

# 基于鸿蒙系统和OTA技术的农业大棚测控系统

罗玉海, 王椿曦, 熊正烨

(广东海洋大学电子与信息工程学院, 广东 湛江 524088)

**摘 要:** 针对目前农业大棚物联网终端软件升级灵活性低、维护成本较高, 棚内环境监测智能化程度低等问题, 设计了一种基于鸿蒙系统和OTA技术(Over-The-Air technology, 空中下载技术)的农业大棚测控系统。在OTA固件升级过程中加入签名、验签流程, 确保OTA文件的合法性和完整性, 提高系统的安全性。采用Hi3861 WLAN模组搭载鸿蒙系统, 结合环境参数传感器模块、OLED显示模块实现对空气温湿度、光照强度、二氧化碳浓度等环境参数的实时采集和显示。使用WiFi通信结合MQTT(Message Queuing Telemetry Transport, 消息队列遥测传输)协议将基于Django开发的Web设备管理系统和基于鸿蒙系统的终端设备相结合, 通过浏览器登录Web设备管理系统, 可实现系统的远程控制, 如查看环境数据、开/关照明设备或通风机等, 可实现对终端设备进行OTA固件升级。测试结果表明, 该系统能够有效地完成空气温度、空气湿度、光照强度、二氧化碳浓度等环境数据的实时监测, 能够通过Web设备对终端环境进行远程监测和控制, 对终端设备进行OTA固件升级。

**关键词:** 鸿蒙系统; OTA技术; 农业大棚; MQTT协议

**中图分类号:** TP368 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-2154(2023)06-0031-07

## 0 引言

农作物生长需要适宜的环境, 而且不同作物适宜的生长条件会有所不同<sup>[1]</sup>, 在农业温室中部署物联网设备对环境参数进行实时监控是解决问题的一个重要途径<sup>[2]</sup>。有学者从系统的实时性、灵活性、智能化、成本等方面对温室环境监测系统进行了研究<sup>[3-5]</sup>, 这些研究在一定程度上促进了智慧温室大棚技术的发展, 但未涉及测控终端固件或软件的OTA远程升级。农业物联网方案部署时, 物联网设备需要运行自定义的系统软件, 实现数据的收集或执行操作。然而, 随着需求的变化, 该系统软件可能还需要更新和改进, 包括软件缺陷修复、新功能添加以及系统安全增强等<sup>[6-7]</sup>。OTA固件更新功能可为物联网设备提供多种便捷, 如可远程修补系统缺陷或安全漏洞, 无需技术服务人员或用户亲临设备现场执行更新, 从而降低设备维护成本等。

本研究基于鸿蒙系统, 设计一种支持OTA固件升级的农业大棚测控系统, 实现终端设备的远程监测和控制, 提供支持OTA固件升级的网络方法, 使系统可通过网络远程更新终端系统固件。

## 1 系统总体结构设计

基于鸿蒙系统的农业大棚测控系统使用MQTT作为传输协议, 系统逻辑分为3层, 自下而上分别为感知层、网络层和应用层。感知层负责采集大棚环境参数, 如测量空气温湿度、光照强度、二氧化碳浓度等环境信息数据, 然后通过网络层WiFi无线网络传输到应用层MQTT服务器, 再由MQTT服务器转发信息给Web设备管理系统。Web设备管理系统提供Web服务, 用户可以通过浏览器与农业大棚内的终端设备进行交互。系统层次结构如图1所示。

收稿日期: 2023-05-22

基金项目: 湛江市科技计划项目(2022A05022); 广东省研究生示范课程建设项目(2021SFKC050)

作者简介: 罗玉海(1987—), 男, 硕士研究生, 主要从事物联网技术及其应用方面的研究。E-mail: holden1912@126.com

通讯作者: 熊正烨(1972—), 男, 博士, 教授, 研究生导师, 主要从事发光材料与器件及其应用方面的研究。

E-mail: xiongzhenye@139.com

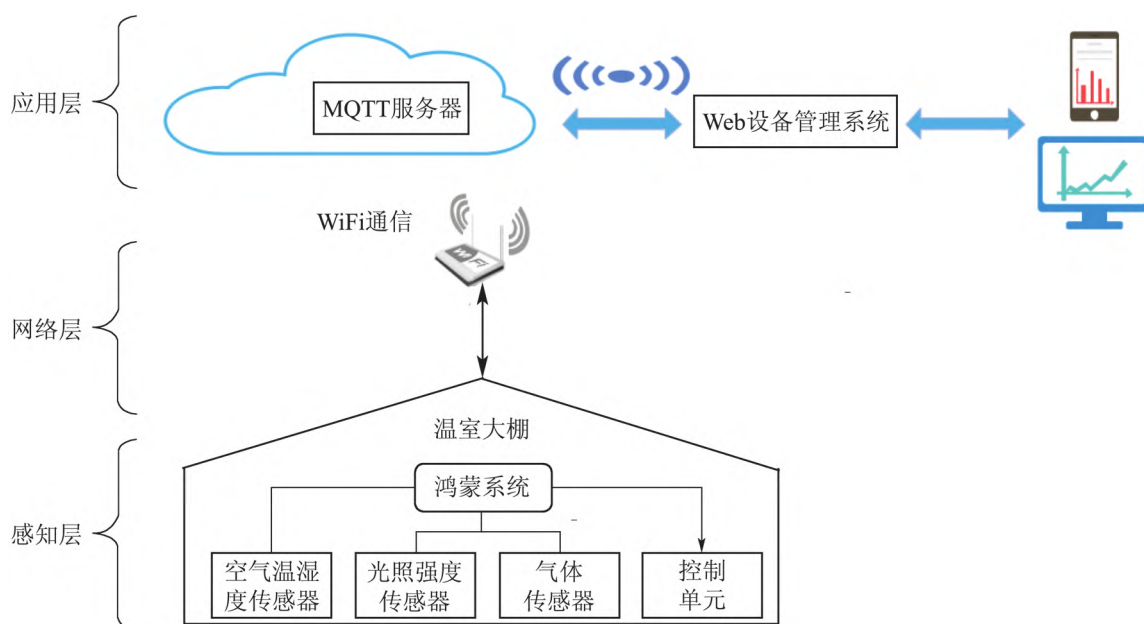


图1 系统层次结构

## 2 系统硬件设计

### 2.1 硬件结构

系统以 Hi3861 作为主控制器，连接相关外围功能模块。主要模块包括空气温湿度测量模块、光强度测量模块、二氧化碳测量模块、OLED 显示模块、LED 灯和直流电机等。系统硬件结构如图 2 所示。

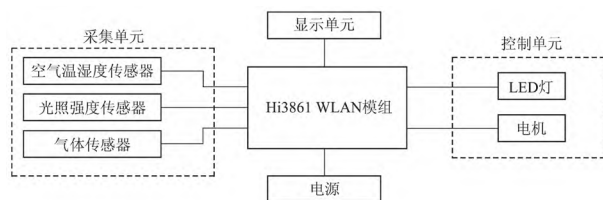


图2 系统硬件结构

由于用户无需与采集终端设备的程序界面直接进行交互，终端设备的程序界面仅用于显示采集的数据信息，因此，可采用 OLED 显示器作为系统的显示单元。在本设计中，通过远程控制设备的通用输入输出端口（General-purpose input/output，简称 GPIO）输出高低电平对 LED 灯进行亮 / 灭控制，远程控制设备脉宽调制输出来控制风扇电机转动。在实际应用中，可将设备与继电器连接，通过远程控制设备的输出控制继电器，进而控制农业大棚的灯

光设施、通风设施等。

### 2.2 主控板

本设计采用的主控板为基于海思 Hi3861 芯片的 WLAN 模组的核心板，Hi3861 芯片内置 SPI、UART、I2C、GPIO、PWM 和 ADC 等多种外设接口<sup>[8]</sup>，同时内置 SRAM 和 Flash，可独立运行，并支持在 Flash 上运行程序。由于 Hi3861 芯片同时支持 WiFi 功能和常用的外设接口，使用该芯片可低成本，简单、快速地实现网络连接和设备控制功能，因此特别适用于智慧农业等物联网智能终端领域。Hi3861 主控板如图 3 所示。

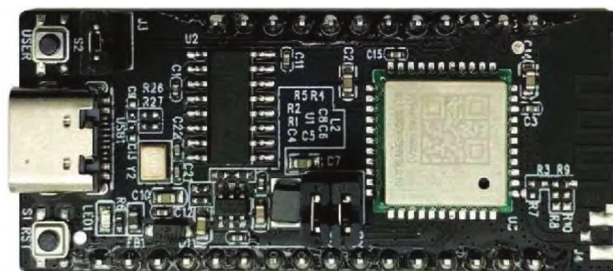


图3 Hi3861 主控板

### 2.3 采集单元

感知能力是测控系统最为基本的能力。通过部署各类传感器作为系统的采集单元，感知大棚环境的各种参数，实现对大棚环境的监测。本设计采用

如下传感器模块：

1) DHT20 温湿度传感器模块，其工作电压为 2.2 ~ 5.5 V，温度测量范围为 -40 ~ 80 ℃，湿度测量范围为 0 ~ 100 %RH，该模块具有低功耗、稳定性高、响应迅速、抗干扰能力强等特点，通过 IIC 与主控制器连接，实现空气温湿度的采集。

2) BH1750FVI 光强度传感器模块，其工作电压为 3 ~ 5 V，光强度测量范围为 1 ~ 65 535 lx，该模块可测量较大范围的光强度变化，非常适合应用于农业大棚每日光照变化幅度较大的场景；支持 IIC 接口，能直接输出相对应的光照强度的数值，可满足农业大棚测控系统的开发需求。

3) SGP30 气体传感器模块，该模块支持 IIC 接

口，主要用于对空气质量进行检测，可测量甲醛和二氧化碳浓度。

### 3 软件系统设计

#### 3.1 设备端程序设计

该研究采用 Hi3861 硬件搭载基于 OpenHarmony 3.0 源码的鸿蒙系统<sup>[9]</sup>，在该系统中植入设备开发者自定义的程序。设备上电后，先进行鸿蒙系统的初始化，然后进入自定义的程序，包括主程序和传感器采集子程序。主程序用于建立网络连接，上报传感器测量数据和处理远程控制命令；传感器采集子程序用于读取和更新传感器数据。主程序流程如图 4 所示。

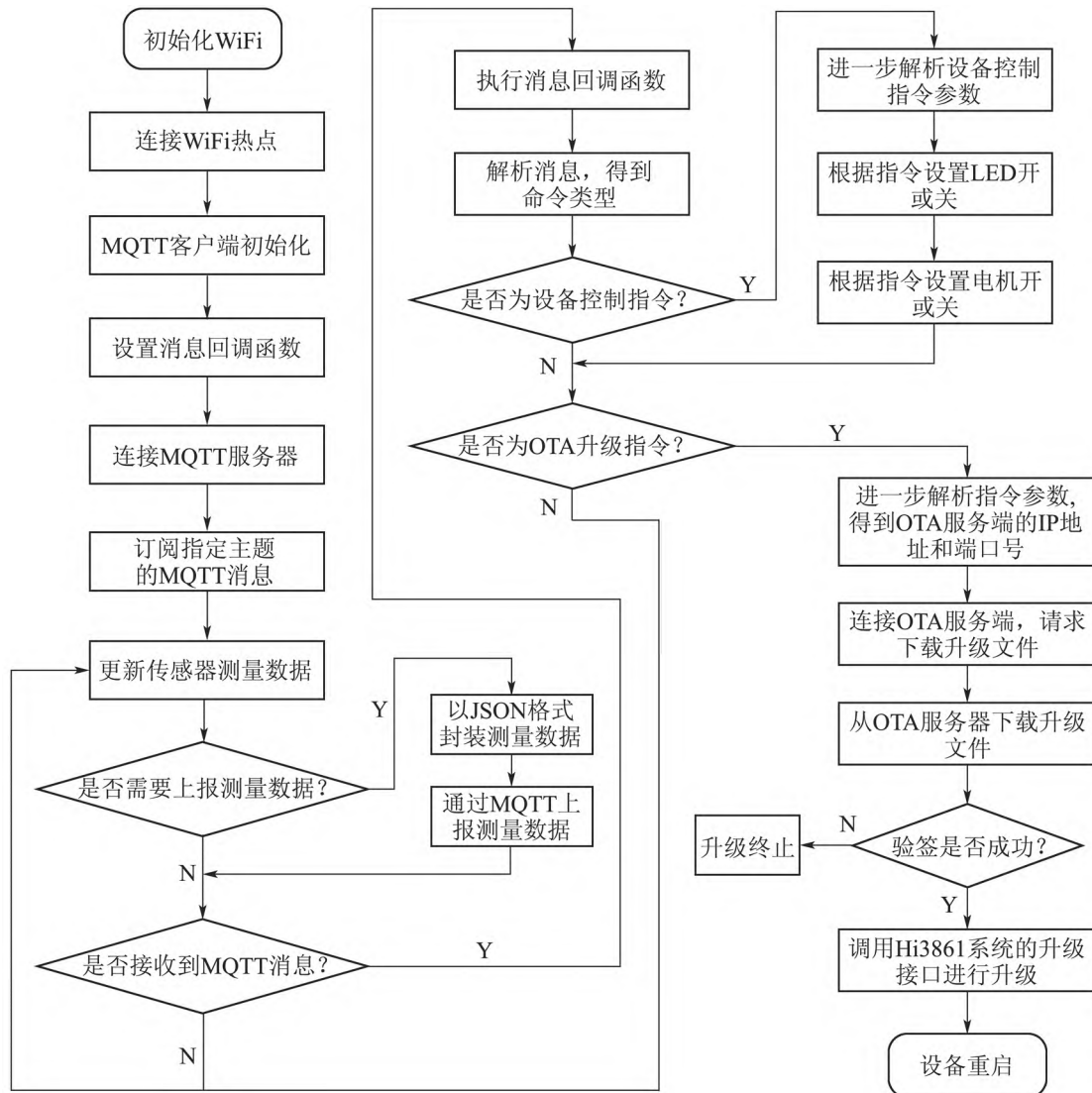


图4 主程序流程

初始化 WiFi 并建立网络连接后初始化 MQTT 客户端, 设置消息回调函数地址, 根据 MQTT 服务器的 IP 地址及端口号与之建立连接, 订阅指定主题的 MQTT 消息; 之后定期更新传感器数据并判断是否需要上传, 若需要上传则以 JSON (JavaScript Object Notation, JavaScript 对象表示法) 格式封装传感器数据并通过 MQTT 上报信息; 若接收到来自 MQTT 服务器的消息, 系统会执行消息回调函数。在处理 MQTT 消息时, 先解析消息的内容得到远程指令类型, 然后根据指令类型执行相关的操作。若指令类型为设备控制指令, 则进一步解析设备控制的指令参数, 根据参数控制 LED 或电机的状态。若指令类型为 OTA 升级指令, 则进一步解析指令参数得到 OTA 服务端的 IP 地址和端口号, 然后根据 IP 地址和端口号连接 OTA 服务端, 请求并下载升级文件并对其进行签名验证, 验证通过后调用 Hi3861 系统的升级接口进行升级。

传感器采集子程序流程如图 5 所示。首先对各传感器模块及 OLED 显示模块进行初始化, 然后定期读取各传感器数据并更新 OLED 的显示内容。

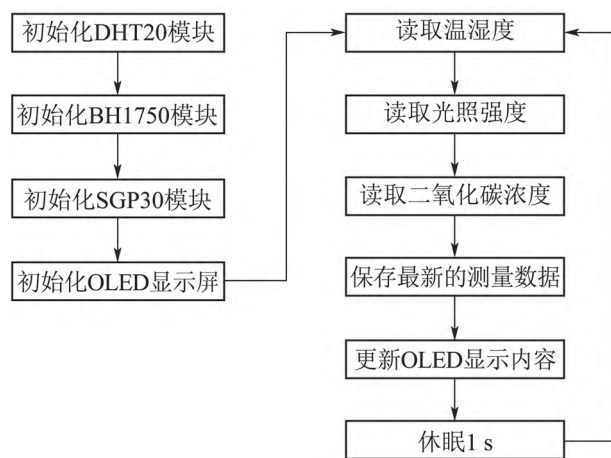


图 5 传感器采集子程序流程

### 3.2 OTA文件签名及验签方案设计

为确保 OTA 文件的合法性, 本设计自定义一种基于 RSA 算法<sup>[10-11]</sup>的文件签名及验签方法, 对 OTA 文件进行签名及验证, 以保证 OTA 文件数据的完整性和安全性。该文件签名及验签方法具有普适性, 可用于其它文件的签名。

自定义的文件签名格式为:

1) 签名文件 = 原始文件 + 签名信息;

2) 签名信息 = 签名头信息 (44 字节) + 签名数据 (256 字节);

3) 签名头信息 = 魔术字 (4 字节) + 密钥指纹 (16 字节) + 签名时间 (7 字节) + 预留 (17 字节)。

其中, 魔术字定义为 0x3C4D5E6F 作为签名标志, 可用于快速判断文件是否含有签名; 密钥指纹为基于公钥数据的 MD5<sup>[12]</sup> 值; 签名时间为该文件的签名时间; 预留字段为以后扩展备用。

文件的签名原理: 对原始文件进行 SHA-256 运算得到哈希值; 使用 PKCS#1(v1.5) 标准<sup>[13]</sup>将哈希值填充为 256 字节的数据块; 使用 RSA 私钥对填充后的数据块进行 RSA 加密运算, 得到 256 字节的签名数据; 按自定义的签名格式生成签名信息, 并将签名信息追加到原始文件的尾部, 得到最后的签名文件。OTA 文件的签名流程如图 6 所示。

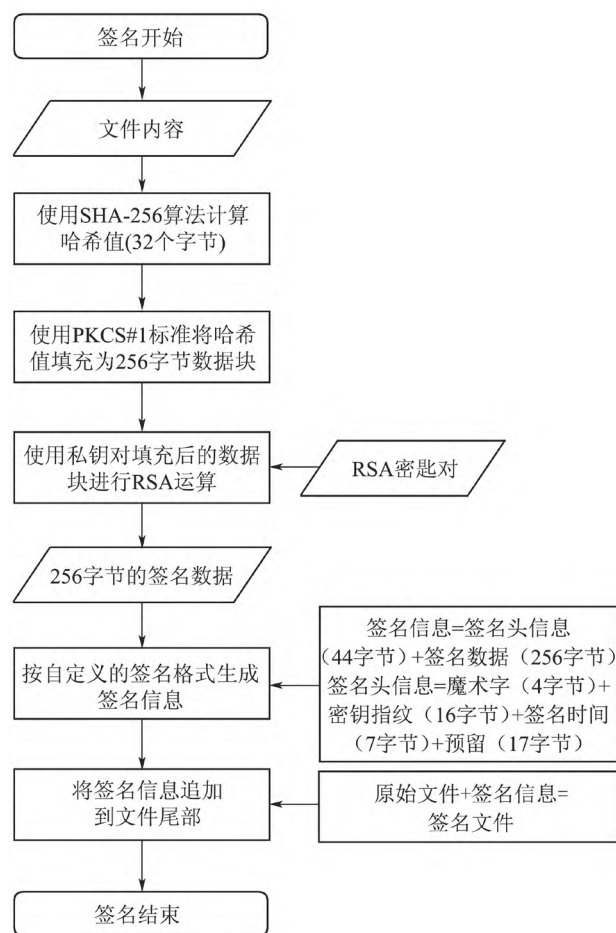


图 6 OTA 文件的签名流程

文件的验签原理: 从文件尾部读取签名信息, 判断是否有签名标志, 若无签名标志则验签失败, 若

有签名标志则继续验签流程；取出 256 字节的密文签名数据，并使用 RSA 公钥进行 RSA 解密运算，若解密失败则验签失败，若解密成功则继续验签流程；从解密后的明文数据中取出 32 字节的哈希值 HASH1；

使用与签名流程相同的方法对除去签名信息的文件内容进行 SHA-256 运算得到哈希值 HASH2；对比 HASH1 与 HASH2，若不同则验签失败，若相同则验签成功。OTA 文件的验签流程如图 7 所示。

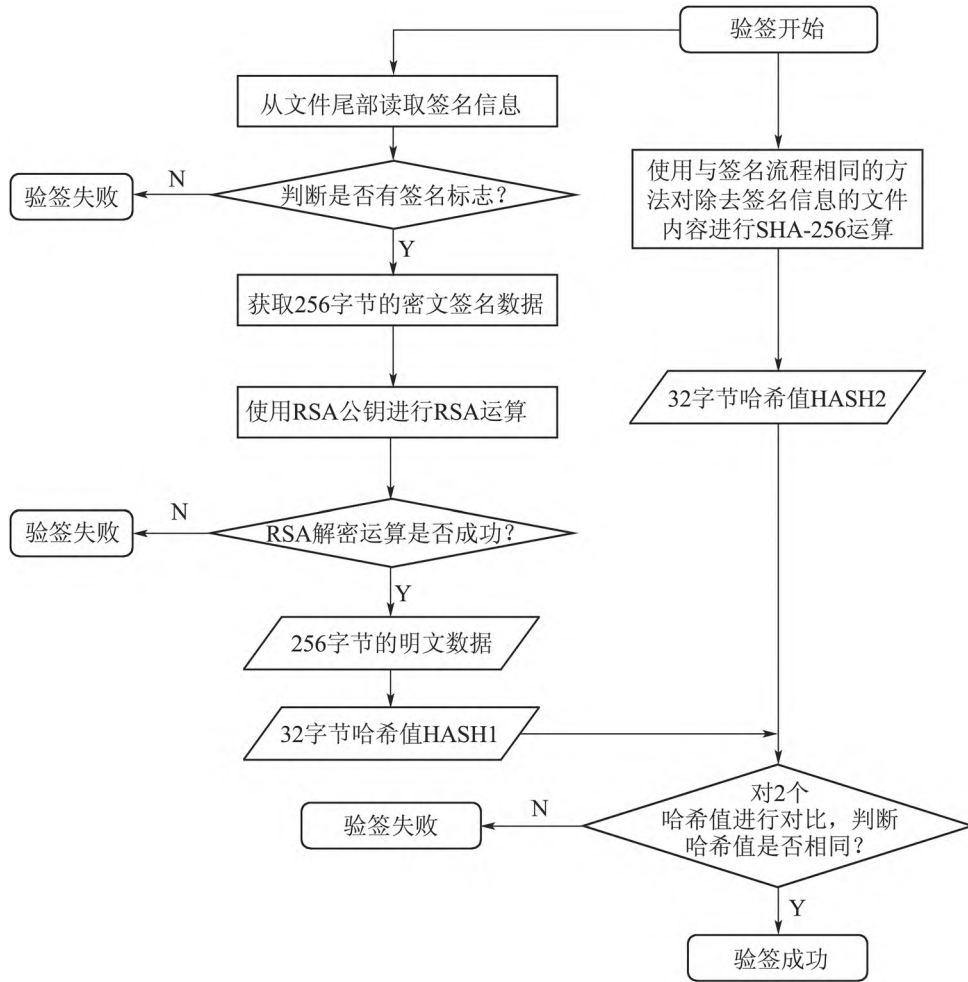


图 7 OTA 文件的验签流程

### 3.3 OTA固件升级功能的实现方法

该研究设计的 OTA 固件升级功能由设备端与 OTA 服务端协同完成，其中 OTA 服务端程序内嵌于基于 Django<sup>[14]</sup> 开发的 Web 设备管理系统，用户可通过浏览器登录该系统，查看大棚气象环境数据，可对大棚设施进行相应的控制，也可对终端设备进行 OTA 固件升级。采用客户端/服务器（C/S）架构，设备端作为客户端，OTA 服务端作为服务器端，通过 socket 实现 2 个进程间的通信，从而实现信息传递与数据交互。OTA 固件升级流程如图 8 所示。用

户通过 Web 浏览器进入 Web 设备管理系统的 OTA 升级页面，输入 OTA 服务器端的 IP 地址和端口号，然后选择要升级的 OTA 文件版本，再通过 HTTP 发起升级请求。Web 设备管理系统解析 HTTP 请求的参数，然后以 JSON 数据格式封装升级参数，再通过 MQTT 向设备发送 OTA 升级请求。设备端接收到升级请求后解析消息得到 OTA 服务端的 IP 地址和端口号，并与 OTA 服务端建立 socket 连接，然后向 OTA 服务端请求下载升级文件。OTA 服务端接收到 socket 请求后，根据请求参数选择相应版本的 OTA

文件,然后读取 OTA 文件数据并发送给设备端。设备端下载升级文件完成后对文件进行签名验证,验

证通过后调用系统的升级接口进行升级,最后重启设备完成升级。

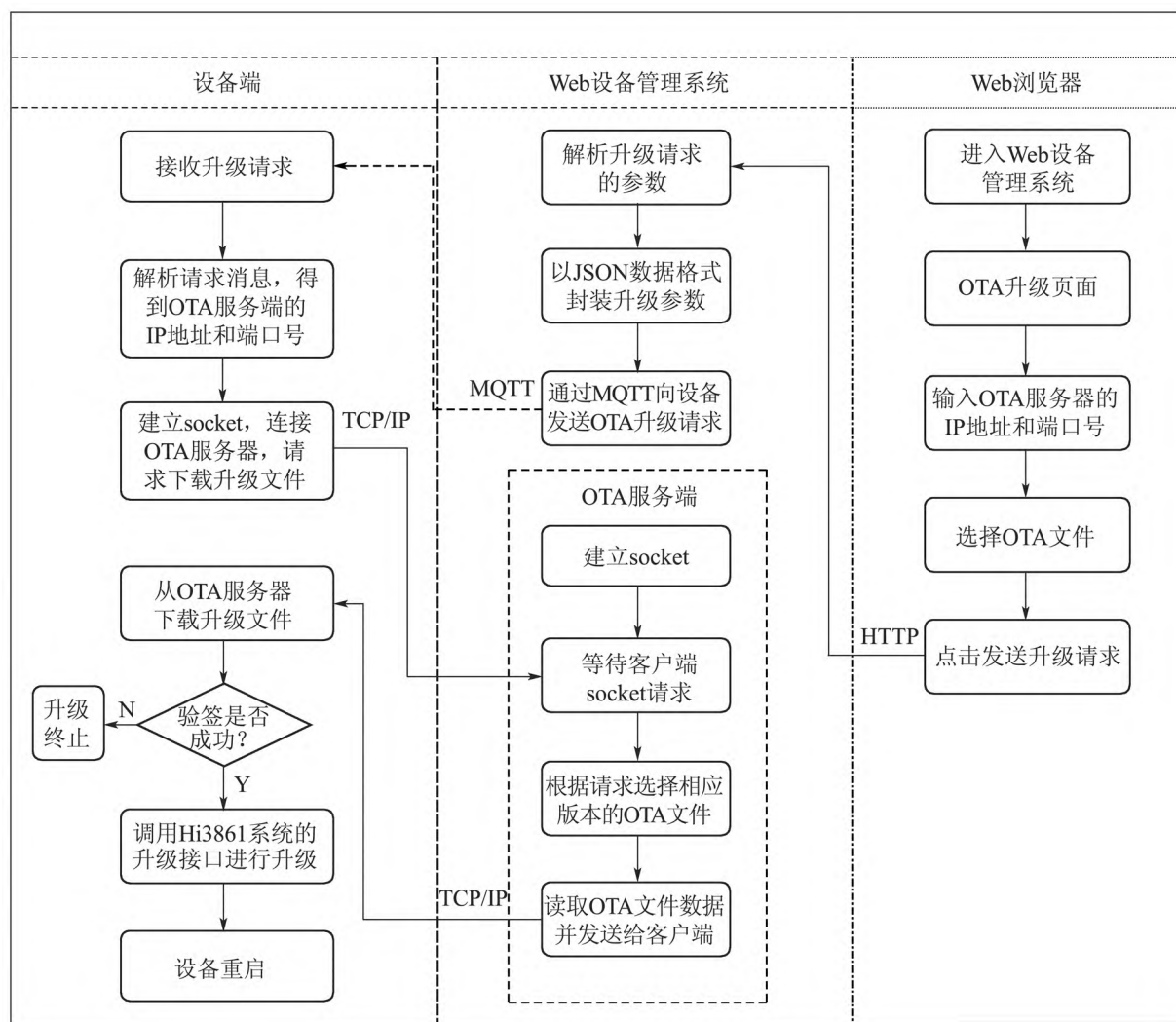


图8 OTA 固件升级流程

## 4 系统测试

### 4.1 数据监测测试

基于 MQTT 协议的开源消息代理 Mosquitto<sup>[15]</sup>搭建 MQTT 服务器对系统进行测试。通过浏览器登录 Web 设备管理系统,进入系统首页,首页的内容主要分为 2 部分,一部分为用图表显示湿度和温度的实时数据(横轴为时间,纵轴为温湿度),另一部分为用文本显示设备固件版本号和环境数据(包括温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度)。为验证数据监测的有效性,对设备进行了对比试验。将设备置于光线偏暗的环境下,在设备传感器附近放置蜡烛,如图 9 所示。对比点燃蜡烛前

后的 Web 页面数据,从图 10 和图 11 可看出,当点燃蜡烛时,环境数据出现明显的变化,具体表现为温度升高,湿度降低,光照变强,二氧化碳浓度变高。这些环境数据的变化符合预期,说明数据的监测实时有效。

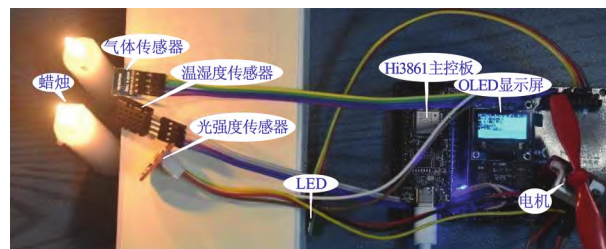


图9 系统实物测试环境

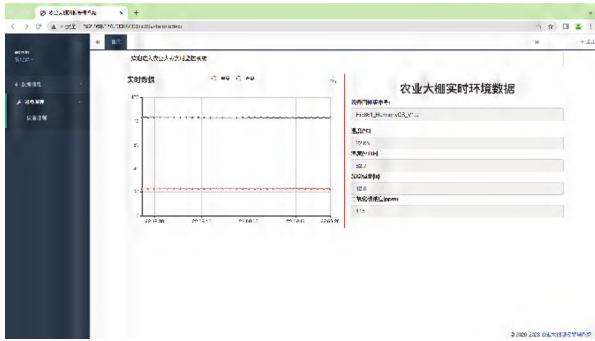


图 10 点燃蜡烛前的 Web 页面数据

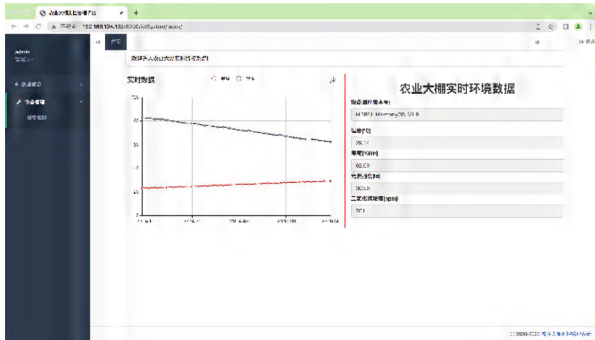


图 11 点燃蜡烛后的 Web 页面数据

## 4.2 设备控制

Web 设备管理系统的设备管理页面分为“设备控制”和“OTA 升级”2 部分，如图 12 所示。通过“设备控制”一栏中的“LED 开关”和“风扇开关”可远程控制终端设备的 LED 和电机。通过“OTA 升级”一栏，可对终端设置进行 OTA 固件升级。在界面中分别输入 OTA 服务器端的 IP 地址和端口号，然后选择要升级的 OTA 文件版本，最后点击“升级”按钮下发升级指令。升级完成后，返回系统首页可以查看到设备升级后的固件版本号和预期一致，OTA 固件升级功能正常。

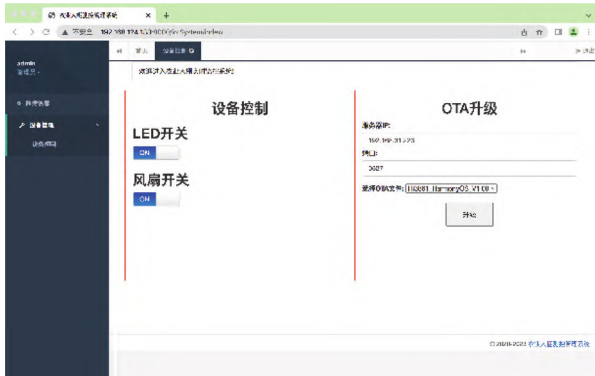


图 12 设备管理页面

## 5 结语

基于鸿蒙系统和 OTA 技术研究的农业大棚测控系统可以实现对农业大棚的远程监测和调控，并能够对农业大棚的终端设备进行 OTA 固件升级，在一定程度上提升了系统维护的灵活性、降低了物联网设备的维护成本，提高了农业大棚的智能化程度。经过测试验证，该系统能够有效地完成对农业大棚空气温度、空气湿度、光照强度、二氧化碳浓度等大棚环境数据的实时监测，用户可以通过 Web 设备管理系统观察大棚环境数据并对大棚设施进行相应的控制。该研究选用的是国产自主研发的鸿蒙操作系统，在当今我国面临很多技术被“卡脖子”的情况下，对基于国产操作系统的应用研究及推广有一定的意义。

## 参考文献

- [1] 魏守辉, 肖雪梅, 钟源, 等. 日光温室不同时段补光对番茄果实品质及挥发性物质影响 [J]. 农业工程学报, 2020, 36 (8): 196-204.
- [2] 赵荣阳, 王斌, 姜重然, 等. 基于物联网的农业大棚生产环境监控系统设计 [J]. 农机化研究, 2021, 43 (11): 131-137.
- [3] 汪言康, 周建平, 许燕, 等. 基于物联网的温室大棚智能监控系统研究 [J]. 机床与液压, 2019, 47 (17): 103-107, 70.
- [4] 姚引娣, 王磊, 花静云, 等. 基于 B/S 架构的 LoRa 远程温室监测系统 [J]. 传感器与微系统, 2021, 40 (1): 78-80, 84.
- [5] 梁志勋, 施运应, 覃有燎, 等. 基于 MQTT 协议的智慧农业大棚测控系统研究 [J]. 北方园艺, 2020 (23): 161-171.
- [6] MAHFOUDHI F, SULTANIA A K, FAMAHEY J. Over-the-air firmware updates for constrained nb-iot devices [J]. Sensors, 2022, 22(19): 2169.
- [7] RADOVICI A, CULIC I, ROSNER D, et al. A model for the remote deployment, update, and safe recovery for commercial sensor-based IoT systems [J]. Sensors, 2020, 20(16): 4393.
- [8] 沈周锋, 郑慧珍. 基于鸿蒙系统的农业监测器的研究 [J]. 九江学院学报 (自然科学版), 2022, 37 (1): 59-62.
- [9] 郭德财, 彭石林. 基于海思芯片与鸿蒙操作系统的智慧灌溉系统设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2022, 22 (3): 11-15.
- [10] 汤隆. 利用 RSA 密码数字签名实现网络安全的应用系统设计 [J]. 电脑知识与技术, 2018, 14 (22): 29-31.

(下转第75页)

## Analysis on Drying Characteristics of Southern Rice and Advantages of Heat Pump Technology Application

Chen Yulong<sup>1,2</sup>, Gong Li<sup>1,2</sup>, Long Chengshu<sup>1,2</sup>, Chen Ming<sup>1,2</sup>, Liu Jun<sup>1,2</sup>

(1.Guangdong Institute of Modern Agricultural Equipment,Guangzhou 510630,China;2.Key Laboratory of Modern Agricultural Intelligent Equipment in South China,Ministry of Agriculture and Rural Affairs,P.R.China,Guangzhou 510630,China )

**Abstract:** By analyzing the drying characteristics of southern rice, the characteristics and application status of traditional fuel grain dryers. It is pointed out that traditional grain dryers are difficult to meet the common problems of southern rice drying, and the application advantages of heat pump drying (HPD) technology in high temperature and humidity conditions are elaborated. Production experiments were conducted using the self-developed 5HRD-30 rice heat pump dryer. When the drying temperature is set at 55~60 °C, it takes 18.56 hours to dry the moisture content of rice from 29.28% to 14%, which is 24.2% shorter than the traditional grain dryer (set at a drying temperature above 70 °C) with a drying time of 24.5 hours. The average drying rate of HPD is 0.835 %/h, and the energy consumption per ton of wet grain drying is 59.87 kW·h. The increase in rice bursting rate is 0.66%, achieving low energy consumption, high-quality, and efficient drying of southern rice.

**Keywords:** southern rice; heat pump; dryer; energy consumption

(上接第37页)

- [ 11 ] 张键红, 肖晗, 王继林. 高效的基于身份 RSA 多重数字签名 [J]. 小型微型计算机系统, 2018, 39 ( 9 ) : 1978-1981.
- [ 12 ] 李可, 石兆军, 周晓俊, 等. 基于 MD5 加密的身份认证系统研究 [J]. 网络安全技术与应用, 2022 ( 7 ) : 21-23.
- [ 13 ] 樊志英. 关于加密数据的填充方式的研究 [J]. 现代电子技术, 2014, 37 ( 22 ) : 20-23.
- [ 14 ] 汪洋, 姜新通. MVC 框架在 Python 与 Django 下的设计研究 [J]. 电脑与信息技术, 2021, 29 ( 1 ) : 55-57, 63.
- [ 15 ] 陈相余. 云平台下消息推送系统的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2021.

## Measurement and Control System of Agricultural Greenhouse based on Harmony OS and OTA Technology

Luo Yuhai, Wang Chunxi, Xiong Zhengye

(College of Electronics and Information Engineering, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of low flexibility and high maintenance cost for the upgrade and maintenance of the Internet of Things terminal software in agricultural greenhouses, and low intellectualization of environmental monitoring in the greenhouses, an agricultural greenhouses measurement and control system based on Harmony OS and OTA technology (Over-The-Air technology) was researched and designed. To ensure the validity and integrity of the OTA file and improve the security of the system, the signature and verification processes are added during the OTA firmware upgrade process. In this study, the Hi3861 WLAN module equipped with Harmony OS, combined with the environmental parameter sensor module and the OLED display module, realizes the real-time acquisition and display of environmental parameters such as air temperature and humidity, light intensity, and carbon dioxide concentration. Using WiFi communication combined with MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protocol, the Web device management system based on Django and the terminal device based on Harmony OS were combined. The greenhouse environment data can be viewed, the greenhouse facilities can be controlled accordingly, and the OTA firmware upgrade of the terminal equipment can be carried out. The test results show that the system can effectively complete the real-time monitoring of the agricultural greenhouse air temperature, air humidity, light intensity, carbon dioxide concentration, and other environmental data, and can remotely monitor and control the agricultural greenhouse through the Web equipment management system, and can perform OTA firmware upgrade of the terminal equipment.

**Key words:** Harmony OS; OTA technology; agricultural greenhouse; MQTT protocol