

基于物联网的马铃薯贮藏环境远程智能监控系统的设计与实现

安强强 李博丰 李梦帆 胡星

榆林学院, 中国·陕西 榆林 719000

摘要: 随着现代化农业技术的不断推进, 针对于马铃薯进行贮藏时也正在经历着从传统模式走向智能化以及数字化的发展方向, 马铃薯一直以来都是我国非常重要的粮食作物和经济作物, 因此, 加强针对于马铃薯的整体贮藏水平是非常重要的, 只有这样才能保障粮食安全。而近些年来, 物联网以及大数据包括人工智能等新一代信息技术的广泛运用, 同时也为马铃薯的贮藏提供了更多的技术路径和发展机遇。基于此, 在本篇文章当中, 将会重点探究物联网环境条件下的马铃薯贮藏环境远程智能监控系统的有效设计, 希望能够更好的解决贮存环境检测不方便以及环境调控不及时等一系列问题。

关键词: 物联网; 马铃薯; 远程智能监控

Design and Implementation of an IoT-Based Remote Intelligent Monitoring System for Potato Storage Environments

An Qiangqiang, Li Bofeng, Li Mengfan, Hu Xing

Yulin University, China Shaanxi Yulin 719000

Abstract: With the continuous advancement of modern agricultural technology, the storage of potatoes is transitioning from traditional methods toward intelligent and digital approaches. Potatoes have always been a crucial grain and cash crop in China, making it essential to enhance overall storage standards to ensure food security. In recent years, the widespread application of new-generation information technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence has further expanded technical pathways and development opportunities for potato storage. Based on this, this article will focus on the effective design of a remote intelligent monitoring system for potato storage environments under IoT conditions, aiming to better address issues like inconvenient storage environment detection and untimely environmental regulation.

Keywords: Internet of things; Potato; Remote intelligent monitoring

0 引言

马铃薯作为全球非常重要的粮食作物, 其营养丰富, 而且具备着广泛的用途, 既能够鲜食又可以进行深加工变为淀粉, 或者是进行化学应用, 2025 年我国马铃薯行业市场规模已经达到了 479.3 亿元, 同比增长为 15%, 市场的需求可以说是持续增长当中, 随着贮藏量的逐年增加, 延长马铃薯贮藏时间也意味着对于环境控制提出更加严格的要求。在传统贮藏当中, 马铃薯普遍存在着失水、长芽或者是腐烂等不同的问题, 其损失率通常达到了 15% 到 20%, 严重时甚至可能超过 40%, 这些问题的出现意味着利用现代化科学技术手段对于马铃薯贮藏环境进行改善是非常具有现实意义的, 只有不断监测以及控制贮藏环境内的温度、湿度和二氧化碳浓度才能够更好的提升马铃薯的

贮存水平。

1 远程智能监控系统的总体架构设计

对于该远程智能监控系统来说, 在进行设计的过程当中, 重点在于监测以及控制马铃薯贮藏环境的温度、湿度以及二氧化碳浓度, 整个系统在进行设计时的重点应该突出其可操作性, 整体构成部分包含用户终端设备、网络通信、受控终端等, 其具体设计架构如下图一所示。马铃薯贮藏智能监控系统的受控终端硬件设备集中部署在了贮藏室内, 选择使用模块化设计, 有效的实现环境精准调控, 其核心组件包含着非常重要的三个构成部分, 分别是下位机控制单元、环境感知模块以及执行机构。下位机控制单元作为整个系统的中枢, 主要负责的是数据的处理, 包括针对于设备控制指令的下发, 环境感知模块由基于单片机

的信息采样单元来构成, 均匀的分布在了贮藏室的各个关键位置, 确保最终所监测到的数据具备着全面性和准确性。而执行机构主要包含着加热器、风机等一系列设备, 可以依据控制指令对于环境参数进行有效调节, 而且在该系统当中还配备了 TFT Visual 彩色触控屏, 可以提供更加直观的人机交互界面操作, 能够做到实时的呈现温度、湿度包括二氧化碳浓度等一系列关键参数^[1]。

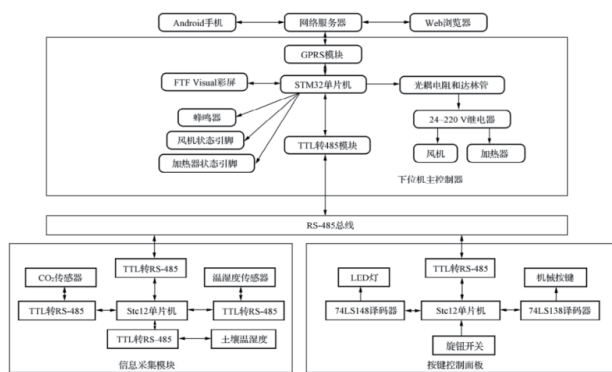


图1 系统整体架构设计

2 远程智能监控系统的硬件系统设计分析

2.1 下位机主控制设计

下位机主控制器是整个监控系统的中枢神经, 直接被部署在了马铃薯贮藏室的控制柜当中, 该控制器所承担的主要责任就是完成信息的中转, 通过多种通信接口就能够实现和各个子系统的无缝连接。在本地交互层面, 控制器和 TFT Visual 彩屏之间能够建立稳定连接, 为操作人员提供实时数据展示包括触屏操作。而在设备通信方面, 控制器选择使用的是 RS-485 总线协议和分布式的信息采集模块进行高效的信息传递, 远程控制功能则是通过 GPRS 通信模块来实现的, 使上位机也能够跨越空间限制, 针对于贮藏室内的环境设备进行精准的调控。执行机构驱动部分选择使用的则是 24V 到 220V 继电器阵列为风机、加热器等一系列关键环境调节设备提供必要的电力控制。

2.2 信息采集模块设计

信息采集模块选择应用 STC12C5A60S2 作为核心处理芯片, 该芯片本身具备着非常强大的数据处理能力以及丰富的外设接口, 对于整个通信架构设计来说, 模块可以通过 TTL 转 RS-485 接口转换技术, 打造出更加稳定可靠的双向通信链路, 模块和下位机主控制器之间则选择使用的是标准 RS-485 总线来完成数据交换, 确保即便是长距离的传输也具备着稳定性和抗干扰能力。而在传感器集成方面, 模块同样通过 TTL 转 RS-485 接口跟温度传感器和二氧化碳传感器等一系列环境监测设备建立了连接, 以此来

实现多类型环境参数的同步采集。

2.3 GPRS 设计

在整个系统当中, GPRS 是非常重要的构成部分, 只有通过 GPRS 才能够有效的实现网络服务器跟下位机之间的信息交互, 因此其属于非常重要的沟通桥梁, GPRS 能够把信息模块所收集到的关于马铃薯贮藏室内的所有环境信息传输到基于 SYM32 单片机的下位机, 同时, 客户端也能够通过 GPRS 发送数据给下位机、单片机, 这样就能够对于贮藏室内的风机包括加热器等一系列设备进行控制。

3 远程智能监控系统的软件系统设计

3.1 远程服务中心架构与功能设计

在本系统中, 远程服务中心主要负责向客户端提供各类数据服务, 同时接收与转发控制指令。该中心虽不直接执行控制功能, 但承担着数据监测、信息传递与系统管理的重要角色。作为系统中数据聚合的核心节点, 所有环境数据、相关信息和待发送指令均需经由远程服务中心进行处理与管理。因此, 该中心实质上相当于一个轻量级 Web 服务器, 由基于 Java 编写的 Web 服务器程序与 MySQL 数据库共同构成, 并通过服务器发布相关数据内容。

Web 服务器程序采用典型的三层架构, 包括浏览器层、Web 服务器层和 MySQL 数据库层。服务器选用 Tomcat, 其部署简便, 便于操作, 具备良好的扩展性, 且为开源软件, 网络上可获取多个成熟版本以供使用。数据库采用 MySQL, 该数据库灵活性高, 属于关系型数据库, 亦为开源软件。

整体系统设计追求服务器性能优越、系统资源占用少、操作简便。选用 Tomcat 的重要原因之一在于其性能强, 能有效支持系统运行。此外, 由于马铃薯贮藏室内部署了多种环境信息传感器, 采集的大量数据需经专家系统进行智能判断, 因此必须将信息采集模块获取的环境数据可靠地上传至网络服务中心。

3.2 下位机主控设计

下位机主控选择使用的是 STM32F103RCT6 单片机, 利用 C 语言进行开发, 在对于温度、湿度和二氧化碳浓度进行获取时, 系统会首先执行初始化流程, 随后向传感器发送采集指令。在接收到了传感器响应的指令之后, 对于数据进行有效性校验, 如果校验通过, 则可以对数据进行存储并标记数据, 但如果没能获得响应, 则需要多次重发指令。当连续多次尝试, 仍然没有任何响应时, 系统就将标记该传感器为不可用状态, 并且转向查询其他编号的传感器。

对于采集数据来说,如果数值已经超过 0 到 100% 的范围,则将其判定为超限无效数据,不予对其进行存储,所有有效数据均需要附加 CRC 校验码。

而在节点通信方面,系统能够通过 UART 中断机制实现通信的请求响应,芯片初始化完成之后,可以随时中断当前的任务处理通信请求,但是没有办法中断其他的中断服务程序,因为所有中断优先级默认设置是相同的等级,通信的过程当中 UART 需要一次性的完成完整数据帧传输,主控芯片选择使用的是流控机制处理接收数据,如果数据帧不能够完整的出现则会被判定为无效,并且触发重传机制。除此之外,子节点一定要在 10 秒内响应父节点的指令,以防止父节点因为超时触发冗余重传机制^[9]。

3.3 GPRS 设计

对于该系统来说,通过 GPRS 协议堆栈就能够更好的实现和 GPRS 网络之间的通信,进而完成和远程服务器之间的数据交互。该模块简化了开发过程当中的 TCP/IP 协议的解析工作,主控芯片串口接收的数据就是用户数据,不需要再进行额外的封装或者是解析。GPRS 运行流程主要包含着四个方面,一是数据读取,持续的对于 USART3 缓存区进行检测,如果没有发现数据,则会循环等待,一直到检测到数据的存在为止。二是堆栈状态判断,确认 GPRS 堆栈并没有被占用,之后可以把缓存区数据存入到 GPRS 堆栈当中。三是线程处理,等到所有的数据全部存入之后,转移到 GPRS 线程堆栈,再次完成线程检测,如果线程可以进行应用,则能够通过线程函数直接对于数据进行处理。四是循环执行,处理完后,需要重新对于串口缓存区进行读取,然后再进行下一轮操作。

3.4 系统功能实现设计

系统最终的功能实现可以从手机端、下位机以及控制面板等三个角度出发,首先是手机端,用户能够通过手机应用登录系统,然后输入预设的用户名和密码,成功登录之后系统将自动跳转到设备列表界面,该界面支持针对于多个温棚进行集中管理,用户可以随意的选择目标温棚,实时查看其对应的贮藏环境数据,比方说温度和湿度等等。其次是下位机系统,下位机是放置在马铃薯贮藏室内的,通过继电器 24V 转 220V 就能够实现针对于外部设备的有效控制^[4]。最后是最为直接的控制面板,FTF Visual 彩屏被设置在了下位机控制柜的外层面板。

3.5 系统功能测试与前景分析

为了能够更加全面的验证整个系统的相关功能,选择针对于系统进行了全面的测试,主要包含数据采集的具体

精度以及通信稳定性,包括控制响应时间等。最终测试结果表明,整个系统的温度控制误差能够控制在 0.3℃ 上下,温湿度的误差则能够控制在 2% 上下,二氧化碳浓度误差能够控制在 5% 上下,完全满足于马铃薯贮藏的具体精度要求。而且随着现代化农业技术的不断发展以及乡村振兴战略的有效推进,马铃薯贮藏产业也正在经历从传统模式的有效变革,马铃薯本身是我国非常重要的粮食作物,其贮藏质量直接关乎最后农民的收入以及粮食安全,传统的贮藏方式本身就存在着环境调控滞后以及腐损率比较高的问题,所以,远程智能监控系统的应用具备着非常强的发展前景,而且目前已经有多个地区选择对于这一系统应用。

例如,固原市作为宁夏马铃薯主产区在 2020 年时种植面积就已经达到了 6.3 万公顷,占到了全自治区马铃薯种植面积的 66.5%,总产量为 31.9 万吨,当地政府非常的重视马铃薯产业的发展。而固原市本身作为全国马铃薯种植繁育基地,其整体的贮藏设施已经完全实现了智能化,同时,海原县以及西吉县等也对于智能化监控系统进行了有效应用。除此之外,乌兰察布在对于远程智能监控系统进行应用时,更是取得了非常好的成果,从系统的安装到实现自动控温,只需要 62 小时,操作人员经过简单的培训之后,就能够对于本系统进行熟练的应用,而且在贮藏的过程当中,系统把温度维持在了 4℃ 到 6℃ 之间,这也是鲜食薯最佳的一个贮藏温度,相对湿度则控制在了 90% 左右,二氧化碳浓度低于 0.3%。在一个贮藏季结束之后,发现腐损率从传统贮藏的 12% 直接降低到了 2.8%,按照当地的马铃薯收购价格进行计算,每吨减少损失大约为 150 元,所贮藏的 500 吨马铃薯的直接经济效益达到了 7.5 万元^[9]。

4 结语

综上所述,使用智能化的远程监控系统能够显著提升马铃薯贮藏的质量和效率,通过精准的控制环境参数就可以把传统贮藏方式的腐损率降至 3% 以下。该系统基于物联网平台支持手机端远程无线监测控制,单个账户能够管理多个贮藏室,而且硬件成本非常低,性价比比较高,操作界面非常的干净整洁。工作人员使用起来也比较便捷,具备着强实时性和灵敏性,可以有效的减少因为贮藏环境不良所导致的经济损失。

参考文献:

[1] 何晓娣,吴迪,于慧.基于云平台的农业机械远程监控系统在马铃薯种植中的应用[J].河北农机,2025,(15):

17-19.

[2] 杨春旺. 庄浪县马铃薯晚疫病物联网实时监控试验[J]. 农业科技与信息, 2023,(1):40-43.

[3] 付昱. 基于嵌入式电子监控器的马铃薯收获机开发[J]. 农机化研究, 2022,44(5):83-87.

[4] 杨国威, 王福平. 基于模糊控制技术的马铃薯储藏环境智能监控系统设计[J]. 江苏农业科学, 2017,45(22): 244-247.

[5] 王冬梅, 陈林, 郑超等. 对优化中俄边境地区马铃薯甲虫疫情监控体系的思考[J]. 植物检疫, 2014,28(2):73-76.

基金项目: 榆林市科技计划项目 (CXY202001203); 榆林市科技计划项目 (CXY2022112); 陕西省教育厅专项科研计划项目 (21JK1012); 榆林学院高层次人才科研启动基金 (21GK06)。

作者简介: 安强强 (1983.10-), 男, 陕西省榆林市, 硕士, 副教授, 研究方向: 人工智能。