

XÂY DỰNG HỆ THỐNG TRỒNG RAU HỮU CƠ TỰ ĐỘNG CHẠY BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

DESIGN AUTOMATIC VEGETABLE GROWING SYSTEM RUNNING SOLAR ENERGY

Mai Thành Khang^{1,*}, Nguyễn Trọng Thắng¹, Nguyễn Khánh Toàn¹, Nguyễn Đức Sĩ¹, Phùng Văn Sơn¹, Phạm Văn Nam¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.057>

TÓM TẮT

Mỗi gia đình có khả năng tự sản xuất rau theo quy trình khép kín tại nhà, mang lại nhiều lợi ích cho gia đình và xã hội: Chủ động nguồn rau sạch, tự cung cấp, giúp bảo vệ sức khỏe của gia đình; giảm lượng rác thải sinh hoạt tốt môi trường và xã hội. Trung bình mỗi hộ gia đình thải ra từ 1 - 2kg rác hữu cơ, một tháng một hộ thải khoảng 45kg rác thải ra ngoài môi trường. Bài báo trình bày về việc ứng dụng công nghệ IoT (Internet of Things - Internet vạn vật) để xây dựng hệ thống sản xuất rau hữu cơ khép kín, áp dụng cho các hộ gia đình, hệ thống này gồm có khâu xử lý rác thải sinh hoạt hữu cơ thành phân bón cung cấp cho vườn rau, một bộ điều khiển trung tâm có chức năng điều khiển tự động hệ thống tưới tiêu và bón phân tự động. Người dùng có thể sử dụng App trên điện thoại để điều khiển và theo dõi các thông số của vườn rau. Toàn bộ hệ thống chạy bằng nguồn pin năng lượng mặt trời lắp trên mái nhà.

Từ khóa: Công nghệ IoT; vi điều khiển; nông nghiệp thông minh; năng lượng mặt trời.

ABSTRACT

Each family has the ability to self-produce vegetables according to a closed process at home, bringing many benefits to the family and society: Actively source of clean vegetables, self-sufficient, helping to protect the health of the family; reduce the amount of household waste, good for the environment and society. On average, each household generates 1 - 2kg of organic waste, a month a household discharges about 45kg of waste into the environment. The article presents the application of IoT (Internet of Things) technology to build a closed organic vegetable production system, applicable to households, this system includes waste treatment stage. Organic household waste is converted into fertilizer to provide vegetable gardens, a central controller with automatic control of irrigation and automatic fertilization systems. Users can use the App on the phone to control and monitor the parameters of the vegetable garden. The entire system runs on solar panels installed on the roof.

Keywords: Internet of Things (IoT); microcontroller; smart farm; solar-energy.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: maithanhkhang99@gmail.com

Ngày nhận bài: 23/10/2022

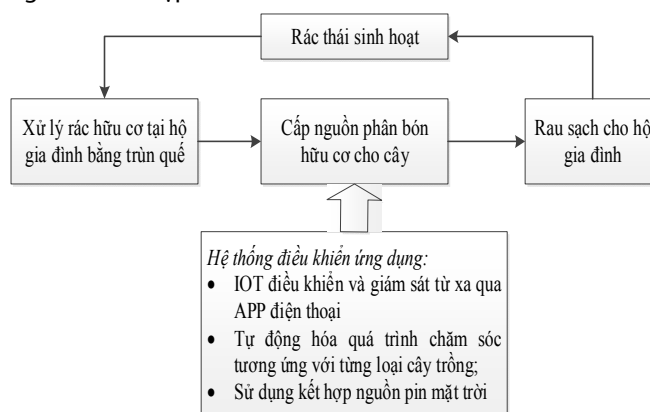
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 04/02/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/3/2023

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Mỗi gia đình có khả năng tự sản xuất rau theo quy trình khép kín tại nhà, mang lại nhiều lợi ích cho gia đình và xã hội như:

- Chủ động nguồn rau sạch, tự cung cấp, giúp bảo vệ sức khỏe của gia đình;
- Giảm lượng rác thải, tốt môi trường và xã hội: Trung bình mỗi hộ gia đình thải ra từ 1 - 2kg rác hữu cơ, một tháng một hộ thải khoảng 45kg rác. Như vậy, cứ 10 hộ tham gia mô hình có thể giảm thiểu được 450kg rác thải hữu cơ ra ngoài môi trường.
- Có nguồn trùn quế làm thức ăn cho gia súc, tăng nguồn thu nhập.



Hình 1. Mô hình chung ý tưởng xây dựng mô hình trồng rau tự động

Mục tiêu chính của bài báo là: Thiết kế, xây dựng bộ điều khiển trung tâm Gateway, điều khiển và thu thập (độ ẩm, bộ điều khiển tưới tiêu, đèn chiếu sáng...). Thiết bị được giám sát và điều khiển trên App của điện thoại, hoặc giao diện trên máy tính. Bài báo sẽ nghiên cứu sử dụng mạng không dây và vi điều khiển ARM để thiết kế mạch cho bộ điều khiển trung tâm Gateway,... cụ thể gồm các phần sau:

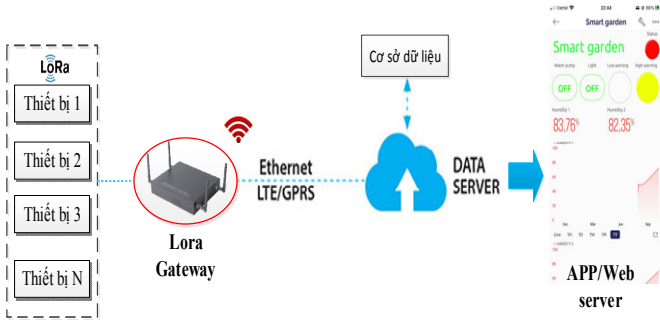
- Thiết kế mạch điều khiển cho Gateway và các bộ thu thập dữ liệu không dây;
- Thiết kế App và phần mềm điều khiển trên máy tính;
- Các kết quả nghiên cứu.

2. XÂY DỰNG THIẾT KẾ HỆ THỐNG

2.1. Tổng quan về hệ thống

Hệ thống điều khiển ứng dụng công nghệ IoT (Internet of Things), hệ thống bao gồm nhiều thiết bị thông minh có khả năng kết nối với nhau và kết nối với mạng internet để

thực hiện nhiệm vụ thu thập, truyền tải dữ liệu cho nhau. Các thiết bị thành viên trong mạng IoT có thể ghép nối có dây hoặc không dây với nhau. Bài báo sử dụng công nghệ truyền thông LoRa để xây dựng hệ thu thập dữ liệu, với khoảng cách truyền/nhận dữ liệu xa do đó các thiết bị trong cả toà nhà sẽ có thể giao tiếp với nhau thông qua công nghệ LoRa này, mô hình hệ thống điều khiển thể hiện trong hình 2.

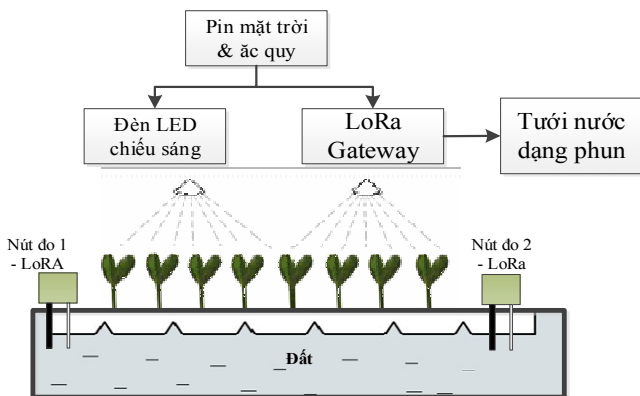


Hình 2. Cấu trúc tổng quan của hệ thống điều khiển

Hệ thống bao gồm các thiết bị sau:

- Các bộ thu thập dữ liệu không dây: Đo nhiệt độ ẩm của đất, nhiệt độ không khí, ánh sáng...
- Bộ điều khiển cho LoRa Gateway: Kết nối với các bộ thu thập dữ liệu, kết nối với bộ cơ sở dữ liệu. Dữ liệu thu thập được lưu trữ và truyền tải lên server trung tâm phục vụ việc giám sát và quản lý từ xa thông qua phần mềm được cài đặt trên điện thoại. Hệ thống thiết bị gồm các nút cảm biến, nút điều khiển cơ cấu chấp hành.
- Hệ thống cơ cấu chấp hành: Bao gồm các van điện từ, bơm nước đây là các thiết bị điện nhận tín hiệu điều khiển và thực thi các nhiệm vụ từ trung tâm điều khiển.
- Phần mềm xử lý dữ liệu: Ở đây các dữ liệu thu được về đối tượng điều khiển được phân tích, quản lý, lưu trữ phục vụ điều khiển các cơ cấu chấp hành để đảm bảo cây có được môi trường, sinh trưởng và phát triển tốt nhất.
- Người sử dụng có thể theo dõi và điều khiển từ xa qua APP trên điện thoại.

2.2. Xây dựng mô hình trồng rau tự động



Hình 3. Mô hình hệ thống trồng rau thông minh

Hệ thống điều khiển tưới nước, gồm các thiết bị: đầu tưới nhỏ giọt hoặc đầu tưới phun mưa, bộ châm phân, bộ

điều khiển tưới... hệ thống giúp tưới nước một cách tiết kiệm, hiệu quả.

Dữ liệu thu thập được phải tạo thành database ở quy mô lớn, để dần tự động hóa được cả quá trình (tức là: loại bỏ dần "kinh nghiệm" của con người, chủ động nhận biết vấn đề và đề xuất cách giải quyết). Đó chính là trí tuệ nhân tạo, thay con người đưa ra quyết định.

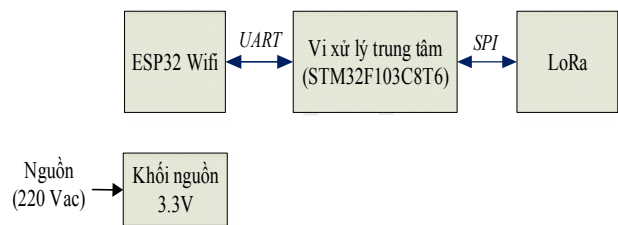
Hệ thống theo dõi, giám sát và điều khiển: Các thiết bị giám sát thông minh như điện thoại, máy tính,... được kết nối với mạng cảm biến để theo dõi được liên tục các chỉ số trong hệ thống và từ đó liên kết với trung tâm điều khiển để đưa ra các lệnh điều khiển từ xa các thiết bị chấp hành.

3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

3.1. Thiết kế mạch điều khiển LoRa Gateway

a) Sơ đồ khối của thiết bị

Dựa theo các yêu cầu công nghệ, chức năng và mục tiêu đặt ra ở phần trên, báo cáo đã xây dựng sơ đồ khối của mạch điều khiển LoRa Gateway như hình 4.



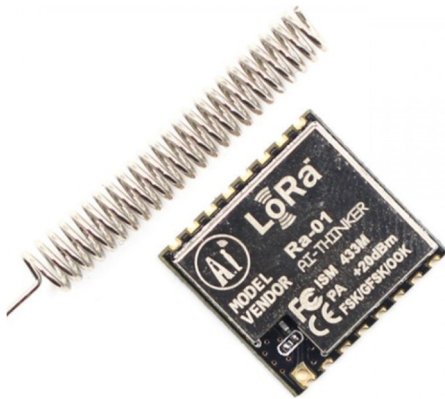
Hình 4. Sơ đồ khối của thiết bị

Giới thiệu một số tính năng của thiết bị: LoRa Gateway được thiết kế trong hệ thống này có chức năng kết nối mạng không dây LoRa với mạng IP qua WiFi, Ethernet, hoặc mạng có dây RS485. Chuẩn chuyển thông không dây LoRa cho phép kết nối với các nút đo độ ẩm đất, ưu điểm của LoRa là khoảng cách truyền thông xa (Phạm vi tối đa trong LoRa: 5 ~ 10km. trong thành phố: > 500m), khả năng chống nhiễu cao và năng lượng tiêu thụ thấp, nên phù hợp để xây dựng các mạng cảm biến không dây, trong đó các nút đo là dạng thiết bị di động chạy bằng pin. Thiết bị có tích hợp sẵn nhiều phương thức kết nối internet như: WiFi, RS485 và có sẵn cổng để mở rộng kết nối với module 3G/4G để ứng dụng cho các khu vực không có mạng Internet. Thiết bị bao gồm các khối chính sau: Vi điều khiển trung tâm, truyền thông LoRa để kết nối với các bộ thu thập và chấp hành, khối truyền thông wifi để kết nối với Internet, và cổng truyền thông mở rộng RS485. Cụ thể trong bài báo lựa chọn các thiết bị chính như sau:

b) Truyền thông LORA

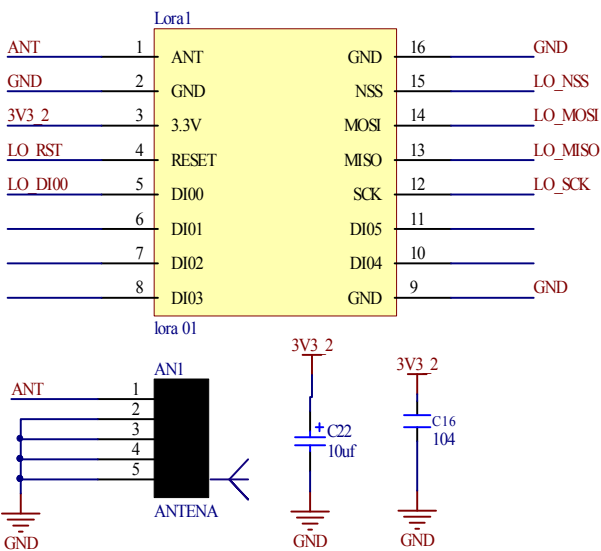
LORA (Long Range Radio) được nghiên cứu và phát triển bởi Cycleo và sau này được mua lại bởi công ty Semtech năm 2012. Với công nghệ này, chúng ta có thể truyền dữ liệu với khoảng cách lên hàng km mà không cần các mạch khuếch đại công suất. Ngoài ưu điểm truyền xa, nó có thêm ưu điểm quan trọng là tiết kiệm năng lượng tiêu thụ khi truyền/nhận dữ liệu, phù hợp sử dụng cho các cảm biến không dây, chạy bằng pin.

LORA sử dụng kỹ thuật điều chế gọi là Chirp Spread Spectrum, dữ liệu sẽ được băm bằng các xung cao tần để tạo ra tín hiệu có dây tần số cao hơn tần số của dữ liệu gốc (cái này gọi là chipped), sau đó tín hiệu cao tần này tiếp tục được mã hoá theo các chuỗi chirp signal: là các tín hiệu hình sin có tần số thay đổi theo thời gian, có hai loại tín hiệu chirp signal là up-chirp có tần số tăng theo thời gian và down-chirp có tần số giảm theo thời gian, và việc mã hoá theo nguyên tắc bit 1 sẽ sử dụng up-chirp, và bit 0 sẽ sử dụng down-chirp. Trước khi truyền ra anten để gửi đi. Nguyên lý này giúp giảm độ phức tạp và độ chính xác cần thiết của mạch nhận để có thể giải mã và điều chế lại dữ liệu. Băng tần làm việc từ 430MHz đến 915MHz cho từng khu vực khác nhau trên thế giới.



Hình 5. Hình ảnh module Lora Ra-01 (SX1278),

Nghiên cứu lựa chọn Lora Ra-01 SX1278 (hình 5) kết nối với vi điều khiển trung tâm theo chuẩn SPI, với các tính năng vượt trội so với Lora UART là: Kích thước nhỏ gọn hơn, có khả năng chống nhiễu cao và phạm vi hoạt động rộng hơn (có thể lên đến 10km). Ngoài ra, truyền thông LoRa tiêu thụ điện năng rất thấp so với các chuẩn truyền thông không dây khác, nên kết hợp với dòng vi điều khiển tiết kiệm điện năng ARM phù hợp cho bài toán xây dựng các mạng cảm biến không dây, chạy pin.



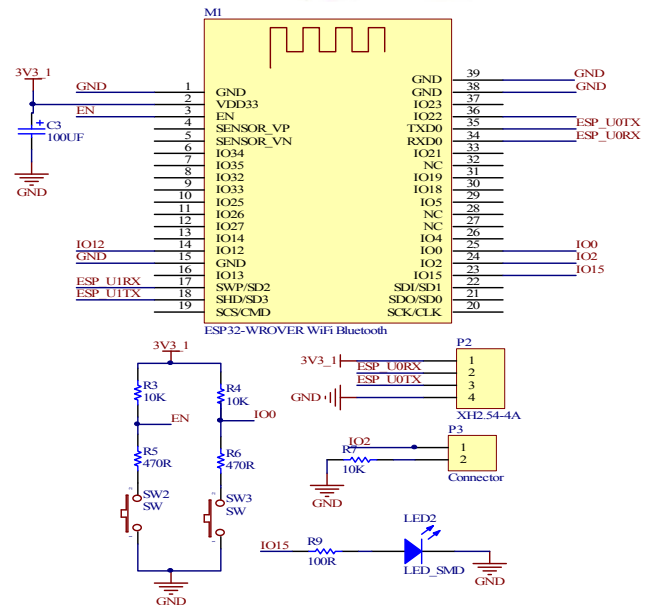
Hình 6. Sơ đồ nguyên lý Lora Ra-01 (SX1278)

Thông số kỹ thuật:

- Tần số: 433MHz.
- Giao tiếp: SPI.
- Độ nhạy: -136dBm.
- Công suất ngõ ra: +20dBm.
- Tốc độ truyền dữ liệu: <300 kbps 127dB dải động RSSI.
- Dòng tĩnh: ≤ 1uA.
- Điện áp cấp: 1,8 ~ 3,6VDC.

c) Truyền thông Wifi ESP32

ESP32 là phiên bản nâng cấp và kế thừa từ SoC ESP8266, cả hai để sử dụng bộ vi xử lý 32-bit Xtensa LX6 của Tensilica có tích hợp WiFi và Bluetooth, có công suất thấp. ESP32 được phát triển để khắc phục sự thiếu bảo mật của ESP8266. Cũng giống như ESP8266 đều có các chức năng tương tác với nền tảng IoT và được sử dụng rất rộng rãi hiện nay.



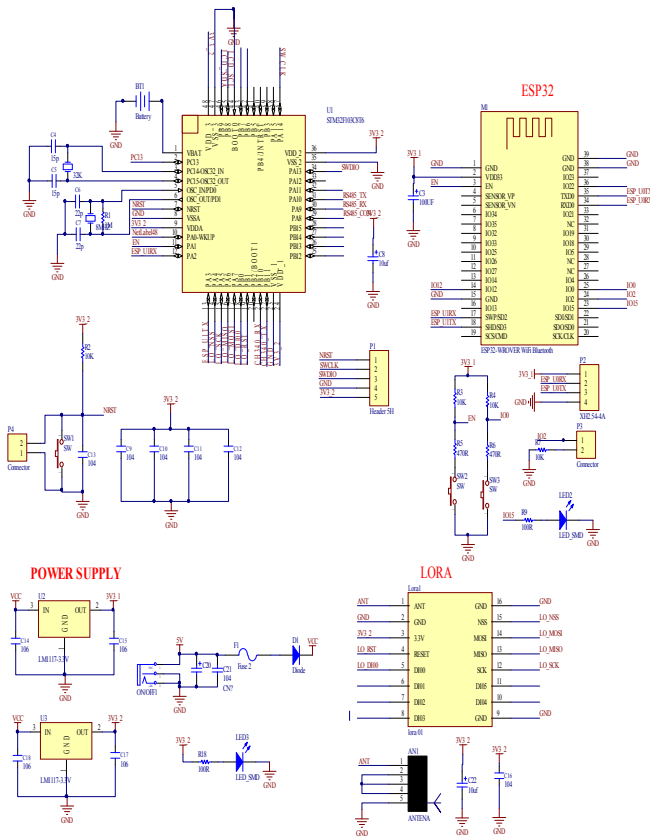
Hình 7. Module và sơ đồ nguyên lý của ESP32

d) Vi điều khiển trung tâm

Bài báo lựa chọn sử dụng dòng IC ARM - STM32F103C8T6, là một trong những loại chip phổ biến của ST, với lõi là ARM COTEX M3 (32 bit, tốc độ lên đến 72MHz), một số thông số kỹ thuật như sau:

- Xung clock: 72MHz;
- Điều khiển ngắt đa luồng với 43 kênh;
- Bộ nhớ: 64Kbytes bộ nhớ flash 20 kbytes SRAM;

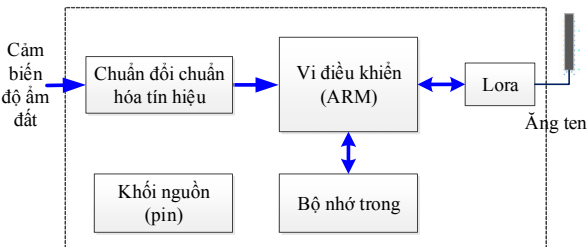
- Điện áp hoạt động: 2 - 3,6V;
- Thạch anh ngoài: từ 4MHz đến 20MHz;
- Thạch anh nội dùng 8MHz/40kHz;
- ADC 12 bit;
- Có 7 timer;
- Hỗ trợ kênh giao tiếp: 2 bộ I2C, 3 bộ USART, 2 SPIs, USB 2.0
- Kiểm tra lỗi CRC và 96-bit ID.



Hình 8. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị

3.2. Thiết kế thiết bị độ ẩm đất

Sơ đồ tổng thể các khối chức năng cơ bản của thiết bị được trình bày trên hình 9.



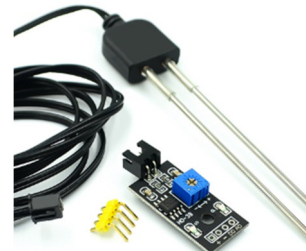
Hình 9. Sơ đồ khối thiết bị

Thiết bị gồm có các thành phần chính: cảm biến đo độ ẩm đất, phần mạch điều khiển trung tâm, vỏ của thiết bị và phần truyền thông không dây LORA. Đầu tiên, tín hiệu đo từ cảm biến sẽ được đưa qua bộ chuyển đổi và chuẩn hóa tín hiệu, tín hiệu ra dạng điện áp (0 - 3V) đưa vào bộ chuyển đổi ADC của vi điều khiển số hóa và tính toán. Các kết quả

tính toán sẽ lưu vào bộ nhớ trong của thiết bị và truyền dữ liệu về trung tâm theo một chu kỳ cài đặt từ trước. Thiết bị dùng pin, với dung lượng cao, có thể chạy liên tục trong khoảng 1 năm.

a) Cảm biến đo độ ẩm đất

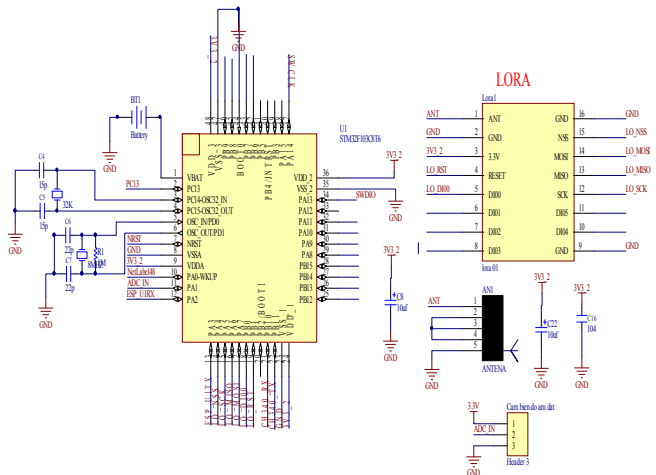
Lựa chọn cảm biến đất Soil Moisture Sensor như hình 10. Cảm biến độ ẩm đất Soil Moisture Sensor giúp xác định độ ẩm của đất qua đầu dò và kết nối với module chuyển đổi chuẩn hóa tín hiệu để trả về giá trị điện áp dạng analog (0 - 3VDC).



Hình 10. Hình ảnh của cảm biến đo độ ẩm đất và bộ chuyển đổi tín hiệu

b) Truyền thông LORA và vi xử lý trung tâm

Nghiên cứu lựa chọn hai khối này tương tự như thiết bị trên: Module Lora Ra-01 và STM32F103C8T6, sơ đồ nguyên lý thiết bị như hình 11.



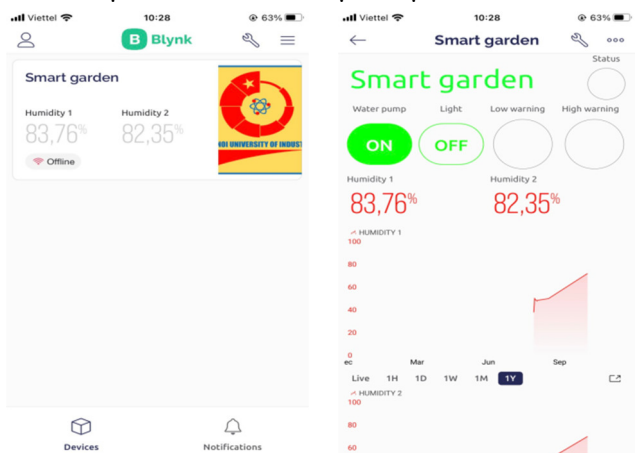
Hình 11. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị

3.3. Thiết kế App

App được tạo ra trên Web của Thunkable. App có thể được sử dụng cho cả thiết bị chạy hệ điều hành Android và IOS bằng hai cách sử dụng apk hoặc tải thunkable live trên google play hoặc app store. Đầu tiên, khi người dùng mở App sẽ vào trang đăng nhập, để đảm bảo độ bảo mật, người dùng cần điền email và mật khẩu đã đăng ký trên webserver Firebase để đăng nhập. Sau đó mật khẩu sẽ lưu dưới dạng biến store để dùng những lần sau, để thoát tài khoản ta chỉ cần ấn nút thoát. Vì chỉ cần viết một App mà chạy được cả trên điện thoại Android và chạy được trên điện thoại IOS nên trong trang đăng nhập này ta cần phải kiểm tra đây có phải là thiết bị IOS không, nếu đúng ta cần

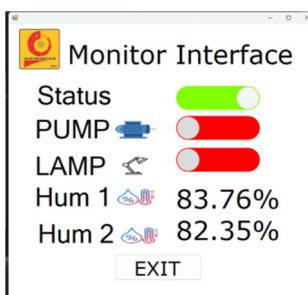
thêm nút nhấn chuyển trang vì điện thoại IOS không thể chuyển trang bằng việc lướt ngang.

Giao diện điều khiển trên điện thoại như hình 12.



Hình 12. Giao diện điều khiển trên App điện thoại IOS

Giao diện điều khiển trên Web như hình 13.



Hình 13. Giao diện điều khiển trên web

Khi thiết bị hoạt động thì đèn Status nhấp nháy, có 02 nút nhấn: Nút nhấn Water pump dùng để bật/tắt máy bơm và nút nhấn Light dùng để bật/ tắt đèn. Đèn Low warning sẽ sáng khi ẩm đất đo được độ ẩm thấp hơn giới hạn, sau đây là một số tính năng của App:

- Humidity 1 là nơi hiển thị của độ ẩm đo được từ cảm biến số 1.
- Humidity 2 là nơi hiển thị của độ ẩm đo được từ cảm biến số 2.
- Biểu đồ Humidity 1 là biểu đồ của dữ liệu độ ẩm đo được cảm biến số 1.
- Biểu đồ Humidity 2 là biểu đồ của dữ liệu độ ẩm đo được cảm biến số 2.
- Low limit để cài đặt giới hạn mức thấp.
- High limit để cài đặt giới hạn mức cao.
- IP: địa chỉ IP của ESP32 dùng để truy cập khi muốn nạp code không dây.
- User ID: Chatfuel user id của người nhận cảnh báo từ Facebook Messenger.

4. KẾT QUẢ

4.1. Kết quả phần cứng

Từ kết quả phân tích lựa chọn thiết bị phần cứng ở mục trên, nhóm tác giả tiến hành thiết kế, xây dựng và lắp đặt

hoàn chỉnh 1 bộ điều khiển trung tâm Gateway, có phần mạch điều khiển như trong hình 14.



Hình 14. Mạch điều khiển trung tâm hệ thống Gateway

Thông số kỹ thuật của sản phẩm:

- Có mạng không dây LoRa để kết nối với thiết bị thu thập;
- Kết nối với máy chủ theo chuẩn không dây Wifi;
- Người sử dụng App trên điện thoại hệ IOS (Iphone) và Android (ví dụ điện thoại Samsung), các App do nhóm tự thiết kế, để điều khiển và giám sát các thiết bị chấp hành.
- Nguồn cung cấp: 12VDC, 2A.

Thiết bị đo độ ẩm đất không dây sau khi đóng hộp và đo thực nghiệm như hình 15.



Hình 15. Hình ảnh thiết bị sau khi đóng hộp và đo thực nghiệm tại vườn

4.2. Xây dựng mô hình vườn thông minh trên gác mái

Nhóm tác giả đã tiến hành xây dựng mô hình (hình 16) để kiểm tra quá trình vận hành của hệ thống, đồng thời đánh giá sự ổn định và chính xác trong quá trình vận hành thử.

o Tiến hành chạy thử liên tục trong 30 ngày, kết quả hệ thống hoạt động ổn định đạt yêu cầu đặt ra là giám sát, điều khiển.

o Triển khai đánh giá khoảng cách truyền thông của mạng Lora: Tiến hành thực nghiệm ở các khoảng cách khác nhau, kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống làm việc ổn định ở khoảng cách điều khiển nhỏ hơn 200 mét.



Hình 16. Hình ảnh mô hình thực nghiệm hệ thống



Hình 17. Vị trí lắp đặt các thiết bị điều khiển, pin mặt trời



Hình 18. Hình ảnh vườn rau sau 5 ngày (từ khi gieo hạt giống)

5. KẾT LUẬN

Bằng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm, nhóm tác giả đã ứng dụng công nghệ IoT để xây dựng vườn trồng rau thông minh. Thiết kế, lắp đặt được bộ điều khiển trung tâm Gateway có kích thước nhỏ gọn, làm việc tin cậy. Xây dựng được App trên điện thoại và giao diện ứng dụng trên máy tính để thuận tiện cho việc điều khiển, giám sát hệ thống. Thực nghiệm trên mô hình vườn rau thông minh để kiểm tra tính ổn định của hệ thống và đánh giá khoảng cách điều khiển tối đa của mạng không dây Lora.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyen Vu Quynh, Pham Quang Huy, 2020. *Giao trình vi điều khiển ARM và hướng dẫn sử dụng STM32 (lý thuyết và ứng dụng)*. Thanhnien Publishing House, Hanoi, ISBN: 9786049830310

[2]. Vu Chien Thang, Nguyen Cong Tung, 2021. *Internet van vat*. Construction Publishing House, Hanoi.

[3]. Nguyen Thi Mi Sa, Le Nguyen Hong Phong, Pham Quang Huy, 2019. *Dieu khien xa voi Arduino va ESP32*. Thanhnien Publishing House, Hanoi.

[4]. Eyuel D. Ayele, Chiel Hakkenberg, Jan Pieter Meijers, Kyle Zhang, Nirvana Meratnia, Paul J.M. Havinga, 2017. *Performance Analysis of LoRa Radio for an Indoor IoT Application*. International Conference on Internet of Things for the Global Community (IoTGC), p. 1-6.

[5]. L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, 2010. *The Internet of things: A survey*. Computer networks, vol.54, no.15, pp. 2787-2805.

[6]. Noreen U., Bounceur A., Clavier L., 2017. *A study of LoRa low power and wide area network technology*. International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP), p. 1-6.

[7]. Rizzi M., Ferrari P., Flammini A., Sisinni E., 2017. *Evaluation of the IoT LoRaWAN Solution for Distributed Measurement Applications*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 66(12), p. 3340-3349, doi:10.1109/tim.2017.2746378

[8]. <https://eurocook.com.vn/nha-thong-minh-smart-home-la-gi.html>; truy cập ngày 20/4/2022.

AUTHORS INFORMATION

Mai Thanh Khang, Nguyen Trong Thang, Nguyen Khanh Toan, Nguyen Dac Si, Phung Van Son, Pham Van Nam
Hanoi University of Industry