北 方 园 艺
Northern Horticulture
2019(05):169-174 ·农业信息技术·

doi:10.11937/bfyy.20181044

基于物联网的马铃薯贮藏环境智能监控系统

巩师洋[1],王福平[2],李 瑞[3]

(1.新疆大学 科学技术学院,新疆 阿克苏 843000;2.北方民族大学 创新创业教育中心,宁夏 银川 750021;
3.北方民族大学 电气信息工程学院,宁夏 银川 750021)

摘 要:为了便于用户实时掌握和控制马铃薯贮藏的环境信息,解决窖内环境检测不方便及环境调控不及时等问题,课题组设计了一套基于物联网的马铃薯贮藏环境远程调控系统。该系统主要监控环境因素为马铃薯内的空气温度、湿度和CO_2浓度,主要控制设备为马铃薯窖内的风机、加热器等设备。系统分为受控终端、网络通信和用户终端3个部分,其中受控终端为马铃薯窖内的控制系统和相关设备,网络通信通过GPRS实现,用户终端为PC和Android操作系统。该系统研究和实现了一套基于物联网的贮藏环境远程智能监控,以期达到实时掌握和控制马铃薯窖内温度、湿度和CO_2浓度。

关键词:物联网;Android平台;智能监控

中图分类号:S 532-39 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-0009(2019)05-0169-06

马铃薯营养丰富,口味独特,是我国及世界许多国家及地区人民喜爱的一种食物可鲜食,可进行深加工制成淀粉,成为重要的化工原料,市场需求量巨大。近年来,随着马铃薯市场的不断发展,马铃薯贮藏数量逐渐增加,贮藏时间进一步延长,对贮藏环境的要求越来越高。而在我国北方地区,一般是采用地下式的贮藏窖。通风和降温大多依靠自然条件,有少许的贮藏窖设有风机等设备,但是也由于人工使用不及时,马铃薯在贮藏期间经常出现失水、长芽、腐烂等现象[1]。一般马铃薯贮藏的损失率达15%~25%,严重时可达40%以上[2]。为了改变这种状况,需要使用科学有效的贮藏方法,要遵循马铃薯的时期变化和环境变化的规律,采用相应的调控措施以便提高马铃薯的贮藏质量。

马铃薯是宁夏自治区重要经济农作物,也是西海固地区的主要经济来源,随着宁夏优势特色马铃薯产业专家组针对宁夏地区马铃薯种植的研究和推广,马铃薯得以在部分地区种植且产量不断提高。现针对宁夏回族自治区马铃薯贮存情况,设计生产了一套基于物联网的马铃薯储藏环境监控系统,可以实时监测和控制马铃薯窖内的温度、湿度和CO_2浓度,通过Android手机APP或下位机控制箱控制窖内风机、加热器等设备。

1 系统总体设计

该设计监测和控制马铃薯窖内的温湿度、CO_2浓度,需要实时掌握窖内的环境因素,温度过低或者湿度过低都将造成不可挽回的损失,因为冻伤和缺水是不可逆的,同时CO_2影响马铃薯的糖分存储。可操作性对于实际操作者来说非常重要,因操作者大多不常接触这方面的设备,所以系统的操作应尽量简单方便且安全。因市面上Android手机占有率相当高,所以该系统手机终端采用安卓系统。针对没有Android手机的用

第一作者简介:巩师洋(1989-),男,硕士研究生,研究方向为信息检测与计算机控制技术。E-mail:294213516@qq.com.

责任作者:王福平(1963-),男,宁夏银川人,硕士,教授,现主要从事信息检测与计算机控制技术等研究工作。E-mail:w_fuping@126.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61261045);宁夏高校科研资助项目(NGY2014033)。

收稿日期:2018-06-06

户，可以通过电脑端进行登录和控制。该系统旨在实时监测和控制马铃薯窖内的环境信息从而避免不必要的损失，可通过下位机 TFT Visual 屏控制，也可在手机端或者电脑端控制。该系统由用户终端设备、网络通信、受控终端构成，研究马铃薯窖内的各种环境因素。

总体设计框架如图 1 所示，其中设备的受控端在马铃薯窖内，其中包括下位机、温湿度传感器、CO_2 传感器、加热器、风机等设备。基于单片机的环境信息采集模块均匀分布放置在各个位置来收集不同位置的环境信息。TFT Visual 彩屏有显示和触控功能，可在手动模式下控制外设设备。客户端程序支持多终端运行，下位机通过 TFT Visual 彩屏控制。Web 端和 Android 手机端通过浏览器输入网址，然后输入账号和密码即可实时监测和控制马铃薯窖内环境信息。图 1 显示了下位机主控、环境信息采集模块、网络服务器、Web、Android 系统和控制模板之间的联系。下位机主控与信息采集模块和控制面板通过 485 总线方式连接，与上位机通过 GPRS 通信。

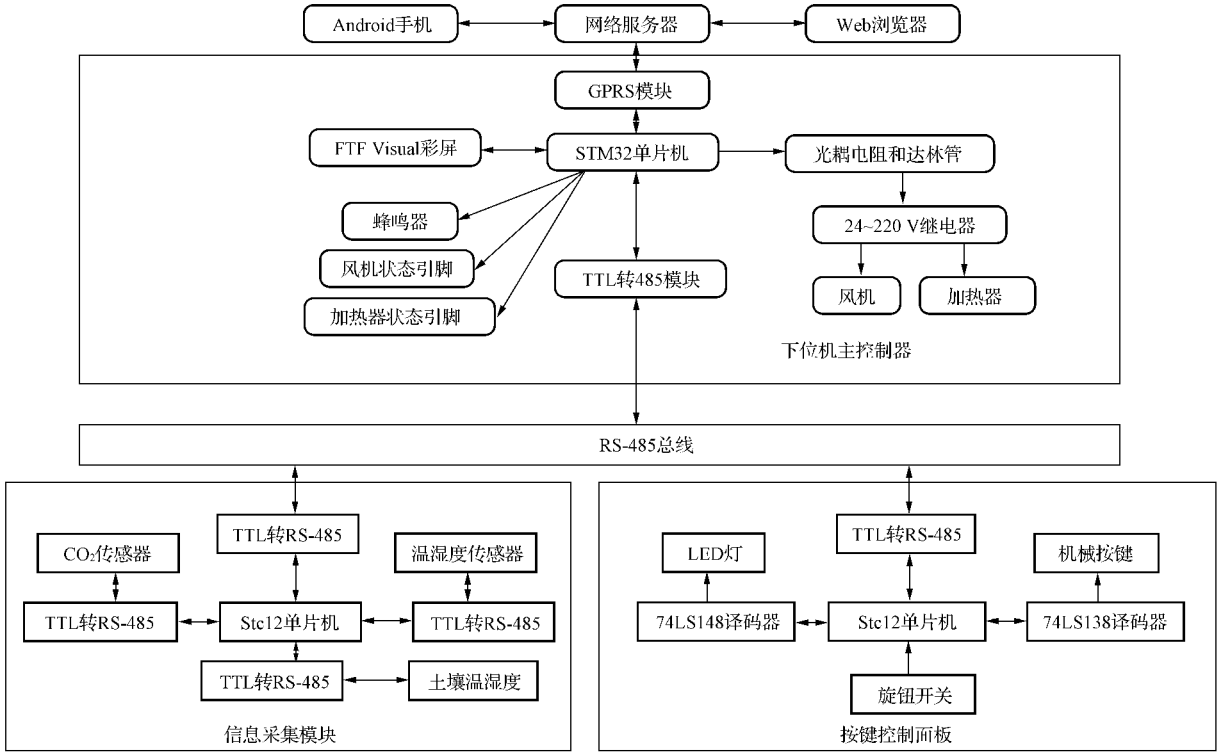

图 1 系统总体设计

2 系统硬件设计

该系统硬件主要在下位机方面，其中主要包括下位机主控、信息采集模块、温湿度传感、CO_2 传感器、GPRS 等。

2.1 下位机主控制

下位机主控芯片采用 STM32F103RCT6。信号电压转换方面，信号电压 3.3 V 转 5 V 采用 MAX3232 收发器，差分信号电压采用 TTL 转 RS-485 模块。电源电压转换方面，电源电压 5 V 转 3.3 V 采用 AMS1117 稳压器，电源电压 24 V 转 5 V 采用 DM02 模块，电源电压 220 V AC 转 24 V 采用 AC-DC 电源模块。EL817 光耦电阻控制 24～220 V 继电器。

下位机主控制器放在马铃薯窖控制柜内，是整个系统信息的中转站，可以与实现和 FTF Visual 彩屏信息交互，同信息采集模块使用 485 总线方式通信，同时上位机通过 GPRS 通信，通过 24～220 V 继电器控制风机、加热器等马铃薯窖内外设设备。

2.2 信息采集模块

信息采集模块采用 STC12C5A60S2 主控芯片，通信方面，经过 TTL 转 RS-485 模块和其它设备通信。

信息采集模块同过 485 总线与下位机主控通信，通过 TTL 转 RS-485 模块与温湿度传感器和二氧化碳传感器通信。

2.3 GPRS

GPRS 是网络服务器和下位机信息交互的桥梁，GPRS 将从信息模块收到的马铃薯窖内环境信息传输基于 STM32 单片机的下位机，下位机将数据分析处理，经过封装后发至网络服务中，这样 Web 和手机 APP 客户端可访问服务器来了解马铃薯窖内环境信息。同时，客户端也可通过 GPRS 发送数据给下位机单片机，从而控制风机、加热器等设备。

发送数据过程：WG-8010 GPRS DTU 与下位机单片机进行数据交互，对从单片机中读取的数据进行封装，然后加至终端的 TCP/IP 协议栈中，通过 GSM MODEM 和 GPRS 网络实现与 Internet 网络通信。网络服务器解析这数据并保存以便用户读取。接收数据的过程，WG-8010 GPRS DTU 将 Internet 网络解析，读取指令数据发给下位机单片机。

3 系统软件设计

系统软程序分上位机、GPRS 和下位机主控 3 个部分，其中上位机为 Android 系统程序设计，下位机包括主程序设计、信息采集模块程序设计、控制面板程序设计、彩屏程序设计。

3.1 Android 设计

该系统中远程服务中心主要向客户端提供数据服务，并且接受和发送控制指令，虽然不具有控制功能，但是具有监测、传递和管理功能，在系统属于聚集数据最多，传输数据最密集的服务中心。一切数据和信息，以及控制指令都需要经过远程服务中心的处理和管理。所以其相当于一个简单的 Web 服务器，主要由 Java 编写的 Web 服务程序和一个 MySQL 数据库组成，并通过 Tomcat 服务器进行发布。Web 服务器程序使用 Java 语言编写，在 MyEclipse 环境下开发。采用 B/S 3 层架构体系设计，主要包括浏览器、Web 服务器、MySQL 数据库[3]。服务器使用 Tomcat，部署简单、易操作，扩展性好，且 Tomcat 服务器已经开源，在网上可以找到很多可供使用的版本。数据库选用 MySQL，这种数据控灵活性高，是关联数据库，且也已经开放源代码。服务器使用 Tomcat，部署简单、易操作，扩展性好，且 Tomcat 服务器已经开源，网上可以找到很多可供使用的版本。服务器性能优越且占用系统资源少，操作相对容易，运行时把程序放到 webapp 里，打开 startup 即可自动检测到文件，但由于第一次的转化问题，运行会比较慢，但之后速度会大大增加并且稳定。Tomcat 本身就是一个性能强劲的服务器，开源更使其受到了更多研究者的认可[4]。由于马铃薯窖内环境信息传感器较多，很多数据都需要进行专家判定，所以需要把信息采集模块的环境信息上传至网络服务中心。该系统使用 MySQL，可以通过 sql 语言对 JDBC 和 ODBC 数据库进行操作，ODBC 的语言环境为 C 语言移植性较差，而 JDBC 本身就是由 Java 编写而成无需将 ODBC 转化，所以采用 JDBC 驱动程序管理器通过 JDBC 驱动程序与数据库进行连接[5]。MySQL 的数据库为关系型，数据放在不同的表中，速率较快，MySQL 已经可以开源获取。

Android 在 Linux 操作系统架下主要由操作系统（OS）、库（Libraries）和应用程序（APP）3 个部分构成。其中操作系统有显示驱动（Display Driver）、Flash 内存驱动（Flash Memory Driver）、照相机驱动（Camera Driver）、音频驱动（Audio Driver）、Wifi 驱动（Camera Driver）、键盘驱动（KeyBoard Driver）等。库（Libraries）使用 C++ 语言编写。应用程序（APP）用 JAVA 语言编写。

该系统将 Android 平台设置为监控模块、控制模块、报警模块。该系统手机端使用 Android 4.0，程序结构如图 2 所示。

Src 是该系统的源文件目录放置业务逻辑代码和相应的 UI 代码，使用 Java 语言编写，包括各种 activity 的实现。Gen 目录下的文件全都是 ADT 自动生成的，定义了一个 R.java 文件，该文件相当于项目的字典，项目中用户界面、字符串、图片等资源都会在该类中创建一个唯一的 ID，当

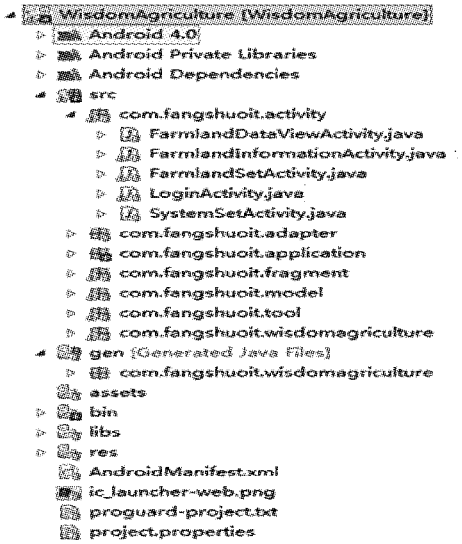

图 2 Android 程序结构

该项目中使用到这些资源时，会通过 ID 得到相应资源的引用。Android 4.0 这个目录中存放的是该项目支持的 jar 包，同时还包含项目打包时需要的 META-INF 目录。Bin 目录放置二进制文件，包括 class、资源文件、dex、apk 等。Res 目录用于存放应用程序中经常使用的资源文件，其中包括图片、声音、布局文件以及参数描述文件等。

3.2 下位机主控

下位机主控使用 STM32F103RCT6 单片机，开发工具使用 keil4，编程语言使用 C 语言，程序烧录软件使用 FlyMcu。

在获得温湿度和 CO_2 浓度上，当芯片内外设初始化以后，发送获取温湿度和 CO_2 指令给传感器，得到传感器响应以后，校验传感器数据，校验成功以后保存和标记数据有效。如果得不到传感器响应，则再次发指令给传感器。多次得不到传感器响应，则标记当前传感器不存在，转而去查询其它编号的传感器。如果数据超过 100%或者低于 0，则认为不符合要求，温湿度超限，数据不被标记为有效。在数据的末尾，还加上 CRC 校验。CRC 循环冗余校验是可靠的数据流校验方法之一。如果 CRC16-CCITT 校验失败，数据同样不会被标记为有效。

在节点间通信方面，响应通信请求是通过 UART 中断方式实现的，所以在芯片初始化后的任何时刻，都可以进行通信响应，这个过程会打断其它事件。但无法打断其它中断，因为初始化中断优先级设置采用了默认设置，即所有中断同属于同一优先级。通信时，UART 必须将一次性传输完，因为主控芯片 STM32 接收数据时，采用了流控方式，即数据是完整一帧作处理的，否则出现数据无效，需要重传的情况。同时，通信时，要求子节点在 10 s 内响应父节点，避免父节点在没有及时收到数据时，再次发送重传指令。同样的，看门狗可能会使系统产生复位重启。下位机主控软件流程见图 3。

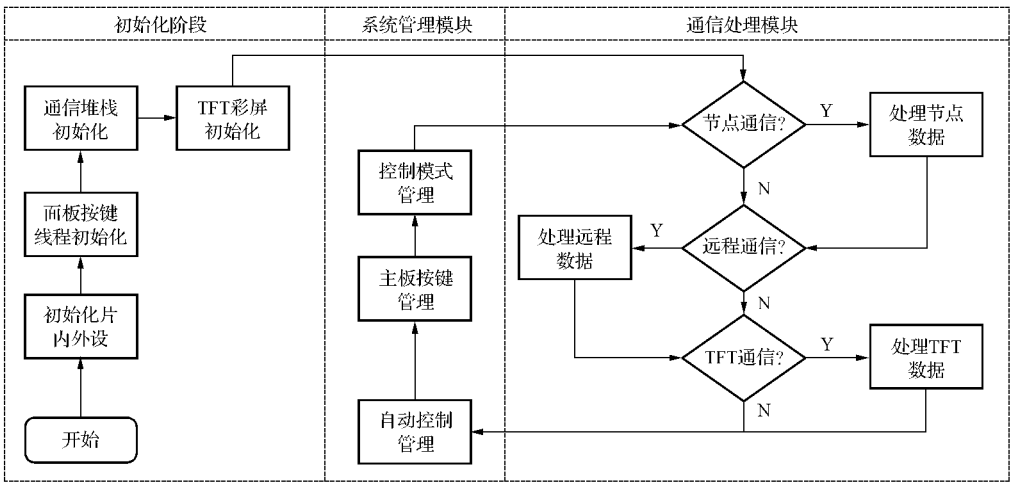

图 3 下位机程序流程

其主要程序为：

```
int main(void)
{
  Bsp_Initset_All();              初始化所有设备
  While(1)
  {
    Bsp_AppNode_Thread();   节点通信线程
    Bsp_AppUpload_Thread();远程通信线程
    Bsp_AppTFT_Thread();    TFT 彩屏线程
    Bsp_AppAuto_Thread();   自动控制线程
    Bsp_Test_Lib_TestAll();  测试线程
  }
}
```

3.3　GPRS

GPRS 协议栈是负责和 GPRS 通信的，最终实现的是与远程服务器进行数据交互。又由于该次采用了 GPRS 模块，该模块帮助开发员简化了 TCP/IP 协议的解析工作，在主控芯片上不需要对于数据进行 TCP/IP 封装和解析。因此，主控芯片 SIM32 串口收到的直接是用户数据。下面给出了对 GPRS 数据处理程序流程，如图 4 所示。

GPRS 在上电初，首先读取 USART3 缓存区，看是否有数据，没有数据的话，会循环读取，一直到在缓存区有数据为止，当检测到缓存区有数据时，判断堆栈是否空闲，如果堆栈没有被占用，则将缓存区中的数据存入至 GPRS 堆栈中，当数据全部存入堆栈时，再将数据存入 GPRS 线程堆栈，然后进行 GPRS 线程检测，如果线程可处理，然后使用线程函数处理即可，最后重新读取串口的缓存区。

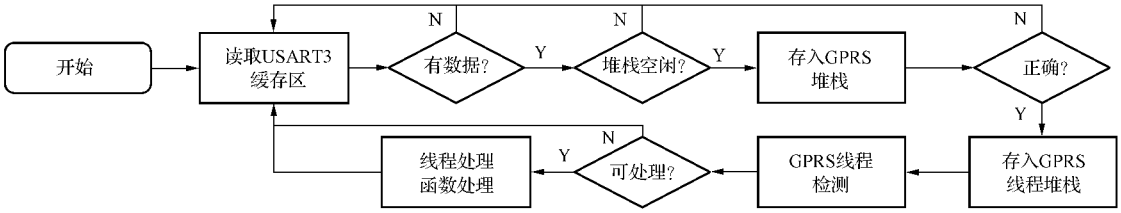

图 4　GPRS 数据处理程序流程

4　系统功能实现

4.1　手机端

打开手机应用，输入预先设定的用户名与密码，进行登录，登录成功之后页面跳转至设备列表界面。Android APP 登陆后界面如图 5 所示。

图 5　Android APP 端主界面

这个系统内控制多个温棚，任意点开一个，其上方显示马铃薯窖内的环境信息，如图 6 所示。

图 6　Android 端信息监测和控制界面

4.2　下位机

系统下位机放在马铃薯窖内，通过继电器 24 V 转 220 V 实现控制外部设备，具体实物如图 7 所示。

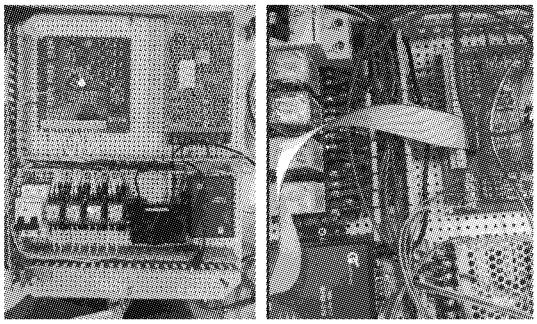

图7 下位机实物

4.3 控制面板

FTF Visual彩屏在下位机控制柜的外层面板,控制面板在内测,如图8所示。

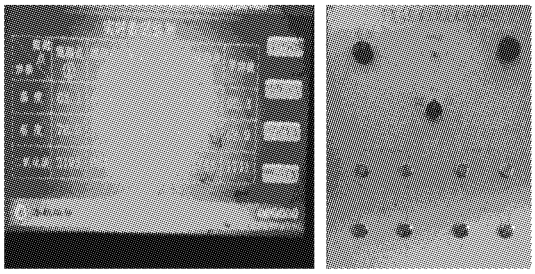

图8 FTF Visual彩屏和控制面板

5 结论

该研究开发的基于物联网Android平台的马铃薯贮藏环境远程调控系统,在Android手机上实现了远程无线监测与控制,而且一个用户名可以监控多个马铃薯窖,硬件成本较低,具有很高的性价比,在宁夏固原、海源、西吉等马铃薯窖内试验期间系统运行良好。该系统操作界面简单,控制方便,实时性好,远程控制反应灵敏,稳定性高,可以大大降低马铃薯贮藏期间因贮藏环境不良而造成的经济损失。

参考文献

[1] 朱伟华,周文姝.基于4G技术的智能农业小气候检测系统[J].实验技术与管理,2016(4):15-17.

[2] 农业部办公厅农业部办公厅关于印发全国农业机械化专项发展规划的通知全国设施农业发展"十二五"规划(2011-2015年)[G].2011.

[3] 钟新平.基于单片机的温室大棚环境参数自动控制系统[D].南宁:广西大学,2011.

[4] 奚阳.Java程序运行时保护与监控技术研究[D].南京:南京大学,2008.

[5] 侯金彪,郭长友.基于Java的远程屏幕监控系统的设计研究[J].计算机工程与科学,2010,31(2):45-48.

Intelligent Monitoring System of Potato Storage Environment Based on Internet of Things

GONG Shiyang[1], WANG Fuping[2], LI Rui[3]

(1. College of Science and Technology, Xinjiang University, Akesu, Xinjiang 843000; 2. Creative Education Center, Beifang University of Nationalities, Yinchuan, Ningxia 750021; 3. College of Electrial Information Engineering, Beifang University of Nationalities, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: In order to enable users to master and control the environmental information of potato storage in real time, to solve the problems of inconvenient environment detection in the cellar and the untimely environmental regulation and control, a remote control system for potato storage environment based on internet of things was designed. The main monitoring system of this system are air temperature, humidity and CO_2 concentration. The main control equipment are the fan and heater in the potato cellar. The system is divided into three parts: controlled terminal, network communication, and user terminal. User terminals are PC and Android operating systems, and implements a set of remote intelligent monitoring of storage environment based on the internet of things were studied and implemented in this system, in order to achieve real-time control and control of temperature, humidity and CO_2 concentration in the potato cellar.

Keywords: internet of things; Android platform; intelligent monitoring