

THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG HỆ THỐNG TƯỚI NÔNG NGHIỆP TÍCH HỢP ĐIỀU KHIỂN BẰNG GIỌNG NÓI VÀ ỨNG DỤNG EDGE AI

DESIGN AND DEPLOYMENT OF AN AGRICULTURAL IRRIGATION SYSTEM INTEGRATED WITH VOICE CONTROL AND EDGE AI APPLICATIONS

SVTH: Lê Đình Nguyên Anh, Tạ Hoàng Phúc, Phạm Hữu Phúc, Trương Thành Đạt, Nguyễn Hồng Chương

Lớp 21CDTCLC1, Khoa cơ khí, Trường đại học Bách Khoa Đà Nẵng; Email:

GVHD: Đặng Phước Vinh

Khoa Cơ Khí, Trường Đại Học Bách Khoa Đà Nẵng; Email:

Tóm tắt - Trong bối cảnh công nghệ ngày càng phát triển, việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và Internet of Things (IoT) vào nông nghiệp đang mở ra những hướng đi mới nhằm tối ưu hóa quá trình sản xuất. Hệ thống tưới thông minh đóng vai trò quan trọng trong việc tiết kiệm nước, nâng cao năng suất cây trồng và giảm chi phí nhân công.

Bài báo này trình bày quá trình nghiên cứu, thiết kế và triển khai hệ thống tưới tự động và giám sát trong nông nghiệp, kết hợp IoT và Edge AI. Hệ thống sử dụng các cảm biến đo độ ẩm, nhiệt độ, ánh sáng để thu thập dữ liệu môi trường, sau đó gửi thông tin đến hệ thống IoT để tự động điều chỉnh quá trình tưới tiêu theo thời gian thực. Trong khi đó, Edge AI được tích hợp để hỗ trợ điều khiển bằng giọng nói, giúp người dùng dễ dàng vận hành hệ thống mà không cần thao tác thủ công.

Từ khóa - Internet of Things; Hệ thống tưới thông minh; Edge AI; Hệ thống tưới tự động; giám sát.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, các hệ thống tưới tiêu truyền thống thường thiếu tính tự động hóa, dẫn đến lãng phí nước và tốn nhiều công sức lao động. Vì vậy, các giải pháp tưới tiêu thông minh đang ngày càng được quan tâm và nghiên cứu nhằm tiết kiệm nước, nâng cao năng suất cây trồng, đồng thời giảm thiểu sức lao động của người dân nông thôn.

Để giải quyết vấn đề này, nhóm nghiên cứu đề xuất thiết kế và triển khai hệ thống tưới tiêu tự động trong nông nghiệp. Thiết kế và thi công một hệ thống tưới tự động tích hợp cảm biến đo độ ẩm đất, nhiệt độ và độ ẩm không khí. Xây dựng một mô hình điều khiển bằng giọng nói, cho phép người dùng dễ dàng ra lệnh tưới nước từ xa. Cảm biến độ ẩm đất, cảm biến nhiệt độ và độ ẩm không khí để thu thập dữ liệu môi trường. Hệ thống bơm nước tự động được điều khiển thông qua tín hiệu từ bộ vi điều khiển. Phát triển ứng dụng di động kết nối với hệ thống tưới để giám sát và điều khiển từ xa. Tích hợp màn hình cảm ứng giúp người dùng dễ dàng thao tác trực tiếp với hệ thống. Màn hình cảm ứng LCD kết nối với hệ thống để cung cấp giao diện điều khiển trực quan. Bổ sung nút nhấn cơ để cung cấp phương thức điều khiển thủ công khi cần thiết. Xây dựng hệ thống cung cấp năng lượng tái tạo với tấm năng lượng mặt trời và bộ sạc, bộ cân bằng điện áp cho ắc quy nhằm đảm bảo tính tự động và ổn định trong vận hành. Quy hoạch và triển khai hệ thống đường ống tưới đảm bảo tính hiệu quả và độ bền cao.

2. Nội dung

2.1 Thiết kế hệ thống tưới

2.1.1 Yêu cầu kỹ thuật

Mục đích của nghiên cứu này là thiết kế hệ thống tưới, chế tạo bộ điều khiển tưới được lập trình và điều

Abstract

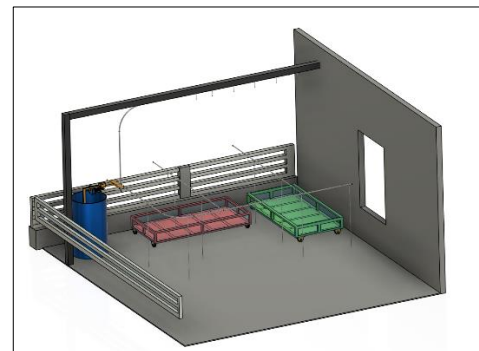
In the context of rapidly advancing technology, the application of Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) in agriculture is opening new directions to optimize production processes. Smart irrigation systems play a crucial role in saving water, increasing crop productivity, and reducing labor costs.

This paper presents the research, design, and implementation of an automated irrigation system in agriculture, integrating IoT and Edge AI. The system uses sensors to measure soil moisture, temperature, and light intensity to collect environmental data, which is then sent to the IoT system for automatic real-time irrigation adjustments. Meanwhile, Edge AI is integrated to support voice control, enabling users to operate the system easily without manual intervention.

Key words: Internet of Things; Smart irrigation system; Edge AI; Automated irrigation system; Monitoring

hiển bởi STM32 và ESP32 thông giao diện tưới, nút nhấn cơ và giao diện web phần mềm. Sản phẩm có tính hiệu quả cao, dễ dàng sử dụng và điều khiển.

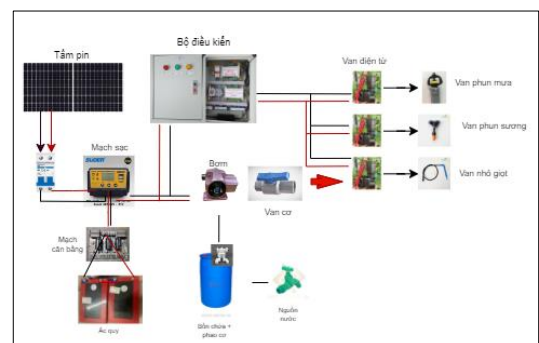
2.1 Thiết kế thực nghiệm thiết bị



Hình 1: Thiết kế bố trí hệ thống tưới khu vực thực nghiệm

2.1.2 Thiết kế hệ thống điện của hệ thống

Sơ đồ nguyên lý hoạt động :



Hình 2: Sơ đồ nguyên lý hệ thống điện

Các cơ cấu của hệ thống

Động cơ bơm:

Công suất 170W thời gian sử dụng 1 giờ / ngày, điện áp sử dụng 24V

$$\Rightarrow 170W \times 1h = 170Wh$$

Máy bơm có khả năng bơm: 30 lít/phút

Lưu lượng mỗi béc phun mưa: 90 lít/giờ, phun sương: 40 lít/giờ, nhỏ giọt: 4 lít/giờ.

Lưu lượng cần thiết cho 4 béc phun mưa:

$$\text{Lưu lượng 1} = 4 \times 90 = 360 \text{ lít/giờ} = 6 \text{ lít/phút.}$$

Lưu lượng cần thiết cho 4 béc phun sương:

$$\text{Lưu lượng 2} = 4 \times 40 = 160 \text{ lít/giờ} = 2.7 \text{ lít/phút.}$$

Lưu lượng cần thiết cho nhỏ giọt:

$$\text{Lưu lượng 1} = 12 \times 4 = 48 \text{ lít/giờ} = 0.8 \text{ lít/phút.}$$

Lưu lượng tổng:

Lưu lượng tổng = $6 + 2.7 + 0.8 = 9.5 \text{ lít/phút} < 30 \text{ lít/phút}$. (Máy bơm có khả năng cung cấp đủ lưu lượng cho hệ thống)

Pin lưu trữ:

Chọn ắc quy lưu trữ: chỉ phí ban đầu thấp, độ tin cậy cao 2 bộ ắc quy 15 Ah YaMato:

Tổng dung lượng của hệ quy tắc:

$$24V \times 15Ah = 360Wh$$

Thời gian hoạt động(h) = $360Wh / 170W \approx 2.12h > 1h$ (thỏa mãn yêu cầu)

Tấm Pin năng lượng mặt trời: PIN MONO

Pin mono thường có hiệu suất chuyển đổi và công suất cao. Hầu hết các tấm pin mặt trời mono thường đạt hiệu suất chuyển đổi trên dưới 20% tuổi thọ Công suất pin năng lượng mặt trời hấp thụ tối thiểu trung bình 1 ngày nếu thời tiết có nắng là: 70% trong 3 giờ và 50% 5 giờ:

$$\Rightarrow (5 \times 360 \times 50\%) + (3 \times 360 \times 70\%) = 1656Wh$$

Công suất dư thừa: $1380 - 468 = 912Wh$ nhằm:

Lưu trữ năng lượng dư thừa: Ta có thể lưu trữ năng lượng dư thừa vào ắc quy để sử dụng vào ban đêm hoặc trong những ngày ít nắng.



Bộ mạch sạc:

Bộ sạc điều khiển sạc năng lượng mặt trời solar charge

controller Suoer ST-S1230 30A

Mạch cân bằng chủ động

Mạch cân bằng chủ động hệ 24V-10A có tích hợp von kế. Mạch dùng nguyên lý chủ động khi chuyển điện áp từ bình có điện áp cao sang bình có áp thấp (khi phát hiện lệch áp)

Van điện từ cho ắc quy

Van điện từ ngoài trời sử dụng cho hệ thống điện 24V, nối ren 6mm/16mm.



Đường ống tưới

Chọn đường ống tưới 6mm và 16mm. 6mm cho bộ tưới phun sương và 16mm cho bộ tưới phun mưa và nhỏ giọt.

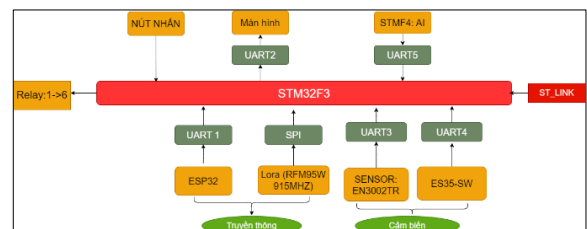
Bộ điều khiển tưới bằng nút nhấn cơ



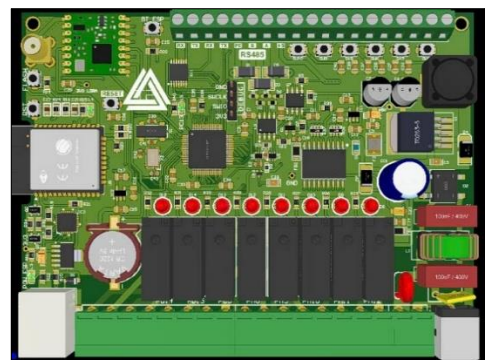
2. Thiết kế bộ điều khiển tưới

Nguyên lý mạch bộ điều khiển tưới

Sơ đồ nguyên lý hoạt động



Hình 3: Schematic + Mạch 3D



Hình 4: Mạch điều khiển.**Sản phẩm thực tế****Hệ thống cảm biến:**

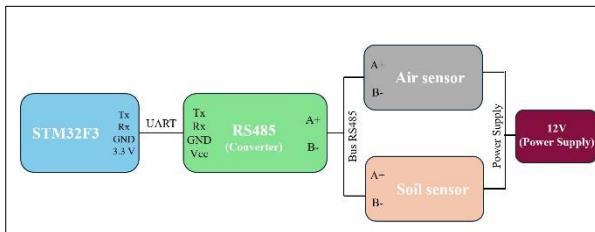
- Giới thiệu các loại cảm biến:
 - Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm không khí
 - Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm đất

Giám sát đo đạc các thông số về nhiệt độ, độ ẩm môi trường để gửi thông tin cho hệ thống điều khiển hệ thống tưới tự động.

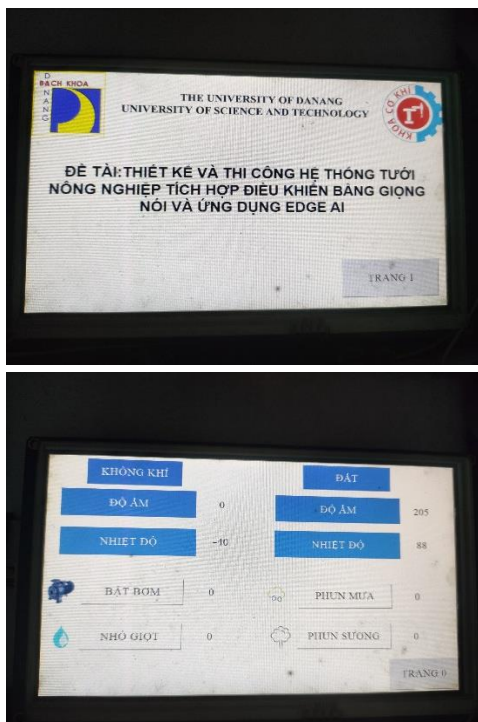
**Hình 5:** Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm không khí và đất

- Nguyên lý giao tiếp cảm biến với bộ điều khiển:

Bộ điều khiển STM32F3 sử dụng UART để gửi và nhận dữ liệu theo khung truyền Modbus RTU. Bộ chuyển đổi RS485 chuyển đổi tín hiệu UART thành tín hiệu vi sai (A+, B-) để truyền trên bus RS485, nơi các cảm biến (không khí và đất) được kết nối. Cảm biến nhận lệnh truy vấn theo khung truyền Modbus RTU, xử lý và phản hồi dữ liệu về STM32F3 thông qua RS485.

**Hình 6:** Sơ đồ nguyên lý của hệ thống cảm biến

Giao diện sử dụng trên màn hình

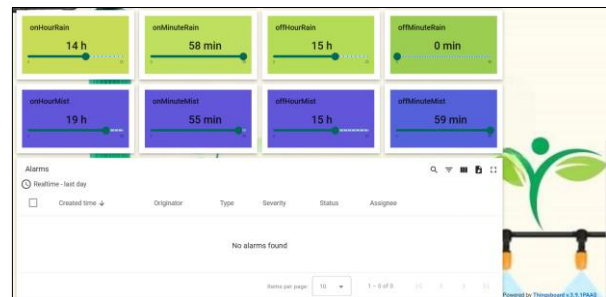
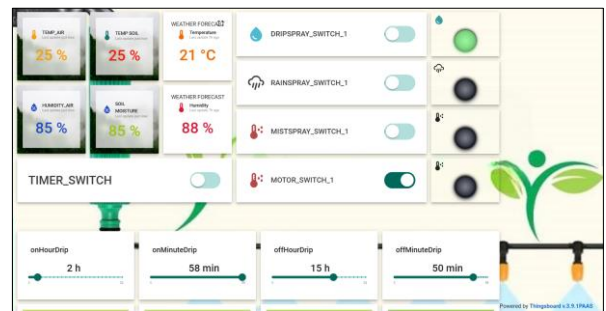


Kích thước: 7.0 inch, độ phân giải 800x480 pixels. Loại cảm ứng: Cảm ứng điện trở, dễ thao tác, phù hợp với môi trường công nghiệp hoặc tay đeo găng. Giao tiếp: UART TTL (3.3V/5V), kết nối với vi điều khiển STM32. Tương tác 2 chiều với vi điều khiển STM32 qua UART.

Giao diện thiết kế bằng phần mềm Nextion Editor. Hỗ trợ nhiều thành phần giao diện như: nút bấm, thanh trượt, hộp số liệu... Có thể lưu trữ chương trình trực tiếp trong bộ nhớ onboard (flash) của màn hình.

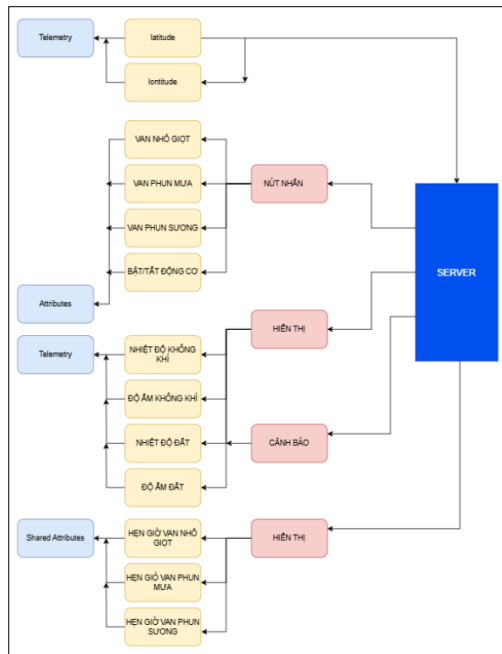
Thiết kế hệ thống IoT và giao diện

ThingsBoard là một nền tảng IoT nguồn mở cho phép phát triển, quản lý và mở rộng quy mô nhanh chóng các dự án IoT. Mục tiêu của thingsboard là cung cấp giải pháp đám mây IoT sẵn dùng hoặc giải pháp tại chỗ sẽ hỗ trợ cơ sở hạ tầng phía máy chủ cho các ứng dụng IoT.



Tính năng chính:

- Thu thập và trực quan hóa dữ liệu từ các thiết bị.
- Phân tích dữ liệu telemetry đến và kích hoạt cảnh báo với xử lý sự kiện phức tạp.
- Điều khiển thiết bị của bạn bằng cách gọi thủ tục từ xa (RPC).
- Xây dựng các luồng công việc dựa trên sự kiện vòng đời thiết bị, sự kiện API REST, yêu cầu RPC, v.v.
- Thiết kế bảng điều khiển động và đáp ứng, trình bày telemetry và thông tin chi tiết của thiết bị hoặc tài sản cho khách hàng.
- Kích hoạt các tính năng chuyên biệt cho từng trường hợp sử dụng thông qua các chuỗi quy tắc có thể tùy chỉnh.
- Ý tưởng thiết kế Thingsboard



EDGE AI NHẬN DIỆN GIỌNG NÓI

Ở đề tài này, nhóm sử dụng phương pháp phân loại âm thanh để nhận dạng các loại âm thanh điều khiển. Với mục tiêu độ chính xác nhận dạng của hệ thống phải trên 80%. Sau khi xây dựng thành công mô hình nhận dạng, nhóm tiếp tục những mô hình đó xuống thiết bị nhúng cục bộ. Xây dựng hệ thống. Xây dựng mô hình nhận dạng âm thanh. Triển khai mô hình nhận dạng lên thiết bị nhúng STM32.

Các từ khóa liên quan đến điều khiển Edge AI trong hệ thống tưới thông minh:

3. Bàn luận

Vận hành hệ thống tưới thực tế bằng nút nhấn cơ, màn hình và tự động ở khu thực nghiệm. Giao diện dễ dàng sử dụng, sử dụng tốt các chức năng điều khiển bằng web, app điện thoại, nút nhấn cơ, nút nhấn trên màn hình cảm ứng.

Hệ thống tưới đáp ứng các kịch bản đưa ra về tự động, đảm bảo lượng nước được tưới. Các chế độ tưới phun mưa, phun sương, nhỏ giọt hoạt động tốt. Cây trồng phát triển trong quá trình thử nghiệm hệ thống.

Các thông số về dự báo thời tiết được hiển thị. Các thông số về nhiệt độ, độ ẩm không khí và nhiệt độ, độ ẩm đất được hiển thị chính xác.

Điều khiển bằng giọng nói AI thử nghiệm được nhưng cần cải thiện thêm về độ chính xác.



4. Kết luận

Nghiên cứu về thiết kế và thi công hệ thống tưới nông nghiệp tích hợp điều khiển bằng giọng nói và ứng dụng Edge AI đã đạt được những kết quả đầy hứa hẹn. Hệ thống được xây dựng giúp tự động hóa quá trình tưới tiêu, tối ưu hóa lượng nước sử dụng và nâng cao hiệu suất canh tác. Việc tích hợp trí tuệ nhân tạo tại biên (Edge AI) không chỉ giúp xử lý dữ liệu nhanh chóng, giảm độ trễ mà còn đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định ngay cả trong điều kiện kết nối mạng hạn chế.

Kết quả thực nghiệm đã chứng minh hiệu quả của hệ thống trong việc tiết kiệm tài nguyên nước, nâng cao năng suất cây trồng và hỗ trợ người nông dân trong việc giám sát, điều khiển tưới tiêu một cách thuận tiện, trực quan. Đồng thời, nghiên cứu này mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi của các giải pháp AI và IoT trong nông nghiệp, góp phần thúc đẩy quá trình chuyển đổi số và phát triển nền nông nghiệp thông minh.

Tuy nhiên, để hoàn thiện hơn, hệ thống cần được thử nghiệm trên quy mô lớn hơn với nhiều loại cây trồng và điều kiện canh tác khác nhau, nhằm đánh giá khả năng thích ứng và độ bền vững trong thực tế. Những kết quả đạt được từ nghiên cứu không chỉ đặt nền móng cho các cải tiến tiếp theo mà còn đóng góp vào mục tiêu phát triển nông nghiệp bền vững, hiện đại hóa ngành sản xuất và nâng cao chất lượng cuộc sống của người nông dân.

Tài liệu tham khảo

- [1] Hướng dẫn những mô hình học sâu nhân diện âm thanh lên vi điều khiển STM32 - TAPIT
- [2] <https://tapit.vn/thiet-ke-thong-iot-don-gian-dung-giao-thuc-mqtt-ket-hop-php-mysql-va-node-js/>
- [3] Tìm hiểu về khung truyền Modbus RTU - TAPIT