

# 基于物联网的甘薯贮藏环境监控系统的研究

赵思萌<sup>1</sup>, 徐践<sup>1,2\*</sup>, 张娜<sup>1,2</sup>, 刘玉娟<sup>1</sup>, 王乔<sup>1</sup>

(1.北京农学院,北京 102206;2.北京市农村远程信息服务工程技术研究中心,北京 102206)

**摘要** 采用硬件与软件相结合的设计方案。系统硬件部分由温度传感器、湿度传感器、STM32 单片机、3G 通讯模块等组成。硬件部分实现了数据的采集、处理、传输功能。软件部分是使用 Python 语言在开发平台上完成系统平台的开发,实现良好的人机交互效果。其中系统平台和温湿度采集器之间通过 TCP/IP 协议进行数据的传输,同时将数据存储于数据库内,当用户查看时则会以网页的形式展现给用户,使得用户更方便的监测温地窖内环境参数,并兼顾搜索数据与导出数据的功能,实现对甘薯贮藏库的良好监测。

**关键词** 甘薯;温湿度传感器;环境监测系统;物联网

中图分类号 S126 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)08-0224-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.08.059

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research on Sweet Potato Storage Environment Monitoring System Based on Internet of Things

ZHAO Si-meng<sup>1</sup>, XU Jian<sup>1,2</sup>, ZHANG Na<sup>1,2</sup> et al (1.Beijing University of Agriculture, Beijing 102206;2.Beijing Research Center for Rural Remote Information Service Engineering Technology, Beijing 102206)

**Abstract** A design scheme was adopted with the combination of hardware and software. The hardware part of the system consists of temperature sensor, humidity sensor, STM32 MCU, 3G communication module and so on. The hardware part realizes the functions of data collection, processing and transmission. The software part uses the Python language to complete the development of the system platform on the development platform, achieving good human-computer interaction effects. The data between the system platform and the temperature and humidity collector are transmitted through the TCP/IP protocol, and the data are stored in the database. The data are displayed to the user in the form of a webpage, so that the users can monitor the Internal environment parameters more conveniently. Taking into account the function of searching data and exporting data, we achieve good monitoring of sweet potato storage.

**Key words** Sweet potato; Temperature and humidity sensor; Environmental monitoring system; Internet of Things

甘薯(*Ipomoea batatas* Lam.)属旋花科甘薯属,是具有蔓生习性的一年生或多年生草本植物<sup>[1]</sup>。我国甘薯采后的储藏技术主要为地窖、井窖、大屋窖、棚窖等传统的方式,但是国内的甘薯储藏技术还有不够完善的地方,如机械冷库商业化、规模化的去储藏甘薯还尚未成功。我国甘薯入库前大多都会采用福尔马林、多菌灵等农药进行喷洒消毒。这种传统的储存方式存储的甘薯品质会降低,有时候甚至会腐烂,如果环境被农药污染严重,可能还会对甘薯造成二次感染,这样会使得脱毒的种子甘薯造成感染,影响甘薯的出芽率和质量<sup>[2]</sup>。农民普遍选择利用地窖贮藏,其成本低,但极易腐烂、风险大,无法对窖内进行温度控制,特别是出现腐烂时无法挽救,从而造成严重损失<sup>[3]</sup>。

因此,开发一套能够实时监测地窖内环境温湿度的硬件设备具有重要意义。同时,开发一个能够实时显示地窖内温湿度数据的平台也是必不可少的。当农民通过手机或网页看到当前地窖内环境温度过高时,可进行及时的作业,保证地窖内的温度在适合贮藏甘薯的范围内。鉴于此,笔者介绍了基于物联网的甘薯贮藏环境监控系统总体设计、系统功能和系统测试。

## 1 系统总体设计基于物联网的甘薯贮藏环境监控

**1.1 功能设计** 存放甘薯地点的环境因素对甘薯的良好存放起着决定性的作用,因此采集环境的温度值和湿度值十分

必要。当接收到传感器传输过来的数据之后,还需要一个平台来反馈相应的内容。甘薯温湿度数据采集平台正是为了展示在甘薯库得到的温度、湿度等各项数据,提供实时的检测情况,帮助人们更加快速地了解甘薯所处的环境,从而更好地了解甘薯的贮藏条件。根据对数据的分析以及汇总,确定平台需求,甘薯温湿度数据采集平台主要包括了以下功能:搜索功能以及数据的导出功能。该平台的功能框架如图 1 所示。

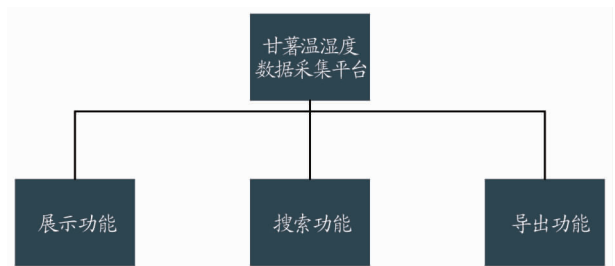


图 1 甘薯温湿度功能框架

Fig.1 Framework of the temperature and humidity of sweet potato

**1.1.1 展示功能设计。**在传感器得到数据之后,用户并不能直接地得到所需要的数据。展示功能实现了对传感器传输得来的信息的展示,可以让用户能够一目了然地了解当前或者某一时段甘薯存储的温湿度信息。

**1.1.2 搜索功能设计。**传感器得到的数据繁多复杂,用户在浏览过程中需要对所得到的数据进行分类汇总,有选择性地对数据进行对比。平台实现的搜索功能可以按照不同的时间和不同的设备来确定浏览相应的数据信息。通过搜索功能得到的数据可以更加清晰地展示在具体某一时段的温湿

**基金项目** 粮经作物产业技术体系北京市创新团队(BAIC09-2018)。  
**作者简介** 赵思萌(1994—),女,北京人,硕士研究生,研究方向:农业信息化。\*通信作者,教授,博士,从事农业信息化技术研究。  
**收稿日期** 2018-11-12;修回日期 2018-11-21

度信息,或者展示在某一设备处相应的温湿度信息,这也让用户更加直观、清晰地了解到甘薯的贮藏信息。

**1.1.3 导出功能设计。**在用户得到需要的数据之后,导出功能可以让用户对数据进行导出,将得到的数据存储在一个表格文件中,让用户对所需要的数据进行进一步的加工和分析,也方便用户之间的信息传递、信息交流,从而更好地对甘薯进行贮藏。

**1.1.4 采集功能设计。**美国具有优良设备的甘薯储藏库,能使储藏库把温度保持在 13~15 ℃,湿度保持在 90%~95%,使得甘薯的储存时间达到 1 年<sup>[4]</sup>。因此温度和湿度是要采集的 2 个最重要的环境参数。

**1.2 采集模块设计** 为了方便用户的使用,将温度采集器与湿度采集器及串行接口电路集成实现在同一块芯片上。该系统对空气温湿度的测量选用 SHT10 数字型温湿度传感器,它将温度和湿度传感器、A/D 模拟数字转换器以及数字输出口结合到一起,具备了功率低、稳定性能好、反应速度快等优点<sup>[5]</sup>。单片机则使用意法半导体公司生产的 32 位嵌入式微控制器 STM32F103RCT6 作为核心芯片,它具有性能强、处理速度快、存储空间大等优点,是一种集成到一块硅片上的微型计算机系统。随着微电子技术的快速发展,32 位的单片机已经逐渐趋近与 16 位的单片机,价格上已经取得了相当大的优势。另外,由于工业控制器价格较高,将 PLC 一种可编程逻辑控制器广泛应用于温室不太现实<sup>[6]</sup>。因此,32 位单片机成为了最佳选择,其造价不高、操作简单、维护容易、应用方便<sup>[7]</sup>。

**1.3 传输模块设计** 在网络传输上,现在主流的方式主要为 ZigBee、蓝牙、WiFi 以及 3G 等技术。ZigBee 技术功耗低、成本低、信息可靠而且网络容量较大,但是鉴于其传输范围较小而且传输的速率比较低,所以不能作为本项目的传输工具<sup>[8]</sup>。蓝牙与 WiFi 的发展比较普遍,延迟与稳定度也达到了较高的水准,但是由于技术限制,导致在传输过程中数据包不能太大,所以也不能作为本项目的传输工具。最后由于成本低、覆盖广以及传输数据大等优势,故选择 3G 作为传输手段<sup>[9]</sup>。

**1.4 系统平台设计** 系统平台的设计需要有以下四点要求:①平台设计美观,简单易用;②有权限控制,只有授权用户可以登录和操作;③实时接收和展示数据,保证数据时效性;④平台扩展性强,可以加装大量的传感器。

**1.4.1 终端交互设计。**用户对平台的接触始于视觉,基于触觉,而视觉体验是超越功能体验最直接的存在<sup>[10]</sup>。甘薯温湿度数据采集平台的使用者主要是种植甘薯的农户,平台迎合了农户的需求,设计的界面友好简洁,对数据的操作方便简单,对大部分农民用户来说,系统的使用清晰易懂,并不需要耗费大量的学习时间在平台的使用上。输入网址便可以进入用户的登录界面,在用户输入相应的用户名和密码之后便可以进入平台开始使用。进入平台后,界面顶端设置功能栏,用户可以选择相应的操作,从而得到相应的数据。另外,界面的设计对于平台也非常重要,所以需要把视觉元素保持

一定的大小,再采取合适的配色方案,从而使平台更加清晰整洁,使用户对平台的使用体验更好。

**1.4.2 数据库设计。**MySQL 数据库几乎可以对所有的 SQL 语言进行执行,它是一种多线程、多用户的关系型数据库<sup>[11]</sup>。它所需要的空间只有 100 多兆,占用磁盘空间小,安装运行方便;写入数据所用时间短,存储数据量大,每个表能够处理 5 千多万条数据;源代码开放,SQL 查询算法更加优化;完善的权限机制,安全性非常好<sup>[12]</sup>。该平台采用 MySQL 数据库来搭建相应的数据库,一共涉及到 1 张数据库表,其设计如表 1 所示。

表 1 数据库表设计描述

Table 1 Description of the database design

字段 Field	类型 Type	是否为空 Null or not	是否为主键 Major key or not	缺省值 Default value	备注 Note
ID	Int(11)	否	是	空	自增 ID
device_id	varchar(100)	否	否	空	设备编号
timemark	datetime	否	否	空	时间戳
temp	Int(11)	否	否	空	温度
humd	Double(6,2)	否	否	空	湿度

表 1 为甘薯温湿度数据采集平台所需的数据库设计,主要是甘薯信息,包括编号、设备 ID、时间戳、温度和湿度等信息。

**1.4.3 服务器设计。**后端部分分为 Web 后端部分和 TCP 后端部分。其中 Web 后端部分作为 Web 页面和接口的服务器,处理用户的输入数据,向浏览器返回数据<sup>[13]</sup>。其中 TCP 后端部分是 TCP/IP 协议的服务器处理部分,作为上位机软件,提供下位机连接和上报数据的服务器端,下位机可将数据上传到服务器,服务器可将指令下发给下位机,从而实现上位机和下位机之间的通信<sup>[14]</sup>。

Web 后端使用 django 框架编写,是按照 MTV 模式编写,即 Model、Template、View 的模式实现<sup>[15]</sup>。Tcp 后端部分使用 Netty 框架编写,绑定一个端口,下位机通过此端口连接上位机并传输数据,服务端收到数据后将数据写入 MySQL 数据库中。

## 2 系统功能实现

**2.1 采集—传输功能实现** 在甘薯温湿度数据采集过程中,数据采集主要是通过温度传感器和湿度传感器来采集相应环境信息,然后把传感器得到的温湿度数据利用 3G 网络通讯模块进行传递<sup>[16]</sup>,直接传递给接收服务器,服务器会把相应的数据处理并把数值展示在平台上供用户查看。

**2.2 传输—展示功能实现** 打开页面,地区默认选择雄县,并读取当前一天的数据,从当前时间开始倒序分页展示,使用 javascript 向服务器发送请求,服务器使用 python django 对查询条件进行解析和对 mysql 数据库进行连接和检索,结果组装成 json 格式返回给浏览器,javascript 解析 json 数据并展示在页面上(图 2)。

**2.3 搜索功能实现** 用户选择地区、开始时间和结束时间,提交后从数据库中匹配符合条件的数据,并倒序排列,分页

返回到前端页面中展示出来,前端使用 javascript 将查询条件进行组合,并发送请求到服务器,服务器接收到请求后,使用 python django 对查询条件进行解析和对 mysql 数据库进行

连接和检索,并将结果组装成 json 格式的数据,然后返回给浏览器,javascript 解析 json 数据并展示在页面上(图3)。



时间	温度 (°C)	湿度 (%)
2018-11-01 21:38:53	14.25	59.82
2018-11-01 21:28:52	14.41	61.94
2018-11-01 21:18:52	14.18	60.52
2018-11-01 21:08:50	14.3	58.52
2018-11-01 20:58:48	14.4	59.27
2018-11-01 20:48:47	14.64	57.81
2018-11-01 20:38:46	14.79	57.6
2018-11-01 20:28:45	15.09	56.7
2018-11-01 20:18:44	15.27	55.9
2018-11-01 20:08:42	15.69	54.41

图2 数据显示

Fig.2 Data display



时间	温度 (°C)	湿度 (%)
2018-11-01 21:38:53	14.25	59.82
2018-11-01 21:28:52	14.41	61.94
2018-11-01 21:18:52	14.18	60.52
2018-11-01 21:08:50	14.3	58.52
2018-11-01 20:58:48	14.4	59.27
2018-11-01 20:48:47	14.64	57.81
2018-11-01 20:38:46	14.79	57.6
2018-11-01 20:28:45	15.09	56.7
2018-11-01 20:18:44	15.27	55.9
2018-11-01 20:08:42	15.69	54.41

图3 数据搜索

Fig.3 Data searching

**2.4 导出功能实现** 根据选定条件,前端使用 javascript 将查询条件进行组合,并发送请求到服务器,服务器接收到请求后,使用 python django 对查询条件进行解析和对 mysql 数据库进行连接和检索,把数据从数据库中检索出来之后,使用 python 把数据按行写入 excel 文件中,然后把文件返回到浏览器中,javascript 自动从浏览器中下载到本地(图4)。

### 3 系统测试

**3.1 温湿度采集器测试** 为了验证温湿度采集器所采集到的数据的准确性,试验准备了干湿球、不同型号和材质的温度计、电子温湿度计。将其放置于温湿度采集器的近似位置,每当平台上进行一次数据的更新,就进行一次人工读取和记录,共记录数据 1 000 余条。所记录的人工读取的数据均与平台数据近似,误差值在 3%~5%<sup>[17]</sup>。

按照每 10 min 上传 1 次数据计算,10 d 共计导出数据 1 440 条,导出最近 10 d 的数据到 Excel 表格中。测试结果显示为 1 440 条数据,说明传感器没有漏传数据的现象发生。

**3.2 系统平台测试** 甘薯储藏环境温湿度的监测系统的软件完成之后并进行了测试。传感器通过 3G 模块把检测到的温湿度数据上传至数据库中存储,并通过前端界面进行显示,时间间隔为 10 min,此模块无漏数据现象,且数据能够正常显示;为了方便存储及其他应用,数据可以以表格的方式导出,便于以后的研究,导出数据无异常现象;在平台的日历上直接选择日期,然后搜索出某个时间段内需要查询的温湿度数据,系统能够准确显示查询期间内的所查数据。经过简单的功能测试后验证了此平台的采集和显示数据、导出、按照日期搜索的功能全部能够正常执行,平台运行稳定。

#### 4 总结与展望

通过将物联网相关技术、自动化监测等技术应用于存储甘薯环境的远程监测,设计了甘薯存放环境数据管理平台。通过对硬件、软件的设计,可实时采集甘薯存放环境中的空

气温度、湿度。并根据需要的适宜存放甘薯的温湿度来及时地人为调控,有助于大规模的更好管理存放甘薯,提高甘薯存放的质量,并且也有助于甘薯存储研究的发展。

device_id	时间	温度	湿度
2	2018-11-01 21:38:53	14.25	59.82
2	2018-11-01 21:28:52	14.41	61.94
2	2018-11-01 21:18:52	14.18	60.52
2	2018-11-01 21:08:50	14.30	58.52
2	2018-11-01 20:58:48	14.40	59.27
2	2018-11-01 20:48:47	14.64	57.81
2	2018-11-01 20:38:46	14.79	57.60
2	2018-11-01 20:28:45	15.09	56.70
2	2018-11-01 20:18:44	15.27	55.90
2	2018-11-01 20:08:42	15.69	54.41
2	2018-11-01 19:58:41	15.88	54.18
2	2018-11-01 19:48:40	15.88	54.62
2	2018-11-01 19:38:38	15.96	54.01
2	2018-11-01 19:28:38	16.05	54.30
2	2018-11-01 19:18:36	16.13	54.02

图 4 数据导出

Fig.4 Data export

甘薯存储环境数据管理平台,实现了对实时监测的温湿度数据的记录、存储、查询、导出等功能,可以更好地有助于用户不受地域的限制实时监测温湿度,当温湿度不在限定之内时,可以及时的调节。该平台利用传感器对当前环境的温度和湿度进行检测,然后传到平台上。经过测试,传感器所得参数正常,传输也较快速准确,完成了相应的功能,实现了预期的目标。

在今后的研究中,还可以加入二氧化碳传感器,对环境进行进一步的监测,使相应的数据更全面、分析更准确<sup>[18]</sup>。此外,还可以向自动化方向发展,使农户在发现存储问题之后,用机器控制就可以实现对贮藏环境的改变,而不是要亲自去调整等,使得甘薯贮藏环境监测系统更为人性化、自动化。

#### 参考文献

[1] 李鹏霞,王炜,胡花丽,等.低温贮藏下两种甘薯的品质变化研究[J].江西农业学报,2009,21(4):73-75.  
 [2] GAI Y P, MA H J, CHEN X L, et al. Stem blight, foot rot and storage tuber rot of sweet potato caused by *Plenodomus destruens* in China[J]. Journal of general plant pathology, 2016, 82(4): 181-185.  
 [3] 霍延浩.甘薯贮藏技术[J].农业技术与装备, 2017(4): 47-48.  
 [4] 姜启双,唐洪杰.我国甘薯采后贮藏技术现状[J].农业科技通讯, 2018(6): 16-17, 131.  
 [5] 曾宇,宋永端,王弼堃.基于 Proteus 和 Keil 软件的温室环境监测系统开发[J].农业工程学报, 2012, 28(14): 177-183.

[6] 吴小伟,史志中,钟志堂,等.国内温室环境在线控制系统的研究进展[J].农机化研究, 2013(4): 1-7, 18.  
 [7] 赵建勋. Proteus 下 SHT11 数据监测系统的研究与设计[J]. 电子设计工程, 2016, 24(7): 58-62.  
 [8] 姜辉,甄彤,王锋.基于 ARM/ZigBee 的远程粮情监控系统的研究与设计[J].中国农机化学报, 2015, 36(2): 99-103, 98.  
 [9] 刘国红.基于 ZigBee 的智能粮仓监控系统设计[J].江苏农业科学, 2014, 42(7): 420-423.  
 [10] 孙超凡.移动终端交互设计中的视觉美学法则[J].大众文艺, 2014(6): 118.  
 [11] MILOŠEVIĆ D, PEPIĆ S, SARAČEVIĆ M, et al. Weighted Moore-Penrose generalized matrix inverse; MySQL vs. Cassandra database storage system[J]. Sadržanā, 2016, 41(8): 837-846.  
 [12] 李荣国,王见. MySQL 数据库在自动测试系统中的应用[J]. 计算机应用, 2011, 31(S2): 169-171.  
 [13] 张恩迪,张佳锐.基于物联网的农业虫害智能监控系统[J]. 农机化研究, 2015(5): 229-234.  
 [14] 刘婷,杨化云.基于物联网的仓储管控一体化架构设计[J]. 中国商贸, 2013(34): 128-130.  
 [15] HUANG Y, LI C C. Real-time monitoring system for paddy environmental information based on DC powerline communication technology[J]. Computers and electronics in agriculture, 2017, 134: 51-62.  
 [16] 蔡剑华,熊锐,黄国玉.基于无线传输的烤房温湿度远程监测系统[J]. 烟草科技, 2016, 49(10): 81-86.  
 [17] 聂长海.关于软件测试的几点思考[J]. 计算机科学, 2011, 38(2): 1-3, 27.  
 [18] INCROCCI L, MARZIALETTI P, INCROCCI G, et al. Sensor-based management of container nursery crops irrigated with fresh or saline water[J]. Agricultural water management, 2019, 213: 49-61.

(上接第 221 页)

[9] 涂美艳,江国良,陈栋,等.四川省猕猴桃产业发展现状及对策[J].湖北农业科学, 2012, 51(10): 1945-1949.  
 [10] 陈华.基于细分市场和竞争因素的定价策略研究:以 M 公司为例[D].上海:东华大学, 2016.

[11] 陈杰,胡江南.交叉销售下两产品报童模型最优订货及促销价格决策[J].工业工程与管理, 2018, 23(1): 96-102.  
 [12] 施晓峰,吴小丁.商品组合价值与溢价支付意愿的关系研究[J].北京工商大学学报(社会科学版), 2011, 26(2): 49-55.  
 [13] 于辉,刘卫华.新产品捆绑上市的鲁棒定价策略[J].系统工程理论与实践, 2017, 37(6): 1525-1535.