

文章编号: 2096-1618(2017)06-0628-08

基于 ARM 的智能快递箱系统设计与实现

马 凌, 张新有

(西南交通大学信息科学与技术学院, 四川 成都 611756)

摘要:为解决园区快递存在的问题,提高快递末端配送效率,设计了一种基于 FS_S5PC100 ARM 嵌入式平台的智能快递箱系统,该系统硬件包含显示模块、条形码扫描器、GSM 模块,软件采用 QT 框架。实现了快递人员以及收件用户的自助投件和自动取件功能,并可以通过服务器端快递数据管理系统统一管理数据信息。测试结果显示,系统可以提高快递人员派送快件的效率,方便收件用户,并具有较强的可扩充性。

关键词:嵌入式系统;智能快递箱;快递管理系统;GSM 模块;条形码扫描

中图分类号:TP368.1

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2017.06.011

0 引言

智能快递箱所采用的自提模式代替了用户签收快件、减少了二次配送、提高了配送成功率、有效缓解园区快递的配送压力而成为一种新的快递解决方案^[1]。当前国外快递箱发展迅速,国外例如 Amazon lockers、UPS 的 PackStation^[2]应用在便利店等公共场所。在国内,截止到 2015 年 4 月,50 座城市共安装智能快递箱 31156 组,格口约 118.56 万个,其中速递易、京东、丰巢等均推出了不同类型的智能快递箱产品占领国内快递箱市场^[3]。

作为一种新兴的应用,智能快递箱的功能基本相同,但实现技术各有特点。文献[4]提出一种快递自助收件系统,采用快件暂存柜、电控锁、系统主控板等模块实现快递发送存取。但这些产品由于其价格高昂以及特殊要求很难在园区范围内推广使用。文献[5]通过定性分析和定量分析研究智能柜终端配送方案在校园实施的可行性,认为校园智能柜自提模式的发展前景是十分广阔的。文献[6]中智能快递箱终端以 S3C6410 嵌入式处理器为核心,通过 UART 和 USB 总线驱动连接相应模块,实现自助投件和取件功能,对于快递数据如何管理并没有给出具体的解决方案。文献[7]设计了一种基于 Web Service 的可扩展的快递管理系统。

针对现有园区快递对于财务安全等原因造成无法真正送货上门的现状,以及基于已有的研究工作,本文提出一种适合园区快递的智能快递箱控制系统设计方

案,实现 24 小时自助派件及领取,并可以对智能快递箱进行远程数据管理。该系统采用 FS_S5PC100 嵌入式开发平台,结合条形码扫描器和 GSM 模块,采用 QT 技术实现快递自动短信通知以及快递用户自助领取快递的功能,并设计实现快递箱后台管理系统对快递数据进行统计处理。系统实现了智能快递箱系统的整个操作处理流程。该系统可以提高园区快递服务效率,具有成本低、实用性强及良好的外围扩展能力。

1 智能快递箱系统总体设计

1.1 系统总体方案设计

本文设计适用于园区的智能快递箱系统由两部分构成:智能快递客户端和服务端。客户端主要由智能终端机构成,通过它实现快递人员的投递快递、快递用户领取快递以及查询快递等功能。通过终端的条形码扫描器和 GSM 模块实现自助投件和自动取件通知功能。客户端通过 Internet 网络将智能快递箱终端的快递数据传输到系统服务器端并存储在服务器数据库中。服务器端处理来自客户端的功能请求,后台管理系统并对快递数据进行分析统计处理。智能快递箱系统整体架构如图 1 所示。

1.2 系统功能设计

根据实际应用需求以及操作流程,智能快递箱系统的用户主要有快递箱安装人员、快递投递人员、领取快递用户以及系统管理人员 4 类用户,各自主要功能如图 2 所示。

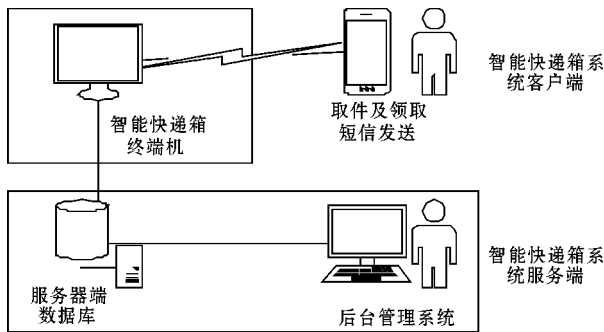


图 1 智能快递箱系统架构

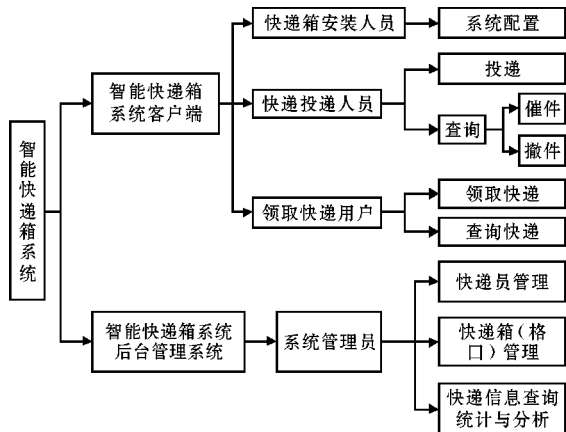


图 2 智能快递箱功能设计图

根据前期调研及市场应用情况,智能快递箱系统客户端主要存在以下 3 种用户:

(1)快递箱安装人员。完成快递箱安装调试,设置终端机的基本参数、终端机的初始化以及网络连接。

(2)快递箱投递人员。快递人员登录终端机,用条形码扫描快递单号并输入收件人手机号码,终端机发送快递领取短信至收件人手机,指定箱号类型后存放在指定格口中,完成快递投递工作。此外,快递员还可以查询自己投递的快件的取件情况,进而对仍未取走的快件进行催件和撤件操作。

(3)快递收件用户。用户在终端机中输入快递领取短信中的取件密码,输入正确后终端机打开快递所在格口,用户取件完成后,终端机发送领取完成状态短信至收件人手机,确认完成快递领取签收工作。同时用户也可以通过终端输入手机号码查询是否有该手机用户的快件。

系统设计智能快递箱终端机系统操作流程如图 3 所示。

2 快递箱终端机设计与实现

2.1 终端机硬件设计

智能快递箱终端机是智能快递箱系统的核心部

分,快递箱系统硬件设计主要在快递箱终端机。终端机硬件设计框图如图 4 所示。

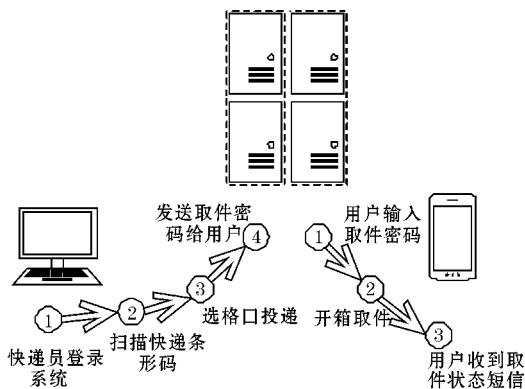


图 3 智能快递箱系统流程

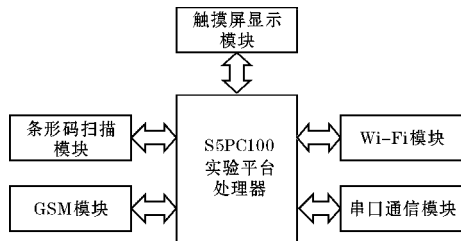


图 4 智能快递箱终端机硬件设计图

终端核心的嵌入式平台采用 S5PC100 处理器,集成了 4.7 寸 LCD 电阻触摸屏,DM9000AE 网络接口和 Marvell8686 Wi-Fi 接口,各个模块通过现场总线相连接,同时提供丰富的接口也有利于智能快递箱客户端的功能扩展。

条形码扫描模块采用浩顺 S-9600 激光条码扫描枪,由于扫描枪内置的芯片完成了条形码的扫码解码工作,通过扫描枪扫描对应条形码即可获得快递单号,并自动在光标处显示扫描结果。

GSM 模块采用华为 E220 无线上网卡,快递存入快递箱中时所产生的取件密码以及快递箱位置等信息通过短信发送给收件人,同时发给后台服务端保存。

2.2 开发环境搭建

智能快递箱终端机采用 Linux 操作系统,基于 Qt/Embedded 进行图形界面功能设计,在宿主机上建立交叉编译环境,制作 U-boot、Linux 内核及根文件系统,文件系统采用 yaffs,最后系统移植到 FS_S5PC100 开发板上运行客户端程序。下面主要介绍 U-Boot 移植、Linux 内核及根文件系统移植、Linux 内核及根文件系统移植和 SQLite 移植 4 个主要步骤的实现过程^[8]。

(1) U-Boot 移植

U-Boot 是在嵌入式系统中普遍应用的 Bootloader。

它的主要作用就是在操作系统启动前,做好启动系统的准备工作,主要是将系统内核读取到内存中进而启动操作系统。编译好的 U-boot 的文件通过 DNW 软件烧写入系统。

(2) Linux 内核及根文件系统移植

系统使用的网卡为 DM9000AE,同时也需要 USB 接口来扩展外围设备,通过编译 Linux 源码配置对网卡以及 USB 的支持,交叉编译得到内核压缩镜像 zImage。

根文件系统挂载启动后,系统将初始化脚本和相关基本服务加载到内存中运行,从而启动 Linux 系统。移植根文件系统通过交叉编译配置 busybox 源码包得到,完成后移植安装进入系统。

(3) Tslib 以及 Qt 移植

Tslib 是用于校准嵌入式设备电阻式触摸屏的常用软件库,通常作为触摸屏驱动的适配层。

安装步骤:交叉编译 tslib,产生校正文件;拷贝校正文件和库文件到文件系统中,并进行屏幕校正。

Qt 程序运行环境搭建是通过编写脚本文件实现自动编译安装 Qt 源码包功能,其作用是针对嵌入式平台选取对应合适的 Qt 组件,精简 Qt 组件以及对于 Tslib 的支持。

(4) SQLite 移植

SQLite 是一个体积精简、功能强大的嵌入式数据库。其具有可移植性强的特点,已经大量应用于嵌入式设备中。SQLite 编译移植过程分解压源代码、配置交叉编译工具到 ARM-Linux 平台、编译并安装。最后将编译安装完成的 SQLite 整合到系统的文件系统中,即可使用 SQLite。

2.3 客户端功能实现

智能快递箱系统功能如图 2 所示,主要由快递员投递快递、用户领取快递以及智能快递箱设置组成。系统设计流程如图 5 所示。

对于设备安装人员,设计设置系统初始化界面,设置终端的 IP 地址和终端类型以及数量。

对于快递投递人员,登录成功后,快递投递界面提供条形码扫描快递单号,键盘输入收件人手机号以及短信模版功能,快件领取密码由服务器端后台系统自动生成。查询功能主要完成快递投递员快递投递情况查询,同时设计催件和撤件功能。

对于快递用户,设计领取快递以及查询快递界面,提供键盘输入领取密码,输入手机号或快递单号查询快递功能。

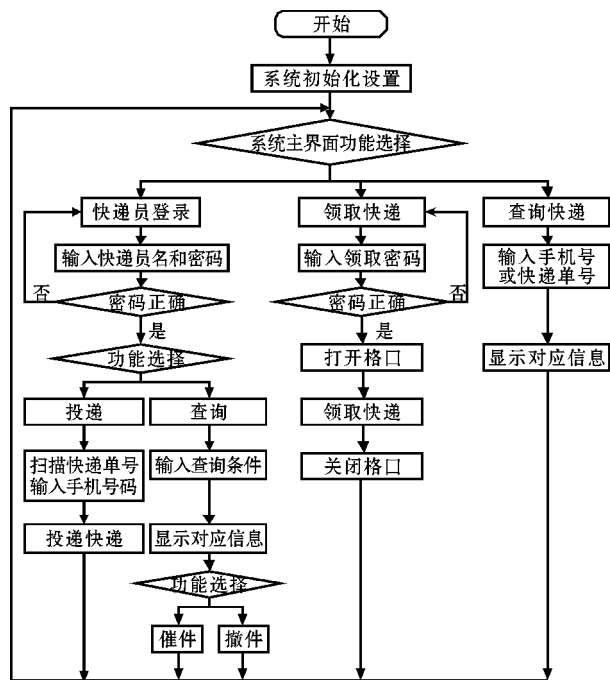


图5 智能快递箱客户端程序设计流程图

下面介绍智能快递箱终端关键部分的实现过程。

智能快递箱终端软件在嵌入式 Qt 环境下设计开发,Qt 是一款优良的跨平台的程序开发框架,对嵌入式 Linux 系统有良好的支持,并提供了功能强大的用户操作界面满足开发人员的需求^[9]。

信号与槽机制作为对象间的通信方式,是 Qt 的独特机制之一,在 QT 图形界面开发中被广泛使用。信号与槽机制通过 connect() 等函数实现了消息的封装与传递^[10]。

客户端界面设计主要有系统主界面、快递员登录界面、用户领取快递界面、快递查询界面以及帮助界面组成。

(1) 查询快递模块实现

界面通过控件设计键盘以及输入框实现输入快递单号或者手机号码的功能,并通过使用 QObject::connect() 函数连接信号和槽函数,实现对输入数据的记录。

当点击 UI 界面的“查询”按钮时,信号 clicked() 被发送至槽函数 void postinput::on_pbOK_clicked() 会被执行,将输入的查询信息发送服务器端数据查询接口并显示返回查询结果。

针对快递员以及用户查询快递提供的功能不同,快递员需要登录后才能查询本人已投递快递的情况,而用户查询是得到本人快递是否到达,两者的区别通过不同的槽函数实现不同输入信息发送至服务器端对应的查询接口。快递员查询快递界面如图 6 所示,用户查询快递界面如图 7 所示。



图 6 智能快递箱客户端快递员查询快递界面图



图 7 智能快递箱客户端客户查询快递界面图

(2)短信发送模块实现

系统采用 PDU 模式发送短信,快递员输入收件人的手机号码,系统自动将对应快递箱格口地址和取件密码等信息短信发送至收件人的手机,用户在成功领取快递后也会发送领取成功状态短信至收件人手机。

在 Linux 下,串口操作与文件操作一样,GSM 设备文件所在串口位于/dev 下,串口为/dev/ttyUSB0,使用系统函数 open() 以及 write() 对串口进行操作。

短信发送功能是通过 AT 指令通过串口操作对 GSM 设备文件进行读写操作,采用第三方 qextserial-port 类实现短信发送功能,在槽函数中实现串口发送短信步骤如下^[11]:

- ①手机号码转换为 Unicode 格式;
 - ②发送内容转换为 Unicode 格式;
 - ③获取短信内容长度;
 - ④设置串口与串口读写;
 - ⑤AT 指令发送短信:
- 设置 SMS 格式 发送指令 AT+CMGF=0;
发送短信长度 发送指令 AT+CMGS=length;
发送短信内容 取件密码以及取件箱号;
- 短信发送效果如图 8 所示。

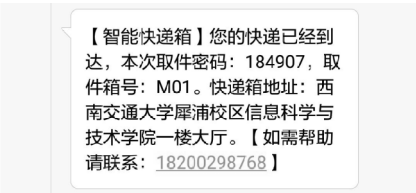


图 8 智能快递箱终端发送快递领取短信效果图

(3)备份数据库模块实现

客户端通过发送 Http 请求将实时产生的快递数据发送至服务器端,QT 中相应的类为 NetworkRequest,HTTP 响应的类为 NetworkReply。发送请求需要创建一个管理器实例 QNetworkAccessManager,可以调用它的 Get 方法发送 HTTP 请求。服务器端接收到 Post 请求并解析数据存储在服务器端,返回处理成功信息至客户端。

针对终端机可能出现的错误情况,终端采用在与服务器正常通信发送数据的同时,在本地创建并维护 SQLite 数据库,备份快递数据到本地 SQLite 数据库文件。

Qt 中提供了客户端与服务器端通信的方法:QTcpSocket 类和 QTcpServer 类。可以实现多个客户端同时与服务器端通信。智能快递箱服务器端开始监听来自智能快递箱发送数据库文件的连接请求。当发现智能快递箱发送的连接请求,智能快递箱服务器端应答请求,接受智能快递箱的连接。快递箱终端开始向服务器端发送数据。

在 Internet 网络传输故障或者其他情况产生错误的时候,服务器端通过接收客户端的备份数据库文件并导入更新实现数据库的恢复同步功能。

同时在设计中,如果产生传输错误,终端将数据保存本地并将快递的数据标识未上传标志。设置每天凌晨 2 时检查所有未传数据,与服务器端同步未上传数据。

智能快递箱系统终端机实现实物图如图 9 所示。

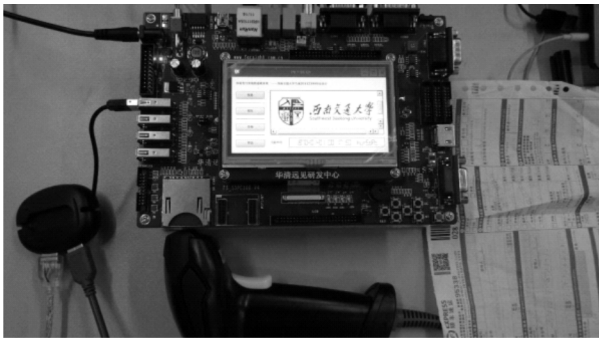


图 9 智能快递箱客户端实物设计图

3 服务器端设计与实现

3.1 服务器端结构设计

智能快递箱服务端是智能快递箱系统的数据处理平台。服务器端架设有数据库,通过网络远程接收智能快递箱终端传输的数据存储在数据库中,并通过后

台管理系统实现人员管理以及快递数据统计、处理分析等功能。

智能快递箱后台管理系统采用 SSH 框架设计实现。SSH 架构应用广泛,其层次独立性、可扩展性满足智能快递箱后台管理系统的性能需要^[12]。

Struts 体验友好的 Web 界面交互控制, Spring 全面的业务逻辑控制管理, Hibernate 稳定的数据持久化是其各自优势。Struts、Spring 和 Hibernate 分别应用于智能快递箱后台管理系统的表示层,业务逻辑层和数据持久层,如图 10 所示。

表示层提供了后台管理系统界面。管理员通过登录进入系统获取对应的功能管理。

业务逻辑层是系统的核心功能层。智能快递箱后台管理系统功能主要分为用户管理、快递箱管理、快递信息查询、快递信息统计分析 4 个模块。从功能上,用户管理负责快递公司快递员的管理并维护其信息,快递箱管理模块主要完成快递箱信息设置与管理(如位置、型号、格口类型与数量等),快递数据统计分析模块负责对智能快递箱终端发送的快递数据进行统计分析处理,快递查询负责后台查询快递的实时状态。

数据持久层向业务逻辑层中用户管理、快递箱管理等不同功能模块提供对应数据库的持久化服务。并且根据不同功能模块的业务操作需求提供相对应的数据库持久化方法^[12]。关于 SSH 框架的安装配置的过程文献[12]进行了详细叙述,本文不再赘述。

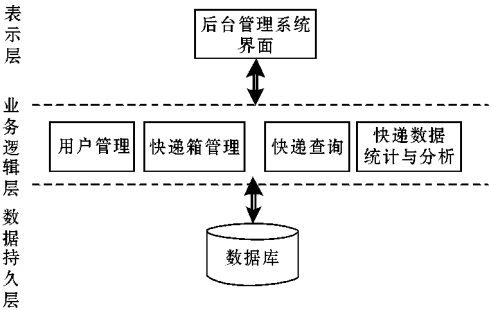


图 10 智能快递箱服务器端结构设计图

3.2 服务器端数据库设计

服务器端架设的数据库是整个智能快递箱系统的数据中心。分析智能快递箱产生的快递数据蕴含的价值具有重要的意义,不仅可以提高园区配送效率,提高智能终端的利用效率,还可以改善服务质量,提高用户体验。快递企业以及智能快递箱系统企业可以以此作为数据依据,完善产品功能,针对不同地区提供更为专业、丰富的差异化产品服务。挖掘快递数据的价值将给智能快递箱行业带来巨大的发展机遇^[13]。

结合园区快递的需求分析,根据数据库设计流程

和智能快递箱系统的功能需求,系统共设计快递公司信息表、快递员信息表、快递箱信息及格口信息表、收件人信息表、快递信息表和管理账号信息表 7 个表,满足了系统的数据需求,将智能快递箱系统中产生的各种操作数据存储于数据库中,供快递箱所有者进行统计分析以及进一步数据处理。后台数据库设计如图 11 所示。

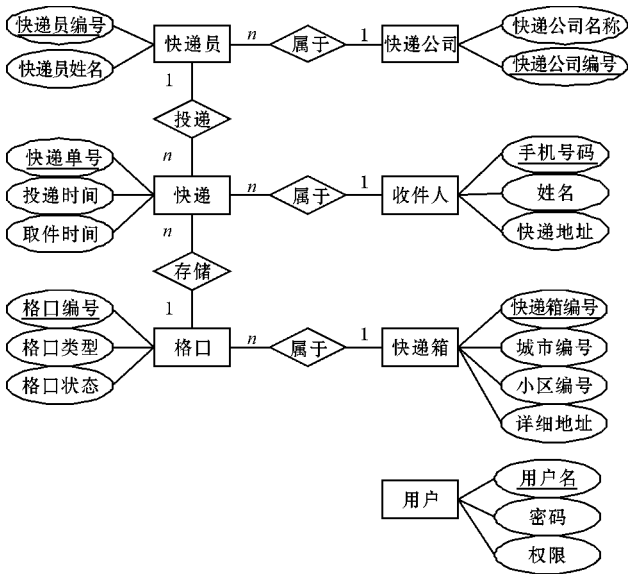


图 11 智能快递箱系统数据库 E-R 设计图

服务器端将该 E-R 模型导入 MySQL 数据库,同时在数据处理过程中采用建立视图方便快递数据的综合查询;建立存储过程,以给定的时间段、用户名等参数,统计不同维度的快递数据,提高查询效率^[14]。

通过设置 hibernate. cfg. xml 文件实现智能快递箱后台管理系统数据库的连接和配置。若数据库异常,可通过与客户端本地存储的 SQLite 文件进行同步,恢复数据库的内容。通过对于数据库中每一条记录设置 UUID 作为数据的标识,通过调用系统函数产生 UUID,将其采用 Char 类型存储到 SQLite 中来解决时间同步问题。

数据库的使用对象分为系统管理人员以及快递人员。系统管理人员通过对智能快递箱系统中所有数据的采集,基于快递数据可以分析许多有价值的结论:

统计分析不同快递公司快递员投递情况,统计绩效;

通过对快递领取时间的统计,对于逾期快递进行智能提醒;

对于用户取件时间范围的统计判断用户的领取快递习惯,智能推送领取快递短信的时间;

通过分析不同类型快递箱的使用频率,可以更加合理配置不同地点智能快递箱客户端的数量;

通过对领取密码输入错误次数统计,智能分析是否存在恶意行为,确保智能快递箱系统的安全性。

同时,快递员也可以通过登录系统查看自己的相关数据信息,例如快递逾期未取记录等。

快递数据的采集是智能快递箱系统可扩展性强的基础,本系统采用硬件平台有丰富的外接接口,可扩展性强,后续可以通过更多的外接设备采集更多准确的快递数据,通过快递数据的分析处理实现更多的功能。

3.3 服务器端功能实现

3.3.1 客户端与服务器端数据库通信

服务器端通过 SSH 框架对客服端发来的 HTTP 请求进行解析,存储到数据库中。

智能快递箱客户端将所要查询的快递员投递包裹的时间、快递单号、快递箱号及收件人手机号码等信息,通过 HTTP 请求发给服务器,由服务器进行数据解析,查询数据库后返回查询结果至客户端界面显示。同样其他查询功能都是相同的方式与服务器端进行数据交互。

服务器端采用线程池方式设计以及配置 hibernate 线程池,保证了多个客户端的连接和数据接入。

服务器端通过工作线程,在客户端“待接收数据队列”中获取 socket 数据,通过数据解析后,执行相应的数据库查询 SQL 操作,并将返回的结果写入“待发数据队列”,以回应客户端的请求。

针对异常情况,服务器端会将异常数据通信进行日志记录,并且通过本地备份数据库进行恢复操作。

3.3.2 后台管理系统实现

智能快递箱后台管理系统主要实现人员管理、统计信息分析以及物流查询。针对不同用户,系统开放不同权限并显示对应,通过采用 session 技术保证登录数据信息的安全,每个页面采用 session 判断当前页面在服务器是否存在相对应的 session 记录,若没有则转入登录界面,系统界面如图 12 所示。

人员管理功能通过 SSH 框架,将服务器端数据库中的人员信息通过数据库查询操作利用 Ajax 技术实时显示在系统网页。同时人员管理功能通过页面向服务器发送 HTTP 请求,Web 服务器连接数据库响应对应的操作。服务器端操作结束后,服务器将数据以 JSON 格式响应到 Ajax 并返回显示在页面中。人员管理实现界面如图 13 所示。



图 13 智能快递箱后台管理系统用户管理图

Highcharts 是一款采用 JavaScript 编写的高兼容性图表库。它能够非常便捷地在 Web 页面上提供有直观、交互式图表。当前支持折线、曲线、区域、区域曲线图、柱形图、条形图、饼图、散点图等几十种图表类型^[15]。Highcharts 结合数据统计分析功能,能够较好地直观形象地展示快递统计数据。

数据统计分析功能是通过 SSH 框架查询服务器端数据库响应数据,将查询结果转换为 JSON 格式传递给 Highcharts 来绘制折线图、饼状图和柱状图,来实时显示快递数据信息;用户领取快递时间区间以及快递箱类型使用情况也可以通过直方图、折线图、饼图等来表达。同时 Highcharts 与 Ajax 结合实现图表数据的实时显示。

通过对于数据的图形化处理,可以分析得出具有实际意义的结论。快递人员投递快递以及客户端使用情况统计如图 14、15 所示。



图 12 智能快递箱后台管理系统图

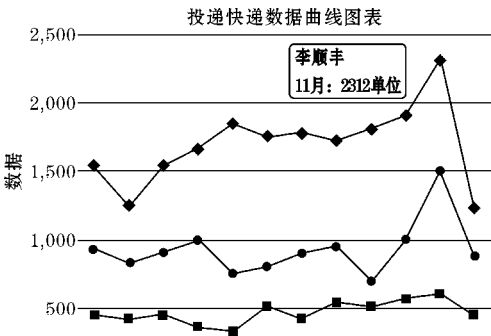


图 14 智能快递箱快递人员投递统计图

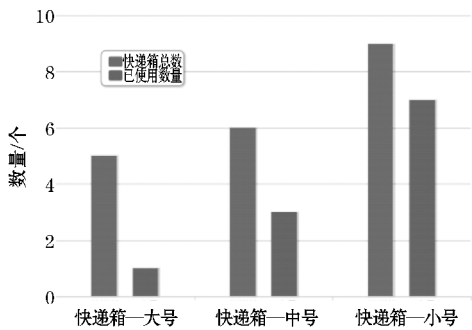


图 15 智能快递箱客户端使用情况统计图

物流查询模块通过在 JSP 页面中嵌入相应的 API 接口模块,通过 iframe 调用,实现完整的快递实时物流信息查询功能,关键代码如下:

```
<iframe name="kuaidi100"
src="//www.kuaidi100.com/frame/index.html"
width="960" height="880" marginwidth="0" margin-
height="0" hspace="0" vspace="0" frameborder="
0" scrolling="no"></iframe>
```

物流查询效果如图 16 所示。

快递物流查询 查询快递物流实时信息



图 16 智能快递箱快递物流查询图

4 系统测试

系统功能性测试方面,系统的并发测试对于保证系统实际状况下稳定运行非常重要。采用模拟不同数量客户端连接系统服务器的方式,测试系统的业务处理准确性,测试结果如表 1 所示。测试结果表明系统运行可靠,可以满足园区快递需求。

表 1 不同数量客户端测试结果

终端数量	客户端网络连接成功率/%	数据操作结果
10	99.9	正确
50	99.6	正确
100	99.4	正确

系统非功能性测试方面,通过对于系统界面测试以及性能测试,系统可以满足24 h不间断工作的要求,

用户操作正常,符合实际需求。

5 结束语

智能柜快递箱作为连接快递服务商和园区用户之间的枢纽,减少了人力成本,使快递收发时间更加灵活,提高了配送成功率,改善了用户收发快递的体验度。本文针对园区快递业务设计一种基于 ARM 开发平台及 QT 设计实现的智能快递箱系统,提出智能快递箱嵌入式客户端以及服务器端管理系统的系统结构设计,重点介绍了客户端以及服务器端的主要功能及设计实现方法,实现了快递人员自助存放及用户领取快递,并提供自动短信通知,以及快递箱管理员对用户信息与快递数据的有效分析管理。通过测试实验表明本系统满足了园区快递自助取件以及快递系统管理的需求,具有一定的推广与应用参考作用。

参考文献:

[1] 倪明,孙潜. 快递业运营模式研究[J]. 北京交通大学学报(社会科学版),2013(1):49-54.

[2] Beard M, Neville S. Tube stations to get Amazon lockers in click-and-collect deal [J]. Evening Standard,2014.

[3] 梁欢欢. 智能快件箱的现状 & 现行问题分析[J]. 产业与科技论坛,2015(19):113-114.

[4] 陈崇辉,邓筠. 快递自助收件系统的设计与实现[J]. 物流技术,2015,34(7):288-291.

[5] 施书彪,黄有方,严伟. 智能柜在校园快递配送中的应用研究[J]. 计算机仿真,2015,32(9):421-424.

[6] 谢洁杰,赖松林,赖云锋. 基于 S3C6410 的智能快递投递箱系统设计[J]. 微型机与应用,2015,34(7):92-94.

[7] 刘振庭,毕杨. 基于 Web Service 快递管理系统解决方案[J]. 现代电子技术,2012,35(8):33-34.

[8] 叶鹏. 基于 ARM 的 RFID 智能物流管理系统设计与实现[D]. 西宁:青海师范大学,2014.

[9] 田磊. 嵌入式 Linux 系统中基于 QT 库的应用程序设计[J]. 实验室研究与探索,2014,33(5):84-86.

[10] 刘治国,陈新华. 基于 Linux 和 Qt 的智能家居系统的设计与实现[J]. 电子技术应用,2012,38(4):23-26.

- [11] 张俊涛,刘红科.基于 ARM 的快递货物自动分拣系统的设计[J].化工自动化及仪表,2011,38(8):968-970.
- [12] 张耀民.SSH 框架在 Web 项目开发中的构建和应用实践[J].微型机与应用,2013,32(15):18-21.
- [13] 梁红波.云物流和大数据对物流模式的变革[J].中国流通经济,2014,28(5):41-45.
- [14] 贺亚茹.基于 RFID 技术的矿井物流管理系统数据库设计[J].工矿自动化,2014,40(4):90-92.
- [15] Kuan J. Learning Highcharts 4[M]. UK: Packt Publishing,2015.

Design and Implementation of Intelligent Delivery Box System based on ARM

MA Ling, ZHANG Xin-you

(1. The School of Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China)

Abstract: In order to solve the problems existing in the park expression and improve the level of campus expression delivery terminal, the intelligent delivery box system is used based on FS_S5PC100 embedded development platform of ARM with a combination of display module, barcode scanning module and GSM module. The system has realized the QT function of self-service of expression delivery and picking up for staff and customers. It can also use expression data management system to unify management data information through the sever-side. The testing results show that the system can improve the efficiency of the courier expression delivery and realize the design results with a highly expansion.

Keywords: embedded system; intelligent delivery box system; express management system; GSM module; bar code scanning