

Ứng dụng hệ điều hành FreeRTOS và vi điều khiển ESP32 trong hệ thống trồng rau thủy canh

Tống Việt Hùng, Hà Quốc Trung, Ngô Minh Phước,
Ngô Văn Thành, Nguyễn Thị Hồng

Trung tâm Công nghệ thông tin, Bộ KH&CN

Ở những nước phát triển, mặc dù tỷ trọng ngành nông nghiệp trong GDP không lớn, nhưng nhờ áp dụng công nghệ mới (hệ điều hành mã nguồn mở, Internet kết nối vạn vật - IoT, trí tuệ nhân tạo...), nên sản lượng nông sản không ngừng tăng lên, đáp ứng hiệu quả nhu cầu trong nước và xuất khẩu. Do đó, trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 đang diễn ra mạnh mẽ, việc ứng dụng các thành tựu khoa học và công nghệ để nâng cao năng suất, chất lượng và độ tin cậy của sản phẩm trở thành xu hướng tất yếu đối với hoạt động sản xuất nông nghiệp ở Việt Nam. Trong bài báo này, các tác giả giới thiệu mô hình sử dụng hệ điều hành mã nguồn mở FreeRTOS và vi điều khiển ESP32 để tối ưu hóa các hệ thống trồng rau thủy canh dựa trên công nghệ IoT và trí tuệ nhân tạo.

Đặt vấn đề

Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 tập trung chủ yếu vào sản xuất thông minh dựa trên các thành tựu đột phá về công nghệ thông tin, công nghệ sinh học, công nghệ nano... Nó diễn ra mạnh mẽ trên phạm vi toàn cầu, thông qua các công nghệ như IoT, cảm biến, trí tuệ nhân tạo, thực tế ảo (VR), mạng xã hội, điện toán đám mây, di động, phân tích dữ liệu lớn... Theo các chuyên gia, đây là quá trình chuyển hóa toàn bộ thế giới thực thành thế giới số.

Là một ngành kinh tế quan trọng của Việt Nam, nông nghiệp đóng góp gần 15% GDP năm 2018. 10 năm qua GDP nông nghiệp của Việt Nam đạt mức trung bình gần 249 nghìn tỷ đồng, trong khi của Nhật Bản cao gấp 5 lần Việt Nam, đó là nhờ họ đã áp dụng triệt để các thành tựu khoa học và công nghệ vào sản xuất. Bên cạnh đó, ngành nông nghiệp Việt Nam đang bị cạnh tranh về nhân công,

tài nguyên đất, nước bởi quá trình đô thị hóa, phát triển công nghiệp và dịch vụ. Việc sử dụng quá mức vật tư đầu vào và tài nguyên thiên nhiên đang trở thành vấn đề “nóng” và vấn đề môi trường cũng làm cản trở tăng năng suất lao động, vị thế cạnh tranh của Việt Nam. Để hàng hóa nông sản của Việt Nam có độ tin cậy, chất lượng và an toàn thì việc áp dụng các thành tựu của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 là vô cùng cần thiết.

Với cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, Việt Nam sẽ có nhiều điều kiện thuận lợi để tiếp thu và ứng dụng những thành tựu công nghệ của nhân loại vào phát triển hoạt động sản xuất nông nghiệp, trước hết là công nghệ thông tin, công nghệ số, công nghệ điều khiển và tự động hóa..., giúp nâng cao năng suất, chất lượng nông sản, mang lại lợi ích cho người nông dân. Theo xu thế này, chúng tôi đề xuất giải pháp sử dụng hệ điều hành mã nguồn mở FreeRTOS, vi điều khiển ESP32,

các cảm biến thế hệ mới, công nghệ IoT, trí tuệ nhân tạo... vào quá trình thu thập dữ liệu, phân tích và điều khiển để thiết kế các giải pháp công nghệ thông tin - truyền thông cho hệ thống thủy canh. Giải pháp này không chỉ giúp người sử dụng có thể trồng rau tự động một cách dễ dàng, mà còn rất hữu ích trong việc tiết kiệm nước, tiết kiệm điện... trong quá trình sản xuất.

Khái quát về FreeRTOS và ESP32

Trong số các hệ điều hành mã nguồn mở thì FreeRTOS là một hệ điều hành thời gian thực (Real Time Operating System) được phát triển bởi Real Time Engineers Ltd, phù hợp với nhiều hệ nhúng nhỏ gọn vì nó chỉ triển khai rất ít các chức năng như quản lý bộ nhớ, thiết lập tác vụ cơ bản và chứa các hàm API (Application Programming Interface) quan trọng cho cơ chế đồng bộ. Cụ thể, FreeRTOS có nhiều ưu điểm: kích thước nhỏ gọn, sử dụng mã nguồn

mở nên được miễn phí bản quyền; hỗ trợ trên 30 kiến trúc hệ thống nhúng (ARM7 và ARM Cortex-M3); được viết bằng ngôn ngữ C nên có thể sử dụng, phát triển với nhiều trình biên dịch C khác nhau, cho phép không giới hạn các tác vụ chạy đồng thời, không hạn chế quyền ưu tiên thực thi, khả năng khai thác phần cứng; cho phép triển khai các cơ chế điều phối giữa các tiến trình như: queues, counting semaphore, mutexes.

Đặc biệt, FreeRTOS là hệ điều hành chạy được trên ESP32, cho phép cập nhật firmware qua OTA mã hóa, giúp nhà phát triển sản phẩm có thể nâng cấp phần mềm ngay cả khi thiết bị đang được sử dụng.

ESP32-WROOM-32 là một module đa dụng, được sử dụng rộng rãi trong thiết kế mạch PCB Wifi-Bluetooth, BLE được ứng dụng rất phổ biến cho nhiều ứng dụng về IoT. Phạm vi ứng dụng từ mạng sensor tiết kiệm năng lượng đến những ứng dụng với nhiều tác vụ phức tạp, như mã hóa âm thanh, âm nhạc trực tuyến đến giải mã MP3. Lõi của module là dòng chip nhúng ESP32-D0WDQ6, được thiết kế với khả năng mở rộng và tùy biến cao. Có đến 2 lõi CPU độc lập nên chip này có thể điều chỉnh tần số clock của CPU từ 80 đến 240 MHz. Người lập trình có thể tắt CPU để sử dụng bộ đồng xử lý công suất thấp, giúp theo dõi sự biến đổi hoặc vượt ngưỡng của các ngoại vi nhờ tích hợp bộ ngoại vi khá phong phú từ cảm biến điện dung, cảm biến Hall, SD card, Ethernet, SPI tốc độ cao, đến UART, I2S hay I2C.

Việc tích hợp cả Bluetooth, BLE và Wifi đảm bảo cho ESP32-WROOM-32 có khả năng đáp ứng nhiều loại ứng dụng khác nhau, dù module đó sử dụng ngoại vi, thiết bị nào (Wifi cho phép kết nối rộng rãi về mặt vật lý ra Internet

qua Wifi router, trong khi Bluetooth cho phép thuận tiện kết nối với smartphone...). Ở chế độ ngủ, chip ESP32 tiêu thụ dòng dưới 5 μ A, phù hợp với những thiết kế mạch dùng pin hay thiết bị di động. Tốc độ truyền thông tin lên đến 150 Mbps, công suất tín hiệu khoảng 20 dBm trên anten cho phép phạm vi tín hiệu xa... cho thấy module phù hợp với việc thiết kế các hệ thống điện tử, tự động hóa, đòi hỏi phạm vi hoạt động rộng, tiết kiệm năng lượng, cũng như khả năng kết nối đa dạng.

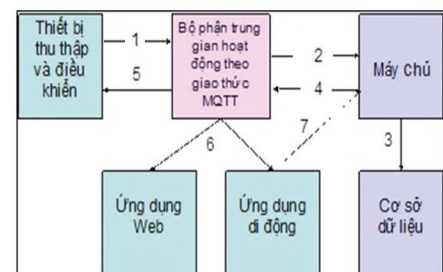
Hệ thống thủy canh sử dụng FreeRTOS và ESP32

Trên thị trường hiện nay có một số sản phẩm trồng rau thủy canh kết hợp IoT như Hachi, Greenbot, Lisado. Tương tự 2 sản phẩm còn lại, hệ thống của Hachi đã giám sát được các yếu tố ảnh hưởng đến sự sinh trưởng của cây như nhiệt độ, độ ẩm, cường độ sáng, độ pH, rồi đưa ra thông báo cho người dùng, cũng như dự đoán ngày thu hoạch. Bên cạnh đó, người dùng có thể điều khiển trực tiếp các thiết bị tại giàn để chăm sóc cây nhưng hệ thống này mới chỉ là bán tự động. Thêm vào đó, sản phẩm của Hachi chưa có khả năng phân tích dữ liệu để đưa ra chiến lược điều khiển nhằm tiết kiệm các tài nguyên hệ thống. Có thể khẳng định rằng, vẫn chưa có một hệ thống trồng bán thủy canh tự động hoàn toàn, có khả năng tự phân tích và hỗ trợ người dùng không có kiến thức về trồng trọt. Sau khi khảo sát, có thể nhận thấy những yêu cầu chung của một hệ thống thủy canh dựa trên công nghệ IoT và trí tuệ nhân tạo sẽ bao gồm: xác thực thiết bị để đảm bảo thông tin gửi về server là chính xác; hệ thống các mạch điều khiển thiết bị có khả năng kết nối Wifi, gửi và nhận dữ liệu trên server; hệ thống cảm biến đo các thông số môi trường và truyền dữ

liệu về máy chủ xử lý theo thời gian thực; hệ thống phân tích dữ liệu; hệ thống module quản lý; hệ thống lưu trữ thao tác điều khiển; hệ thống lập biểu đồ từ các thông số đo được theo thời gian thực...

Để xây dựng hệ thống này, cần thực hiện các nhiệm vụ sau: xây dựng chương trình phía server nhận dữ liệu được gửi về từ các sensor; xây dựng chức năng phân tích dữ liệu nhận được và điều khiển ngược lại phía thiết bị; xây dựng website và ứng dụng android hiển thị thông tin thu thập và có khả năng gửi lệnh điều khiển các thiết bị cho server; xây dựng chức năng quản lý các đối tượng cho ứng dụng web/android thông qua các API của hệ thống.

Qua phân tích, nhóm tác giả đề xuất giải pháp, trong đó mô hình hoạt động của hệ thống như trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ của hệ thống.

Trong hệ giải pháp này, FreeRTOS và ESP32 được sử dụng để thu thập dữ liệu thủy canh, truyền về bộ phận trung gian hoạt động theo giao thức truyền tải thông điệp MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), sau đó gửi về server để xử lý. Việc sử dụng hệ điều hành mã nguồn mở FreeRTOS với các tính năng lập trình mạnh mẽ cho phép nhóm tác giả có thể tùy biến, thích nghi hệ thống để đảm bảo các yêu cầu của bài toán ứng dụng, cũng như các yêu cầu phi chức năng như tính ổn định, tiết kiệm năng lượng...

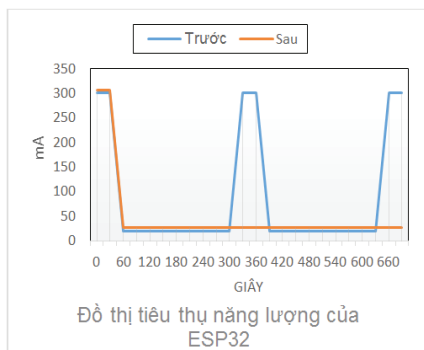
Khả năng tiết kiệm điện trên hệ thống thủy canh thông minh

Đối với hệ thống thủy canh ứng dụng công nghệ IoT, việc tiết kiệm điện năng là tiêu chí quan trọng hàng đầu. Hệ thống luôn cần năng lượng để hoạt động, nhưng duy trì mức năng lượng cao liên tục sẽ dẫn tới hao phí không cần thiết, làm giảm tính thực tiễn và giá trị của hệ thống. Nhờ sử dụng ESP32 nên hệ thống thủy canh thông minh được thiết kế có hai chế độ là light sleep và deep sleep (chế độ tiết kiệm năng lượng). Trong chế độ light sleep, các thiết bị ngoại vi kỹ thuật số, hầu hết RAM, và CPU đều bị giảm xung nhịp và điện áp cung cấp. Khi thoát khỏi chế độ ngủ, các thiết bị ngoại vi và CPU tiếp tục hoạt động, trạng thái bên trong của chúng được bảo toàn. Ở chế độ deep sleep, CPU và hầu hết RAM, các thiết bị ngoại vi kỹ thuật số có tốc độ trên mức APB_CLK (mặc định là 80 MHz) sẽ được tắt nguồn. Các bộ phận của chip vẫn có thể được cấp nguồn là: bộ điều khiển RTC, thiết bị ngoại vi RTC (bao gồm bộ xử lý ULP) và bộ nhớ RTC (chậm và nhanh).

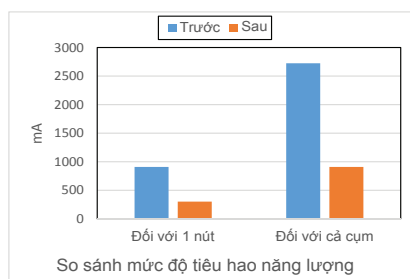
Ngoài ra, Wifi của module ESP32 còn có chế độ Modem-sleep cho phép tiết kiệm năng lượng. Để tận dụng được tất cả các chức năng tiết kiệm năng lượng của ESP32, việc sử dụng một phiên bản FreeRTOS tùy biến (tính mở của hệ điều hành này cho phép tùy biến đơn giản hơn) là phù hợp.

Khi thử nghiệm hệ thống trong phòng thí nghiệm, kết quả đánh giá khả năng tiết kiệm năng lượng khi sử dụng hệ điều hành tùy biến là hoàn toàn vượt trội. Khi một cụm được kết nối với càng nhiều nút thì chỉ số tiết kiệm năng lượng sẽ tăng lên đáng kể, cụ thể là tăng theo cấp số nhân. Một ví dụ đơn giản, trong một cụm nút cảm biến được kết nối bao gồm 3 nút, nếu không sử

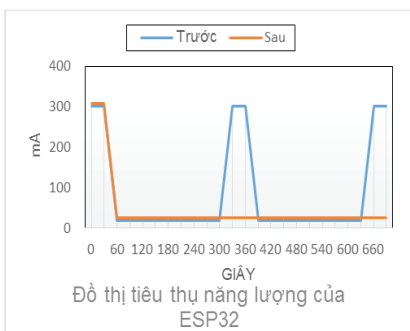
dụng hệ điều hành tùy biến, trong 3 chu kỳ gửi dữ liệu, mỗi nút đều phải thực hiện tác vụ gửi, sau 3 chu kỳ đã tiêu tốn đến 3 đơn vị năng lượng cho mỗi nút. Trong khi đó, nếu sử dụng hệ điều hành tùy biến, sau 3 chu kỳ gửi dữ liệu, mỗi nút trong cụm chỉ cần gửi một lần, nên hệ thống chỉ tốn một đơn vị năng lượng cho mỗi nút (hình 2, 3).



Hình 2. Đồ thị tiêu thụ năng lượng của ESP32 trong mô hình phòng thí nghiệm.



Hình 3. So sánh mức độ tiêu hao năng lượng trước và sau khi áp dụng kịch bản tiết kiệm đối với 1 cụm 3 nút ESP32 trong 3 chu kỳ gửi dữ liệu.



Hình 4. Đồ thị tiêu thụ năng lượng của ESP32 trong mô hình thực nghiệm.

Khi thử nghiệm trong môi trường thực để đánh giá khả năng tiết kiệm năng lượng của nút cảm biến cho thấy, kết quả không chênh lệch quá nhiều so với trong phòng thí nghiệm (hình 4).

Kết luận

Tích hợp hệ điều hành FreeRTOS đã tùy biến vào ESP32 để điều khiển hệ thống thủy canh thông minh mang lại hiệu quả tiết kiệm điện năng rõ rệt. Điều này sẽ giúp tối ưu hóa các hệ thống thủy canh thông minh, nâng cao giá trị gia tăng cho người sử dụng. Ngoài ra, còn rất nhiều vấn đề khác có thể được khai thác và tối ưu hiệu quả nhờ sử dụng và tùy biến FreeRTOS.

LỜI CẢM ƠN

Các nghiên cứu trong bài báo này được hỗ trợ bởi đề tài “Giải pháp Hệ điều hành mã nguồn mở tiếp kiệm năng lượng cho các thiết bị IoT”. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Giới thiệu module ESP32 và hướng dẫn cài trình biên dịch trên Arduino Ide, <http://arduino.vn/tutorial/1570-gioi-thieu-module-esp32-va-huong-dan-cai-trinh-bien-dich-tren-arduino-ide>.
2. Tô Thị Thu Hà, Ngô Thị Hạnh, Lê Thị Tình, Trịnh Khắc Quang, Nguyễn Văn Tuất, Bùi Thị Thu Hợp, Cho Von Dae, Pák Chôn Keun (2012), *Kỹ thuật trồng và chăm sóc xà lách, cải củ, bí ngòi của Hàn Quốc tại miền Bắc Việt Nam*, Nhà xuất bản Nông nghiệp.
3. T.T. Thủy (2018), *Ứng dụng công nghệ thông tin vào nông nghiệp với giải pháp thông minh Hachi*, <http://dantri.com.vn/khoa-hoc-cong-nghe/ung-dung-cong-nghe-thong-tin-vao-nong-nghiep-voi-giai-phap-thong-minh-hachi-20161116060455163.htm>.