

摘要

“无人超市”这样一个新兴的概念正随着智能手机支付的普及推动移动互联网高速发展而慢慢的走入人们的视野。成熟的 RDIF 技术以及移动端支付的普及使得即节约人力又能够带给消费者价格折扣的“无人零售”能够付诸实践并投入市场运作。基于这一现状，本文设计和开发了包含商家 PC 管理端和手机微信平台客户端的无人值守超市系统，为商家提供了即包含商品出库、商品入库等基本超市运营功能，同时又包含提供给超市顾客无需等待的方便快捷的微信公众平台商品查询及商品购买功能。此外，本系统在 PC 管理端加入了基于频繁项目集算法的商品推荐功能，使用该功能，系统可以为超市顾客提供商品推荐服务。本无人值守超市系统的商家 PC 管理端是基于 C#.NET 开发的，采用了本地 SQL Server 数据库作为数据支持；超市顾客的微信公众号平台客户端是使用 PHP 和 HTML 网页编写的基于微信公众号的 Web App，同时采用了基于新浪云平台的 MySQL 云端数据库提供数据支持。

关键词：无人超市，RFID，二维码识别，微信公众平台

Abstract

The emerging concept of “unmanned supermarkets” is slowly entering people’s minds as the popularity of smartphone payments drives the rapid development of the mobile Internet. The mature RDIF technology and the popularization of mobile payment make it possible to “manpower unreliable” that can save manpower and bring consumer price discounts into practice and put into market operation. Based on this situation, this paper designs and develops an unattended supermarket system that includes a merchant PC management terminal and a mobile WeChat platform client to provide merchants with basic supermarket operation functions, including product delivery and commodity storage. To the supermarket customer without having to wait for convenient and convenient WeChat public platform product inquiries and product purchase functions. In addition, the system adds a product recommendation function based on the frequent item set algorithm at the PC management end. Using this function, the system can provide commodity recommendation services for supermarket customers. The business PC management end of this unattended supermarket system is based on C#.NET development, using the local SQL Server database as data support; the supermarket customer's WeChat public number platform client is based on the WeChat public number written using PHP and HTML web pages. Web App, while using a cloud database based on Sina Cloud MySQL data support.

Keywords: unmanned supermarket, RFID, two-dimensional code identification, Wechat public platform

目录

1 绪论	1
1.1 课题研究背景及意义	1
1.2 课题研究内容	2
1.2.1 国内外“无人超市”现状分析	2
1.2.2 主流“无人超市”使用技术分析	3
1.2.3 系统实现关键点和难点分析	4
1.3 论文组织结构	5
1.4 本章小结	5
2 开发技术及开发工具简介	6
2.1 系统开发技术简介	6
2.1.1 RFID 技术	6
2.1.2 二维码	6
2.1.3 微信公众平台	7
2.1.4 Visual C#.NET	8
2.1.5 PHP	9
2.1.6 SQL 语言	9
2.2 系统开发工具简介	9
2.2.1 Microsoft Visual Studio 2015	9
2.2.3 Microsoft SQL Server 2017	10
2.2.1 新浪云集成服务器 SAE	10
2.3 本章小结	10
3 系统需求分析	11
3.1 功能需求说明	11
3.2 系统用例分析	11
3.3 系统需求建模	13
3.3 本章小结	15
4 系统设计	16
4.1 系统的总体设计	16
4.2 系统功能模块设计	16
4.2.1 PC 管理端	16
4.2.2 手机微信公众号客户端	19
4.2.3 门禁	19
4.3 系统数据库设计	19
4.3.1 概念模型设计	19
4.3.2 逻辑结构设计	21

4.4 系统详细设计	25
4.4.1 系统整体类图	25
4.4.2 系统操作顺序图	25
4.4.3 系统关键模块活动图	25
4.4.4 系统关键模块状态图	26
4.6 本章小结	27
5 系统实现	33
5.1 系统数据库实现	33
5.2 PC 管理端实现	33
5.2.1 管理员登录模块实现	33
5.2.2 管理员注册模块实现	33
5.2.3 PC 管理端主界面	35
5.2.4 商品入库实现	35
5.2.5 商品出库实现	35
5.2.6 商品上架实现	36
5.2.7 商品下架实现	38
5.2.8 商品推荐实现	38
5.2.9 用户管理实现	38
5.3 微信公众号平台客户端实现	40
5.3.1 无人超市商品扫码查询信息模块	40
5.3.2 用户授权登录模块	41
5.3.3 无人超市主页面（商品购买功能）	43
5.3.4 超市简介和联系我们页面	44
5.4 门禁演示模块	46
5.5 系统测试	46
5.6 本章小结	47
6 总结和展望	48
6.1 总结	48
6.2 展望	49
参考文献	50
致谢	52

1 绪论

1.1 课题研究背景及意义

随着手机移动支付的普及，微信支付（集成在中国互联网公司腾讯旗下的一款移动应用——微信下的支付功能）、支付宝（中国互联网电商公司阿里巴巴旗下的一款移动支付 APP）、京东支付（依附于中国电子商务公司京东旗下的主要网站——京东的对应支付功能）让人们越来越离不开，“出门不带钱包也不能不带手机”的生活方式慢慢浸透现代人的生活。据《中国支付清算行业运行报告（2018）》所公布的数据显示，2017 年，国内商业银行共处理移动支付业务 375 亿多笔、金额 202 万亿元，同比分别增长 46.06% 和 28.8%⁵⁰。中国支付清算协会今 2018.4.26 在北京发布《中国支付清算行业运行报告（2018）》移动支付的潜力与市场份额不容小觑，同时也为线下的商品销售方式提供了新的形式和新的思路。

本文认为，工业革命使工厂这样的第二产业变得无人化，而科技革命使像超市这样第三产业无人化。手机移动支付的快速发展与早已成熟的 RFID 技术或者新兴的高端技术（如人脸识别，人工智能，大数据等）相互结合，便诞生出来了“无人值守超市”。这样技术的结合使得离消费者最近的业态——线下零售业——变得效率更高，服务体验更好。

“无人值守超市”（下文或简称为“无人超市”）是一类通称，这一名词并不特指超市，而是包含了“无人零售”、“无人商店”、“无人便利店”这一系列的概念。顾名思义，“无人值守超市”是指没有收银员的线下实体超市或便利店。这一类超市通过各种技术手段，使得消费者自助结账成为可能，从而省去排队结账的大量时间，加速结账流程，同时帮助超市运营者节省可观的人工成本^{50]}。因为取消了雇佣收银员的劳务费，“无人超市”能够极大的节约超市的营业成本，从而超市经营者能够为超市的顾客带来更多的商品折扣；同时“扫一扫”的快捷购物，给予商店顾客更为舒适便捷的购物体验。

与“高精尖”技术相结合的无人超市系统难以落地，国内外各个公司对此都还处于实验阶段。而传统的无人超市解决方案：“自主结账柜台扫描结账”方案和“RFID 标签识别”都在一定程度上没有与时下最流行的移动支付相结合。并且现今市面上存在的无人超市系统大多没有与商品的库存管理和物品的上架操作相结合，都只是独立的商品支付系统。综合以上的分析与背景研究，开发一个结合了商品库存管理与商品移动支付的“无人超市”系统，且使用 RFID 标签进行商品检测与标识无疑是一个可以考

虑的选择。另外，系统的手机移动支付端通过微信平台发布，能够避免各个不同品牌手机的兼容性不同的问题，且带给顾客简单快捷的付款体验。

1.2 课题研究内容

为了研究设计并实现一个基于 RFID 和二维码识别的无人超市系统，深入研究“无人超市”领域的业界先锋和国内现今已落地的各个“无人零售商店”所使用的技术，并且熟悉 RFID 技术在该方面的应用是极为关键的。作为一个在一定程度上模拟无人超市进货——上架——购物流程的系统，所开发的系统在功能上包括了 PC 管理端和微信移动支付端：PC 管理端面向超市店主和雇员，主要功能包括基本的商品入库、商品出库、商品上架和商品下架，同时还包括基于应用时间窗口的频繁项目急算法的商品推荐功能；微信移动支付端主要面向在无人超市购物的顾客，功能包括扫码加入购物车和付款功能。其中 PC 端的开发采用 C#.NET 的 WinForm 窗体程序和本地 SQL Server 数据库，开发环境为 Visual Studio2015 和 SQL Server2017；微信公众平台客户端使用 HTML 作为前端开发语言，使用 PHP 语言开发后台，服务部署在新浪云服务器上，同时拥有相应的云端数据库给予数据储存支持。

在系统的设计阶段，为了更好的完成系统的开发，本文查阅了与 RFID 技术和无人超市相关技术的有关文献，搜集各方信息研究了国内外“无人便利店”领域的先进技术和市场落地和运营情况，实地体验了“无人便利店”的购买付款过程，比较和分析了现今存在的“无人超市”技术的优缺点，为系统的开发奠定了一定的基础，分析研究结果将在下文进行详细说明。

1.2.1 国内外“无人超市”现状分析

提到“无人超市”这一新兴零售形式，就不得不提到这一领域的行业先锋——美国亚马逊公司开发经营的无人零售概念店“Amazon Go”。该位于美国西雅图市亚马逊公司楼下的全球唯一一家的“Amazon Go”便利店，以其无需排队结账、即拿即走的特色和所使用的先进技术而闻名。顾客只需要一台智能手机，一个 Amazon 账户和一个下载在手机上的 Amazon Go App 便可以进入超市进行购物，整个购物过程顾客可以完全自由移动，购物结束也不需要排队结账，只需要拿着商品出门，Amazon Go App 便会显示顾客所购买的商品并且扣除相应货款^[8]。但是因为技术太过先进无法落地实施，Amazon Go 至今也只有一家概念店。

由于这些年中国移动支付的市场越来越庞大，越来越多的电商像亚马逊一样开始涉足“无人超市”这个领域。国内走在前沿的当属阿里巴巴公司推出的“淘咖啡”概念线下实体店：顾客首次进店只需使用手机淘宝 App 扫码二维码获得入场券后便可进店，便可自由的进行购物；离开时经过两道“结算门”便自动完成了扣款。这样方便

且快捷的购物方式同样也面临着技术无法落地的缺陷，并且当超市内人员较多时，过高的商品识别精度使得 CPU 负荷过高，这也是阿里淘咖啡还仅仅停留在概念店阶段的原因之一。

除了这些“高精尖”的无人超市实例，国内同时还涌现出一大批已经技术落地并投入市场的“无人便利店”，如缤果盒子、简 24 便利店、京东 X 无人超市。这些真实存在在人们身边的无人超市带给了人们不一样的购物体验。同时，因为其采用的大部分为较为成熟的 RFID 技术，尽管 RFID 有诸多缺陷（如，识别度不高、易受物理环境——磁场、温度等——的影响），但其技术的成熟度和便捷程度对无人超市快速投入市场百利而无一害。本文曾实际体验过已经投入市场运营的无人便利店——简 24 无人便利店，其购物过程的快速、便捷和愉快，让人十分看好“无人超市”未来的发展。这也是本文选择此为研究课题的原因之一。

1.2.2 主流“无人超市”使用技术分析

下面将分别从身份认证和顾客追踪技术、商品识别技术和支付技术对当今国内外主流的三家无人超市进行使用技术分析：

(1) Amazon Go

身份认证与顾客追踪系统——利用相机监控系统、麦克风声音捕捉定位、GPS 定位和 WIFI 信号定位，顾客进入超市，麦克风可以依据环境声音定位顾客位置，顾客手机上的 WIFI 和 GPS 可以辅助环境音定位。当顾客取下货架上的物品时，货架上的相机监控系统启动并判断顾客取走的商品类别。

商品识别技术——利用了计算机视觉、传感器融合和深度学习这样先进的技术，同时采用了手势识别、红外线传感器、压力感应装置和荷载传感器来判断顾客取走了货架上的什么商品或放回了什么商品。当顾客放回的商品位置与原来不同时，系统会提示工作人员将商品放回原位。

支付技术——顾客离店后 Amazon Go 将账单自动寄到顾客的 Amazon 账户中，账户自动更新清单并自动结算。

(2) 阿里淘咖啡

身份认证与顾客追踪系统——基于生物特征感应和监控摄像头系统。顾客进入超市时，系统将顾客的生物特征（如：头发长度、个头高低）与阿里巴巴淘宝 ID 号进行绑定，当顾客在超市内移动时，监控摄像头可以追踪顾客的行动轨迹。

商品识别技术——结算意图识别和交易系统。现如今官方并没有给出确定的技术解答，有推测阿里巴巴公司使用了 RFID 标签识别或者机器视觉技术。

支付技术——因为顾客在进入阿里淘咖啡时已经将自己的淘宝账户和顾客身份联系起来，因此在结算时系统自动从顾客淘宝账户中扣除相应款项。

(3) 缤果盒子

身份认证技术——顾客手机扫描二维码，登录/注册后确认身份便可进入商店；无顾客追踪系统。

商品识别技术——RFID 标签识别。各个商品上均贴有 RFID 标签，店内有全方位的视频监控来降低由于 RFID 标签被撕掉而造成的商品的缺损情况。结算区域可以对 RFID 标签进行识别。

支付技术——扫描二维码支付。顾客在离店结账时将货品放在检测区，检测区通过 RFID 标签识别、图像识别和超声波识别商品后，在屏幕上显示收款二维码，顾客扫码支付即可。

通过分析“无人超市”业态内的主流商店的技术，并且考虑到“无人超市”系统的可实现能力，本文总结并设计了本文所实现的主要实现思路和采用的主要技术：使用微信公众号进行顾客的身份识别，通过向商品上粘贴 RFID 标签来识别商品，同时使用微信支付作为商店的支付方式。与此同时，系统创造性的将超市库存和货架管理系统与移动支付和 RFID 标签结合，并使用了基于时间窗口的频繁项目集推荐算法进行商品推荐。

1.2.3 系统实现关键点和难点分析

本文所阐述的系统 PC 管理端实现的关键点是商品的上架功能：商品上架需要将 RFID 标签与商品条码一一配对，存入本地数据库的同时上传到云端数据库，供之后的程序再对形成的映射对进行处理和查询。同时微信公众平台客户端的实现关键点是调用手机摄像头实现扫码二维码和条形码功能，并获得扫描所识别的条码号或二维码号用来进行之后的商品购买功能的实现。

本文无人超市系统的创新点在于基于 Apriori 算法的商品推荐功能，该算法能够通过数据挖掘发现各个被购买商品之间的关联规则，进而进行商业决断，选择拥有强关联规则的商品进行捆绑销售。关于 Apriori 算法有一个非常有名的故事：“啤酒和尿布”的故事：在美国的一个超市，啤酒常常和尿布一起被购买，这个看似神奇的组合其实是因为美国妇女常常会嘱咐她们的丈夫下班后为孩子买尿布，而丈夫买完尿布后常常顺手买了自己爱喝的啤酒。而基于 Apriori 算法的这个商品推荐功能，恰恰是帮助超市管理员发现这些看似不可能的商品组合，进而调整销售策略，将这些商品组合进行捆绑销售或提供一定折扣。同时，本次无人超市系统的免注册的用户授权登录也是系统的一大特色和亮点。因为客户端的开发基于微信公众平台，所以直接使用超市顾客的微信号作为系统的登录账号能够大大提高顾客的体验感受，带给顾客方便与快捷。

系统的功能决定了系统的功能众多且庞大，前前后后涉及到了服务器、微信公众平台和 PC 端的开发，还涉及到了硬件——RFID 读卡器和扫码枪——的使用。因此，

本系统实现的难点在于如何将各个模块很好的结合在一起，各个平台上不同的数据形式如何转换并且传输，使得购物流程能够顺利进行下去。同时，在系统开发初期理清系统逻辑，分析清楚问题也是一项艰巨的任务。为了更好的解决这一难点，在系统开发的时候，本文制定了良好的开发顺序：硬件连接—>数据库设计—>PC 管理端开发—>微信公众平台功能实现，并研究了各个平台之间的数据传输形式，来更好的实现系统功能。

1.3 论文组织结构

本文的内容主要是依据软件系统的开发过程和步骤而展开的，具体包括：前期准备工作——课题研究背景和意义调查、课题研究内容的资料收集和文献分析、系统开发工具和相应技术的选定和介绍；后期开发工作——系统需求分析、系统概要设计、系统详细设计、系统实现结果。

现将本片论文的篇章结构阐述如下：

第一章 绪论。详细说明了课题的研究背景和研究意义，并简单介绍了国内外主要的“无人超市”的概况和使用的技术。

第二章 系统开发技术和开发工具简介。主要介绍在系统开发过程中用到的语言及其开发工具。

第三章 系统需求分析。对“无人超市”系统进行详细的用户需求分析。为系统功能设计打下了良好的基础。

第四章 系统设计。阐述系统的总体功能设计、架构设计和数据库初步设计方案。并介绍了系统各个模块详细的程序设计和整个系统的数据库具体内容设计。

第五章 系统实现。介绍了“无人超市”系统的各个模块的具体实现方法，最后展示了系统实现后的具体功能和界面。同时对整个系统进行了简单的黑盒测试并展示测试结果。

第六章 结论与展望。总结了整个系统设计过程中遇到的问题和最后通过“无人超市”系统设计而收获的知识和得到的结论。

最后一部分是对在系统设计过程中查阅的参考文献以及对给予帮助的同学和老师表达的感谢。

1.4 本章小结

本章从课题的研究背景和意义等方面简要的介绍了“无人超市”的国内现状和使用技术，并且展示了课题的主要研究内容、创新点和难点，最后对全文的组织结构做了一个综述。

2 开发技术及开发工具简介

2.1 系统开发技术简介

2.1.1 RFID 技术

RFID（Radio Frequency Identification）技术是射频识别技术的简称，也称作无线射频识别，是一种可以通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据的非接触式的自动识别技术^[3]。射频一般指的是 1-100GHz 的微波，适用于短距离识别通信。RFID 工作装置一般由一对工作在同一频率下的 RFID 识别器、RFID 标签构成^[9]。RFID 技术的应用很广，技术也十分成熟。如图书馆门禁系统、超市门禁系统、校园卡、食品安全溯源等都使用了 RFID。

为了快速高效的收集实时数据而采用的 RFID 技术因其出现的错误少和识别效率高而被各个行业所接受。由于 RFID 标签中的信息可以通过 RFID 标签和阅读器之间的无线通信自动读取和写入，RFID 技术比其他方式（如，条码识别）收集实时原位数据要高效简单的多。

图 2-1 展示了市面上常见的 RFID 阅读器和 RFID 射频卡。在实际应用中，RFID 阅读器可以自动识别物体上依附的 RFID 标签并捕获物品到达或离开 RFID 信号覆盖位置的实时原始数据。这些原始数据可以进一步处理成用于管理和决策的有效信息，如商品购买信息。此外，由于 RFID 标签具有数据存储功能，可以在标签中存储对象相关数据，例如工艺计划和质量要求。过程中产生的数据可以依次写入标签，如操作员工号和质量检验结果^[10]。



图 2-1 RFID 阅读器和 RFID 射频卡

2.1.2 二维码

二维码也叫二维条码或二维条形码，是在普通条形码基础上发展起来的大容量条码。是用某种特定的几何图形按一定规律在平面（二维方向上）分布的黑白相间的图形，是用来记录数据符号信息的。二维码在代码编制上巧妙地利用构成计算机内部逻

辑的“0”、“1”比特流的概念，使用若干个与二进制相对应的几何形体来标识文字数值信息（如图 2-2 所示），通过图像输入设备或光电扫描设备自动识别以实现信息处理^[4]。二维条码可以附加到物理物体上以使其可以识别。需要识别条码信息的人员可以使用条形码扫描仪（如图 2-3 所示）读取条形码信息。



图 2-2 二维码示例



图 2-3 条码扫描仪

2.1.3 微信公众平台

微信 (WeChat)是腾讯公司于 2011 年 1 月 21 日推出的一个为智能终端提供即时通讯服务的免费应用程序。近年来，微信和短信、相机一样，已经逐渐成为手机的标配工具。微信的即时通信、语音、视频聊天、朋友圈、群聊等功能极大程度地迎合了大众的沟通交流需求；微信公众平台、微信开放平台、企业微信等功能极大程度地帮助企业以低成本直接对接大量客户，有效地积累用户；微信小程序、扫一扫功能更是促进线上线下、虚拟与现实、数字经济和传统经济的融合。在腾讯公司最新披露的数据中^[4]，微信月活跃账户数达到 8.89 亿，公众平台汇聚超过 1000 万公众账号、20 万第三方开发者。对于微信公众平台应用开发来说，公众号也已经成为标配。很难想象一家企业没有自己的服务号，一个媒体人没有自己的订阅号^[5]。

因其庞大的用户基数和技术上的独具一格，微信公众平台相比其他移动端 APP 具有很多优势：

对于用户来说，微信公众号的优势在于其体量比 APP 轻且用户体验优秀。相对于一个手机 APP 少则几兆多则几十兆的体量来说，微信属于轻量级应用。微信下载不需要花费很多流量，下载后也不会占用手机为数不多的内存。同时微信公众平台可以提供给用户不输 APP 的服务体验，仅仅只通过其公众号底部的菜单功能。用户需要做的就只是关注公众号，便可开始使用相应的功能。

对于开发者来说，微信公众平台是基于 C/S 模式开发的，它可以跨平台运作。开发人员再也不用为 Android 平台和 iOS 平台各开发一套应用框架，各个移动应用平台间的隔阂被消除。且微信公众平台开发方便简单，用户发送消息通过微信服务器传送到开发者服务器上，开发者仅需要对消息进行读取处理即可，图 2-4 展示了微信公众平台数据传输的过程。

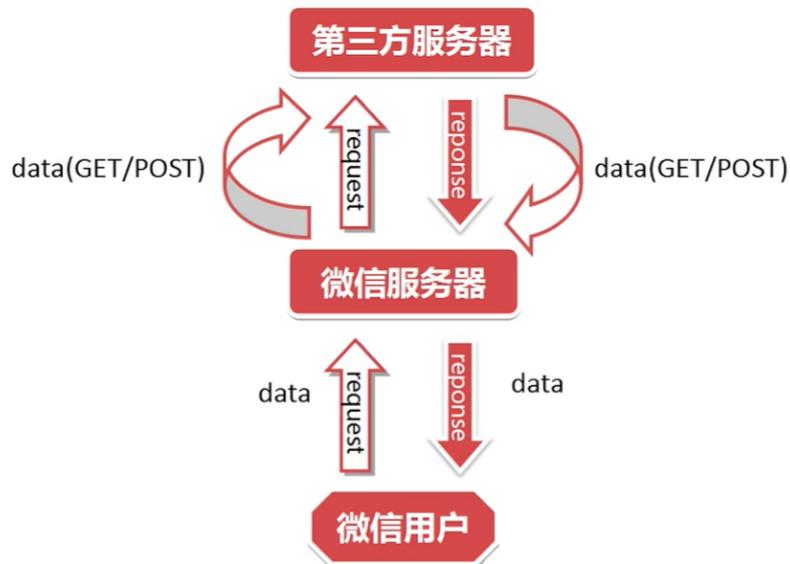


图 2-4 微信公众平台数据传输过程

2.1.4 Visual C#.NET

Visual C#.NET 是 Microsoft 公司推出的 Visual Studio.NET 开发平台中一种面向对象的编程语言。利用这种面向对象的可视化编程语言，结合事件驱动的模块设计，可以使程序设计变得高效快捷^[6]。作为微软开发的提供给技术人员进行应用的搭建与开发的平台，Visual .NET 提供了运行所必须的环境.NET Framework 类库和 CLR（公共语言运行库）。在本文系统的开发过程中，PC 管理端主要使用 C# 编程语言，具体使用了以.NET Framework 为基础的 Windows 窗体平台。Windows 窗体应用程序（也称 WinForm 程序）是使用图形用户界面开发工具来进行设计的，优点是能够加快开发精度，控制软件质量^[6]。

在本次开发的系统中 PC 超市管理端采用了.NET 平台的 C/S（客户端/服务器）交互模式，因为 C/S 模式面向的用户群相对比较固定，信息安全性比较高，且方便系统程序和本地硬件进行交互。在本系统中，PC 客户端仅仅面向超市管理者和超市员工，受众比较固定，且仓库管理信息需要得到保护，系统也需要和本地的 RFID 读卡器进行交互，因此选择 C/S 模式对 PC 管理端进行开发是较为科学的。同时，微信平台支付端的开发因其需要跨平台与用户交互的特性，进而选择了 B/S（浏览器/服务器）的开发模式，且这种模式是建立在微信公众平台所提供的平台基础上。

2.1.5 PHP

PHP（超文本预处理器）是一种创建动态交互性站点的强有力的服务器端脚本语言。它是一种通用开源脚本语言。PHP 独特的语法混合了 C、Java、Perl 以及 PHP 自创新的语法，利于学习，使用广泛，主要适用于 Web 开发领域。相比其他编程语言，PHP 有开放源代码、免费性、快捷性、跨平台性强、效率高、消耗资源小、面向对象等优点。

PHP 可以帮助开发人员实现众多功能：可以方便快捷的生成动态网站页面内容；可以在网站端实现对服务器上的文件管理，例如对文件的：创建、打开、读取、写入、关闭；可以读取手机移动端 html 中的表单数据，具有很强的交互性；可以发送和接收 cookies 数据；可以在链接 MySQL 数据库之后，对数据库的数据进行增、删、查、改等操作；可以限制某些用户访问网站上的资源，方便对隐私数据进行加密保护。

2.1.6 SQL 语言

SQL 是结构化查询语言(Structured Query Language)的简称，是用于访问和处理数据库的标准的计算机语言。SQL 是于 1974 年由 IBM 公司的 San Jose 实验室推出的，1987 年，国际标准化组织（ISO）将其批准为国际标准^[7]。SQL 语言因其功能丰富、简洁易学而备受计算机工业界和计算机用户欢迎。它具有综合统一、高度非过程化、面向集合的操作方式和以同一种语法结构提供多种使用方式的特定。本系统选用 SQL 语言中的数据定义语言（Data Definition Language, DDL）、查询语言（Query Language, QL）和数据操纵语言（Data Manipulation Language, DML）作为程序操作数据库数据的首选语言，通过 SQL 语言实现了数据表的创建和数据的增、删、改、查各种丰富功能。

2.2 系统开发工具简介

2.2.1 Microsoft Visual Studio 2015

Microsoft Visual Studio 是美国微软公司旗下的开发工具包系列产品，它包括了一个软件开发生命周期中所需要的大部分工具，如代码管理控制工具、集成开发环境等。Visual Studio 2015 是微软公司在 2015 年推出的新版本，它提供给开发者为设备、桌面应用、Web 和云而开发软件所需要的一切内容。该版本可在单个 IDE 中为 iOS、Android 和 Windows 编写代码，并且具备方便的代码导航、快速生成和快速部署等功能。

本系统采用了 Visual Studio 2015 开发工具中 C# 开发的 WinForm 窗体应用程序开发无人超市的 PC 管理端。

2.2.3 Microsoft SQL Server 2017

SQL Server 是美国微软公司推出的关系型数据库管理系统（RDBMS），其具有使用方便、伸缩性好、与相关软件集成度高等优点。本文的无人超市系统使用 SQL Server 2017 作为本地数据库开发的软件支持。

2.2.1 新浪云集成服务器 SAE

Sina App Engine（简称 SAE）是新浪研发中心于 2009 年 8 月开始内部开发，并在 2009 年 11 月 3 日正式推出第一个 Alpha 版本的国内首个公有 App Engine，SAE 是新浪云计算战略的核心组成部分。

SAE 选择在国内流行最广的 Web 开发语言 PHP 作为首选的支持语言，Web 开发者可以在 Linux/Mac/Windows 上通过 SVN 或者 Web 版在线代码编辑器进行开发、部署和调试，团队开发时还可以进行成员协作，不同的角色将对代码、项目拥有不同的权限；SAE 同时提供了一系列分布式计算、存储服务供开发者使用，包括分布式文件存储、分布式数据库集群、分布式缓存、分布式定时服务等，这些服务将大大降低开发者的开发成本。由于 SAE 整体架构的高可靠性和新浪的品牌保证，开发者的运营风险大大降低。另外，作为典型的云计算，SAE 采用“所付即所用，所付仅所用”的计费理念，通过日志和统计中心精确的计算每个应用的资源消耗（包括 CPU、内存、磁盘等）

2.3 本章小结

本章主要介绍无人超市系统开发过程中所使用到的主要技术以及开发所需的基本工具。

3 系统需求分析

3.1 功能需求说明

本系统旨在能够粗略模拟无人超市从商品入库、商品上架和顾客购物的过程。在实地体验了超市进货卖货流程和无人超市购物流程后，得出了无人超市系统的基本需求：超市管理员（或者超市店员）需要一个基于本地数据库的应用程序进行商品入库、商品出库、商品上架和商品下架操作，来方便对超市商品和库存的管理，并且更好的运营整个超市。为了体现超市“无值守人员”，即无收银员的特色，商品上需要粘贴 RFID 标签来唯一标识商品，这个工作也是包括在管理员或工作人员进行商品上架的过程中。同时超市管理员（超市店长）还需要对超市的工作人员和超市顾客进行简单的信息统计管理，以及超市所必须的门禁系统也需要超市管理员来开启关闭。系统还需要在顾客支付完成后，根据一段时间内的商品购买信息，对顾客进行商品推荐功能，以增加超市的收入。对于进入超市购物的用户来说，需要的是一个基于微信公众平台的、交互性强的购买支付端，仅需简单的打开微信“扫一扫”功能，扫描商品上的二维码或条形码，便可以查看商品信息以及进行商品支付，支付后拿着商品便可离开。顾客离开时，经过超市门禁，系统会自动检测商品上的 RFID 标签是否已经付款，如果没有付款，则警报响起。

3.2 系统用例分析

在系统的需求分析阶段编写用户用例能够更好的帮助读者理解系统的功能，也能够更好的帮助开发者设计出满足用户需求的系统功能。为了更好的解释本“无人超市”系统的主要功能，下面将简单展示商品上架、购买商品和门禁的用户用例。

（一）用例：商品上架

主要参与者：超市理货员

目标：将 RFID 标签与商品条码录入并匹配成映射对进而上传到云服务器的数据库上

前提条件：店主已完成进货，仓库内货品充足。

触发器：货架上货品不足。

场景：

1. 超市理货员：使用扫码枪扫描商品条码
2. 超市理货员：使用读卡器录入 RFID 标签序号并粘贴在商品上
3. 超市理货员：点击系统管理端“上架”按钮
4. 超市理货员：系统界面出现“货品上架成功”提示

异常：

1. 商品条码未录入：理货员检查条码枪是否工作
2. RFID 标签序号未录入：理货员检查读卡器是否正常工作
3. 货品上架不成功：理货员重新检查前两步或再次录入

优先级：必须实现

使用方式：通过 PC 软件系统管理端

次要参与者：技术支持人员，扫码枪，读卡器

（二）用例：查询商品信息并购买商品

主要参与者：顾客

目标：顾客在微信公众号上使用“扫一扫”功能查询到商品信息后，选择确认购买，购买完成后，商品条码与商品信息上传云端数据库并生成白名单（已购商品表）。

前提条件：商品已上架

触发器：顾客扫描商品条码进行付款操作

场景：

1. 顾客：使用微信公众平台客户端“扫一扫”商品条码
2. 顾客：点击“确认购买”
3. 顾客：付款成功即弹出付款成功提示
4. 管理端：界面弹出相关的商品推荐，顾客可以选择购买或者不购买

异常：

1. 顾客付款不成功：商品 RFID 标签序号等信息未上传新浪云数据库；或商品未上架。

优先级：必须实现

使用方式：通过手机微信公众平台客户端实现

（三）用例：顾客离开超市经过门禁（读卡器）

主要参与者：顾客，读卡器

目标：电脑管理端在云端数据库订单表单中寻找识别出来的对应的 RFID 不在白名单（已购商品表单）里

触发器：顾客离开超市经过门禁

场景：

1. 顾客：走过门禁（读卡器）
2. 门禁（读卡器）：鸣笛——顾客有商品未付款；不鸣笛——顾客可以离开

异常：

1. 读卡器鸣笛：超市管理员说服顾客重新付款

优先级：必须实现

使用方式：通过电脑软件系统管理端

3.3 系统需求建模

图 3-1 所示是系统 PC 管理端的用户用例图。

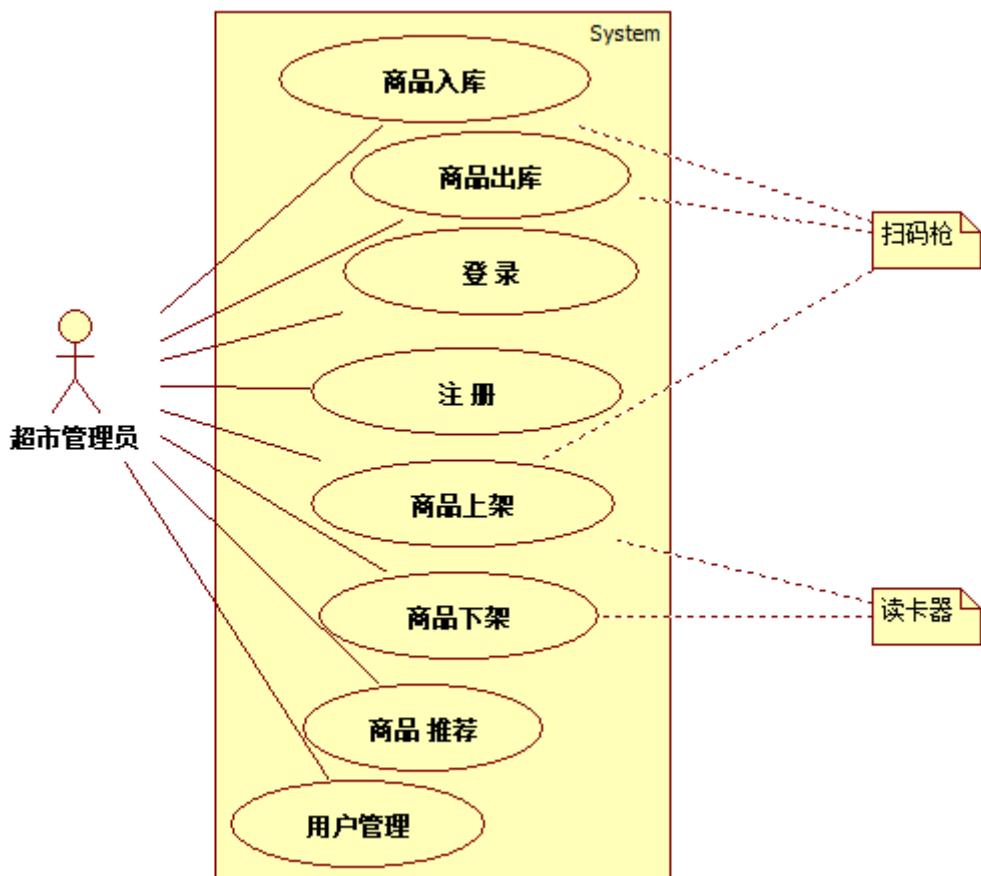


图 3-1 PC 管理端用户用例图

其中，超市管理员泛指超市店长和超市员工。无人超市 PC 管理端具体功能如下：

- 商品入库，通过条形码扫描枪和手动输入获取商品的基本信息，如条形码号、商品名称和商品数量，并写入数据库。
- 商品出库，通过条形码扫描枪输入商品条码号，能够查询到商品库存信息，执行出库操作可从数据库库存中将数量归为零。
- 商品上架，通过 RFID 读卡器和条码扫描枪将商品条码和 RFID 标签号配对并存入数据库。
- 商品下架，通过 RFID 读卡器读取商品 RFID 标签号，显示商品信息并进行商品下架，回收的 RFID 标签可重复利用，商品则直接退回厂商。

- 商品推荐，能够根据顾客购买商品形成的订单表通过数据挖掘形成商品的频繁项目集并据此向顾客推荐商品。这个功能是本系统的创新点。
- 用户管理，超市管理员可以通过用户管理对超市员工信息和超市顾客信息进行简单的查询功能。通过这类信息可以大致管理员工和统计无人超市客流量。
- 登录，通过输入用户名、密码和验证码对数据库进行匹配度检查从而登入系统。
- 注册，当超市有新员工需要使用系统时，可以通过输入基本信息注册新账号，超市店长可以通过管理数据库进行员工管理。

超市顾客的用例图如图 3-2 所示，所基于的系统是微信平台支付端：

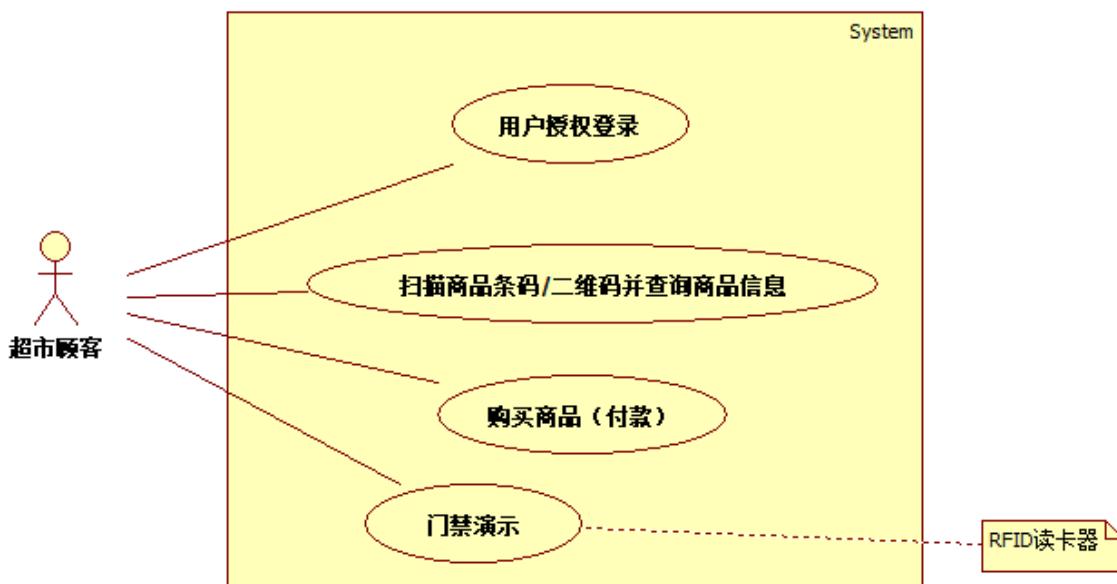


图 3-2 超市顾客用例图

超市顾客与微信公众平台客户端进行直接交互，进行商品的信息查询和购买。无人超市微信公众平台 WEB APP 实现的主要功能具体如下：

- 用户授权登录，通过获取用户微信号的 openid 实现获取用户信息，从而实现客户端的自动登录。无论是面向第一次到店或第一次使用系统的顾客，还是无人超市的“老顾客”，均可通过信息授权实现自动登录，免去了注册需要输入繁杂的信息的过程。
- 扫描商品条码/二维码查询商品信息，通过微信公众平台提供的接口实现扫描条形码或二维码后显示商品的信息，包括商品价格和商品名称等，以供顾客查看。
- 购买商品，顾客通过确认支付的功能实现支付商品所需货款。

- 门禁，在本系统中，通过 RFID 读卡器模拟现实中的门禁，当顾客携带已支付的商品通过门禁，门禁不会报警；当顾客携带未支付的商品通过门禁，系统会鸣笛。

3.3 本章小结

本章简单的说明了系统功能需求、系统用例分析和系统需求建摸。依据本章内容可以帮助读者更好的理解后续系统设计部分。

4 系统设计

4.1 系统的总体设计

如图 4-2 所示，基于 RFID 和二维码识别的无人超市系统分为 PC 管理端和手机微信公众号平台支付客户端。PC 管理端除了基本的管理员注册登录，出库入库操作外，重点功能在于商品上架功能。商品上架功能指的是通过店员扫描商品二维码和使用 RFID 读卡器读取 RFID 标签序号，系统将两者配对形成映射对上传到云端数据库。手机微信公众号支付端有独特的用户授权自动登录功能模块，同时还有扫码查看商品信息的模块。同时基于频繁项目集的商品推荐算法也是一大创新点，这个算法可以提供给已经付好款的顾客以商品推荐：如最近所有顾客购买牛奶的同时也购买了面包的几率较大，当有新的顾客购买牛奶时，PC 端系统会提供给顾客“是否购买面包？”的提示。为了实现这一推荐算法，本文在 Aprori 频繁项目集算法的基础上进行了改进，实现了在 C# WinForm 窗体应用程序显示并推荐的功能。为了方便展示和页面美观，以及方便面向广大超市顾客用户，本文选择了使用基于微信公众平台的 WEB APP 作为开发方向。在用户选择确认购买时，PHP 后台服务程序从云端数据库寻找商品 RFID+ 条码映射对并将映射对加入白名单（已付款商品名单），同时将云数据库上架商品表单的有效位置置零，这样当顾客带着已付款的商品通过门禁时，门禁（即 RFID 读卡器）通过 PC 管理端向云端数据库查询上架商品单中的有效位，如果对应的有效位为零，即代表顾客所携带的商品已经完成支付，则门禁不会鸣笛。否则，门禁演示系统会鸣笛示意。系统的简单示意图如图 4-1 所示。

4.2 系统功能模块设计

4.2.1 PC 管理端

(1) 管理员登录模块

管理员登录模块主要在 PC 管理端的 WinForm 登录界面输入登录名、密码和验证码，系统执行 SQL 语句在数据库员工表中查找是否存在对应的登录名，且登录名对应的登录密码是否正确，同时检测输入的验证码是否符合，输入的三项均正确方可登录到系统。

(2) 管理员注册模块

此模块面向超市新员工或新的需要进行超市商品出入库和上下架的人员，只需输入基本信息，员工信息便可录入数据库，下次登录时便可直接登录。

(3) 商品入库模块

商品入库时，入库单编号由系统自动生成，超市管理员只需手动使用条码扫描枪输入商品条码号及商品其他信息，便可轻松将商品录入库存，同时在数据库的入库单表中保留了单据信息。

(4) 商品出库模块

商品出库时，超市管理员使用条码扫码枪读取商品条码号即可查询商品库存，在确定商品有库存时输入商品数量、出库地址和出库日期，点击出库即可完成商品出库。同时数据库写入对应商品出库单，该商品库存数量减为零。



图 4-1 系统简单图示

(5) 商品库存查询模块

该模块独立存在，同时也嵌套在商品出库模块内方便出库操作。只需使用条码扫码枪读取商品条码号即可查询商品库存。

(6) 商品上架模块

该模块是无人超市 PC 管理端的难点和关键点所在，通过该模块，商品条码/二维码与 RFID 标签号形成映射，方便后续微信公众平台客户端对商品进行查询信息和购买操作。该模块分为读 RFID 号和输入上架信息两部分，当 RFID 号成功被读取后才可以

进行上架操作：用条码扫码枪读取商品条码/二维码，输入上架其他信息后点击上架，RFID 标签号与商品条码便成对录入数据库。

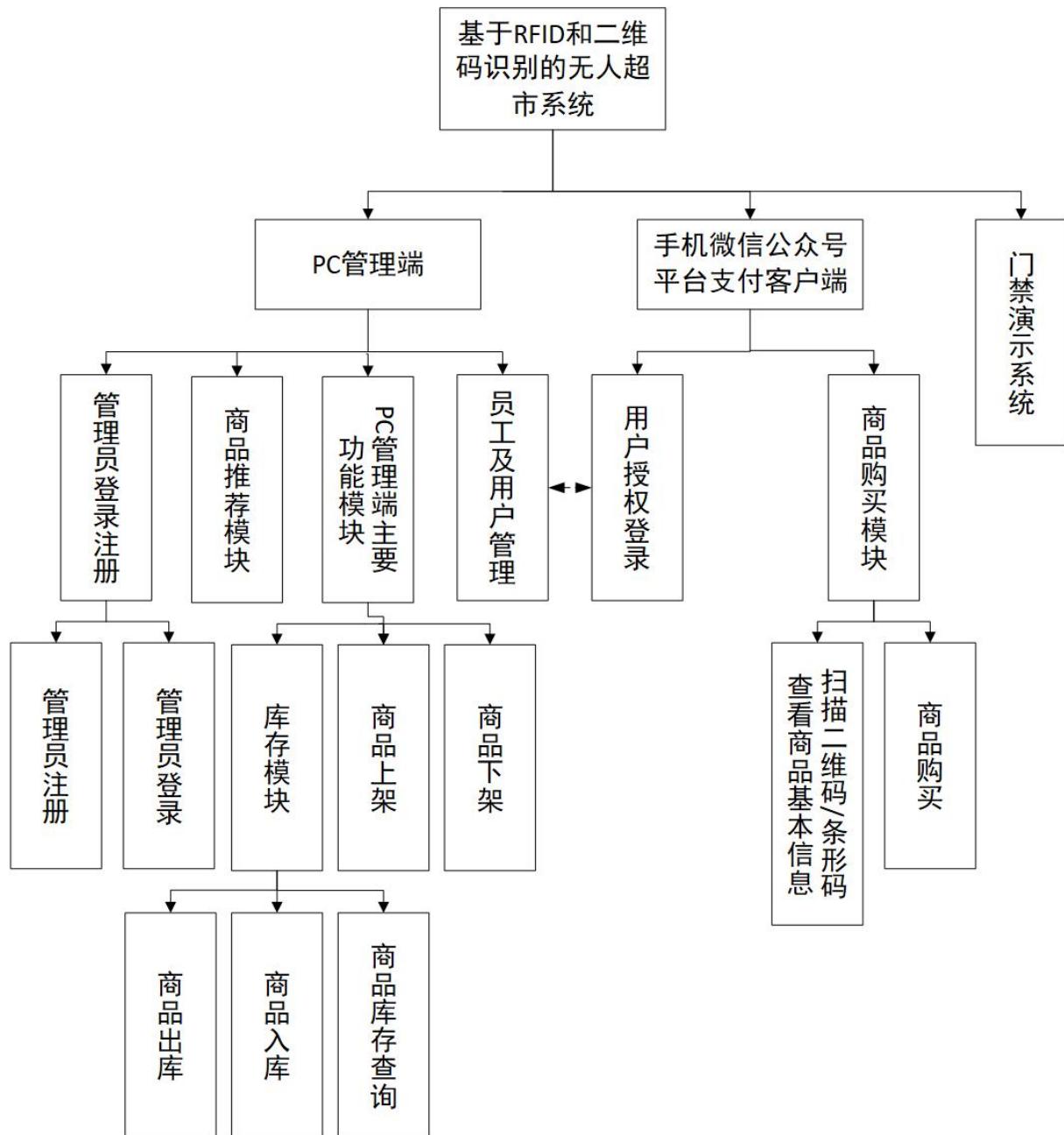


图 4-1 系统结构图

(7) 商品下架模块

与商品上架模块类似，商品下架模块唯一的不同是输入的信息包括商品下架原因等信息，同时该模块支持 RFID 标签回收的机制，下架后的 RFID 标签可以重新被上架使用。这样大大节约了 RFID 标签带来的经营成本。

(8)商品推荐模块

商品推荐模块是无人超市系统的创新点所在，该模块能够通过使用 Apriori 算法对顾客购买商品产生的订单进行数据分析，得出最常被购买的商品或商品组合，有针对

性的对顾客进行商品推荐。为了方便演示，该模块在 PC 端实现。

(9) 用户管理模块

本地 PC 客户端从云端数据库读取用户表实现超市顾客的管理和人流量统计。同时管理员还可以查询超市员工的基本信息。

4.2.2 手机微信公众号客户端

(1) 用户授权登录模块

此模块是用来控制用户的登录并获取用户基本信息的。因为无人超市面向超市顾客的功能开发依赖于微信公众平台，因此该模块通过微信用户授权登录无人超市 WEB APP 即可实现登录功能，并获取到用户微信的基本信息。

(2) 扫描二维码/条形码查看商品信息模块

该模块用于展示商品基本信息，如商品名称、单价等。用户通过扫描商品上的条形码或二维码可以获得展示在页面上的商品基本信息，这些信息是 PHP 后台程序通过读取云端数据库内的上架商品单并展示出来的。顾客可通过此模块确认商品价格。

(3) 商品购买模块

该模块为商品购买功能模块，通过调用微信扫一扫功能的 API 实现获取商品条码号/二维码号的功能，从而实现商品确认。当用户点击确认付款时，商品信息被写入白名单（已付款商品名单）并将上架对应商品的有效位置置零，并提示顾客付款成功（或失败）。

4.2.3 门禁

在本系统中，将用 PC 端的 C#.NET 窗体应用程序和 RFID 读卡器模拟现实生活中无人超市的门禁部分。在现实生活中的超市，门禁是两个巨大的 RFID 射频感应门（如图 4-3 所示），由于场地和资金限制，在本系统中用 RFID 读卡器模拟 RFID 射频感应门的识别 RFID 标签的部分，用 PC 端的 C#窗体程序模拟门禁的蜂鸣器部分。

4.3 系统数据库设计

4.3.1 概念模型设计

从数据的安全性和保密性考虑，本系统将数据库分为本地数据库和云端数据库。本地数据库面向 PC 管理端，它包含了所有关于超市货品信息的表，因为类似超市库存信息是不对顾客开发的，面向的对象仅仅是超市内部人员，因此选择了本地数据库作为 PC 管理端的数据支持。而微信公众号所需要的数据库支持是云端的，因此关于顾客可的信息和其购买商品产生的数据均存在云端数据库，方便用户交互。



图 4-3 RFID 门禁射频感应门

本地数据库的实体关系图（E-R 图）具体如图 4-4 所示。因为属性太多无法在一张图上全部显示，故在 ER 图中省略了各个实体的属性，具体的属性将在下面介绍。

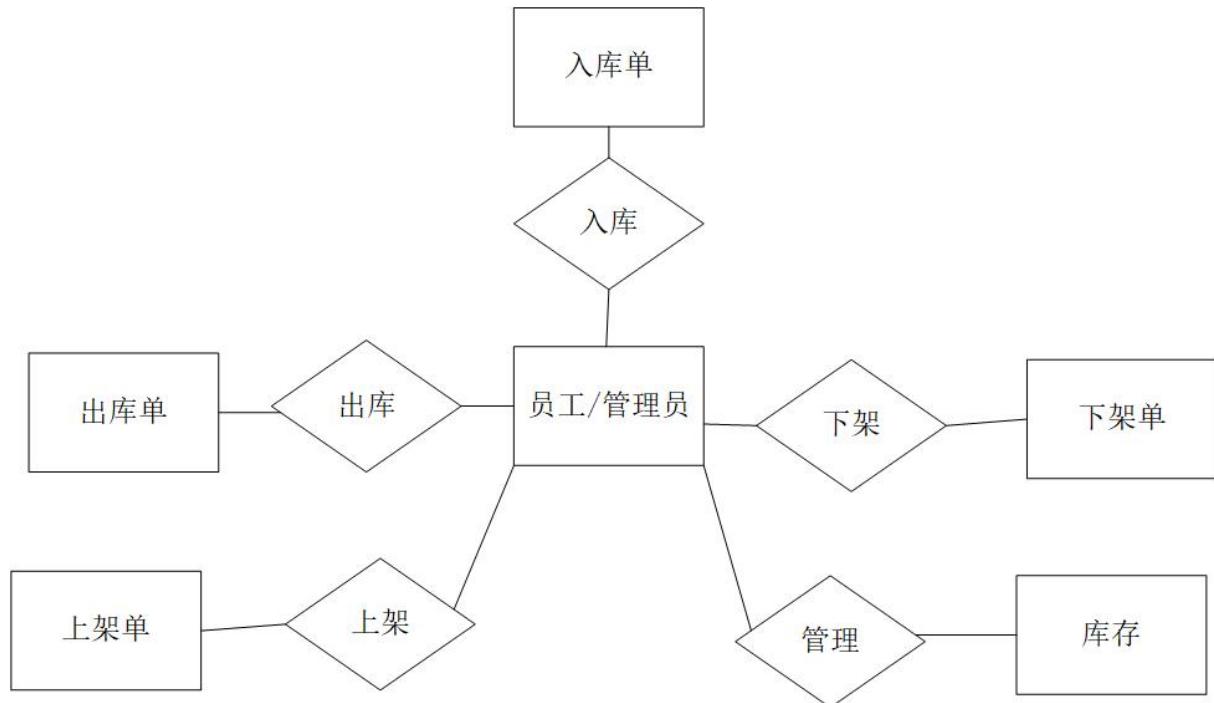


图 4-4 本地数数据库实体关系图

正如图 4-4 所示，整个无人超市系统 PC 管理端围绕员工，或者说是管理员展开，库存、出库单、入库单、上架单和下架单均为管理员进行操作。

本地数据库具体属性如下，PK (Primary Key) 表示主键，FK (Foreign Key) :

员工表：员工工号 (PK)，登录名，登录密码，员工姓名，手机号和家庭住址；

库存表：商品条码号 (PK)，商品名，商品数量，单价，单位。

入库单表：入库单据编号 (PK)，商品条码号 (FK)，商品名称，商品数量，单位，

单价，总价，入库仓库，往来单位，入库时间，附加说明。

出库单表：商品条码号（PK），商品名称（FK），数量，单位，单价，出库地址，出库去向，出库时间。

上架单表：RFID 号（PK），商品条码号（FK），商品名称，单价，上架时间，附加说明。

下架单表：RFID 号（PK），商品条码号（FK），商品名称，下架原因，下架时间，附加说明。

云端数据库的详细实体关系图（E-R 图）具体如图 4-5 所示。同样在 ER 图中省略了各个实体的属性，具体的属性属性如下：

用户表：用户 openID（PK），用户微信名，用户性别，用户微信使用语言，城市，省份，国家，微信头像图片地址，账户余额。

上架商品表：RFID 标签号（PK），商品名，商品条码号，商品价格，有效位。

订单内容表：用户 openID（FK），商品名，商品条码号，商品单价，购买日期，商品 RFID 号（FK）。



图 4-5 云端数据库实体关系图

4.3.2 逻辑结构设计

在本地 PC 数据库中，主要包括员工表、库存表、入库单表、出库单表、上架单表、下架单表总共六张表。现详细阐述如下：

员工表主要用来存储员工基本信息，如姓名、手机号等；同时该表包含员工的系统登录名和登录密码，用来登录到 PC 管理端时使用。这里指的员工包括超市管理员、超市理货员等一切维护超市运作的人员，也指需要用到该系统的所有人员名单。在之后的用户管理功能中，能够查询所有的员工信息，也就是该表的信息。同时员工表中的信息将在登录功能模块中被使用，用来判断登录的用户是否已经进行注册，即是否是超市的正式员工。员工表的详细字段信息如表 4.1 所示。

表 4.1 员工表

	字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否可为空	描述
1	StaffID	员工工号	Varchar	50	否	主键
2	LoginName	登录名	varchar	50	否	登入 PC 系统的登录名，不可更改
3	LoginPw	登录密码	varchar	20	否	登入 PC 系统的密码，允许更改
4	StaffName	员工姓名	varchar	50	否	
5	StaffTel	员工手机号	varchar	11	否	
6	StaffAddr	员工家庭住址	varchar	50	是	

库存表记录了超市库存商品的相关信息，如商品条码号、商品名称等，库存表为商品入库出库的基础。详细字段信息如表 4.2 所示。

表 4.2 库存表

	字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否可为空	描述
1	ComBar	条码号	varchar	13	否	主键
2	ComName	商品名	varchar	50	否	
3	ComNum	商品数量	int	11	是	
4	Unit	单位	varchar	50	是	
5	Price	单价	float		否	

表 4.3 入库单表

	字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否可为空	描述
1	ListID	入库单据编号	varchar	50	否	主键，自增长
2	ComName	商品名称	varchar	50	否	
3	ComBar	商品条码号	varchar	13	否	外键
4	ComNum	商品数量	int		否	
5	Unit	单位	varchar	50	否	
6	Price	单价	float		否	
7	Total	总价	float		否	
8	InWarehousr	入库仓库	varchar	50	否	
9	Company	往来单位	varchar	50	否	
10	InTime	入库时间	datetime		否	默认为当天日期
11	ExtraMsg	附加说明	varchar	50	是	

入库单表记录了商品入库所需要的所以信息，也是在程序中需要填写的必要信息，如入库时间，商品名称等。详细字段信息如表 4.3 所示。

出库单表负责记录出库商品的基本信息和出库去向。详细字段信息如表 4.4 所示。

表 4.4 出库单表

	字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否可为空	描述
1	ComBar	商品条码号	varchar	13	否	主键
2	ComName	商品名称	varchar	50	否	外键
3	ComNum	数量	int		否	
4	Unit	单位	varchar	50	否	
5	Price	单价	float		否	
6	OutAddr	出库地址	varchar	50	是	
7	OutGo	出库去向	varchar	50	是	
8	OutTime	出库时间	datetime		否	默认为当天时间

上架单表保存着所有上架商品的基本信息和上架时间这样的关键信息，当超市员工需要检查上架商品情况时，可以直接使用此表。详细字段信息如表 4.5 所示。

表 4.5 上架单表

	字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否可为空	描述
1	RFIDid	RFID 号	varchar	50	否	主键
2	ComBar	商品条码号	varchar	13	否	外键
3	ComName	商品名称	varchar	50	否	
4	Price	单价	float		否	
5	OnShelfTime	上架时间	datetime		否	默认为当天日期
6	ExtraMsg	附加说明	varchar	255	是	

下架表单保存着因各种原因（如，商品过期、商品损坏）而不得不下架直接退货或处理掉的商品基本信息，同时下架原因也有保存。详细字段信息如表 4.6 所示。

表 4.6 下架单表

	字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否为空	描述
1	RFIDid	RFID 号	varchar	50	否	主键
2	ComBar	商品条码号	varchar	13	否	
3	ComName	商品名称	varchar	50	否	
4	OffReason	下架原因	varchar	255	是	
5	OffShelfTime	下架时间	datetime		否	默认为当天日期
6	ExtraMsg	附加说明	varchar	255	是	

在云端数据库中，包括了用户信息表（UserInfo），上架商品表（Onshelf）和订单内容表（OrderInfo）共计三张表，现将详细设计阐述如下：

用户表(UserInfo)保存着来超市购物的顾客的微信基本信息，为顾客再次购物登录无人超市主页面时提供数据支持。这些信息主要来自用户授权登录后微信接口获得的关注微信公众号的用户的微信信息，表的内容包括用户 openID，用户微信名，用户性别，用户微信使用语言，城市，省份，国家，微信头像图片地址，账户余额。其中性别 sex 字段，0 为不确定，1 为男性，2 为女性。账户余额 account 是分发给用户的虚拟货币，用于购买商品的支付。详细字段信息如表 4.7 所示。

表 4.7 用户表(UserInfo)

	字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否为空	描述
1	openID	用户 openID	varchar	255	否	主键
2	nickname	用户微信名	varchar	50	否	
3	sex	性别	varchar	2	否	
4	language	语言	varchar	50	是	
5	city	城市	varchar	50	是	
6	province	省份	varchar	50	是	
7	country	国家	varchar	50	是	
8	headimgurl	微信头像	varchar	255	是	
9	account	账户余额	double		是	默认为 100

上架商品表(Onshelf): RFID 标签号，商品名，商品条码号，商品价格，有效位。该表用于查询商品信息，以及商品有效位 Valid 用于门禁演示系统判断商品是否已经付款，如有效位为 1，则表示商品未付款，还在货架上；若有效位为 0，则表示商品已经付款。详细的字段信息如下：

表 4.8 上架商品表(Onshelf)

	字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否为空	描述
1	RFID	RFID 号	varchar	50	否	主键
2	ComBar	商品条码号	varchar	50	否	
3	ComName	商品名	varchar	50	是	
4	Price	价格	varchar	50	是	
5	Valid	有效位	varchar	1	否	判断商品是否在货架上

订单内容表(OrderInfo): 用户 openID，商品名，商品条码号，商品单价，购买日期，商品 RFID 号。当用户完成详细设计如下：

表 4.9 订单内容表(OrderInfo)

字段名称	中文说明	数据类型	大小	是否为空	描述
1 openID	用户 openID	varchar	11	否	
2 ComName	商品名	varchar	50	否	
3 ComBar	商品条码号	varchar	30	否	
4 Price	商品单价	double		否	
5 BuyDate	购买日期	date		默认	默认为当天日期 且不可更改
6 RFID	商品 RFID 号	varchar		否	

4.4 系统详细设计

4.4.1 系统整体类图

系统类图可以更好的帮助读者理解系统结构，也可以更好的帮助开发者进行系统开发。类图很好的显示了系统模型的静态结构，特别是模型中存在的类、类的内部结构以及它们与其他类的关系等。本次无人超市的系统类图包括库存、超市管理员/员工、上架商品、下架商品、已购商品和用户（顾客）这几大类，他们的详细属性和类与类之间的关系均如图 4-6 所示。。

4.4.2 系统操作顺序图

系统顺序图是将系统角色和系统的交互关系表示为一个二维图。纵向是时间轴，时间沿竖线向下延伸。顺序图表明事件如何引发从一个对象到另一个对象的转移，并通过时间函数来表现事件从一个对象流到另一个对象流^[11]。

本系统的顺序图如图 4-7 和 4-8 所示，因为系统整体顺序图太大，论文篇幅不够，因此将其分为两个部分展示。该图将与系统打交道的人：超市店长、员工、顾客；与系统打交道的硬件：条码/二维码扫码枪、RFID 读卡器；还有系统本身：PC 超市管理端、数据库和微信支付端均作为对象流来研究。具体随时间函数发生的事件流均详细解释在顺序图中。

4.4.3 系统关键模块活动图

UML 活动图在特定场景内通过提供迭代流的图形化表示来补充用例。活动图使用两端为半圆形的矩形表示一个特定的系统功能，箭头表示系统的流，判定菱形表示系统分支^[11]。下面展示了超市管理员入库、上架、下架和超市顾客购买商品的活动图，有助于读者更好的理解系统的使用方法。

(1) 超市管理员入库操作活动图

超市管理员需要在输入正确的登录名和登录密码才可以到达主界面，选择主界面的商品入库功能后，输入相应商品信息无误方可入库成功。具体入库活动图如图 4-9 所示。

(2) 超市管理员上架商品活动图

超市管理员上架商品时，同样需要在输入正确的登录名和登录密码才可以到达主界面，选择主界面的商品上架功能后，需使用条形码/二维码扫码枪及 RFID 读卡器读取商品条码号和与之配对的 RFID 标签号，在商品条码号-RFID 标签号上传成功后方可成功上架商品。具体的商品上架活动图如图 4-10 所示。

(3) 超市管理员下架商品活动图

超市管理员下架商品时，与之前模块相同，需要在输入正确的登录名和登录密码才可以到达主界面，选择主界面的商品下架功能后，只需使用 RFID 读卡器读取架上商品的 RFID 标签号，读取成功便可下架商品。具体的商品下架活动图如图 4-11 所示。

(4) 顾客购买商品活动图

顾客购买商品时，需要先打开并关注微信公众号，无论新老用户，只需直接授权使用微信登录即可。进入无人超市主页面后只需扫描商品条形码/二维码便可获得商品信息的页面展示，点击确认购买即可完成购买。具体的顾客购买商品活动图如图 4-12 所示。

4.4.4 系统关键模块状态图

状态图是描述一个系统的各个实体基于事件反应的动态行为，显示了该实体如何根据当前所处的状态对不同的事件做出响应，通过研究状态图，开发人员可以更好的确定系统的行为，及时的发现系统在所描述的行为中是否存在漏洞。

接下来将为读者展示无人超市系统中登录/注册状态图、商品出入库及上下架状态图和付款状态图。

(1) 登录/注册状态图

登录/注册的状态包括登录成功、登录失败、注册成功和注册失败等状态下所触发的事件和函数。具体的登录/注册状态如图 4-13 所示，其中各个状态的入口、出口函数所写的英文均表示其直译过来的意思。

(2) 商品出入库及上下架状态图

商品出库入库和上架下架是在整个无人超市 PC 管理端中最重要的一个模块，它包括的状态有出库/入库/上架/下架成功和出库/入库/上架/下架失败等。状态下所触发的事件和函数具体的显示在图 4-14 商品出库入库和上架下架状态图中，其中各个状态的入口、出口函数所写的英文均表示其直译过来的意思。

(3) 付款状态图

顾客付款购物是在整个无人超市微信公众号支付端中最主要且最能体现无人超市特色的一个模块，它包含了本节第一部分所展示的注册/登录的各个状态，同时还有付款成功和付款提示等状态。状态下所触发的事件和函数具体的显示在图 4-15 中，其中各个状态的入口、出口函数所写的英文均表示其直译过来的意思。同时图中登录提示和注册提示表示图 4-13 的登录/注册状态图的缩略版。

4.6 本章小结

本章从系统的类图、顺序图和各个关键模块的活动图、状态图进一步阐释了本无人超市系统各个功能的操作流程，能够更好的帮助读者理解无人超市系统的逻辑实现，同时也展示了本文在进行系统开发时脑海中的想法和逻辑顺序。

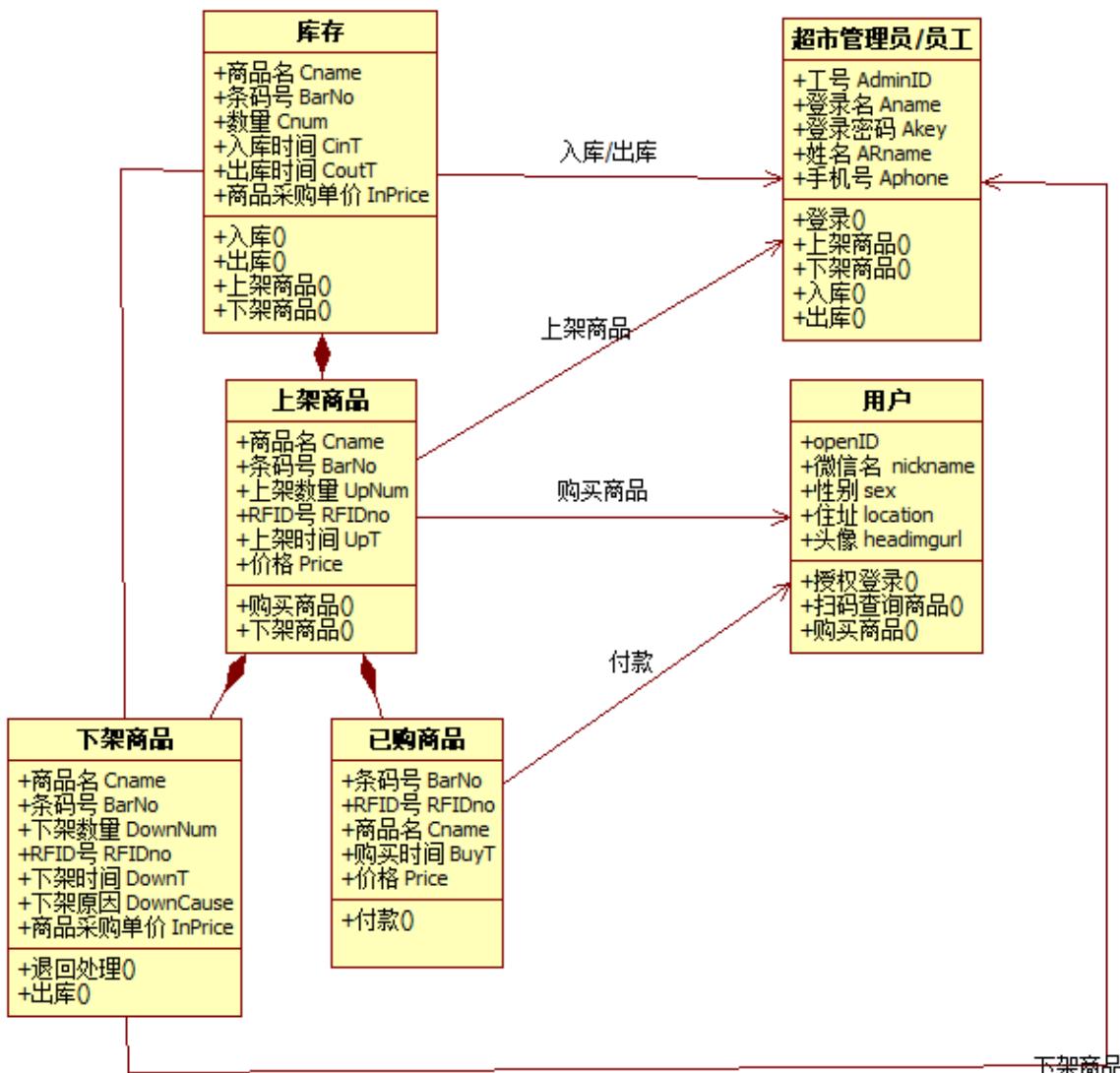


图 4-6 系统整体类图

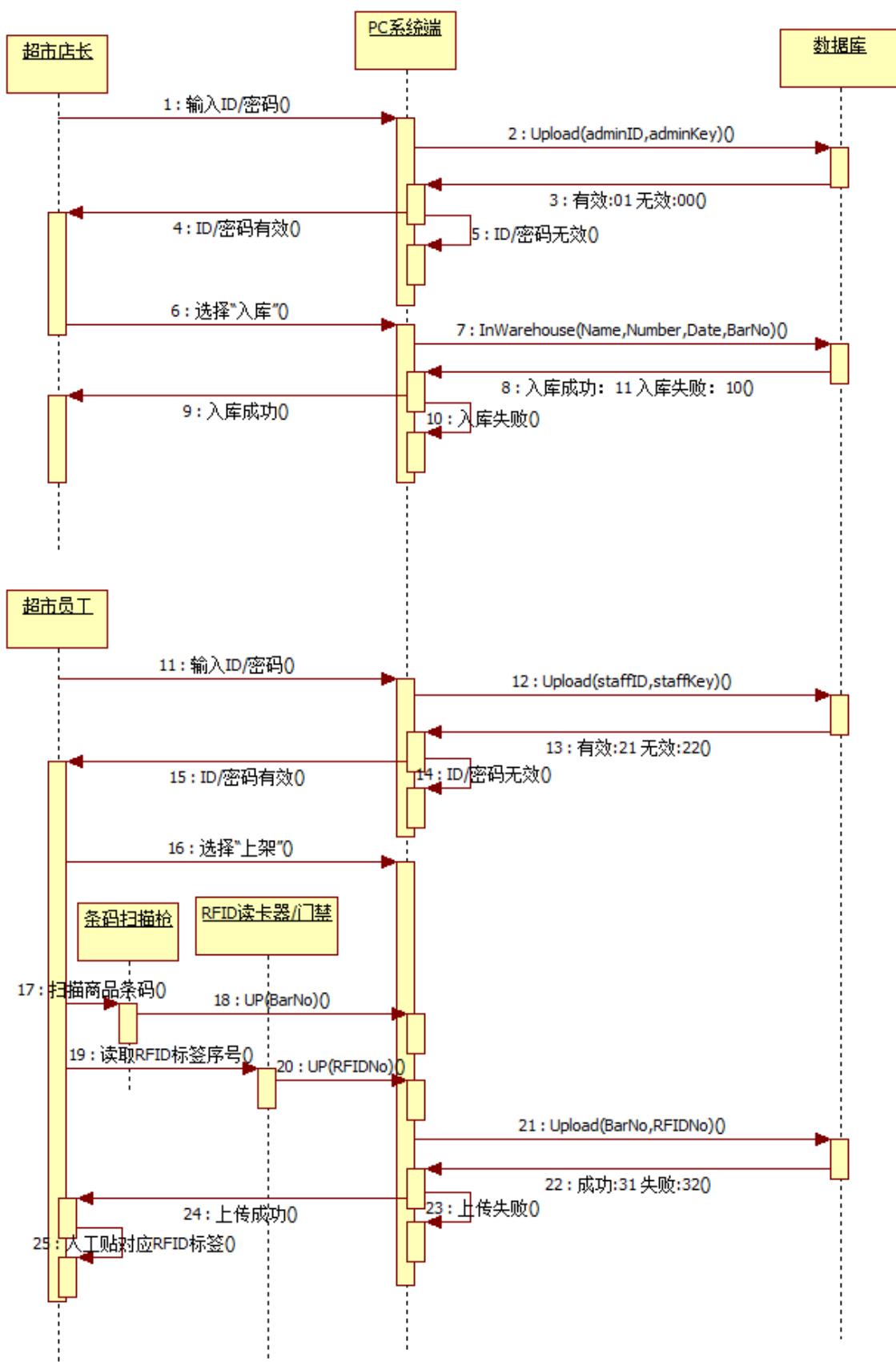


图 4-7 系统顺序图第一部分

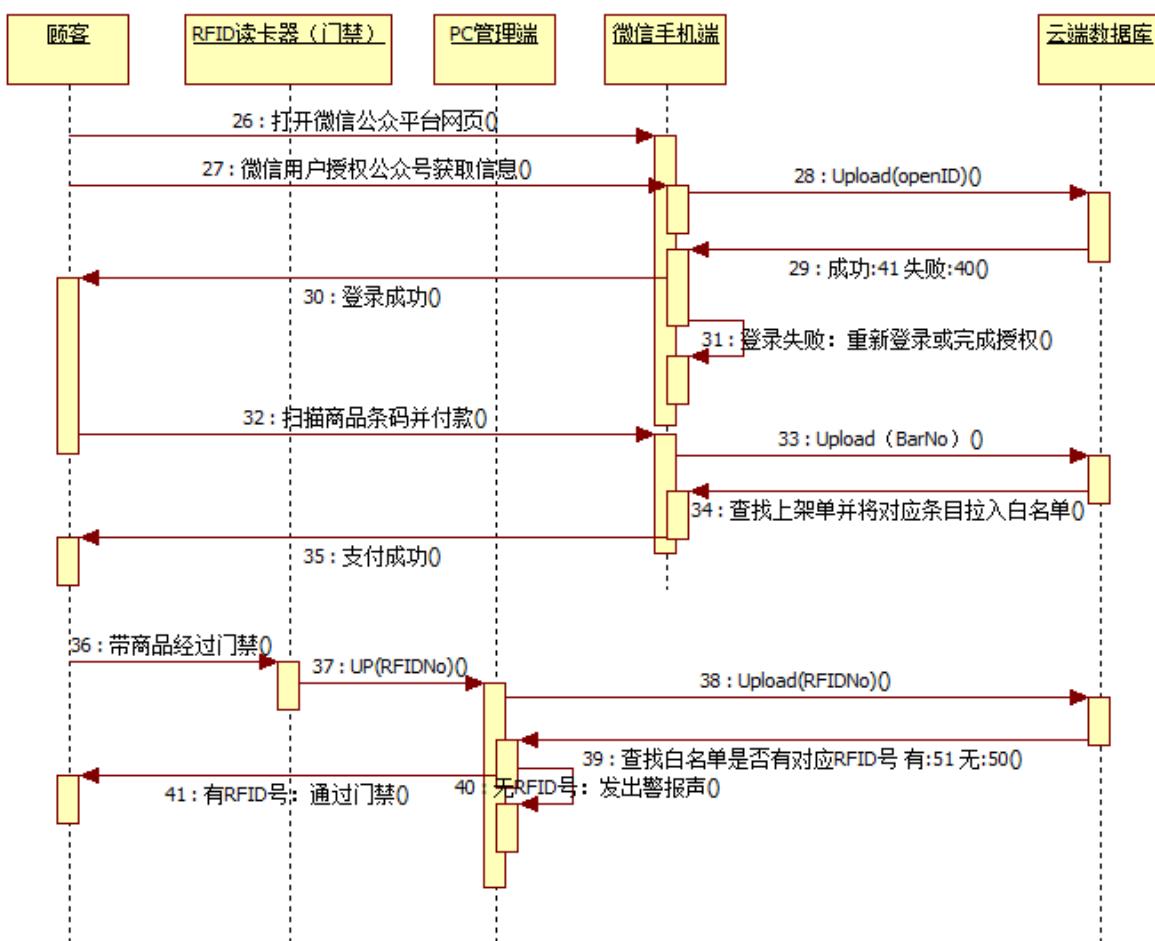


图 4-8 系统顺序图第二部分

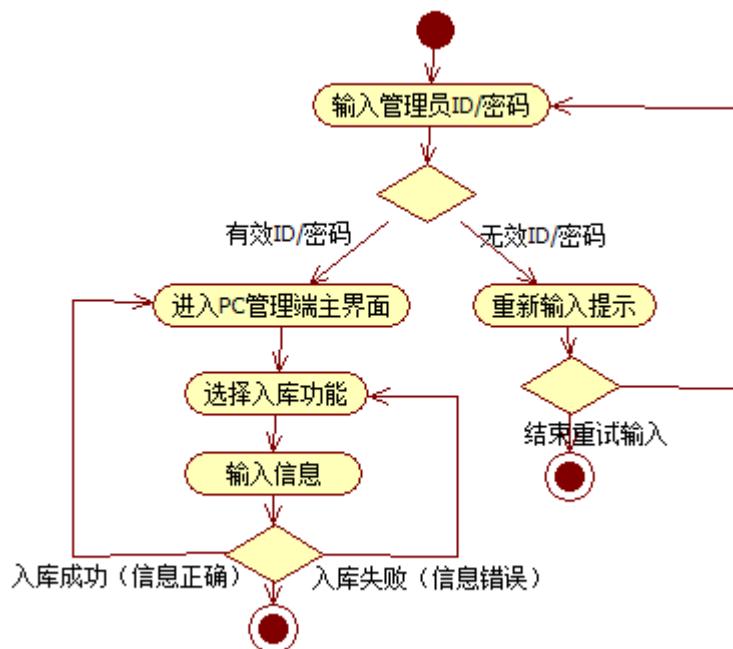


图 4-9 入库活动图

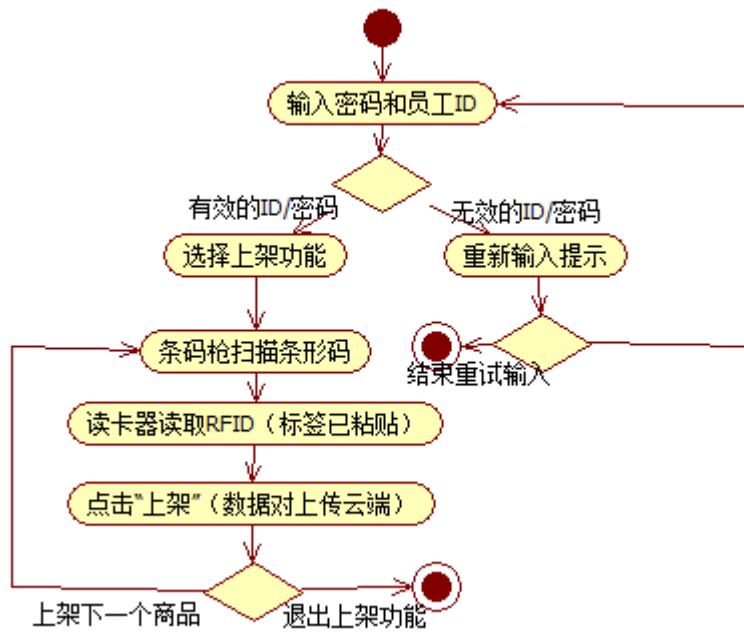


图 4-10 上架活动图

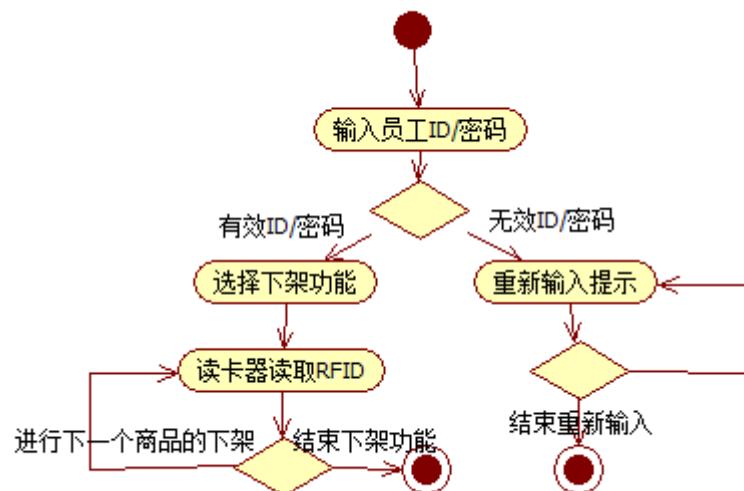


图 4-11 下架活动图

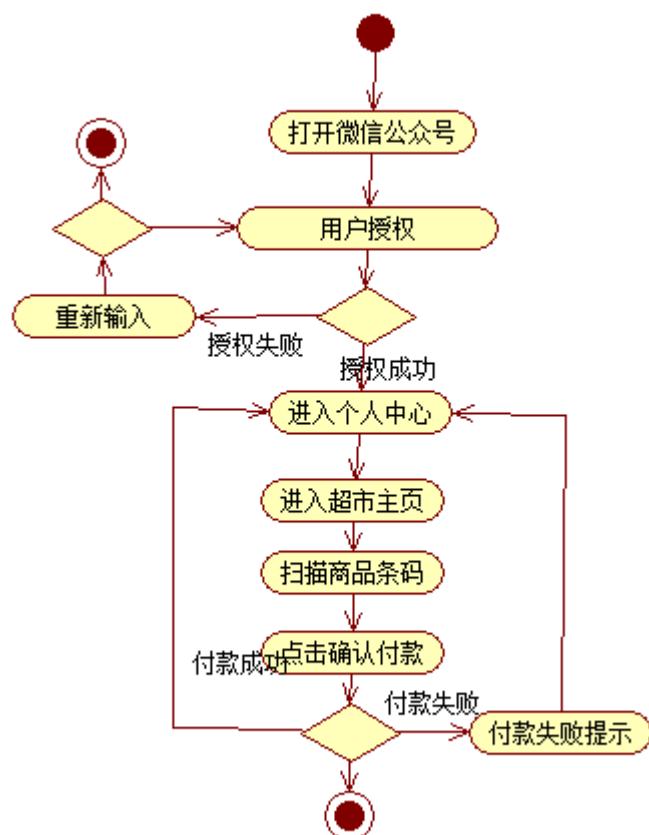


图 4-12 购买商品活动图

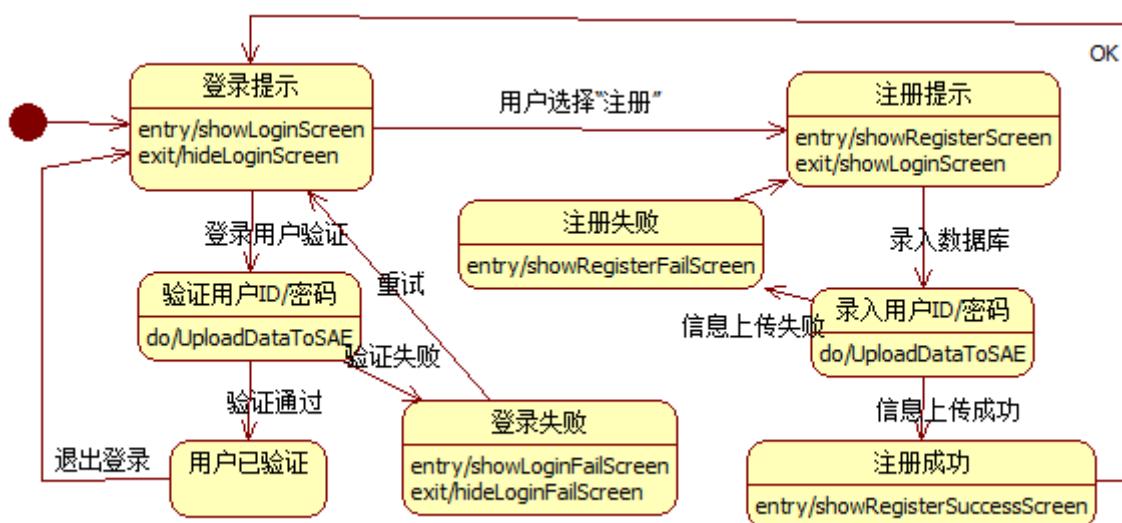


图 4-13 注册/登录状态图

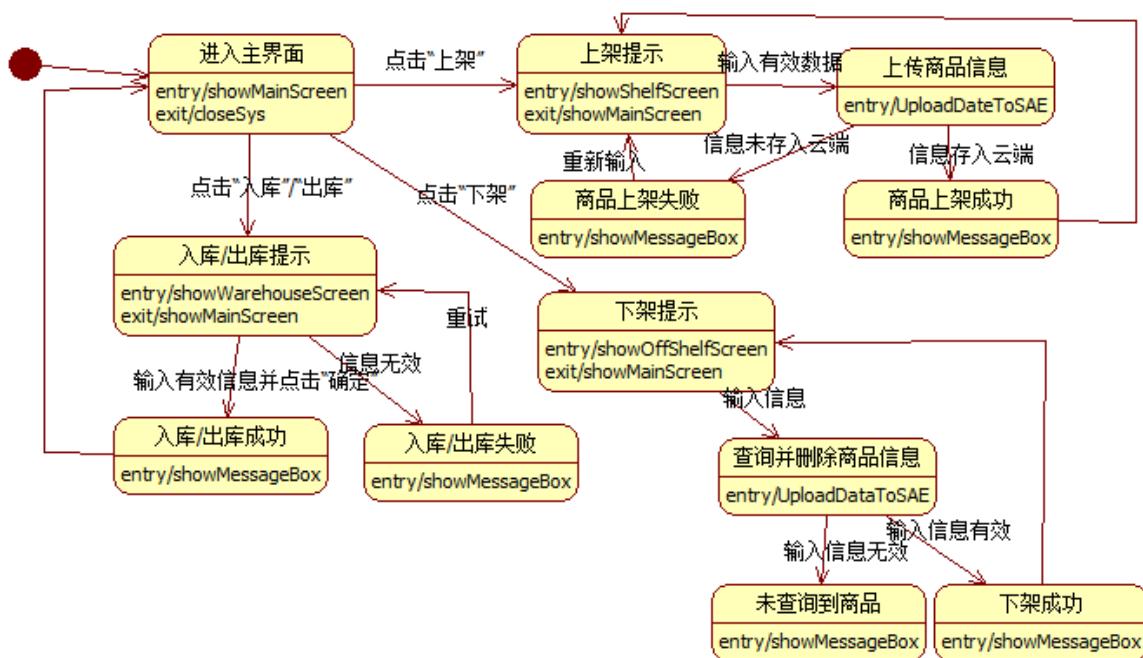


图 4-14 出库入库及上架下架状态图

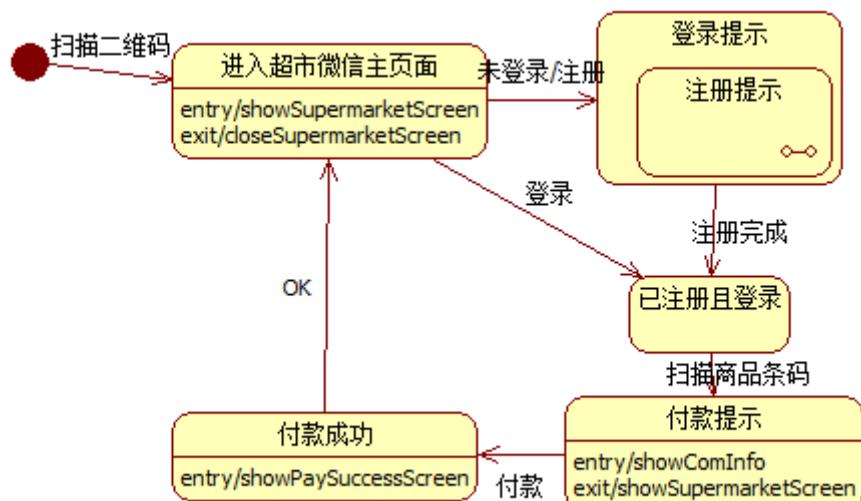


图 4-15 付款状态图

5 系统实现

5.1 系统数据库实现

根据第 4.3 章中数据库的物理设计编写 SQL 脚本语言，在 SQL Server 2017 的管理平台中创建名为无人超市的数据库，将已编写好的创建表的脚本导入，生成后台数据库；云端数据库使用同样的操作。SQL 代码部分在此略过。

5.2 PC 管理端实现

5.2.1 管理员登录模块实现

此模块实现管理员登录系统的功能，界面包括登录、注册和取消三个按钮。用户只需要手动数据登录名和密码（密码经过加密显示），再点击“验证码”按钮，根据显示的数字输入验证码即可登录。详细界面如图 5-1 所示。



图 5-1 登录界面图

5.2.2 管理员注册模块实现

注册页面通过图 5-1 的注册按钮可以到达，详细界面如图 5-2 所示。新员工或超市管理员仅仅需要根据文本框后方提示输入登录名、密码等基本信息，点击确定录入即可。系统后台会将相关数据写入本地数据库，供之后的再次登录进行查询，同时也供超市管理员进行用户管理。注册模块是最基本的也是最基础的系统模块，但也是不可或缺的。

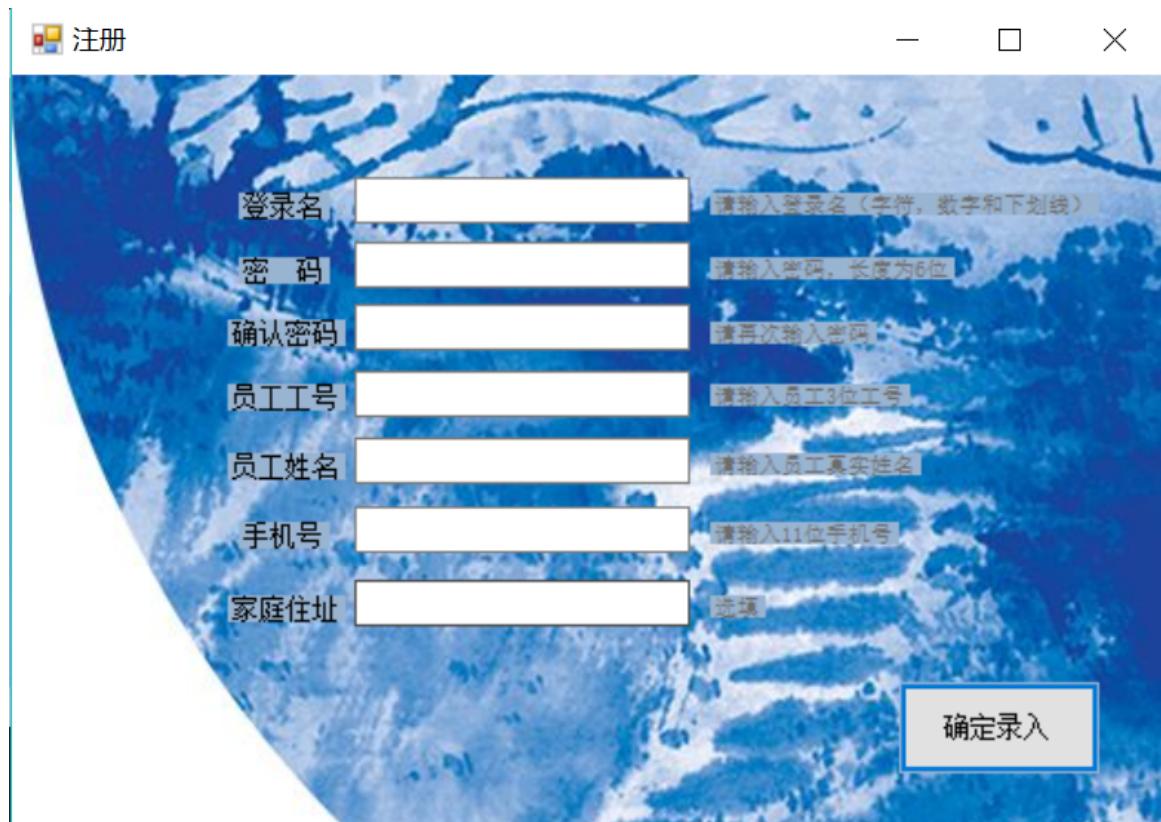


图 5-2 注册界面图



图 5-3 PC 管理端主界面

5.2.3 PC 管理端主界面

无人超市 PC 管理端主界面如图 5-3 所示。背景简洁大方，界面顶端有 6 个标签，通过点击相应的标签可以直接到达其功能。如点击商品入库，则可直接跳转到商品入库界面，进而可以进行相应的入库操作。

5.2.4 商品入库实现

无人超市 PC 管理端的商品入库界面如图 5-5 所示，其中包含了商品入库所需要的基本信息。其中单据编号是自增长的，无需用户填写；入库日期默认当天日期，同时也可以进行选择。输入商品条码号时推荐使用条形码扫码枪进行输入，在现实场景的应用中也是使用条形码扫码枪。往来单位和入库仓库均可使用下拉框选择预设的值。信息都填写完成后点击确定入库按钮即可完成入库，相关信息在后台被写入本地数据库入库单，同时库存表单增加该商品的记录，为之后的商品出口、上架、下架等操作提供了基础。

5.2.5 商品出库实现

商品出库功能的界面图如图 5-6 所示：超市管理员或超市员工在进行商品入库操作时，使用条形码扫描枪输入商品条码号可以进行商品库存查询，以便参考商品出库

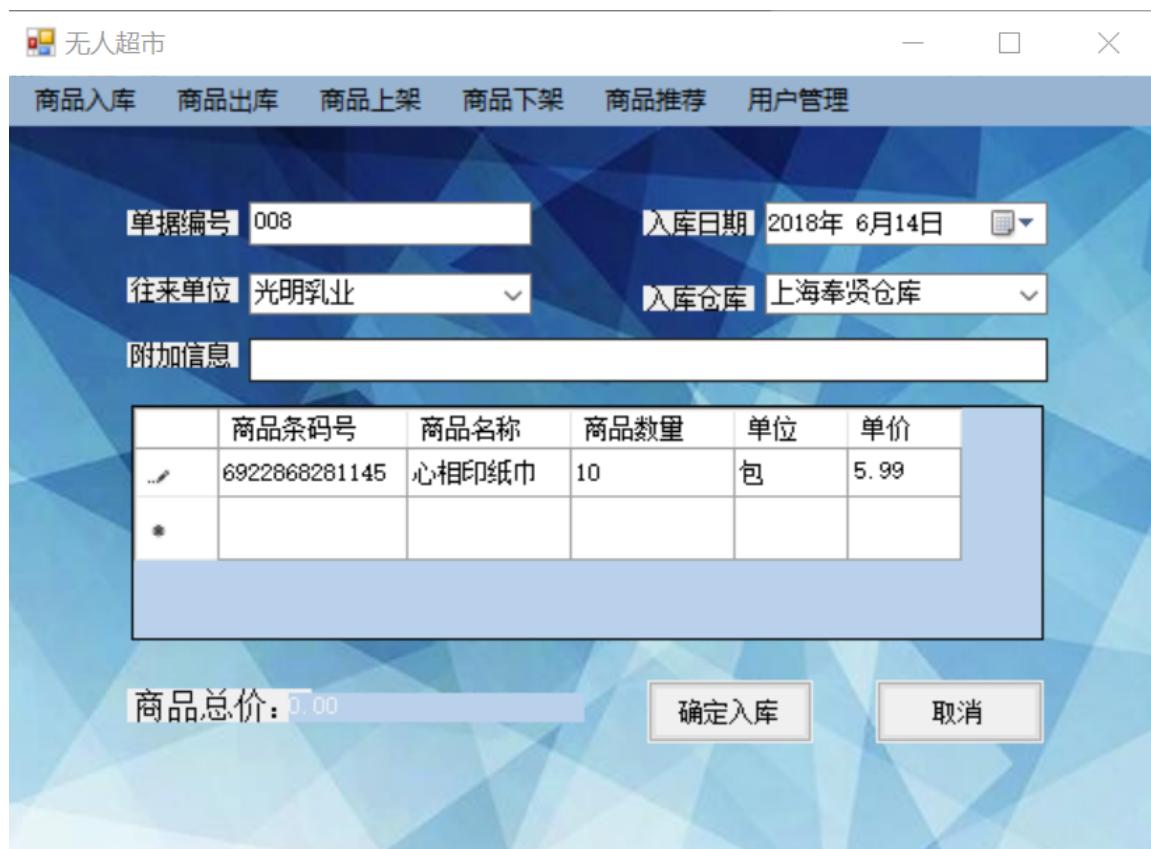


图 5-4 商品入库界面图

的数量，如果出库数量超过库存，系统会给予提示。输入出库地址和出库时间等信息后便可进行出库，相关信息在后台被写入本地数据库出库单，同时库存表单的对应商品数量更新。



图 5-5 商品出库界面图

5.2.6 商品上架实现

商品上架的界面实现总共分为读 RFID 标签号、上架信息填写和消息输出三大部分。超市管理员操作时，先使用 RFID 读卡器读取相应 RFID 标签号，点击“读 RFID”按钮，系统后台会读取的 RFID 号并进行错误检测，结果便会显示在右边输出栏中，如果读取正确，则显示 RFID 号；失败则显示失败原因。接着管理员使用条形码扫描枪读取要上架商品的条形码号，这样就形成了“RFID 号-条码号”的映射对，点击“上架”按钮，这样的映射对及相关信息便会写入本地数据库的上架单表，同时将相关信息写入到云端 SAE 共享型 MySql 数据库中的上架表中，使得微信公众平台客户端可以获得相应的上架商品信息。该过程模拟了无人超市的整个上架过程，是整个系统的关键模块之一，也是连接 PC 管理端和微信客户端的唯一桥梁。唯一不足的是需要超市员工手动粘贴 RFID 标签到商品上。需要说明的是，之所以将上架商品信息即存在云端数据库同时存入本地数据库，是为了防止云服务器出现故障时，方便数据恢复。具体的商品上架界面如图 5-7 所示。

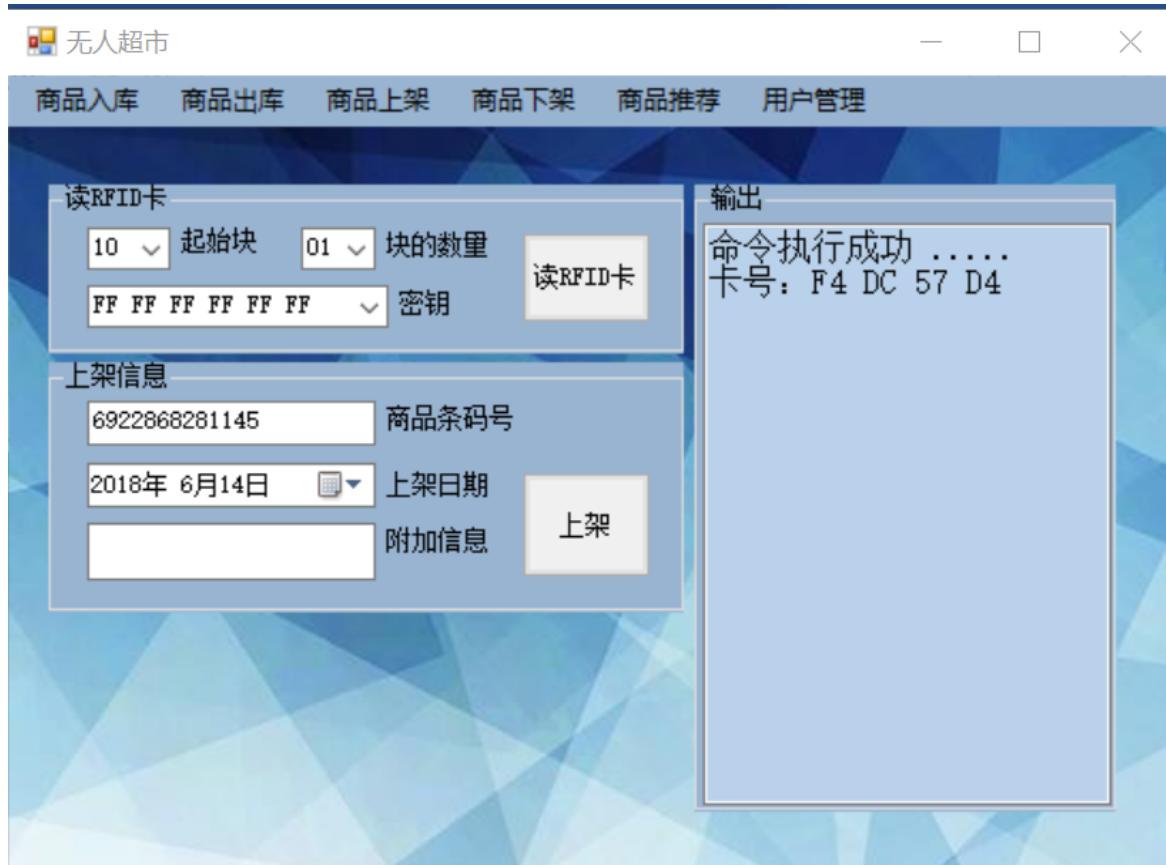


图 5-6 商品上架界面图

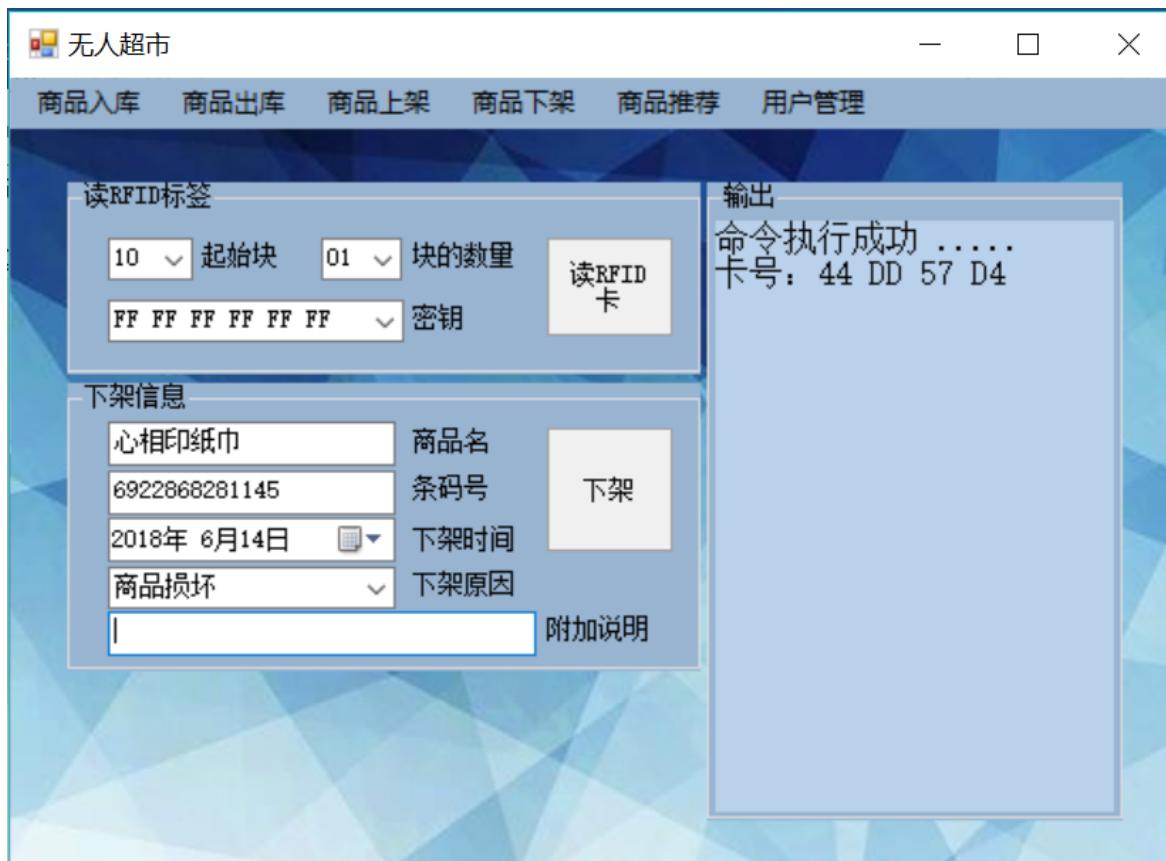


图 5-7 商品下架界面图

5.2.7 商品下架实现

商品下架的逻辑与设计与商品上架类似，唯一不同的是，商品下架过程中超市工作人员只需要读取一次 RFID 标签号即可，在扫描 RFID 标签号后，系统会自动显示相应的商品信息在“下架信息”栏，之后只需要输入下架原因即可完成下架。此操作的顺序不可被颠倒，即不可先输入商品条码号然后进行下架。原因是商品条形码号对 RFID 号是多对一的关系，一个商品条码号并不能唯一确定要下架的商品。值得一提的是，下架的 RFID 标签可以再利用，系统会将上架单中的对应 RFID 号改为-1，以防止再利用的 RFID 在上架过程中出现一个 RFID 号对多个商品的重复情况。商品下架的具体界面如图 5-7 所示。

5.2.8 商品推荐实现

商品推荐的具体界面如图 5-8 所示。超市管理员只需简单点击“推荐”按钮，按钮下方的显示框会显示现在时间和推荐商品的名称。

该模块使用了 Apriori 算法，通过获取云端 MySql 数据库中的订单表中的订单信息，可以计算出频繁项目集（满足最小支持度的所有项集），并挖掘出各类被购买商品的关联规则。当顾客购买了某一商品 A 时，超市管理员通过商品推荐功能发现之前的顾客购买 A 的同时购买 B 的几率也很大，超市管理员会适当推荐给顾客商品 B。Apriori 算法是数据挖掘的基础算法之一，也被广泛的应用在商业、网络安全等各个领域，因此使用在无人超市系统中，作为商品捆绑销售方案的参考再合适不过了。

Apriori 算法的原理简单介绍如下：通过扫码数据库，累计每个项的计数，并收集满足最小支持度的项（例如在无人超市系统中，被购买次数大于 1 的商品，在这个例子中最小支持度阈的绝对值设为了 1），找出该单元素集合。接着，使用这个集合找出两个元素的集合，并再次找出满足最小支持度的项。如此下去，直到不能再找到频繁 N 项集（即有 N 个元素的频繁项集）^[12]。在本无人超市系统中，最小支持度阈值被设置为相对值 20%，通过统计事务集的个数（即超市顾客的订单数），与相对最小支持度相乘即可得到最小支持度的绝对值。当超市顾客购买商品的数据数据足够多时，可得到经常被顾客一起购买的商品的集合或总是被顾客购买的商品，超市管理员可以将集合中的商品进行捆绑销售或打折销售，这是整个系统的创新点，也是无人超市创收的创新方法之一。

5.2.9 用户管理实现

作为超市管理员，除了能够对商品库存进行管理，也要能够对超市员工和超市顾客进行管理和查询。通过对云端 MySql 数据库的查询，可以使超市管理员在本地 PC 系统获取到顾客的微信名、性别等信息，进而进行人为的客流量统计和商业决策。通

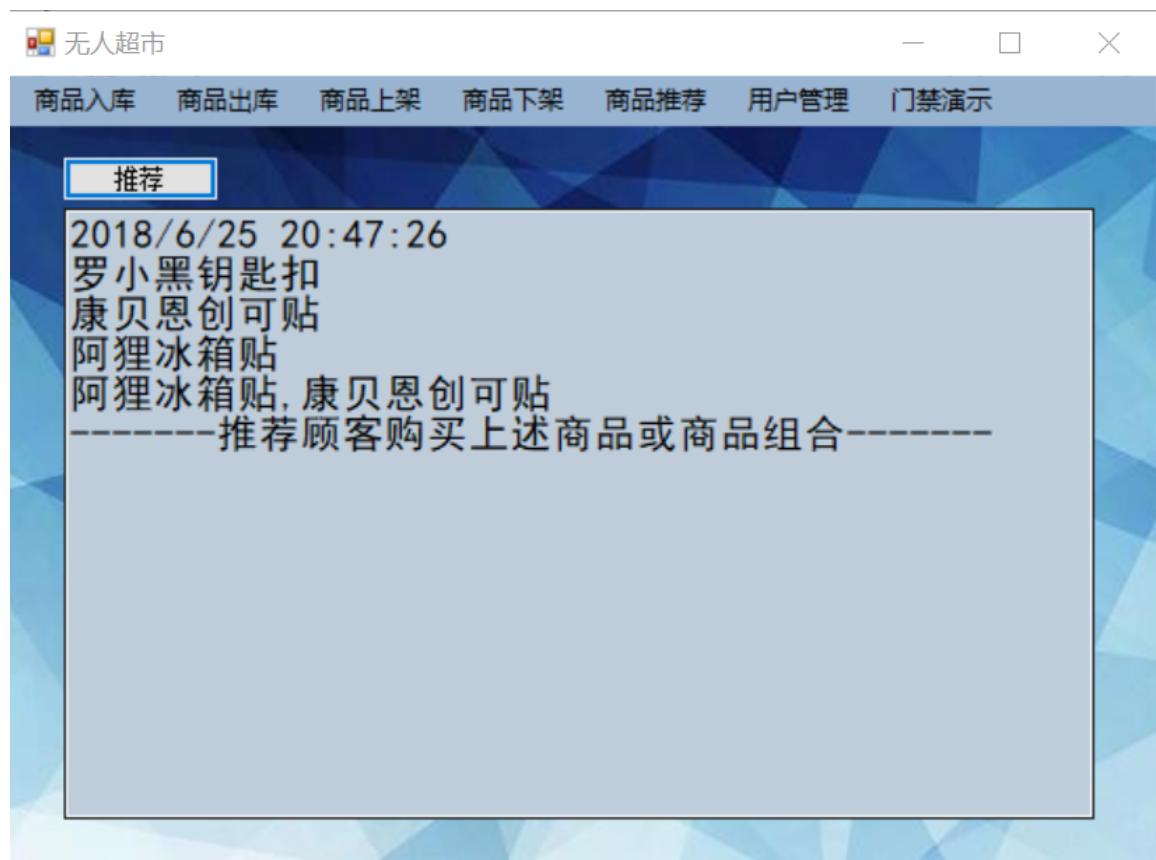


图 5-8 商品推荐界面图

The screenshot shows a Windows application window titled "无人超市". The menu bar includes "商品入库", "商品出库", "商品上架", "商品下架", "商品推荐", and "用户管理". A sub-menu titled "查询用户信息" is open, displaying a table of user information:

	openID	nickname	sex	language	city
▶	1111111111	11111	1	chinese	shanghai
	ocvZH1Cu_oFJ...	王喆琪	2	zh_CN	长春
	ocvZH1BKZXSg...	LLQ	2	zh_CN	
*					

图 5-9 用户管理界面图

过点击“查询用户信息”或“查询员工信息”即可获取相关的人员信息。具体的界面如图 5-9 所示。

5.3 微信公众号平台客户端实现

上一部分详细的介绍了无人超市 PC 管理端的实现，接下来介绍本文无人超市系统面向超市顾客的部分——微信公众号平台客户端的实现过程的实现结果。本部分旨在为顾客提供方便且轻体量的商品扫描条码查询价格、微信授权登录以及购买商品的功能。

由于无人超市客户端依附于微信公众平台开发，超市顾客需要先关注微信公众号，关注后即进入如图 5-10 所示界面。微信公众号所提供的自定义菜单功能有一—扫码查商品信息和无人超市共两个功能，具体如何实现将在 5.3.1 节和 5.3.3 节介绍。

5.3.1 无人超市商品扫码查询信息模块

该模块共有两个入口：一是自定义菜单入口（如图 5-10 所示），二是无人超市主页入口（如图 5-11 所示）。下面将详细讲解其具体功能和实现方法。

自定义菜单入口能够实现基本的商品扫码查询信息，其操作是点击微信公众号进入界面底部的“扫码查商品信息”菜单按钮，即可通过微信调用手机摄像头实现“扫一扫”功能（如图 5-12 所示），扫码对应的商品条码或二维码即可收到公众号文本消息，消息包括：商品名称、商品条码号和商品价格。自定义菜单入口的商品扫码查询的功能使用了微信为自定义菜单所提供的接口，通过接口获取到条形码或二维码的编号，在后台程序查询云端数据库获取对应的商品名称和商品价格，通过微信公众号的文本消息发送给顾客。

另一个扫码查询商品信息的入口是在无人超市主页（如图 5-11 所示）上。超市顾客通过点击微信公众号界面底部的“无人超市”菜单按钮，成功登录后即可跳转到无人超市主页面。在主页面上点击图标  即可调取手机摄像头实现扫码功能（如图 5-12 所示）。网页前端获取到商品条形码或二维码后，通过 ajax 传递 json 字符串到 php 后台，从后台通过查询云端数据库返回条形码或二维码对应的商品信息给网页前端商品信息以及价格即会显示在页面底部，如图 5-13 所示。

该扫码功能的网页实现是调用了微信 JavaScript 接口文件中的 ScanQRcode 的功能，该接口文件可以调用手机摄像头扫码并返回对应的条码号和二维码号。之所以扫码功能有两个入口，是因为网页上的扫码功能是为后续的商品购买功能的实现做铺垫的，也为了顾客的付款体验更加流畅。而微信公众号自定义菜单的入口则是方便用户操作，可以让只想要知道商品价格的超市顾客直接快捷的得到想要的结果。

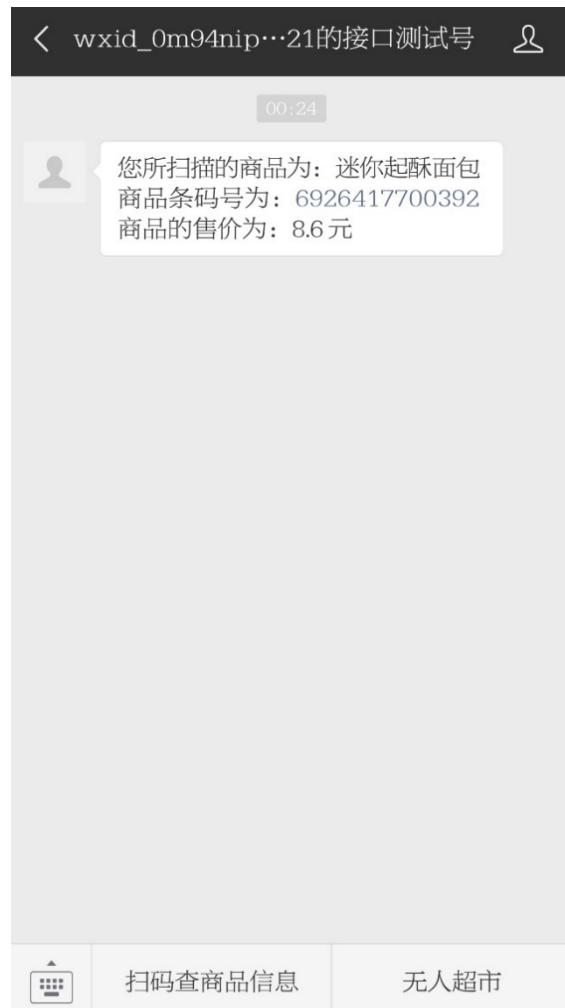


图 5-10 微信公众号自定义菜单功能展示图

5.3.2 用户授权登录模块

微信公众平台的开发优点之一，就是因其基于微信这一完备的通讯 APP，其注册流程便可以省略，公众平台直接获取并使用关注用户的微信号信息即可。因此传统意义上的注册和登录模块合并成为用户授权登录模块。省去了繁琐的注册流程，又不用多次重复的输入信息以登录系统，用户授权登录大大便捷了超市顾客的购物流程，让超市顾客的购物体验有所提高。

在用户首次关注无人超市微信公众号并点击自定义菜单的“无人超市”选项进入无人超市主页时，微信会提示“是否授权给该微信公众号？”的信息，当用户点击“确定”时，无人超市的后台程序便可以在接下来的步骤中获取微信用户的头像、昵称、性别、国家、城市等信息，并将这些信息存入云端数据库的用户表，方便后来的该用户的再次登录。登录后网页会自动跳转到超市主页面，方便顾客进行下一步的查询商品信息和购买商品的操作。当顾客进入“个人中心”页面时，顾客的微信头像、姓名、账户余额等信息会被展示在页面上。



图 5-11 微信公众号无人超市主页界面

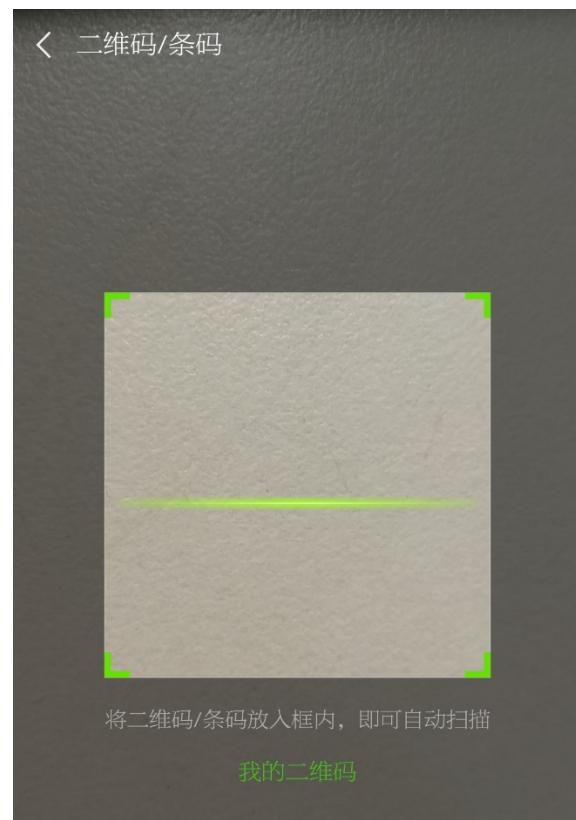


图 5-12 调用微信扫一扫功能展示图



图 5-13 网页扫码查询商品信息功能展示图

用户在授权完成后，会进入“个人中心”页面，该页面最初是没有显示用户信息的，当用户点击“登录”按钮，网页后台程序会向微信服务器发送网页请求，进而通过获取用户的 openID（openID 为用户对于此公众号唯一的标识）获取用户的信息。openID 的获取流程为使用微信公众号的 AppID 和 AppSecret 通过网页请求微信服务器获得 code 和 AccessToken，再使用 code 和 AccessToken 向微信服务器发送网页请求获取 openID。使用 accessToken 和 openID 再次向微信服务器发送网页请求，微信会回复包含用户信息的 json 字符串，解析这段 json 字符串即可获得用户信息。如果是首次登录的用户，其微信账户基本信息将被写入云端数据库的用户表中；如果是老顾客登录，则会显示“好久不见，甚是想念”的欢迎标语。

当用户成功登录后，页面会自动跳转到无人超市主页，即图 5-11 和图 5-13 所示，方便顾客进行下一步的商品查询和购买操作。但当用户通过左侧的侧拉菜单（如图 5-15 所示）点击进入个人中心时，系统后台会自动读取用户的微信基本信息并展示在页面上，如图 5-12 所示。

5.3.3 无人超市主页面（商品购买功能）

无人超市主页面如图 5-11、5-13 和 5-15 所示，其整合了商品扫码识别和商品信息展示的功能，同时主页面还包括了最主要的功能——商品购买功能。

由于调用微信官方的支付功能需要认证公众号，而本文现阶段的条件不允许使用的公众号进行认证，所以商品购买付款的功能从简实现。超市顾客在扫码查询商品过后，如果确定购买此商品，直接点击商品信息下的“确认购买”按钮即可完成购买。购买完成的同时，相关的商品信息会被写入云端数据库的订单表，供 PC 端的商品推荐功能使用，同时用户的虚拟账户中相应的金额也会被从数据库中扣除。值得一提的是，每位顾客在登录无人超市的 WEB APP 时，后台均为其建立了一个账户，账户中初始金额是 100 元。当用户账户金额不足则会提示“金额不足”，当扫码商品已被售出或没有上架，则会有相应的提示。

为了无人超市的主页美观，网页的超市主页同时添加了图片轮播的展示板块，通过图片，顾客可以得到更好的感官体验。超市管理员可以更换轮播图片来展示超市的风貌和促销商品等。

5.3.4 超市简介和联系我们页面

为了美化无人超市微信公众平台客户端，完善 WEB APP 的展示效果，特加入超市简介和联系我们这两个页面。超市简介界面展示如图 5-16 所示，简单的介绍了本次无人超市系统的优点和给顾客带来的便捷；联系我们界面展示如图 5-17 所示，简单写了联系方式，方便日后系统维护。其中这两个页面均可通过各页面的侧拉菜单点击对应菜单到达。



图 5-14 用户授权登录界面展示图



图 5-15 侧拉菜单效果展示图



图 5-16 超市简介页面展示图



图 5-17 联系我们页面展示图

5.4 门禁演示模块

软件测试门禁演示模块是通过 C# 的 WinForm 程序实现的，其界面如图 5-18 所示。当顾客购买商品过后，携带贴有 RFID 标签的商品经过门禁系统时，门禁将会读取商品的 RFID 标签号并在云端数据库寻找对应的“RFID 号-条码号”映射对，进而进行比对得出顾客携带的商品是否已付款的结论。

由于条件有限，本文将用 RFID 读卡器模拟门禁，在系统中点击如图 5-16 的界面中的图片，系统将查询云端数据库中的上架商品表，当上架商品的有效位 Valid 为 1 时，标识商品未付款，则系统响起警报声（本系统为电脑蜂鸣声）；当有效位为 0 时，则表示商品已付款，则系统显示“欢迎再次光临”的提示。完善的门禁系统可以大大降低无人超市的缺损率，因此是无人超市系统中不可获取的模块之一。

5.5 系统测试

软件测试是通常所讲的更为广泛的主题——验证与确认的一部分。验证是指确保软件正确地实现某一特定功能的一系列活动，而确认指的是确保开发的软件可追溯到客户需求的另外一系列活动^[11]。系统的模块功能测试已经在 5.2 章、5.3 章和 5.4 章有所展示，具体操作按照系统的顺序图大体的展示流程进行了黑盒测试，整个流程能够顺利完整的执行下来。因为系统测试基本在之前的章节详细介绍过了，所以本文在此不再过多赘述。

5.6 本章小结

本章是整个无人超市系统设计和实现的重点。通过介绍系统的数据库实现、PC 管理端实现和微信支付端实现以及展示各个界面，可以更好的帮助读者了解系统，给读者一个直观的感受。同时为了避免论文冗长，故各个实现模块的具体代码略去不予展示，仅在介绍过程中展示关键的函数和类的实现代码。

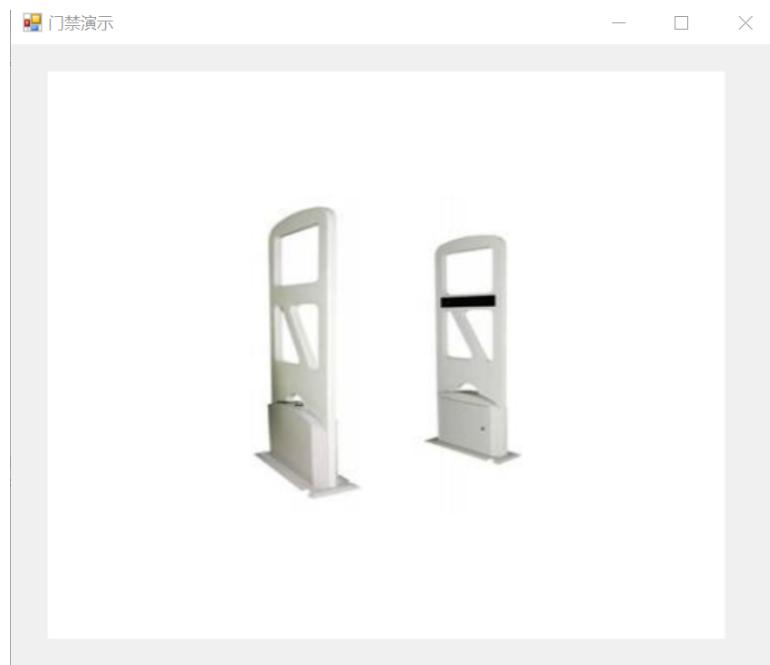


图 5-18 门禁演示部分界面

6 总结和展望

6.1 总结

随着移动支付的持续普及，无人超市，或者说是无人便利店的越来越接近大众的生活，我们能够在身边看到无人便利店的几率也越来越大。能够将这个新兴的业态所使用的系统作为自己的毕业研究课题是非常幸运和荣幸的。抱着尝试新知识的好奇心和求知欲，我对整个基于 RFID 和二维码识别的无人超市系统进行了整体的设计和实现。当系统呈现出想象的效果时，内心的激动是无法言语的。

从上个学期末开始至今，我查阅了大量的关于 RFID 技术和国内外无人超市现状的文献和资料。同时我还认真研究了 C#.NET 窗体应用程序和 PHP 网页开发的相关知识。值得一提的是，通过这次的毕业设计我首次接触了微信公众平台开发，接触了微信这个现今国内数一数二的平台，通过自学了解了微信开发的相关知识，并开发了相应的程序模块，可谓收获颇丰。

尽管最终本文的无人超市系统能够简单的模拟无人超市运营中“商品入库——商品上架——购买商品”这个基本的流程，但作为一个完备的系统，它还不够格。一个合格的无人超市系统需要的能够支持庞大数据量的稳定数据库和高效快速的程序运行速度，真是本文系统所缺失的。同时程序的界面也需要更加美化，程序的功能也需要更加完善。由于个人能力、精力和时间所限，在本文编写时未能更好的完善系统。但未来我一定会优化这个我倾注心血的无人超市系统的。

在设计和实现这次的毕业设计的无人超市系统的过程中，我遇到了一些问题。比如刚刚开始在系统设计阶段，我纠结于商品条码号和商品 RFID 标签号配对的映射对如何上传到云端数据库；同时也对整个微信公众平台支付系统的数据流向和操作逻辑不太了解。通过和老师的讨论、询问有这方面经验的同学自己查阅相关资料，我解决了这些问题，并顺利完成了毕业设计。

毕业设计即将结束，这也宣告着我的大学生涯走进了尾声。通过这次的毕业设计，我学到了很多，收获了很多。巩固了大学期间的各个课程的内容（如，软件工程、数据库），将书本知识综合后付诸了实践；同时我掌握了新的知识——微信公众平台开发。在整个过程中与老师和同学的沟通交流讨论也让我受益匪浅。

在未来的生活中，这次的毕业设计一定会给我带来很大的影响。无论是我的实践能力还是学习能力都有所提升。我不仅学到了知识、巩固了学过的知识，也了解了无人超市这个新兴业态的技术“内幕”。同时，在向别人求教的过程中，也提升了自己的语言表达能力，也懂得了与他人如何良好的沟通。总而言之，这次的毕业设计对于我来说意义非凡。

6.2 展望

相信未来无人超市/无人便利店会越来越多的出现在人们的生活中，方便人们的生活。这也是我在进行这个毕业设计过程中一直所期望的，因为这样的充满“科技感”的生活让我们感觉离未来不远了。

对于这次的无人超市系统，我对它有着一些期望改进的地方：

首先，系统的功能能够再完善。现在的系统还只有超市所需要的基本功能，如商品出入库、商品上下架等。希望之后的完善能够为系统增加更多的功能，如商品购物车模块。商品RFID标签识别过程能够再简化快速些。

其次，系统的界面需要更好更美观的设计。现在的系统界面简单质朴，有很大的优化空间。

最后，微信公众平台客户端没有实现微信支付是我的一大遗憾，如果有条件，希望日后能够实现调用微信钱包实现商品购买功能。

技术在不断的发展，人也在不停的进步。毕业设计不是结束，而是一个新的开始，一个人生下一阶段的开始。在今后的学习工作生活中，这次毕业设计我所收获的知识和能力必定会派上用场。人生进步不止，学习不停！

参考文献

- [1] 中国支付清算行业运行报告（2018）[R]. 中国支付清算协会, 2018. 4. 26
- [2] 顾鸿铭. 从“Amazon Go”看人工智能时代无人超市实现方案 [J]. 数字通讯世界, 2017. 3: 151-154.
- [3] 秦毅, 彭力. 基于 RFID 的超市物联网购物引导系统的设计与实现[J]. 计算机研究与发展, 2010, 47: 350-354
- [4] 边吉荣, 宋丽亚. 基于 RFID 与二维码技术的农产品可追溯系统设计[J]. 网络安全技术与应用. 2010.10: 39-41
- [5] 闫小坤, 周涛. 微信公众平台应用开发实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2017。
- [6] 刘秋香、王云、姜桂洪. Visual C#.NET 程序设计[M]. 清华大学出版社. 2011(1):1
- [7] 李岩、张瑞雪、张玉芬、徐宏伟, SQL Server 2012 实用教程[M], 清华大学出版社, 2015.7(1): 22
- [8] The Amazon Go Concept: Implications, Applications, and Sustainability. Alex Polacco, Kayla Backes
- [9] Yerlan Berdaliyev, Alex Pappachen James. RFID-Cloud Smart Cart System. 2016 Intl. Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) (2016) 21-24.
- [10] Kai Ding , Pingyu Jiang , Shilong Su. RFID-enabled social manufacturing system for inter-enterprise monitoring and dispatching of integrated production and transportation tasks[J]. Robotics and Computer–Integrated Manufacturing, 2018, 49: 120–133
- [11] Roger S. Pressman, Software Engineering- A Practitioner’s Approach(Seventh Edition), 2016.8: 119
- [12] Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei. Data Mining -Concepts and Techniques (Third Edition) (2016) 160-161
- [13] Yerlan Berdaliyev, Alex Pappachen James. RFID-Cloud Smart Cart System. 2016 Intl. Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) (2016) 21-24.
- [14] Wei Zhou,Yu-Ju TU,Selwyn piramuthu.RFID-enabled item-level retail pricing, Decision Support Systems 48 (2009) 169–179.
- [15] Guillermo Alvarez-Narciandi, Jaime Laviada, Marcos R. Pino, Fernando Las-Heras. Phase acquisition techniques for RFID multistatic setups, Sensors and Actuators 270 (2018) 97–107.
- [16] Yuri Álvarez López, María García Fernández, Guillermo Álvarez Narciandia, Ana Arboleya Arboleyaa,Fernando Las-Heras Andréa, Silverio García Cortésc, Manés Fernández CabanasdaÁrea. In situ antenna diagnostics and characterization system based

- on RFIDand Remotely Piloted Aircrafts, *Sensors and Actuators* 69 (2018) 29–40.
- [17] F. Lazzari, A. Buffi, P. Nepa, S. Lazzari, Numerical investigation of an UWBlocalization technique for unmanned aerial vehicles in outdoor scenarios, *IEEE Sens* 17 (2017) 2896–2903.
- [18] Y. Alvarez, M.E. de Cos, F. Las-Heras, A received signal strength RFID-basedindoor location system, *Sens. Actuators A: Phys* 255 (2017) 118–133.
- [19] F. Chetouane, An overview on RFID technology instruction and application, *IFAC-PapersOnLine* 48 (3) (2015) 382–387.
- [20] J.F. Salmeron, A. Rivadeneyra, M. Agudo-Acemel, L.F. Capitán-Vallvey, J.Banqueri, M.A. Carvajal, A.J. Palma, Printed single-chip UHF passive radiofrequency identification tags with sensing capability, *Sens. Actuators A: Phys* 220 (2014) 281–289.

致谢

时值六月，临近毕业，诸多不舍，涌上心头。在文章最后的最后，也是我大学四年学习生涯的最后，是表达对在我进行毕业设计的过程中给予我莫大帮助的老师、同学、家长、学校的由衷感谢。要感谢的人和事太多太多，他们都是让我大学四年的生活画上一个完美句点的“推进器”，是我人生路上的“导师”。

首先我由衷的感谢我的毕业设计导师雷向欣老师，雷老师为人亲切，整个毕业设计过程，从选题，系统设计，到功能实现、难点突破，到论文的完成，雷老师始终都密切关注，悉心帮助、耐心指导，让我少走了很多弯路。毕业设计的完成于雷老师的帮助密不可分。

其次，我要感谢在毕业设计过程中帮我解决问题，为我提供帮助的同学和我的哥哥姐姐们，是他们的帮助让我在思维或能力走到“死胡同”的时候“柳暗花明又一村”。

最后，我要感谢我的父母，是他们的鼓励，让我在毕设的道路上勇往直前；是他们的安慰，让我在心灰意冷时没有放弃。

最后的最后，感谢学校能够提供给我这个机会和平台，让我提升了自己的能力，为我将来无论是继续深造还是工作提供了良好的实践机会。

王喆琪

2018 年 06 月 15 日