

# 基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统设计

陈雪萍, 马欢, 张鹏飞  
(国网上海市电力公司, 上海 200122)

**摘要:**智能仓库管理系统可以有效改善传统人工管理存在的不足,提高仓库管理效率,引入 RFID 物联网技术设计了一种新的智能仓库系统。以 GPS 技术、GSM、RFID 技术为基础建立系统硬件,通过技术底层、大数据管理层、消息交换层组成硬件技术框架,硬件设计了智能仓库库房、数据库、服务器、读取器,由库房区与档案库房组成智能仓库库房,采用 SYT-17 型数据库扩大硬件数据管理范围,选用 S198 工作组服务器提高仓库的智能性,利用 YU810 型接触式读取器增加仓库管理的手摇功能。分别设计商品入库管理程序、信息管理程序、商品实物定位程序、物资盘点程序、手动管理程序和车载控制程序,实现软件操作。实验结果表明,基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统相位反转时间更短,灵敏性更强,通过改善灵敏度能够很好地减少误码率,与传统管理系统相比,响应时间最大缩短了 6.14 ms。

**关键词:**无线射频识别技术;物联网技术;智能仓库;仓库系统;系统设计

中图分类号:TP271

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2023)04-0096-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2023.04.014

## Design of Intelligent Warehouse System Based on RFID Internet of Things Technology

CHEN Xue-ping, MA Huan, ZHANG Peng-fei  
(State Grid Shanghai Municipal Electric Power Company, Shanghai 200122, China)

**Abstract:** Intelligent warehouse management system can effectively improve the shortcomings of traditional manual management and improve the efficiency of warehouse management. We design a new intelligent warehouse system by introducing RFID Internet of things technology. The system hardware is established on the basis of GPS, GSM and RFID. The hardware technology framework is composed of the technical bottom layer, big data management layer and message exchange layer. The intelligent warehouse, database, server and reader are designed for the hardware. The intelligent warehouse is composed of the warehouse area and the archive warehouse. The SYT-17 database is used to expand the scope of hardware data management, and the S198 working group server is selected to improve the intelligence of the warehouse, YU810 contact reader is used to increase the manual function of warehouse management. The commodity warehousing management program, information management program, commodity physical positioning program, material inventory program, manual management program and vehicle control program are designed respectively to realize software operation. The experimental results show that the intelligent warehouse system based on RFID Internet of things technology has shorter phase reversal time and stronger sensitivity. By improving the sensitivity, the bit error rate can be reduced. Compared with the traditional management system, the response time is shortened by 6.14 ms.

**Key words:** radio frequency identification technology; Internet of things; intelligent warehouse; warehouse system; system design

## 0 引言

近年来,物联网快速发展,在现代化交通运输、物流管理、公众健康、智能家庭等行业中都得到了广泛的应用。对自动化、智能化等需求比较苛刻的仓库管理场合,尤其是大型的立体仓库管理系统,对货位精准管理、迅速寻货、迅速盘货、物流情况即时监测等要求较高,传统的仓库管理方法已无法适应需求,将智能仓库

管理系统运用到物流管理工作,可以极大地减轻工作作业压力,提高操作速度和管理水平,有效减少物流管理工作成本投资。同时,智能仓库管理系统还可以和供应商管理系统实现衔接,帮助供应商、厂家、顾客之间形成更加紧密的联系,进而使仓库的经营风险控制一定范围以内。

针对智能仓库管理存在的问题,一些学者进行了

研究。文献[1]基于物联网研究一种可视智慧仓库体系,通过设计智慧仓库构建智能物流体系,但服务器端仍处于非智能状态,不适用于智能仓库设计。文献[2]基于 STM32 设计智能货物管理系统,利用无线通信模块和 STM32 单片机通讯,实现货物的自动储存和自动搬运,但此方法信息传输速度低、距离短,不适用于智能仓库。文献[3]提出一种基于 NB-IoT 技术设计的仓储管理系统,采用 NB-IoT 技术和 HTCPN 方法提升仓储管理效率,但此方法的成本较高,且传输过程易受外界因素影响,导致传输中断。

RFID 物联网技术可以做到实时储货、寻货、盘货,从而降低仓储成本、适应网络化环境下各企业对物流仓储的要求。为此,该文采用 RFID 物联网技术设计了一种新的智能仓库系统。

## 1 基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统硬件设计

该文设计的基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统硬件运用了 C/S 技术架构,操作系统总体技术框架的主要构成有:技术底层、大数据管理层、消息交换层等,硬件包括智能仓库库房、数据库、服务器、读取器。系统硬件结构如图 1 所示。

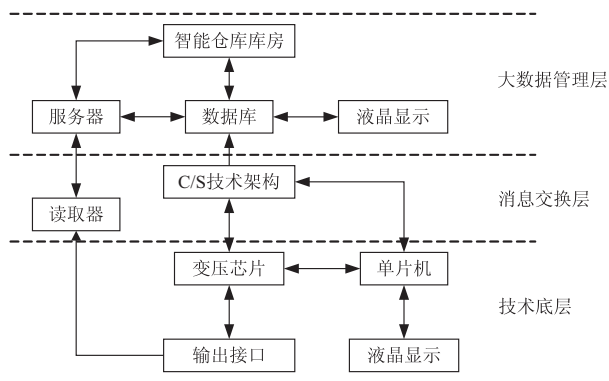


图1 基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统硬件结构

观察图 1 可知,该系统主要以 GPS 技术、GSM、RFID 技术为基础进行信息交互。RFID 技术则主要用来识别物流信号,并利用无线网络直接输送信息到后台的管理系统,对物流进行快速、准确的管理<sup>[3-4]</sup>。

### 1.1 智能仓库库房设计

该文基于 RFID 技术设计了智能仓库库房,包含了库房区与档案库房。RFID 技术是物联网信息感知层中非常重要的技术。通过 RFID 系统,可以将现有的网络技术、数据库技术、中间件技术,在没有人工干预的情况下,实现物品的自动识别和信息的互联与共享。智能仓库库房结构如图 2 所示。

根据图 2 可知,库房区中含有多个储存区,并有一个对应的档案库房,记录对应库房区的基础信息,对库

房区中存放的货物加以定位,确定相应区位信息。该文设计的基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统便在智能仓库库房中操作<sup>[5-6]</sup>。

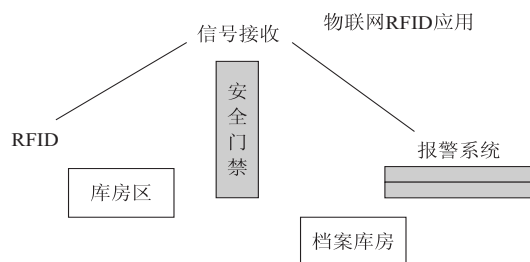


图2 智能仓库库房结构

### 1.2 数据库

数据库采用 SYT-17 型数据库,该数据库具有容量大、运行速度快等优点,其管理系统包括三种模式:对外展示、概念模型、内部储存<sup>[7-8]</sup>。对外展示为将不同应用对应的数据视图表现为简单的应用界面;概念模型将数据库中的所有数据类型以模型的方式展现其逻辑构造与特征;内部储存将智能仓库库房中的所有数据储存到数据库中。

### 1.3 服务器

智能仓库系统的工作组服务器采用 S198 型服务器,具备如下优点:支持双向 CPU 架构,网络服务器中的 ECC 存储器容量大,SM 总线的管理能力强,功能管理性强,维修简单。S198 型工作组服务器采用 IntelCPU 以及 Windows 操作系统,对于智能仓库的信息处理以及数据共享等操作可以稳定运行<sup>[9-10]</sup>。

### 1.4 读取器

读取器采用 YU810 型接触式读取器,该读取器为手动操控装置,安装了 USB 读取装置,频率为低频,其主要优点为:满足对物资读取的频率范围、最大发射功率辐射不超标、天线端口数量多、稳定性强,可长时间工作、操作简单,工作人员只需简单培训即可熟练掌握<sup>[11-12]</sup>。

## 2 基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统软件设计

系统软件由商品入库管理程序、信息管理程序、商品实物定位程序、物资盘点程序、手动管理程序和车载控制程序组成,软件程序架构如图 3 所示。

### 2.1 商品入库管理程序

当商品进入智能仓库库房时,商品入库管理软件将对商品进行标志,标签中含有货物编码、批号等相关信息。RFID 组件模块包括电子标签、天线、RFID 读写器、中间件与人机交互界面。采用 RFID 读写器读取标签信息,并将商品信息传输到智能仓库库房数据库,由工作组服务器共享至车载控制程序。对于商品入库

的管理通过建立数学模型完成:

$$\max A = \sum_{i=1} \gamma \quad (1)$$

式中,  $i$  为商品入库数量;  $A$  为商品集合;  $\gamma$  为 RFID 识别系数。商品入库管理软件可对商品的入库位做出规定, 并发送指令使其分配到指定位置。

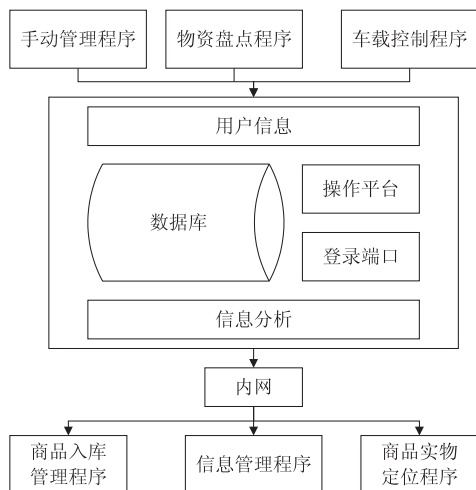


图3 系统软件程序架构

## 2.2 信息管理程序

货位信息更新到信息管理程序后,其能够根据所在地区、企业姓名、货物类别、货物种类、进入日期等对货物检索,在网络上以平面图的形式展现出来。可针对某一范围的商品销售自动检索,采用 DSY-991 信息对货物信息进行检索,其检索原理有以下公式:

$$V = \sum_{j=1}^{ju} A \quad (2)$$

式中,  $V$  代表商品信息集合;  $j$  为物资区位信息;  $u$  为商品盘点范围。

根据检索公式对产品的陈列与空间布置可直接展示,同时能对出入库数据进行统计分析,包括商品名称、货物种类、出入库时间、去向等数据,可通过商品名称、货物种类、去向、停留时间进行检索<sup>[13-14]</sup>。

## 2.3 商品实物定位程序

商品实物定位程序主要通过实物名称定位、实物卡号定位和实物类别定位三种定位方法实现,通过搜索得到物流信息,将得到的信息呈现在仓库图上。当货物被移动后,利用对叉车系统的追踪,就可以及时掌握货物的移动位置,对货物实施追踪,如果其移动在指定区域以外,可进行报警,每一种货位在商品管理系统中均具有一个独立的编码系统,商品实物定位系统通过以下公式完成定位:

$$R = \sqrt{(s,c)o} \quad (3)$$

式中,  $R$  表示物资定位信息;  $s$  与  $c$  表示物资坐标;  $o$  表示物资编码<sup>[15]</sup>。

当商品占用了某个货位之后,利用商品位置可使

该货位和该商品绑定,可以完成对货位的查看和管理工作。当物资由叉车装载或从某个位置转移至另一位置时,按键会按照由平衡多重式叉车定位系统传来的位置数据自行更新货位,并自动更新货位管理数据,无需人力管理<sup>[16]</sup>。

## 2.4 物资盘点程序

物资的盘点工作分为仓库管理系统中的统计分析和人工方式盘点。对仓库管理系统中要求在盘点范围内的商品实行分类统计,由下列公式完成统计分析:

$$x = \sum_{e} ju \quad (4)$$

式中,  $x$  为仓库物资数量;  $e$  为统计系数。

根据统计公式明确盘点目标,工作人员可以利用 RFID 的手持装置进入特定部位对商品实施盘点管理,利用 RFID 远程传感的功能,对高层商品进行自动识别和盘点管理,最终同仓储管理系统相比较得出盘货的结果<sup>[17]</sup>。

## 2.5 手动管理程序

手动管理程序控制所有手动机械设备,手动机械设备的主要功能为入仓寻货、入仓查库和出入库数据保护。

(1) 入仓寻货:员工使用手动机械设备入仓寻货,目标货品配备智能卡在接收到讯号时,发送声光指令,指导寻货员工迅速锁定位置。

(2) 入仓查库:员工使用手动机械设备定期人工查库,近距离读出托盘数据信息卡信息,并与后台系统比对,人工盘点管理的库位商品种类、数量、生产日期等是否与后台系统信息相符,若不相符,可在当场对系统信息加以调整,并对智能信息卡加以调整。

(3) 出入库数据保护:技术人员可以使用手动装置对出入库托盘数据加以保护,将进入托盘与货品种类、总量等资讯载入信息系统,出库托盘与货品种类、总量等资讯载入信息系统<sup>[18-19]</sup>。

## 2.6 车载控制程序

车载控制程序包含了车载读卡器、车载定位卡、车载平板电视等设备。在进行入仓、出、移仓后对货物、仓库等进行了比对检验。同时通过对叉车的进行定位和指示装置,控制系统将入、出、移储的仓位、目标位置等显示在画面上,提醒叉车作业的人进行准确作业。通过判断物品关联度  $P$  来完成取物判断:

$$P = \frac{ju}{x} \quad (5)$$

车载控制系统还可以提供的功能如下:

(1) 叉车实时定位控制系统:通过在车载控制系统中设置定位卡,可以实现对叉车在工作时的实现位置和追踪功能,对叉车在入仓、移货、出库的整个过程中进行追踪,以及锁定货位等。

(2)货位引导:在入仓或寻货时,由控制系统向汽车控制系统发出货位目标,汽车控制系统依据仓储地势自动选取路径,并进行引导。

(3)取物判别:当确定了所取物品的情况之后,叉车在取物前可使用 RFID 标记自动判别,以防止取错了物品<sup>[20]</sup>。

### 3 实验研究

为了验证基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统的实际应用效果,设定实验。选用某公司物资仓库作为研究对象,实验内存为 2G,选择的开发平台为 JDK 平台,操作系统为 Windows10。

选用 RFID 物联网技术的智能仓库管理系统对物资仓储系统进行管理,管理过程如图 4 所示。

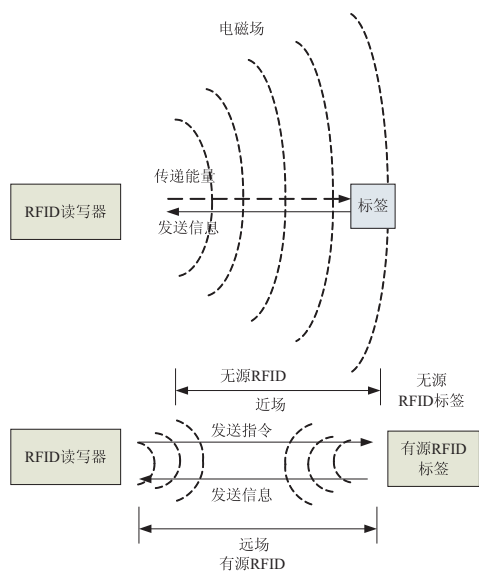


图4 物资仓储系统管理过程

根据上述实验管理过程,得到管理过程的信号调制方式,将引入文中管理系统前后的调制方式进行实验对比,得到的结果如图5所示。

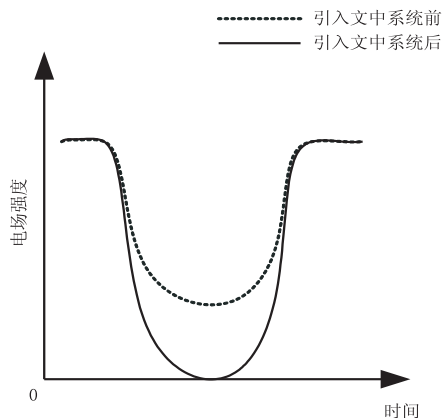


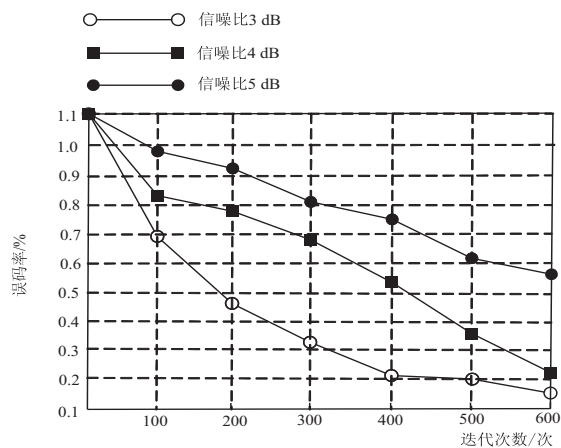
图5 RFID物联网调制结果

根据图5可知,该文提出的调制方式通过翻转相位实现调制,利用 RFID 进行调制,能够实现超高频调

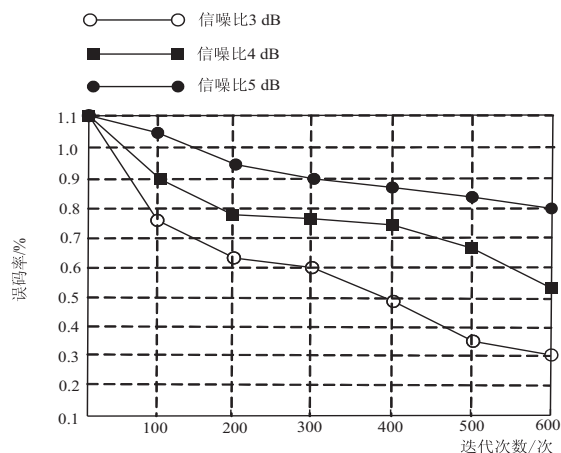
制,因此相位反转时间更短,同时也能够更加精确地实现数据判断,更加精确地完成调制。

智能仓库在管理过程中容易受到噪声干扰,在噪声干扰下,仓库的运行状态将会受到严重影响,信噪比不同,误码率也不同。

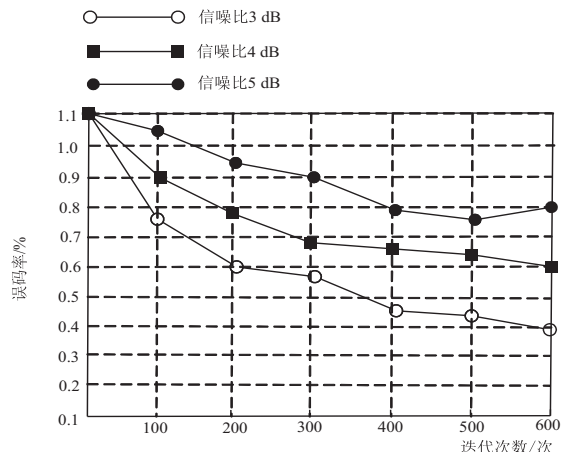
为了验证提出的管理系统的实际效果,选取基于物联网的可视智慧仓库体系和基于 STM32 的智能货物管理系统以及基于 NB-IoT 技术的仓储管理系统,在不同信噪比下的误码率实验结果如图6所示。



(a) 该文设计的系统

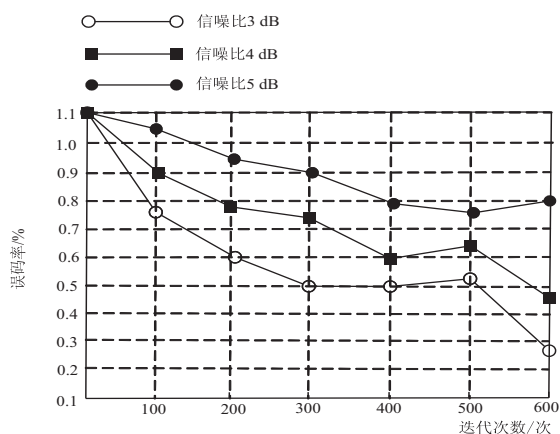


(b) 基于物联网的可视智慧仓库体系



(c) 基于STM32的智能货物管理系统





(d) 基于 NB-IoT 技术的仓储管理系统

图 6 误码率实验结果

根据图 6 可知,随着迭代次数的增加,误码率在逐渐减小,虽然信噪比越高,误码率越高,但是该文设计的系统具有很好的降低误码率的能力,能够确保误码率始终低于 1.1%,确保管理效果。而基于物联网的可视智慧仓库体系、基于 STM32 的智能货物管理系统和基于 NB-IOT 技术的仓储管理系统的误码率则高于该文设计的系统,说明该文设计的系统能够有效降低误码率。

为了验证该文设计的系统能够实现对商品定位的精准度,与基于物联网的可视智慧仓库体系、基于 STM32 的智能货物管理系统和基于 NB-IOT 技术的仓储管理系统进行对比,实验结果如图 7 所示。

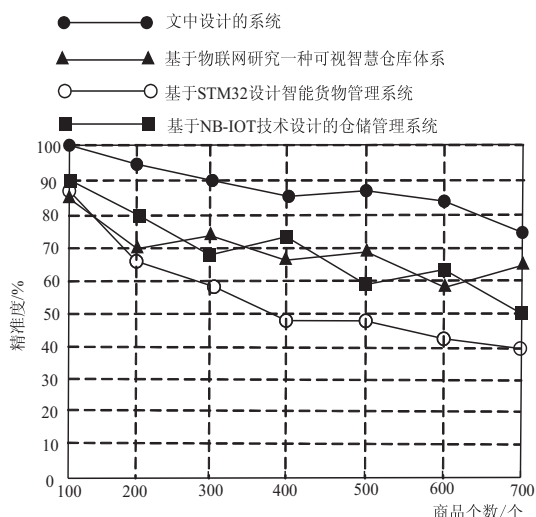


图 7 不同方法的商品定位精准度实验结果

从图 7 可以看出,该文设计的系统对商品的定位精准度整体保持在 75% 以上,而基于物联网的可视智慧仓库体系、基于 STM32 的智能货物管理系统和基于 NB-IOT 技术的仓储管理系统的精准度均低于该文设计的系统。由此可以得出,该文设计的系统对商品能够实现较好的定位。

在引入 RFID 物联网后,信息的传输速率得到快

速提高,但是受到的噪声带宽更大,因此必须要提高管理灵敏度,提高信息识别效率,确保管理过程的存储效果。

选用的某公司物资仓库通信带宽最低为 20 kHz,最高为 500 kHz,因此管理系统在管理过程中可以设置任意带宽,分析对比提出的系统与基于物联网的可视智慧仓库体系、基于 STM32 的智能货物管理系统和基于 NB-IOT 技术的仓储管理系统,在 20 ~ 500 kHz 通信带宽内部的反向链路频率和容忍误差,得到的实验结果如表 1 ~ 表 4 所示。

表 1 设计的系统反向链路频率和容忍误差实验结果

反向链路频率/kHz	容忍误差/%
20	+2.5
100	+2.0
300	-0.2
500	-2.5

表 2 基于物联网的智慧仓库反向链路频率和容忍误差实验结果

反向链路频率/kHz	容忍误差/%
20	+3.5
100	+3.0
300	-1.2
500	-4.5

表 3 基于 STM32 的智能货物管理系统反向链路频率和容忍误差实验结果

反向链路频率/kHz	容忍误差/%
20	+4.0
100	+3.1
300	-2.1
500	-3.5

表 4 基于 NB-IOT 技术的仓储管理系统反向链路频率和容忍误差实验结果

反向链路频率/kHz	容忍误差/%
20	+3.5
100	+2.0
300	-1.5
500	-4.0

根据表 1 ~ 表 4 可知,该文提出的仓库系统通过改善灵敏度来减少误码率,确保系统运行过程中容忍误差在  $\pm 2.5\%$  以内。而基于物联网的可视智慧仓库体系的系统运行过程中,容忍误差在  $-4.5\% \sim +3.5\%$  之间;基于 STM32 的智能货物管理系统的系统运行过程中,容忍误差在  $-3.5\% \sim +4.0\%$  之间;基于 NB-IOT 技术的仓储管理系统的容忍误差在  $-4.0\% \sim +3.5\%$

之间。由此可以得出,该文设计的系统能够降低误码率,有效接收更多的外界信息。

为进一步研究仓库系统的实际应用能力,设定实验,选用提出的仓库系统和传统的基于物联网的可视智能仓储系统和基于 STM32 的智能仓储系统以及基于 NB-IOT 技术的仓储管理系统进行实验对比,分析管理过程的响应时间,实验结果如表 5 所示。

表 5 响应时间实验结果

系统	实验次数/次	
	100	200
物联网	10.55	11.55
STM32	7.33	7.44
NB-IoT 技术	8.15	8.56
RFID 物联网	5.02	5.41

根据表 5 可知,基于 RFID 物联网技术的智能仓库系统的动态响应时间保持在 5 ms 左右,而基于物联网的可视智慧仓库体系的动态响应时间在 10 ms ~ 12 ms 之间,基于 STM32 的智能货物管理系统的动态响应时间在 7 ms 左右,基于 NB-IOT 技术的仓储管理系统的动态响应时间则保持在 8 ms 左右。该文设计的系统的动态响应时间明显少于其他三种系统,最大缩短了 6.14 ms。由此证明该系统更适用于实际工作中。

#### 4 结束语

基于 RFID 物联网技术设计了一种智能仓库系统,硬件包括智能仓库库房、数据库、服务器以及读取器,完成对整个智能仓库的数据存储以及读取。软件部分设计了多个程序,通过程序同时运行确保整个智能仓库系统正常运行。实验表明,设计的智能仓库系统功能结合紧密,保证了数据的无缝衔接,具有较高的使用价值。

#### 参考文献:

[1] 李莹璐. 基于物联网的可视智能仓储系统设计方法[J]. 今日财富,2020(26):132-136.

[2] 张传深,蔡东成,曹银杰. 基于 STM32 的智能仓储系统设计[J]. 自动化技术与应用,2021,40(11):31-34.

[3] 赵洪钢,李孟宇,李 娟. 基于 NB-IoT 的仓储管理系统设计及其 HTCPN 建模[J]. 火力与指挥控制,2020,45(3):53-58.

[4] 吴响容,胡 斌. 基于工业物联网技术的陶瓷园区智慧仓储系统的设计[J]. 陶瓷学报,2020,41(5):741-749.

[5] 潘祥生,陈晓晶. 矿用智能巡检机器人关键技术研究[J]. 工矿自动化,2020,46(10):43-48.

[6] 赵亮亮,田建立,白雪丰. 基于 RFID 物联网技术的大气污染监测预警系统设计与应用研究[J]. 环境科学与管理,2020,45(3):125-128.

[7] 王楚豫,谢 磊,赵彦超,等. 基于 RFID 的无源感知机制研究综述[J]. 软件学报,2022,33(1):297-323.

[8] 梁胜涛,陈良坤,舒奇奇,等. 基于无线通信与 RFID 定位的智能仓储系统的设计[J]. 自动化技术与应用,2020,39(1):169-172.

[9] 吴劲松. 基于物联网的矿山智能仓储快递服务系统设计与应用[J]. 中国矿业,2020,29(5):72-75.

[10] 王潇怡. 物联网视域下以 RFID 技术为载体的仓储物流管理系统设计[J]. 自动化技术与应用,2020,39(9):155-158.

[11] 孙 静,陆 旭,程玉洲,等. 基于 RFID 的通用智能仓储一体化移动控制终端设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2020,20(6):49-52.

[12] 王云波. 基于物联网的智能物流仓储管理系统的设计与应用[J]. 自动化技术与应用,2020,39(9):74-77.

[13] 陶文珍,林华丽,周锡政,等. 基于视频 AI 物联网技术的安消联动云平台[J]. 自动化与仪表,2021,36(8):98-101.

[14] 葛军萍,陈 炜,吴健超,等. 基于人工智能技术的现代智慧物流仓储园区安全感知系统[J]. 电气自动化,2022,44(2):68-71.

[15] 张婉明,刘思宇,白明辉,等. 基于 SPCE061A 与 GPRS 的变电站物联网智能安防系统设计[J]. 国外电子测量技术,2020,39(4):95-100.

[16] 郭新超,胡百中,姚 霖,等. 基于 RFID 技术的井下智能随钻堵漏旁通阀研制[J]. 石油机械,2020,48(11):22-26.

[17] POPOVIC V, KILIBARDA M, ANDREJI C M, et al. A new sustainable warehouse management approach for workforce and activities scheduling[J]. Sustainability, 2021, 13(4):2021.

[18] SCOTT N A, LEE K K, SADOWSKI C, et al. Optimizing drug inventory management with a web-based information system: the TBTC study 31/ACTG A5349 experience[J]. Contemporary Clinical Trials, 2021, 105:106377.

[19] DICKINSON N, DUNN M. A comparison of manually populated radiology information system digital radiographic data with electronic dose management systems[J]. The British Journal of Radiology, 2020, 93(1111):20200055.

[20] ULLAH M, SARKAR B. Recovery-channel selection in a hybrid manufacturing-remanufacturing production model with RFID and product quality[J]. International Journal of Production Economics, 2020, 219:360-374.