 5.2. 自主结算

在实际操作方面，当商品进入读取区标签识别范围内，其内置阅读器将实时扫描带有 RFID 标签的商品，提取最新的商品数据，并且可通过小程序或扫描器实现自主结算，减少排队等待人工结算的环节，提高生活效率和购物体验，帮助超市商家提升运营效率，降低对应的人员成本。

### 5.3. 自动跟随

消费者点击自动跟随模式后，无须推动智能购物车购物，减少了消费者的购物负担。这不仅节约了人力，还提高了同等零售行业的竞争优势。智能购物车的自动跟随功能采用 UWB 定位系统，增加了人机交互模式，并在机器人底盘上安装定位模块[8]。消费者使用微信上新开发的小程序扫描智能购物车内嵌的二维码，实现人机关联和实时跟随。

### 5.4. 安全防盗

目前常用的 EAS 防盗系统存在不少不足，如检测率低、抗干扰能力弱、易受金属屏蔽和软标签不可回收等问题，故本文采用 RFID 技术实现商品的防盗功能。RFID 的防盗技术不仅有 EAS 防盗系统优势，更具有实现货品的远距离识别和自动化监控的功能。首先赋予商品电子标签，该标签内存储有对应商品的生产日期、产地和价格等等，这些信息可通过 RFID 阅读器提取，消费者通过扫码仪付款后系统注销

商品标签数据。在超市出口通道安装超高频防盗门，当未注销的商品标签经过出口时，RFID 阅读器将闭合 I/O 口来控制警示灯报警，以此实现防盗功能，RFID 标签的作用路径如图 8 所示。

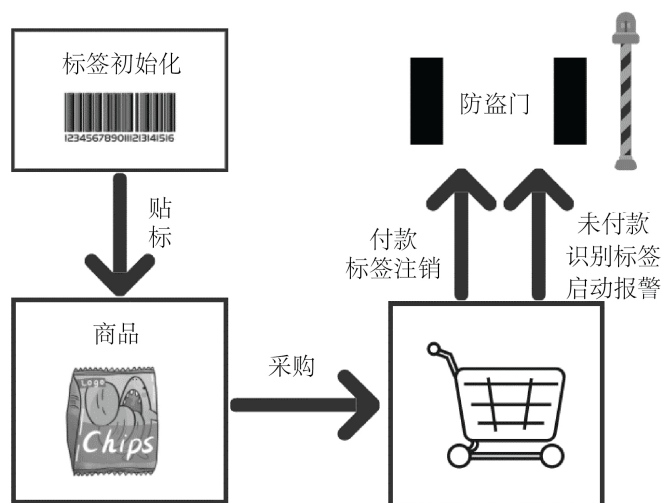


Figure 8. RFID tag function flow chart  
图 8. RFID 标签作用流程图

## 6. 结论

本文把智能购物车作为研究对象，设计了集自主结算、智能导购、自动跟随和安全防盗功能为一体的智能型购物车，目的是缩短消费者寻找商品和结账等待结算的时间，提高消费者的生活效率，并且帮助超市提升运营效率，创造新的零售模式。超市智能购物车的设计体现出科技发展及情感关怀，是由服务经济向体验经济的转变。相信随着智能化时代的前进，智能购物车在国内能够实现国产化替代和普及。

## 基金项目

大学生创新创业训练计划校级项目 DC2020016；广东省科技创新战略专项资助项目 pdjh2021b0634；大学生创新创业训练计划省级项目 s202113684025s。

## 参考文献

- [1] 于冬雪. “终极购物模式”来了? [N]. 南方日报, 2015-03-06(C02).
- [2] 吴欢欢, 周建平, 许燕, 李润萍. RFID 发展及其应用综述[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(12): 203-206.
- [3] 顾毓豪. BG 公司门岗人车进出管理方案可行性研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 东北大学, 2010.
- [4] 何小旭. RFID 技术在智能超市中应用问题研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- [5] 南敬昌, 贾晓濛. 锁位式 RFID 双前缀探针防碰撞算法[J]. 计算机应用研究, 2018, 35(3): 742-744+749.
- [6] 秦航, 颜颖. 智能购物小车模块化构建分析[J]. 南方农机, 2021, 52(10): 150-151.
- [7] 刘东阳, 岳雪亭. 基于 STM32 的智能购物车设计[J]. 工业控制计算机, 2021, 34(7): 160-161+165.
- [8] 欧其胜, 杨桂华. 基于机器视觉的一种智能购物车[J]. 大众科技, 2022, 24(2): 9-12.