

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN THỊ KIM PHỤNG

**HỆ THỐNG THU THẬP THÔNG TIN MÔI TRƯỜNG
CHO NÔNG NGHIỆP VÀ HỖ TRỢ ĐIỀU CHỈNH
ĐIỀU KIỆN MÔI TRƯỜNG PHÙ HỢP
CHO CÂY DƯA LƯỚI**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

TP.HỒ CHÍ MINH – NĂM 2022

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN THỊ KIM PHỤNG

**HỆ THỐNG THU THẬP THÔNG TIN MÔI TRƯỜNG
CHO NÔNG NGHIỆP VÀ HỖ TRỢ ĐIỀU CHỈNH
ĐIỀU KIỆN MÔI TRƯỜNG PHÙ HỢP
CHO CÂY DƯA LƯỚI**

Chuyên ngành: Hệ thống thông tin

Mã số: 8.48.01.04

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

PGS.TS ĐINH ĐỨC ANH VŨ

TP. HỒ CHÍ MINH – NĂM 2022

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan rằng luận văn: *“Hệ thống thu thập thông tin môi trường cho nông nghiệp và hỗ trợ điều chỉnh điều kiện môi trường phù hợp cho cây dưa lưới”* là công trình nghiên cứu của chính tôi.

Tôi cam đoan các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Không có sản phẩm/nghiên cứu nào của người khác được sử dụng trong luận văn này mà không được trích dẫn theo đúng quy định.

TP. Hồ Chí Minh, ngày 04 tháng 05 năm 2022

Học viên thực hiện luận văn

Nguyễn Thị Kim Phụng

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc nhất đến giảng viên hướng dẫn trực tiếp của tôi - **PGS.TS Đinh Đức Anh Vũ**. Cảm ơn Thầy đã hết lòng giúp đỡ, lắng nghe và đưa ra những nhận xét quý báu, góp ý và dẫn dắt hướng dẫn tôi đi đúng hướng trong suốt thời gian thực hiện đề tài luận văn thạc sĩ.

Tôi cũng xin trân trọng cảm ơn các Thầy Cô giáo Khoa Đào tạo Sau đại học - Học viện Công nghệ Bru chính viễn thông Cơ sở Thành phố Hồ Chí Minh đã truyền đạt những kiến thức chuyên môn sâu rộng trong ngành cho tôi, có được nền tảng kiến thức hỗ trợ rất lớn cho tôi trong quá trình nghiên cứu, hoàn thiện luận văn.

Tôi xin chân thành cảm ơn gia đình, bạn bè, đồng nghiệp trong cơ quan đã động viên, hỗ trợ tôi trong lúc khó khăn để tôi có thể học tập và hoàn thành luận văn. Mặc dù đã có nhiều cố gắng, nỗ lực, nhưng do thời gian và kinh nghiệm nghiên cứu khoa học còn hạn chế nên không thể tránh khỏi những thiếu sót. Tôi rất mong nhận được sự góp ý của quý Thầy Cô cùng bạn bè đồng nghiệp để kiến thức của tôi ngày một hoàn thiện hơn.

Xin chân thành cảm ơn!

TP. Hồ Chí Minh, ngày 04 tháng 05 năm 2022

Học viên thực hiện luận văn

Nguyễn Thị Kim Phụng

DANH SÁCH HÌNH VẼ

Hình 1. 1: Giao thức Modbus.....	17
Hình 1. 2: Gói tin Modbus	17
Hình 1. 3: Bảng mã code.....	18
Hình 1. 4: Giao thức UART.....	20
Hình 1. 5: Kết nối trong giao thức UART	21
Hình 1. 6: Cấu trúc của 1 gói dữ liệu UART	21
Hình 2. 1: Mô hình hệ thống cảm biến không dây.....	27
Hình 2. 2: Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm	28
Hình 2. 3: Cảm biến độ ẩm đất	29
Hình 2. 4: Cảm biến ánh sáng	30
Hình 2. 5: MCU STM8C005K6T6	30
Hình 2. 6: Các thông số của MCU STM8.....	31
Hình 2. 7: Sơ đồ chân của MCU STM8.....	31
Hình 2. 8: Module RF SI4463.....	33
Hình 2. 9: Orange Pi Zero	34
Hình 2. 10: Orange pi.....	36
Hình 3. 1: Mô hình nhà lưới trồng dưa lưới.....	37
Hình 3. 2: Mô hình nhà lưới trồng dưa lưới.....	38
Hình 3. 3: Hệ thống dây tưới	38
Hình 3. 4: Hệ thống dây tưới	38
Hình 3. 5: Node cảm biến bao gồm các cảm biến và module RF.....	41
Hình 3. 6: Lưu đồ truyền nhận dữ liệu từ các node	42
Hình 3. 7: Module gateway kết nối trực tiếp node cơ sở.....	43
Hình 3. 8 Biểu đồ hiển thị dữ liệu môi trường nhận về	43
Hình 3. 9: Trạng thái bật máy quạt tự động khi nhiệt độ vượt ngưỡng của cây trồng	44
Hình 3. 10: Trạng thái bật máy quạt tự động khi nhiệt độ, độ ẩm vượt ngưỡng của cây trồng	45

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 1.1. Bảng so sánh các công nghệ mạng không dây	14
Bảng 3.5: Cấu trúc dữ liệu truyền theo giao thức Modbus	41

DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh
APO	Advanced Planner and Optimizer
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
MAC	Media Access Control
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
NWK	Network
APS	Application Processing Services
ZDO	ZigBee device objects
APO	Advanced Planner and Optimizer
TTL	Time to Live
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
M2M	Machine-to-Machine
RF	Radio Frequency
MCU	Multipoint Control Unit

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
DANH SÁCH HÌNH VẼ	iii
DANH SÁCH BẢNG	iv
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT	v
MỞ ĐẦU	1
1. Lý do chọn đề tài	1
2. Tổng quan vấn đề nghiên cứu	2
3. Mục tiêu nghiên cứu	4
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	4
5. Phương pháp nghiên cứu	5
6. Cấu trúc luận văn	5
Chương 1 - NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN	6
1.1 Mạng cảm biến không dây	6
1.2 Các phương thức truyền dữ liệu không dây	9
1.3 Giao thức truyền dữ liệu	14
Chương 2 - PHÂN TÍCH THIẾT KẾ HỆ THỐNG	25
2.1 Phương án truyền dữ liệu không dây giao thức Modbus kết hợp sóng không dây RF	26
2.2 Node cảm biến	27
2.3 Trung tâm thu thập dữ liệu	33
Chương 3 - TRIỂN KHAI XÂY DỰNG ỨNG DỤNG	37
3.1 Triển khai hệ thống	37
3.2 Triển khai thực nghiệm hệ thống	43
Chương 4 - ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM	46
4.1 Nhận xét kết quả thử nghiệm ứng dụng	46
4.2 Hướng nghiên cứu mở rộng	48
KẾT LUẬN	50
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO	51

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Trong nông nghiệp trồng trọt truyền thống, yếu tố khí hậu, thời tiết, thổ nhưỡng đóng vai trò quyết định việc lựa chọn loại cây trồng, sự phát triển cũng như kết thu được từ sản lượng đến chất lượng. Ngành nông nghiệp trồng trọt cũng đối mặt với nhiều khó khăn, thách thức: tình hình dịch bệnh xảy ra trên cả cây trồng; các thị trường tiêu thụ nông sản ngày càng yêu cầu khắt khe về chất lượng sản phẩm, vệ sinh an toàn thực phẩm, truy xuất nguồn gốc,... hội nhập kinh tế; biến đổi khí hậu đã và đang thực sự ảnh hưởng đến khả năng thích ứng và cạnh tranh trong sản xuất và tiêu thụ nông sản. Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, lĩnh vực nông nghiệp trên thế giới và cả nước đang phát triển mạnh mẽ, hướng tới phát triển nền nông nghiệp công nghệ cao, ứng dụng khoa học thông minh. Ứng dụng khoa học và công nghệ trong lĩnh vực nông nghiệp đang phát triển mạnh mẽ, thế giới và cả nước đang hướng tới phát triển nền nông nghiệp công nghệ cao, ứng dụng khoa học thông minh. Tuy nhiên tại Tây Ninh vẫn chủ yếu là thủ công và phụ thuộc khá nhiều vào điều kiện tự nhiên, thời tiết và các loại cây trồng truyền thống. Hiện nay tỉnh Tây Ninh đang chú trọng phát triển kinh tế- xã hội với một số nhiệm vụ trọng tâm, trong đó phát triển nông nghiệp theo hướng ứng dụng công nghệ cao là nhiệm vụ trọng tâm thứ hai để vươn lên trở thành tỉnh phát triển khá của vùng Đông Nam bộ và cả nước vào năm 2030. Nhằm giúp cho người trồng ở Tây Ninh tiếp cận được rộng rãi các ứng dụng công nghệ cao để quản lý được môi trường của vườn trồng, trang trại ở ngoài trời, hay chuyển đổi cây trồng mới có giá trị kinh tế cao hơn như măng tây, dưa lưới, bí ngòi, cà chua, ớt chuông, hoa lan hồ điệp,... trong nông trại nhà kính. Vấn đề đặt ra là làm sao triển khai được một hệ thống thu thập thông tin môi trường cho một nông trại một cách hiệu quả, dễ triển khai, dễ mở rộng mà còn có thể phân tích và đưa ra giải pháp giúp cải thiện môi trường từ đó cải thiện năng suất cây trồng là một việc hết sức cần thiết cho nền nông nghiệp chính xác. Từ những lý do trên, tôi lựa

chọn đề tài nghiên cứu “Hệ thống thu thập thông tin môi trường cho nông nghiệp và hỗ trợ điều chỉnh điều kiện môi trường phù hợp cho cây dưa lưới”.

2. Tổng quan vấn đề nghiên cứu

Tại Việt Nam và trên thế giới đã có nhiều công trình, bài báo, luận văn nghiên cứu ứng dụng công nghệ cảm biến không dây vào nông nghiệp.

Nguyễn Chí Nhân, Phạm Ngọc Tuấn, Nguyễn Huy Hoàng [3], “Mạng cảm biến không dây ứng dụng cho nông nghiệp công nghệ cao”, bài báo trong Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Tự nhiên, đăng ngày 31/12/2019. Trên cơ sở so sánh một số công trình nghiên cứu trước đây về mạng cảm biến không dây của các tác giả Niesk Gondchawar [9], Lê Đình Tuấn [1] Ayesha Siddique [10], các tác giả bài báo thiết kế mô hình mạng cảm biến không dây thu thập dữ liệu môi trường dựa trên công nghệ LoRa, trong đó sử dụng module thu phát LoRa SX1278, board mạch điều khiển (NodeMCU) có tích hợp module kết nối mạng WiFi (ESP8266), board mạch điều khiển Arduino Uno, và sử dụng nền tảng ứng dụng trên điện thoại thông minh được thiết kế chạy trên nền Android và iOS là Blynk.

Lê Công Huynh [2], “Hệ thống cảm biến IoT trong nông nghiệp công nghệ cao”, luận văn thạc sỹ Vật lý kỹ thuật (2020), Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam. Luận văn xây dựng một mạng cảm biến không dây có đủ khả năng thu thập các dữ liệu cảm biến theo thời gian thực. Mạng cảm biến hoạt động linh hoạt, liên tục đồng thời tiết kiệm năng lượng. Dữ liệu sau khi thu thập sẽ được lưu giữ trên một cơ sở điện toán đám mây phục vụ công tác xử lý thông tin về sau. Qua tìm hiểu, hệ thống này sử dụng mạch RF UART SI4463 433Mhz HC-12, khối trung tâm cảm biến sử dụng modul Arduino Nano V3.0 ATmega328P, và sử dụng dịch vụ ThingSpeak là một dịch vụ nền tảng phân tích IoT cho phép người dùng tổng hợp, trực quan hóa và phân tích các luồng dữ liệu trên đám mây để xây dựng hệ thống IoT mà không cần thiết lập máy chủ hoặc xây dựng phần mềm web.

Nguyễn Thị Nga, Đào Thị Mơ, Tống Thị Lan, Nguyễn Thúy May, Đàm Đức Cường, Nguyễn Thị Thu Hiền [4], “Ứng dụng Arduino trong thiết kế hệ thống giám

sát nhiệt độ, độ ẩm và tưới nước tự động phục vụ nông nghiệp tỉnh Thái Bình”, bài báo Tạp chí Công Thương - Các kết quả nghiên cứu khoa học và ứng dụng công nghệ, Số 13, tháng 6 năm 2020. Qua tìm hiểu cho thấy hệ thống này thực hiện giám sát nhiệt độ, độ ẩm và tưới nước tự động ứng dụng Arduino sẽ được cài đặt để đo nhiệt độ, độ ẩm và hiển thị giá trị đo được trên LCD, để thu thập và điều khiển hệ thống tưới, lưu trữ về máy tính hiển thị lên màn hình LCD, chưa thực hiện kết nối lên web hoặc ứng dụng điện thoại thông minh.

Trịnh Minh Phương [5], “Nghiên cứu ứng dụng IoT cho giám sát môi trường”, luận văn thạc sỹ công nghệ thông tin (2016), đại học Công nghệ -Đại học Quốc gia Hà Nội. Luận văn có thực hiện một thực nghiệm cho mạng cảm biến để giám sát các thông số môi trường tiêu biểu (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng) đối với việc bảo quản, vận chuyển thực phẩm tươi sống. Hệ thống được thiết kế và chạy thực nghiệm demo với máy tính nhúng Raspberry Pi và các Sensor cảm biến DHT22 và BH1570 đã kết nối với modul Arduino, cài đặt NAS server để lưu trữ dữ liệu.

Trần Hồng Hải [6], “Nghiên cứu xây dựng mạng cảm biến không dây dựa trên giao thức LEACH và ZigBee”, luận văn thạc sỹ công nghệ thông tin (2018), đại học quốc gia Hà Nội. Luận văn nghiên cứu, tìm hiểu mạng cảm biến không dây ZigBee và giao thức truyền thông LEACH. Sau đó áp dụng giao thức truyền thông LEACH vào trong mạng cảm biến không dây ZigBee nhằm giúp ZigBee và mạng cảm biến không dây nói chung giải quyết những vấn đề gặp phải như: Tiết kiệm năng lượng, kéo dài sự sống và ổn định cho các node thành phần trong mạng.

Có nhiều nghiên cứu ứng dụng các công nghệ khác nhau về đề tài mạng cảm biến không dây và Hệ thống thu thập thông tin môi trường cho nông nghiệp. Tuy nhiên, phạm vi đề tài luận văn chỉ tập trung xây dựng ứng dụng cho hệ thống thu thập thông tin môi trường cho nông nghiệp chính xác và đề xuất giải pháp cải thiện năng suất cây trồng sử dụng chip RF SI4463 kết hợp MCU STM8S005, máy tính nhúng nhỏ gọn giá rẻ Orange pi đưa dữ liệu lên web hiển thị cho người trồng theo dõi, giám sát, cài đặt điều khiển từ xa. Hệ thống này không những tối ưu về mặt chi phí mà còn có khả năng mở rộng trên quy mô diện tích rộng với khả năng tiết kiệm năng lượng

cho mạng cảm biến dữ liệu được thu thập linh hoạt theo nhu cầu và ứng dụng trên nền web có thể truy cập bất cứ đâu thuận tiện cho việc theo dõi và điều khiển hệ thống.

3. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu tổng quát

Xây dựng mạng cảm biến không dây gồm nhiều node cảm biến thu thập số liệu môi trường bao gồm nhiệt độ, độ ẩm, độ sáng, độ pH. Dữ liệu thu thập được truyền không dây về máy chủ để tổng hợp, xử lý, hiển thị và đưa ra cảnh báo, hỗ trợ ra quyết định trong giải pháp theo dõi và chăm sóc cây trồng thông minh, trong luận văn này lựa chọn cây dưa lưới.

Mục tiêu cụ thể

- Cung cấp một Dashboard cho giám sát môi trường vườn trồng: 1). Hiển thị kết quả dữ liệu thu thập được qua các node cảm biến theo thời gian thực bằng biểu đồ để xác định điều kiện môi trường ứng với từng khu vực, 2). Cho phép xem các dữ liệu lịch sử bằng đồ thị theo yêu cầu, 3). Hiển thị các thông tin, thiết lập các mức cảnh báo và giám sát cần thiết cho từng giai đoạn phát triển của cây trồng.
- Cho phép cài đặt các thông số thu thập dữ liệu cảm biến như tần suất thu thập, số lượng node (chọn 02 node), số lượng cảm biến (chọn 03 cảm biến)... nhằm phù hợp cho từng giai đoạn, từng cây trồng.
- Cho phép người trồng điều khiển các thiết bị hoặc tự cài đặt để hệ thống tự động ra quyết định điều khiển các thiết bị mái che, quạt thông gió, bơm tưới nước (hoặc phun sương) để cải thiện thông số môi trường hiện tại.
- Đưa ra các cảnh báo hoặc tự động điều chỉnh hệ thống theo các giai đoạn phát triển của cây dưa lưới.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu:

- Các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, độ sáng, độ pH.
- Kỹ thuật truyền, nhận dữ liệu không dây sử dụng chip RF SI4463 kết hợp MCU STM8S005, bằng giao thức Modbus,...

- Ngưỡng điều kiện môi trường cho cây dưa lưới trong từng giai đoạn phát triển.

Phạm vi nghiên cứu:

- Hệ thống gồm 2 node cảm biến thu thập dữ liệu môi trường trong nhà kính trồng dưa lưới.

- Theo dõi 01 giai đoạn phát triển của cây dưa lưới (phù hợp trong khuôn khổ thời gian thực hiện luận văn).

5. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết và xây dựng ứng dụng thực nghiệm:

- Thu thập các tài liệu có liên quan tới đề tài, các thông số môi trường phù hợp cho cây dưa lưới trong từng giai đoạn phát triển.

- Nghiên cứu và lựa chọn trong các ứng dụng công nghệ truyền dữ liệu không dây như Bluetooth, Lora, Wifi, RF với IC chuyên dụng, giao thức truyền nhận dữ liệu... để xây dựng hệ thống thực nghiệm.

- Tiến hành cho hệ thống chạy thử nghiệm để đánh giá kết quả, đề xuất hướng mở rộng của đề tài để triển khai thực tế trong khu vực trồng dưa lưới nhà kính ở Tây Ninh.

6. Cấu trúc luận văn

Ngoài phần mở đầu, mục lục, kết luận và kiến nghị, danh mục hình vẽ, danh mục bảng biểu, tài liệu tham khảo, phụ lục, phần chính của luận văn gồm 4 chương như sau:

Chương 1: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN

Chương 2: PHÂN TÍCH THIẾT KẾ

Chương 3: TRIỂN KHAI ỨNG DỤNG

Chương 4: ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

Chương 1 - NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN

Trong chương này trình bày các khái niệm về mạng cảm biến không dây, các hình thức truyền dữ liệu trong mạng để có cơ sở lựa chọn công nghệ cho hệ thống.

1.1 Mạng cảm biến không dây

1.1.1 Khái niệm

Mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Network – WSN) là mạng bao gồm nhiều cụm cảm biến được liên kết với nhau và liên kết với trung tâm thu thập dữ liệu bằng các dạng kết nối không dây. Các cụm cảm biến được gọi là các nút (node) thực hiện nhiệm vụ thu thập thông tin dữ liệu phân tán với quy mô lớn trong bất kỳ điều kiện và ở bất kỳ vùng địa lý nào. Các dữ liệu thu thập tùy theo từng ứng dụng cụ thể có thể là các điều kiện về môi trường, thời tiết, Hệ thống được triển khai cho các ứng dụng chuyên dụng khác nhau như điều khiển, giám sát và an ninh; y tế; đo đạc môi trường; nông nghiệp chính xác hay nhà thông minh... Thông qua việc thu thập dữ liệu từ các thiết bị cảm biến của các node, từ đó giúp đánh giá được thực trạng của hệ thống đang muốn điều khiển giám sát và đưa ra quyết định phù hợp. Lợi thế lớn nhất của WSN là khả năng triển khai dễ dàng trong mọi điều kiện môi trường, địa lý thông qua việc kết nối không dây. Một số nhược điểm của mạng cảm biến không dây là khoảng cách truyền dữ liệu và nguồn năng lượng nuôi các node cảm biến, và trong một số hệ thống quy mô lớn thì phương thức truyền nhận dữ liệu cũng rất quan trọng nhằm tránh việc nghẽn mạch hay nhận sai dữ liệu, mất dữ liệu. Các nhược điểm này dần được khắc phục dần qua sự phát triển vượt bậc của khoa học và công nghệ nhờ đó mà WSN ngày càng được ứng dụng nhiều trong tất cả các lĩnh vực.

Ngày nay WSN được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, trong đó có nông nghiệp công nghệ cao. Thông qua việc triển khai mạng cảm biến không dây trong khu vực trồng trọt, các hệ thống WSN dễ dàng thu thập các dữ liệu về điều kiện môi trường của cây trồng từ đó đưa ra phương pháp chăm sóc phù hợp cho từng giai đoạn phát triển.

1.1.2 Node mạng

Mỗi node mạng bao gồm bốn thành phần cơ bản là: bộ cảm biến (có thể bao gồm nhiều cảm biến tùy theo yêu cầu hệ thống), bộ xử lý, bộ thu phát không dây và nguồn điện.

Trong nông nghiệp chính xác, các node cảm biến thường bao gồm các cảm biến để xác định các điều kiện môi trường phát triển của cây trồng như nhiệt độ, độ ẩm, độ sáng, độ pH,...

Cảm biến nhiệt độ

- Là cảm biến được dùng để xác định nhiệt độ, khi nhiệt độ thay đổi làm thay đổi một dạng tín hiệu của cảm biến mà sự thay đổi này sẽ được đọc và quy ra nhiệt độ. Với mỗi loại cảm biến sẽ có dạng tín hiệu khác nhau. Có loại thì đưa ra tín hiệu điện trở, được gọi là nhiệt điện trở hoặc có tên gọi khác là RTD. Có loại đưa ra tín hiệu mV được gọi là cặp nhiệt. Có loại sử dụng bức xạ ánh sáng để tính ra nhiệt độ vật thể mà không cần tiếp xúc gọi là hỏa quang kế hay Pyrometer.

- Ngày nay các cảm biến nhiệt độ được chế tạo từ bán dẫn cho độ chính xác cao, tầm đo rộng, mạch đơn giản thích hợp ứng dụng đo nhiệt độ môi trường.

Cảm biến độ ẩm không khí

- Là cảm biến dùng để đo cả độ ẩm và nhiệt độ không khí. Tỷ lệ độ ẩm trong không khí với độ ẩm cao nhất ở nhiệt độ không khí cụ thể được gọi là độ ẩm tương đối. Có ba loại cảm biến độ ẩm cơ bản: Điện dung, điện trở, nhiệt.

○ Điện dung: Trong điều kiện không có ẩm, điện dung (khả năng tích trữ điện tích) được xác định bởi dạng hình học của tụ điện và điện trở cho phép (hằng số điện môi) của vật liệu điện môi. Hằng số điện môi của hơi nước ở nhiệt độ phòng bình thường là khoảng 80, lớn hơn nhiều so với hằng số điện môi của vật liệu điện môi. Khi vật liệu điện môi hấp thụ hơi nước từ không khí xung quanh, hằng số điện môi tăng lên, làm tăng điện dung của cảm biến. Có mối quan hệ trực tiếp giữa độ ẩm tương đối trong không khí, lượng ẩm chứa trong vật liệu điện môi và điện dung của cảm biến. Sự thay đổi hằng số điện môi tỷ lệ thuận với giá trị của độ ẩm tương đối. Từ sự thay đổi điện dung mà ta có thể đo được qua đó xác định độ ẩm tương đối. Cảm

biến là một phần tử trong chuỗi cũng bao gồm một đầu dò, cáp và bộ phận điện tử (mạch tín hiệu) lấy tín hiệu từ cảm biến và tạo ra tín hiệu đầu ra được điều chỉnh cho mục đích sử dụng và ứng dụng mong muốn. Cảm biến độ ẩm điện dung cung cấp số đọc ổn định theo thời gian và có khả năng phát hiện một phạm vi rộng trong độ ẩm tương đối.

○ Điện trở: Cảm biến độ ẩm điện trở sử dụng sự thay đổi điện trở suất đo được giữa hai điện cực để thiết lập giá trị của độ ẩm tương đối. Thiết bị chứa một lớp dẫn hút ẩm ở dạng màng cảm biến độ ẩm polyme được gắn trên đế. Màng dẫn điện chứa một tập hợp các điện cực giống như chiếc lược, thường được lắng đọng từ kim loại quý như vàng, bạc hoặc bạch kim, được đặt theo kiểu xen kẽ để tăng diện tích tiếp xúc giữa các điện cực và vật liệu dẫn điện. Điện trở suất của vật liệu dẫn điện sẽ thay đổi tỷ lệ nghịch với lượng ẩm được hấp thụ. Khi hơi nước được hấp thụ nhiều hơn, vật liệu phi kim loại dẫn điện tăng độ dẫn điện và do đó điện trở suất giảm. Cảm biến độ ẩm điện trở là thiết bị giá rẻ có diện tích nhỏ và có thể thay thế cho nhau một cách dễ dàng. Không giống như cảm biến độ ẩm điện dung, cảm biến độ ẩm điện trở có thể hoạt động trong các ứng dụng giám sát từ xa nơi khoảng cách giữa phần tử cảm biến và mạch tín hiệu lớn.

○ Nhiệt: Cảm biến độ ẩm dẫn nhiệt hoạt động bằng cách tính toán sự khác biệt về độ dẫn nhiệt của không khí khô và không khí ẩm. Hai nhiệt điện trở NTC được treo bằng dây mỏng với cảm biến. Một trong các nhiệt điện trở nằm trong một buồng tiếp xúc với không khí qua một loạt các lỗ thông gió. Nhiệt điện trở thứ hai được đặt trong một buồng khác bên trong cảm biến được làm kín bằng nitơ khô. Một mạch cầu dẫn điện truyền dòng điện đến các nhiệt điện trở bắt đầu tự tỏa nhiệt. Vì một trong những nhiệt điện trở tiếp xúc với độ ẩm từ không khí nên nó sẽ có độ dẫn điện khác nhau. Có thể thực hiện phép đo chênh lệch điện trở của hai nhiệt điện trở, tỷ lệ thuận với độ ẩm tuyệt đối. Cảm biến độ ẩm dẫn nhiệt thích hợp sử dụng trong môi trường có nhiệt độ cao hoặc môi trường ăn mòn, độ bền cao và có thể cung cấp độ phân giải cao hơn so với các loại cảm biến độ ẩm khác.

Cảm biến độ ẩm đất

- Cảm biến độ ẩm đất có thể đo được độ ẩm của đất nơi đặt cảm biến thông qua điện áp được tạo ra theo trạng thái độ ẩm của đất. Khi đất có độ ẩm cao tín hiệu ra là 0V, khi đất khô, độ ẩm thấp tín hiệu ra là mức cao (5V), độ nhạy cảm biến được điều chỉnh thông qua biến trở.

Cảm biến độ sáng

- Cảm biến ánh sáng là thiết bị có thể đo được cường độ ánh sáng. Cảm biến có thể đo được độ sáng mặt trời, đo độ sáng bóng đèn, đèn led... Khi cảm biến hấp thụ ánh sáng với cường độ đo từ 0-65000 Lux. Trong ứng dụng nông nghiệp, ánh sáng giúp cây trồng có thể sinh trưởng tốt, hạn chế cây phát triển không tốt vì thiếu sáng. Đặc biệt là trong các vườn ươm, nhà kính. Việc sử dụng những nguồn sáng nhân tạo là cần thiết. Cảm biến ánh sáng có thể dùng bật tắt hệ thống chiếu sáng, hoặc các hệ thống cửa lùa để lấy ánh sáng tự nhiên từ mặt trời.

1.1.3 Trung tâm thu thập dữ liệu

Mạng cảm biến không dây gồm hệ thống nhiều node cảm biến được đặt tại các vị trí cần thu thập thông tin rải rác trong hệ thống. Các thông tin thu thập được sẽ truyền về một nút cơ sở hay còn gọi là sink và truyền về trung tâm thu thập dữ liệu người dùng cuối để xử lý, sử dụng. Trong hệ thống nhỏ, node cơ sở và trung tâm thu thập dữ liệu có thể là một, đối với các hệ thống lớn, sẽ bao gồm nhiều cụm node cảm biến, truyền thông tin về một nút cơ sở, các nút cơ sở sẽ truyền thông tin về cho trung tâm thu thập dữ liệu người dùng cuối.

Mỗi node cơ sở bao gồm ba thành phần cơ bản là: bộ xử lý, bộ thu phát không dây và nguồn điện.

1.2 Các phương thức truyền dữ liệu không dây

1.2.1 ZigBee

ZigBee là một giao thức truyền thông bậc cao được phát triển dựa trên chuẩn truyền thông không dây IEEE 802.15.4, sử dụng tín hiệu radio cho các mạng cá nhân PAN. Nó được xem là một giải pháp thay thế cho Wifi và Bluetooth của một số ứng dụng bao gồm các thiết bị sử dụng năng lượng thấp mà không cần nhiều băng thông - như các hệ thống cảm biến trong nhà thông minh. Ba dải tần số phổ biến là: dải

915MHz cho khu vực Bắc Mỹ, dải 868 MHz cho Châu Âu, Nhật và dải 2.4GHz cho các nước khác.

Cấu trúc của Zigbee

Ngoài 2 tầng vật lý và tầng MAC xác định bởi tiêu chuẩn IEEE 802.15.4, ở tiêu chuẩn ZigBee còn có thêm các tầng trên của hệ thống bao gồm: tầng mạng, tầng hỗ trợ ứng dụng, tầng đối tượng thiết bị và các đối tượng ứng dụng.

Trong các mạng Zigbee cơ bản sẽ có 3 loại thiết bị

Zigbee Coordinator (ZC): Đây được gọi là thiết bị gốc có nhiệm vụ quyết định kết cấu mạng, quy định cách đánh địa chỉ và lưu trữ bảng địa chỉ. Mỗi mạng chỉ có duy nhất một ZC và nó cũng là thiết bị duy nhất “nói chuyện” được với các mạng khác.

Zigbee Router (ZR): Thiết bị này sẽ có nhiệm vụ định tuyến trung gian trong việc truyền dữ liệu, nó sẽ tự phát hiện và lập bản đồ các nút xung quanh cũng như là theo dõi và điều khiển các nút hoạt động bình thường.

Zigbee End Device (ZED): Gọi là thiết bị điểm cuối và nó sẽ giao tiếp với ZC và ZR ở gần nó nhất. Chúng có nhiệm vụ đọc thông tin từ các thành phần vật lý, chúng thường ở trạng thái nghỉ và chỉ làm việc khi cần chuyển hoặc nhận thông điệp nào đó.

Đặc điểm và cấu trúc mạng Zigbee Tín hiệu công nghệ Zigbee có thể truyền xa đến 75m tính từ trạm phát và khoảng cách có thể xa hơn rất nhiều nếu được tiếp tục phát từ các node liên kết tiếp theo trong cùng hệ thống. Cơ chế định địa chỉ 64bit có thể mở rộng đến 65000 node được liên kết.

1.2.2 Bluetooth

Bluetooth Low Energy (BLE) xuất hiện vào năm 2010 để góp phần giải quyết những vấn đề về kết nối và truyền nhận dữ liệu trong thời kì phát triển nhanh chóng của các thiết bị trong lĩnh vực Internet of Things (IoT) bao gồm cảm biến, thiết bị đeo, thiết bị y tế, Bên cạnh đó, BLE đã hỗ trợ mô hình kết nối mạng mesh. Trong mô hình kết nối đó các thiết bị BLE có thể gửi bản tin cho nhau hay chuyển tiếp bản

tin đến các thiết bị khác ở trong mạng. Đến tháng 7/2017 thì chuẩn Bluetooth Mesh đã chính thức phát hành.

Với mục tiêu mở rộng kết nối giữa các thiết bị Bluetooth, Bluetooth Mesh ra đời và được xây dựng dựa trên BLE. Bluetooth mesh chỉ sử dụng trạng thái Advertising/Scanning của thiết bị BLE. Điều này có nghĩa là các thiết bị nằm trong mạng Bluetooth mesh sẽ không kết nối lẫn nhau như cách truyền thống mà BLE đã làm. Thay vào đó, các thiết bị sẽ chuyển tiếp bản tin cho nhau thông qua các gói tin Advertising và sẽ được nhận bởi các thiết bị khác trong mạng thông qua Scanning.

Cách trao đổi bản tin trong mạng Bluetooth mesh thông qua cơ chế Publish/Subscribe. Publish là hoạt động gửi bản tin đi. Subscribe là cấu hình đăng kí một địa chỉ nhất định để nhận các bản tin Pushlish sau đó xử lý. Thông thường, tin nhắn được gửi đến Group address hoặc Virtual address. Mạng lưới sử dụng phương thức Pushlish/Subscribe để cho phép các nút gửi bản tin cho nhau. Các Node có thể Subscribe nhiều địa chỉ vào địa chỉ nhóm. Ngoài ra, nhiều nút có thể Publish đến cùng một địa chỉ.

1.2.3 Lora

LoRa là viết tắt của Long Range Radio được nghiên cứu và phát triển bởi Cycleo và sau này được mua lại bởi công ty Semtech năm 2012. Là một công nghệ điều chế RF cho mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN), với công nghệ này, chúng ta có thể truyền dữ liệu với khoảng cách lên hàng km với hàng triệu node mạng mà không cần các mạch khuếch đại công suất; từ đó giúp tiết kiệm năng lượng tiêu thụ khi truyền nhận dữ liệu. Do đó, LoRa có thể được áp dụng rộng rãi trong các ứng dụng thu thập dữ liệu như một mạng cảm biến trong đó các node cảm biến có thể gửi giá trị đo đạc về trung tâm cách xa hàng km và có thể hoạt động với pin trong thời gian dài trước khi cần thay pin.

Nhờ sử dụng chirp signal mà các tín hiệu LoRa với các chirp rate khác nhau có thể hoạt động trong cùng 1 khu vực mà không gây nhiễu cho nhau. Điều này cho phép nhiều thiết bị LoRa có thể trao đổi dữ liệu trên nhiều kênh đồng thời (mỗi kênh cho một chirprate)

Ưu điểm của mạng LoRa

- + Cảm biến công suất thấp và vùng phủ sóng rộng được đo bằng km.
- + Hoạt động trên tần số miễn phí, không có chi phí cấp phép trả trước để sử dụng công nghệ.
- + Thiết bị gateway LoRa đơn được thiết kế để giao tiếp nhiều thiết bị đầu cuối.
- + Dễ triển khai.
- + Chi phí kết nối thấp.
- + Tính bảo mật cao.
- + Giao tiếp hai chiều đầy đủ.

Những điểm hạn chế của mạng LoRa

- + Không dành cho tải trọng dữ liệu lớn, tải trọng giới hạn ở 100 byte.
- + Không cho giám sát liên tục (trừ các thiết bị lớp C).
- + Không phải là ứng cử viên lý tưởng cho các ứng dụng thời gian thực đòi hỏi độ trễ thấp hơn và yêu cầu thiết bị ràng buộc.
- + Nhược điểm của tần số mở là bạn có thể bị nhiễu tần số đó và tốc độ dữ liệu có thể thấp.

1.2.4 Công nghệ RF tùy biến với IC chuyên dụng

Khác với các mạng không dây trên, mặc dù cũng sử dụng sóng RF – sóng vô tuyến để thu phát nhưng mạng RF có tính tùy biến cao hơn chứ không dự trên giao thức được thiết lập sẵn. Với các IC chuyên dụng, chúng ta có thể tùy biến thiết lập giao thức theo nhu cầu và mục đích sử dụng. Khi mục đích chính của chúng ta chỉ là truyền dữ liệu không dây giữa hai bản mạch thì công nghệ RF tùy biến là một lựa chọn hợp lý. Người dùng có thể tự xây dựng một giao thức tối ưu theo yêu cầu từng hệ thống. Một mạng RF cũng bao gồm các tầng cơ bản như sơ đồ điều chế, dải tần và công suất đầu ra, ngoài ra có thể có các tầng cấp cao hơn liên quan đến địa chỉ các thiết bị để nhận diện, cách dữ liệu sẽ được định dạng và cách truyền gói tin sẽ được lên lịch và tổ chức.

Ưu điểm

- + Chi phí rẻ.
- + Tầm bao phủ tương đối rộng, có thể đạt 1000m.
- + Giao thức tùy biến.
- + Công suất thấp.
- + Dải tần hoạt động miễn phí.

Nhược điểm

- + Phải tự xây dựng giao thức.
- + Tính bảo mật không cao.

1.2.5 Wifi

Wifi là phương thức thu nhận không dây phổ biến nhất hiện nay, nó hầu như có mặt trên hầu hết các thiết bị điện tử thông minh ngày nay. WiFi là phương thức kết nối không dây sử dụng sóng vô tuyến. Các thiết bị này dễ dàng kết nối với nhau trong một mạng Wifi chung và kết nối với Internet để chia sẻ dữ liệu với tốc độ cao. Từ khi ra đời năm 1997 với tên gọi 802.11 tốc độ 2 Mbps với băng tần 2.4GHz, ngày nay đã phát triển đến chuẩn 802.11ax với tốc độ lên đến 10 Mbps.

Ưu điểm của mạng Wifi

- + Tính di động: do là kết nối không dây do đó các thiết bị có thể kết nối với nhau ở bất kỳ nơi đâu trong vùng phủ sóng của mạng.
- + Tính linh hoạt: dễ dàng kết nối với hầu như bất kỳ thiết bị nào miễn có hỗ trợ wifi.
- + Dễ triển khai: thiết kế và thi công đơn giản, thiết lập hệ thống qua các thiết bị tích hợp sẵn và có thể kết nối tự động.
- + Tính phổ biến: được trang bị hầu như trên mọi thiết bị thông minh với hệ sinh thái đa dạng.
- + Tốc độ truyền dữ liệu cao, đáp ứng các nhu cầu giải trí đang phương tiện.

Hạn chế của mạng Wifi

- + Bảo mật: do là kết nối không dây nên hoàn toàn có thể truy cập trái phép vào mạng và đánh cắp thông tin người dùng.

+ Phạm vi: vùng phủ sóng của thiết bị thu phát chỉ vài chục mét. Khó triển khai diện rộng, đặc biệt là ngoài trời.

+ Độ tin cậy: khả năng nhiễu sóng vô tuyến do thời tiết, do các thiết bị không dây khác, hay các vật chắn, làm giảm đáng kể hiệu quả hoạt động của mạng.

+ Tiêu thụ năng lượng lớn.

+ Chi phí cao đối với các hệ thống đơn giản, không cần truyền dữ liệu lớn với tốc độ cao.

Bảng 1.1: Bảng so sánh các công nghệ mạng không dây

Công nghệ	Giá thành	Phạm vi truyền dữ liệu	Mức tiêu thụ năng lượng	Số lượng điểm trong mạng	Dải tần
Wifi	Cao	100m	Cao	Lớn	2,4GHz
Bluetooth	Thấp	50m	Thấp	Ít	2,4GHz
Zigbee	Thấp	100m	Thấp	Lớn	868MHz, 915Hz và 2.4GHz
Lora	Thấp	5km	Thấp	Lớn	433/868/915MHz
RF tùy biến	Thấp	2 - 3 km	Thấp	Trung bình	433MHz đến 2,4GHz

1.3 Giao thức truyền dữ liệu

1.3.1 Giao thức Modbus

1.3.1.1 Khái niệm

Modbus là một chuẩn giao thức truyền thông công nghiệp được phát hành và phát triển bởi MODICON vào năm 1979, và chính thức thuộc về Schneider Electric vào năm 1996. Modbus đã nhanh chóng trở thành trở thành tiêu chuẩn truyền thông trong các ngành công nghiệp tự động hóa bởi tính ổn định, dễ dàng, thuận tiện và đặc biệt hơn nữa là miễn phí và hiện được duy trì bởi tổ chức “modbus.org”.

Modbus được coi là giao thức truyền thông hoạt động ở tầng "Application", cung cấp khả năng truyền thông Master/Slave giữa các thiết bị được kết nối thông

qua các bus hoặc network. Trên mô hình OSI, Modbus được đặt ở lớp 7. Modbus được xác định là một giao thức hoạt động theo "hỏi/đáp" và sử dụng các "function codes" tương ứng để hỏi đáp.

Modbus hoạt động theo nguyên tắc “Master – Slave” hay còn gọi là “Chủ – Tớ”. Một Master có thể kết nối được với một hay nhiều “Slave”. “Master” thường là PLC, PC, DCS, RTU hay SCADA. “Slave” thường là các thiết bị cấp hiện trường. Nói một cách dễ hiểu, nó là một phương pháp được sử dụng để truyền thông tin qua đường dây nối tiếp giữa các thiết bị điện tử. Thiết bị yêu cầu thông tin được gọi là Modbus Master và thiết bị cung cấp thông tin là Modbus Slaves. Trong mạng Modbus tiêu chuẩn, có một Master và tối đa 247 Slave, mỗi Slave có một địa chỉ Slave duy nhất từ 1 đến 247. Master cũng có thể ghi thông tin vào các Slave.

Về cơ bản các thiết bị đầu cuối trong mạng Modbus không thể tạo ra kết nối; chúng chỉ có thể cung cấp thông tin hay phản ứng khi được hỏi đến. Một số thiết bị lại ghép đang được phát triển để chúng vừa là tớ vừa có thể viết, do đó làm cho chúng trở thành các thiết bị chủ ảo.

Với giao thức Modbus sẽ cho phép liên lạc giữa nhiều thiết bị được kết nối với cùng một mạng, ví dụ như một hệ thống cảm biến đo nhiệt độ, cảm biến đo độ ẩm, cảm biến ánh sáng và sau đó sẽ truyền tín hiệu kết quả đến máy chủ. Modbus được sử dụng trong các hệ thống SCADA để kết nối thiết bị giám sát (thường là máy tính) đến các thiết bị đầu cuối trong mạng để thu thập dữ liệu, giám sát trạng thái và điều khiển thiết bị.

1.3.1.2 Các chuẩn Modbus

Dựa vào cách thức mã hóa gói tin truyền đi trong mạng, Modbus được chia làm 03 chuẩn chủ yếu và đang được sử dụng phổ biến trong công nghiệp - tự động hóa là: Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus TCP. Điểm giống nhau là các gói tin được gửi dưới cùng một định dạng, cụ thể:

(a) Modbus ASCII

Mọi thông điệp được mã hóa bằng hexadeci-mal, sử dụng đặc tính ASCII 4 bit. Đối với mỗi một byte thông tin, cần có 2 byte truyền thông, gấp đôi so với Modbus

RTU hay Modbus /TCP. Tuy nhiên, Modbus ASC II chậm nhất trong số 3 loại protocol, nhưng lại thích hợp khi modem điện thoại hay kết nối sử dụng sóng radio do ASC II sử dụng các tính năng phân định thông điệp. Do tính năng phân định này, mọi rắc rối trong phương tiện truyền dẫn sẽ không làm thiết bị nhận dịch sai thông tin.

(b) Modbus RTU

Dữ liệu được mã hóa theo hệ nhị phân, và chỉ cần một byte truyền thông cho một byte dữ liệu. Đây là thiết bị lý tưởng đối với RS 232 hay mạng RS485 đa điểm, tốc độ từ 1200 đến 115 baud. Tốc độ phổ biến nhất là 9600 đến 19200 baud. Modbus RTU là protocol công nghiệp được sử dụng rộng rãi nhất, do đó hầu như trong bài viết này chỉ tập trung đề cập đến cơ sở và ứng dụng của nó.

(c) Modbus TCP

Modbus/TCP đơn giản là Modbus qua Ethernet. Thay vì sử dụng thiết bị này cho việc kết nối với các thiết bị tở, do đó các địa chỉ IP được sử dụng. Với MODBUS/TCP, dữ liệu MODBUS được tóm lược đơn giản trong một gói TCP/IP. Do đó, bất cứ mạng Ethernet hỗ trợ MODBUS/ IP sẽ ngay lập tức hỗ trợ MODBUS/TCP.

Ngoài 3 dạng cơ bản trên còn có Modbus gateway là một thiết bị cho phép chuyển đổi qua lại giữa giao thức Modbus RTU và Modbus TCP. Thông thường thiết bị sẽ có 01 cổng serial (RS232/RS485) và 01 cổng Ethernet. vì hai giao thức này phổ biến, đại diện cho 02 loại cổng vật lý là serial (RS232/RS485) và ethernet (cổng RJ45). Thiết bị công nghiệp dùng ở hiện trường hiện nay, nhiều thiết bị chỉ hỗ trợ Modbus RTU, hoặc chỉ hỗ trợ Modbus TCP, hoặc hỗ trợ cả 2. Do đó, để kết nối các thiết bị trường này vào hệ thống Modbus chung của nhà máy, xí nghiệp thì sẽ cần 01 thiết bị phiên dịch được gọi là Modbus Gateway.

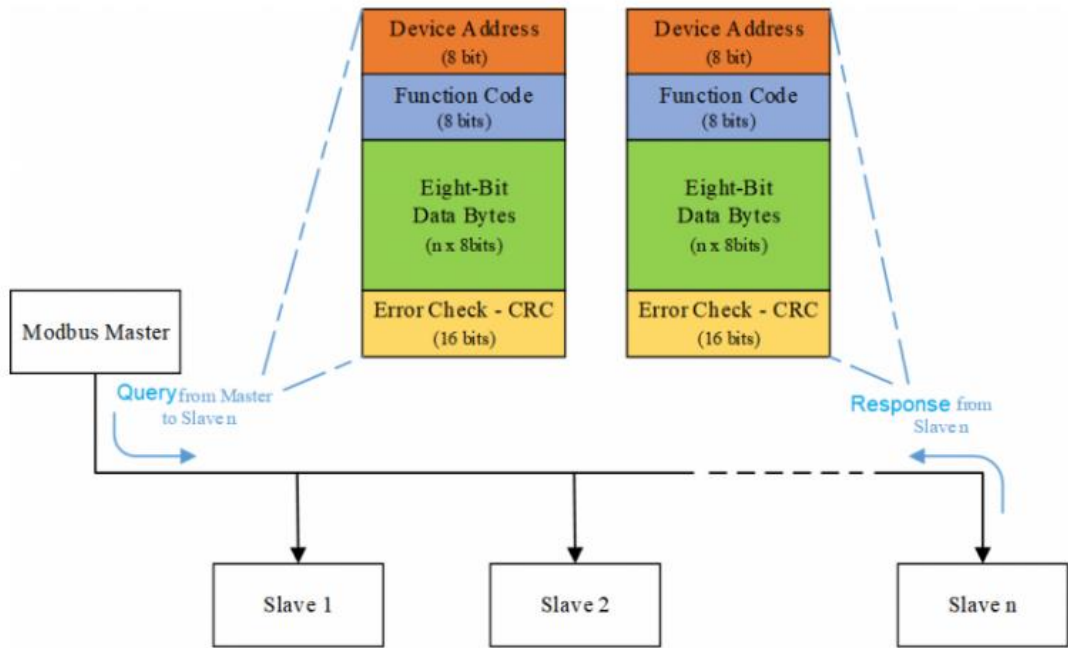
1.3.1.3 Modbus RTU

Như đã mô tả ở trên Giao thức Modbus RTU là một giao thức mở, sử dụng đường truyền vật lý RS-232 hoặc RS485 và mô hình dạng Master-Slave. Đây là một

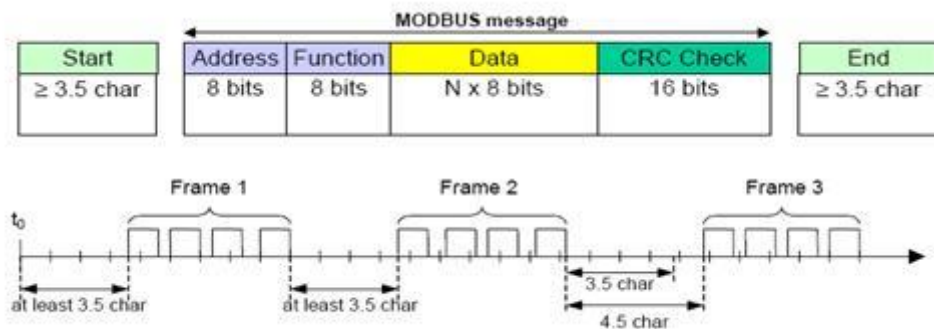
giao thức được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như BMS (Building Management Systems), tự động hóa, công nghiệp, điện lực,....

Cấu trúc bản tin Modbus RTU

Một bản tin Modbus RTU bao gồm: 1 byte địa chỉ - 1 byte mã hàm - n byte dữ liệu - 2 byte CRC như hình 1.2.



Hình 1. 1: Giao thức Modbus



Hình 1. 2: Gói tin Modbus

Bảng tin từ thiết bị Master gọi là Query, còn bảng tin Slave phản hồi được gọi là Response. Master có thể gửi bảng tin cho toàn bộ Slave thông qua bảng tin Broadcast, khi Slave nhận được bảng tin này thì không cần phản hồi ngược lại.

Chức năng và vai trò cụ thể như sau:

- **Byte địa chỉ:** Trường địa chỉ này giúp master xác định được nó đang làm việc là slave nào. Các Slave sẽ được gán địa chỉ từ 1-247 và phải đảm bảo không có Slave nào trùng địa chỉ với nhau. Trường này nằm ở vị trí đầu tiên trong một bảng tin Modbus và có kích cỡ 8 bit.

- Khi Master gửi Query thì thông tin đầu tiên sẽ là địa chỉ Slave nó muốn làm việc.
- Trường địa chỉ của bảng tin Response cũng sẽ phải đúng địa chỉ của Slave đó để Master biết Slave nào gửi phản hồi.
- Khi trường địa chỉ trong bảng tin Query của Master có địa chỉ 0x00, tức đó là bảng tin Broadcast, tất cả các Slave đều có thể nhận bảng tin đó.

- **Byte mã hàm:** Trường này đi theo sau trường địa chỉ và có kích thước 8 bit, nó sẽ chỉ định hành động Master yêu cầu Slave thực hiện như đọc/ghi một hoặc nhiều dữ liệu trong thiết bị. Dữ liệu trong các thiết bị Modbus sẽ chia thành các kiểu dữ liệu khác nhau và nằm trong các Register Type như dưới. Với các tin nhắn Response thông thường, Slave chỉ cần phản hồi đúng Function Code mà Master đã gửi. Bảng mã code theo hình 1.3.

Function Code	Action	Register Type
01 (01 hex)	Read	Discrete Output Coils
05 (05 hex)	Write single	Discrete Output Coil
15 (0F hex)	Write multiple	Discrete Output Coils
02 (02 hex)	Read	Discrete Input Contacts
04 (04 hex)	Read	Analog Input Registers
03 (03 hex)	Read	Analog Output Holding Registers
06 (06 hex)	Write single	Analog Output Holding Register
16 (10 hex)	Write multiple	Analog Output Holding Registers

Hình 1. 3: Bảng mã code

- **Data:** Trường dữ liệu của bảng tin Query chứa các thông tin bổ sung mà Slave phải sử dụng để thực hiện hành động theo Function Code. Còn đối với tin nhắn Response, trường Data sẽ chứa dữ liệu được yêu cầu bởi Master.

- **Byte CRC:** 2 byte kiểm tra lỗi của hàm truyền.

Ưu điểm:

- Có thể dùng cho nhiều loại thiết bị có chung cổng Modbus RTU
- Giảm số lượng dây kết nối về cho PLC, tối ưu hóa không gian nhà xưởng hay nơi làm việc.
- Tiết kiệm một số lượng lớn module mở rộng PLC.
- Ổn định và ít bị nhiễu hơn so với tín hiệu analog 4-20ma
- Các dạng tín hiệu 2 dây RS-485 đều có khả năng truyền đi xa lên đến 1200m mà không sợ mất tín hiệu hay dữ liệu.
- Các module hoạt động độc lập nên sẽ dễ dàng quản lý.

Nhược điểm:

- Tín hiệu sẽ chậm hơn việc sử dụng trực tiếp như tín hiệu analog hay digital.
- Chỉ phù hợp cho các điều khiển có thời gian từ 1s trở xuống.

1.3.2 Giao thức UART

1.3.2.1 Khái niệm

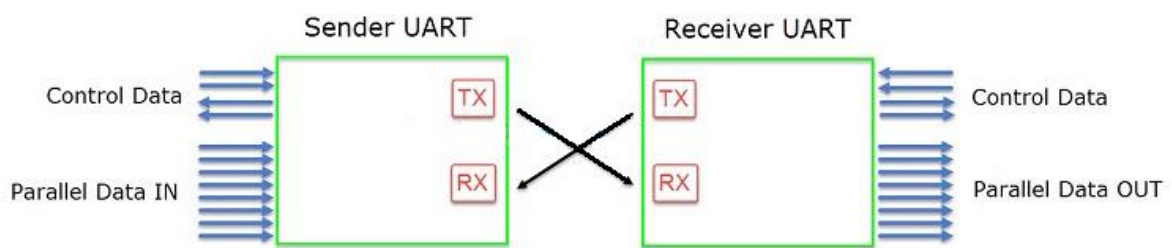
UART hay Universal Asynchronous Receiver Transmitter là giao thức nối tiếp được chuyển đổi từ giao tiếp song song – quá trình chuyển đổi này được thực hiện trước khi truyền ở thiết bị truyền và sau khi nhận ở thiết bị nhận dữ liệu. Nó là giao tiếp phổ biến tại vì các thông số như: tốc độ truyền, kiểu dữ liệu,... đều có thể thay đổi được.

Chữ ‘A’ trong UART là viết tắt của từ Asynchronous nghĩa là không cần tín hiệu clock để đồng bộ hoặc xác nhận trong quá trình truyền và nhận dữ liệu. Điều này đối nghịch với giao tiếp song song khi mà nó luôn luôn cần tín hiệu clock nối giữa thiết bị truyền và thiết bị nhận để đồng bộ dữ liệu trong quá trình truyền, nhận. Nếu không có tín hiệu này, quá trình truyền nhận dữ liệu song song sẽ bị gián đoạn.

Trong UART, thiết bị truyền và thiết bị nhận cùng đồng ý ngầm với nhau về việc định thời cho quá trình giao tiếp. Mặc khác, UART sử dụng những bits đặc biệt ở đầu và cuối frame truyền để đồng bộ dữ liệu giữa thiết bị truyền và thiết bị nhận.

Đặc biệt hơn, nó còn sử dụng Parity bit để chắc chắn rằng quá trình này truyền tải đúng dữ liệu chúng ta cần.

Trong giao tiếp UART cơ bản, thiết bị truyền và thiết bị nhận giao tiếp theo cách thức như sau: hardware UART sẽ chuyển đổi dữ liệu song song nhận được từ vi xử lý, vi điều khiển và chuyển chúng thành dữ liệu nối tiếp. Dữ liệu nối tiếp này sẽ được truyền đến thiết bị nhận và tại đây, hardware UART sẽ chuyển đổi ngược lại thành dữ liệu song song để truyền về vi điều khiển, vi xử lý của thiết bị nhận.



Hình 1. 4: Giao thức UART

1.3.2.2 Cách thức hoạt động

Trong giao tiếp UART, dữ liệu được truyền không đồng bộ, nghĩa là không cần tín hiệu clock hoặc các tín hiệu timing khác để đồng bộ, kiểm tra dữ liệu giữa thiết bị truyền và thiết bị nhận. Thay vào đó, UART sử dụng các bit đặc biệt được gọi là Start và Stop bits.

Các bit này được thêm vào đầu và cuối gói dữ liệu. Các bit được thêm vào sẽ giúp bên nhận xác định được phần nào là phần dữ liệu thực tế cần nhận.

Hình 1.4 cho thấy kết nối giữa các thành phần trong giao tiếp UART. Bộ phận truyền UART sẽ nhận dữ liệu từ vi điều khiển thông qua bus điều khiển và bus dữ liệu. Với dữ liệu này, UART sẽ thêm vào Start, Parity và Stop bits theo cầu hình và chuyển đổi nó thành 1 gói dữ liệu. Gói dữ liệu này sẽ được chuyển đổi từ song song sang nối tiếp được lưu dưới các thanh ghi và truyền đi từng bit một qua chân TX.

áp trên đường truyền là mức CAO. Khi bắt đầu truyền dữ liệu, UART bên truyền sẽ kéo mức điện áp trên bus từ mức CAO xuống mức THẤP (từ 1 xuống 0). UART bên nhận sẽ phát hiện được sự thay đổi mức điện áp này và sẽ bắt đầu đọc dữ liệu. Thông thường, Start bit chỉ có độ dài 1 bit.

- **Stop Bit:** Như cái tên của nó, Stop Bit đánh dấu việc kết thúc gói dữ liệu. Nó có độ dài 2 bit nhưng thông thường, người ta chỉ sử dụng 1 bit. Sau khi kết thúc quá trình truyền dữ liệu, mức điện áp trên bus sẽ được giữ ở mức CAO.

- **Parity Bit:** Parity bit giúp cho thiết bị nhận UART xác định được gói dữ liệu nhận được có chính xác hay không. Parity là kiểu kiểm tra sai sót ở low-level bao gồm 2 biến: Even Parity và Odd Parity. Parity bit là tùy chọn và thường ít khi được sử dụng.

- **Data Bits:** Là những bit chứa dữ liệu được gửi từ thiết bị truyền sang thiết bị nhận. Độ dài của gói dữ liệu có thể từ 5 đến 9 bits (9 bits nếu như parity bit không được dùng và chỉ có 8 bits khi parity bit được dùng). Thông thường, LSB (bit có giá trị thấp nhất) là bit được truyền đầu tiên.

- **Baud Rate:** Là tốc độ dùng để truyền và nhận dữ liệu. Giao tiếp UART không cần sử dụng tín hiệu clock để đồng bộ dữ liệu do đó cả thiết bị truyền và thiết bị nhận cần giao tiếp trên cùng 1 tốc độ để quá trình truyền nhận được hoàn thành. Baud Rate được đo bởi số bit / giây (bits per second). Một số baud rates tiêu chuẩn là: 4800 bps, 9600 bps, 11500 bps, 19200 bps, 115200 bps, Trong đó, tốc độ 9600 bps là tốc độ thường được sử dụng nhiều nhất.

Ưu điểm

- Chỉ cần 2 dây để truyền nhận song song dữ liệu.
- Không cần tín hiệu clock hay bất kỳ tín hiệu đồng bộ nào khác.
- Parity bit đảm bảo dữ liệu được truyền đi chính xác.

Nhược điểm

- Kích thước gói dữ liệu bị giới hạn.
- Tốc độ truyền chậm hơn khi so sánh với kiểu truyền dữ liệu song song.
- Thiết bị truyền và thiết bị nhận cần phải đồng nhất một số thông số với nhau.

1.3.3 Giao thức MQTT

1.3.3.1 Khái niệm

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) là một giao thức truyền thông điệp (message) theo mô hình publish/subscribe (publish), sử dụng băng thông thấp, độ tin cậy cao và có khả năng hoạt động trong điều kiện đường truyền không ổn định. MQTT là một giao thức nhắn tin gọn nhẹ được thiết kế để liên lạc nhẹ giữa các thiết bị và hệ thống máy tính. MQTT được thiết kế ban đầu cho các mạng SCADA, các kịch bản sản xuất và băng thông thấp. Mặc dù nó đã tồn tại trong hơn một thập kỷ nhưng chỉ khi có sự ra đời của M2M (Machine-to-Machine) và Internet of Things (IoT) mới làm cho nó trở thành một giao thức phổ biến.

Kiến trúc mức cao của MQTT gồm 2 phần chính là Broker và Clients. Trong đó, broker được coi như trung tâm, nó là điểm giao của tất cả các kết nối đến từ client. Nhiệm vụ chính của broker là nhận message từ publisher, xếp các message theo hàng đợi rồi chuyển chúng tới một địa chỉ cụ thể. Nhiệm vụ phụ của broker là nó có thể đảm nhận thêm một vài tính năng liên quan tới quá trình truyền thông như bảo mật message, lưu trữ message, logs. Client thì được chia thành 2 nhóm là publisher và subscriber. Client là các software components hoạt động tại edge device nên chúng được thiết kế để có thể hoạt động một cách linh hoạt (lightweight). Client chỉ làm ít nhất một trong 2 việc là publish các message lên một topic cụ thể hoặc subscribe một topic nào đó để nhận message từ topic này.

Có thể tưởng tượng broker giống như một sạp báo. Publisher là các tòa soạn báo. Tòa soạn in báo và chuyển cho sạp báo. Người đặc báo đến sạp báo, chọn tờ báo mình cần đọc (subscriber).

Bởi vì giao thức này sử dụng băng thông thấp trong môi trường có độ trễ cao nên nó là một giao thức lý tưởng cho các ứng dụng M2M.

Ưu điểm của MQTT:

- Chuyển thông tin hiệu quả hơn.
- Tăng khả năng mở rộng.
- Giảm đáng kể tiêu thụ băng thông mạng.

- Giảm tốc độ cập nhật xuống giây.
- Rất phù hợp cho điều khiển và do thám.
- Tối đa hóa băng thông có sẵn chi phí cực nhẹ.
- Rất an toàn với bảo mật dựa trên sự cho phép.
- Tiết kiệm thời gian phát triển.

Chương 2 - PHÂN TÍCH THIẾT KẾ HỆ THỐNG

Trên địa bàn tỉnh Tây Ninh, hiện nay chưa có vùng nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao được công nhận. Hệ thống nhà lưới, nhà màng, gọi chung là nhà kính chưa phát triển rộng rãi và cũng chưa có ứng dụng phổ biến các kỹ thuật tưới tiết kiệm, cung cấp dinh dưỡng qua hệ thống tưới, điều tiết âm độ, ánh sáng. Nông dân, doanh nghiệp, hợp tác xã còn e dè, chưa mạnh dạn đầu tư chuyên đổi, áp dụng công nghệ cao do phải bỏ ra chi phí đầu tư lớn. Việc thiết kế hệ thống cảm biến không dây có tính linh hoạt, dễ lắp đặt, dễ sử dụng, giá thành rẻ đáp ứng nhiều nhu cầu theo dõi giám sát và điều khiển các thiết bị tưới, che, điều chỉnh môi trường cho các nhà kính với quy mô tầm trung như hiện nay là rất cần thiết, đồng thời hệ thống phải có khả năng mở rộng quy mô trong thời gian tới.

Từ những ưu, nhược điểm của các hệ thống mạng không dây nêu trên, và các vấn đề thực tiễn đặt ra để thiết kế hệ thống như: khả năng di động, di chuyển linh hoạt các node cảm biến, phạm vi trồng trọt của nhiều hộ nông dân đầu tư cho nhà màng chưa rộng lớn, chi phí đầu tư, năng lượng sử dụng vào hệ thống, địa hình khu vực nông nghiệp trồng trọt của tỉnh Tây Ninh không bị che phủ nhiều bởi nhà cao tầng hay núi non, cây cao lớn,... nên đề tài chọn xây dựng hệ thống mạng cảm biến không dây sử dụng RF tùy biến, kích thước nhỏ gọn, năng lượng sử dụng thấp có thể dùng pin hoặc năng lượng mặt trời, kết hợp máy tính nhúng Orange pi nhỏ gọn, giá thành rẻ, phù hợp với điều kiện của nhiều người trồng trang trại nhà kính ở Tây Ninh và điều kiện đưa ra của đề tài là tiết kiệm năng lượng, tiết kiệm cho phí đầu tư và kích thước thiết bị xây dựng nhỏ gọn, linh hoạt, có thể điều khiển cả các công tác bật mở hệ thống tưới, mái che, máy quạt tại các khu vực mà node đó thu thập dữ liệu. Hệ thống biểu diễn dữ liệu thời gian thực trên giao diện web dạng biểu đồ, được lưu và xem lại từng ngày và ra quyết định hỗ trợ điều chỉnh môi trường để người trồng có thể theo dõi, giám sát, hoặc tự ra quyết định tắt mở các thiết bị điều khiển ở mỗi khu vực riêng biệt.

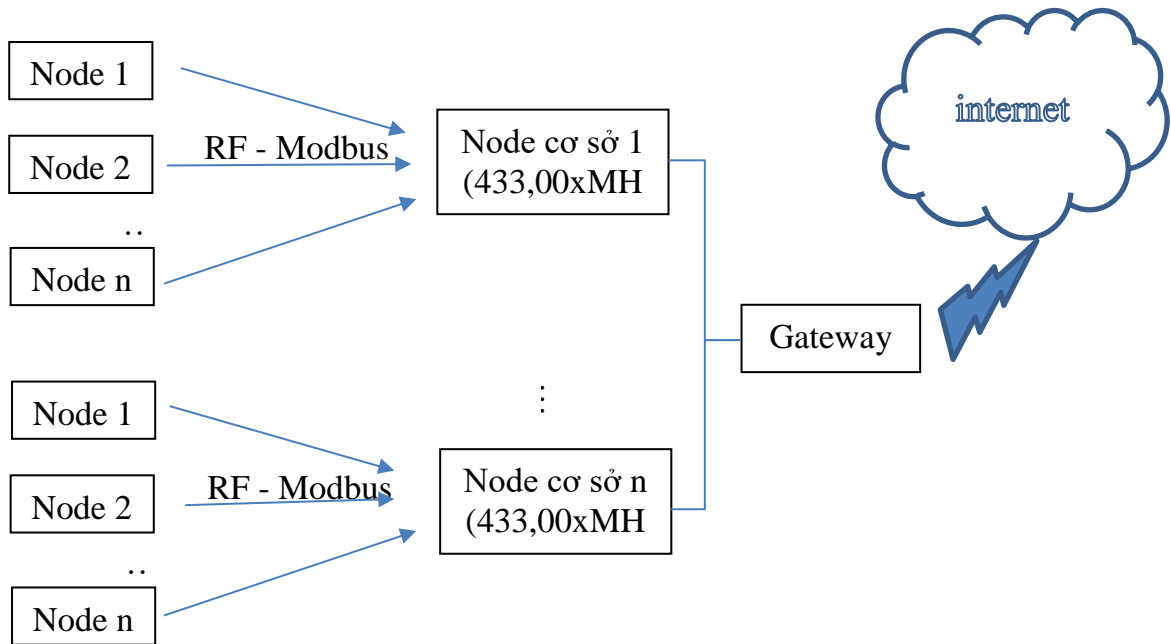
2.1 Phương án truyền dữ liệu không dây giao thức Modbus kết hợp sóng không dây RF

Giao thức Modbus RTU là giao thức mở, dễ sử dụng và được ứng dụng nhiều trong công nghiệp điều khiển. Trước đây, các thiết bị kết nối Modbus RTU sử dụng đường truyền RS232 hay RS485 bị hạn chế do sử dụng dây dẫn để kết nối giữa các thiết bị. Để linh hoạt hơn trong việc triển khai thiết bị, đề tài sử dụng truyền dữ liệu không dây sử dụng sóng RF bằng giao thức Modbus RTU để thiết lập mạng cảm biến không dây.

Các nút cảm biến lấy dữ liệu của môi trường như ẩm độ đất, quang độ của ánh sáng, nhiệt độ và độ ẩm không khí. Các thông tin thu thập qua cảm biến sẽ được truyền về node cơ sở thông qua module sóng RF 433MHz. Giao thức sử dụng là Modbus RTU.

Node cơ sở sẽ thu thập thông tin và đưa về module gateway (U-ART TTL) để cập nhật dữ liệu lên server.

Về lý thuyết 1 node cơ sở sử dụng 1 tần số trong dải tần số 433MHz để quản lý kết nối với 255 node cảm biến. Số lượng node cơ sở phụ thuộc vào dải tần do module RF có thể thực hiện, đối với chip HC-12 có dải tần từ 433,4Mhz đến 473,0Mhz tương đương 100 tần số tức có thể triển khai 100 node cơ sở. Tùy theo nhu cầu về số lượng điểm node, tốc độ truyền hay tần suất lấy dữ liệu mà hệ thống có thể triển khai linh hoạt để đáp ứng.



Hình 2. 1: Mô hình hệ thống cảm biến không dây

2.2 Node cảm biến

2.2.1 Cảm biến

Cảm biến là các thiết bị điện tử thông qua đặc tính của vật liệu cảm biến, dưới sự tác động của các giá trị cần đo làm thay đổi vật liệu cảm biến chuyển thành tín hiệu điện mà ta có thể đo được để từ đó biết được các giá trị thực tế cần đo. Có rất nhiều loại cảm biến khác nhau nhưng gồm 3 nhóm chính dựa vào các đặc tính của vật liệu cảm biến:

- Cảm biến vật lý: sóng điện từ, ánh sáng, tử ngoại, hồng ngoại, nhiệt độ,...
- Cảm biến hóa học: độ ẩm, độ PH, các ion,...
- Cảm biến sinh học: đường glucose huyết, DNA/RNA,...

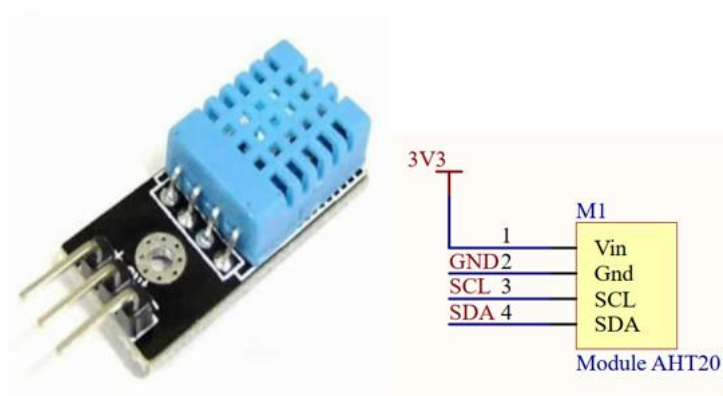
Cảm biến rất cần thiết cho các hệ thống tự động, thông qua cảm biến các hệ thống nhận dạng, đo đạc được các thông số đầu vào từ đó đưa ra quyết định điều khiển phù hợp. Với sự phát triển của khoa học công nghệ, các loại cảm biến ngày càng được tạo ra với độ chính xác ngày càng cao, dải đo ngày càng rộng phù hợp hầu hết các môi trường hoạt động, do đó nó được sử dụng ngày càng nhiều trong hầu hết các lĩnh vực. Cảm biến là một phần không thể thiếu trong hệ thống WSN.

2.2.1.1 Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm

Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm DHT11 (hình 2.2) giúp đo nhiệt độ và độ ẩm của môi trường với dải nhiệt độ từ 0 – 50°C phù hợp cho nhu cầu các trang trại nông nghiệp. Mạch cảm biến thông qua giao tiếp 1 dây để lấy các thông số nhiệt và ẩm độ không khí. Bộ tiền xử lý tín hiệu tích hợp trong cảm biến giúp có được dữ liệu chính xác mà không cần phải qua bất kỳ tính toán nào. Module được thiết kế hoạt động ở mức điện áp 5VDC.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 5VDC
- Chuẩn giao tiếp: TTL, 1 wire.
- Khoảng đo độ ẩm: 20%-80%RH sai số $\pm 5\%$ RH
- Khoảng đo nhiệt độ: 0-50°C sai số $\pm 2^\circ\text{C}$
- Tần số lấy mẫu tối đa 1Hz (1 giây / lần)
- Kích thước: 28mm x 12mm x 10m



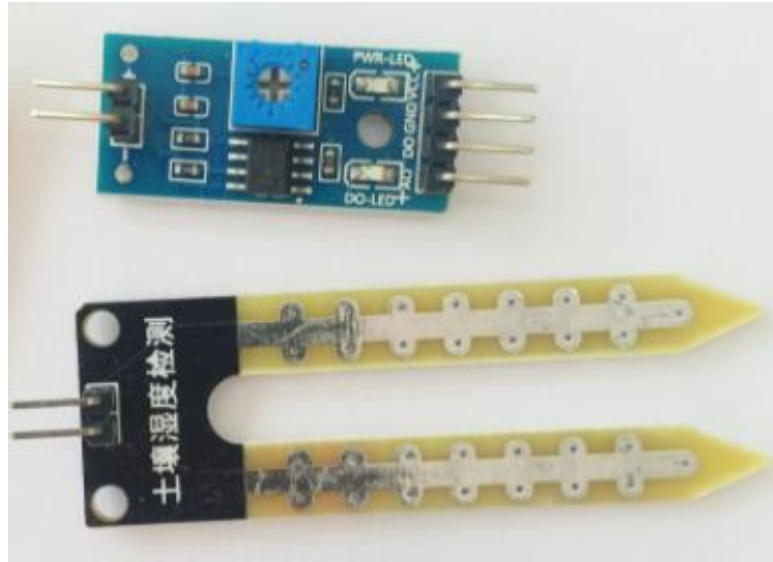
Hình 2. 2: Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm

2.2.1.2 Cảm biến độ ẩm đất

Cảm biến độ ẩm đất gồm đầu cảm biến 2 điện cực, cho ra tín hiệu điện áp tùy theo độ ẩm của đất. Khi độ ẩm cao, đầu ra ở mức thấp 0V, khi đất khô, đầu ra ở mức cao 5V. Độ nhạy cảm biến có thể được điều chỉnh bằng biến trở. (Hình 2.3)

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp làm việc 3.3V ~ 5V
- Có lỗ cố định để lắp đặt thuận tiện
- PCB có kích thước nhỏ 3.2 x 1.4 cm
- Sử dụng chip LM393 để so sánh, ổn định làm việc

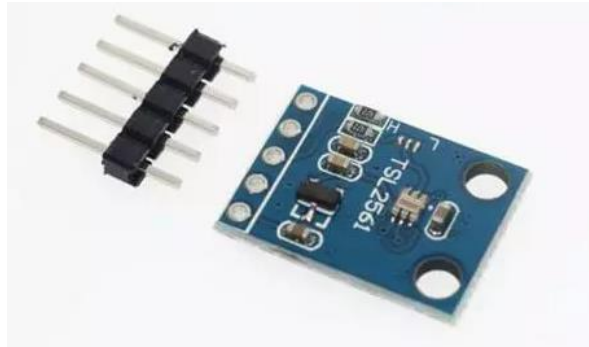


Hình 2. 3: Cảm biến độ ẩm đất

2.2.1.3 Cảm biến ánh sáng

TSL2561 (hình 2.4) có thông số kỹ thuật:

- Nguồn: 3.3~5VDC, đầu ra kỹ thuật số
- Dòng điện tiêu thụ: 0.6mA
- Đo được cường độ ánh sáng thường và hồng ngoại (IR), giá trị đưa ra là giá trị trực tiếp đơn vị (lux) do có tích hợp ADC và bộ tiền xử lý bên trong.
- Giao tiếp: I2C mức TTL 3.3~5VDC
- Khoảng đo: 0.1 ~ 40.000 Lux
- Kích cỡ: 20 x 14mm



Hình 2. 4: Cảm biến ánh sáng

2.2.2 Bộ vi xử lý

Vi xử lý là một bộ phận quan trọng trong node cảm biến, nó là trung tâm điều khiển tất cả các hoạt động của node, từ việc thu thập, xử lý các dữ liệu cảm biến đo được đến việc truyền và nhận dữ liệu về bộ tập trung dữ liệu. Để đảm nhận công việc này vi xử lý phải có khả năng kết nối đến các cảm biến, các bộ thu phát. MCU STM8C005K6T6 được sử dụng đáp ứng các yêu cầu cho hệ thống.

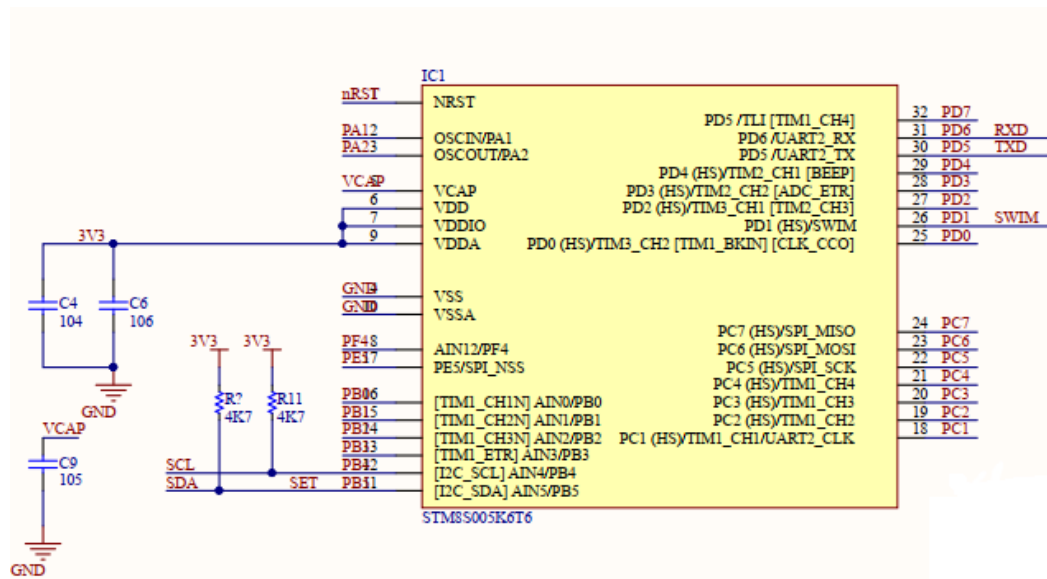
STM8C005K6T6 (hình 2.5) có kiến trúc CPU 8Bit, bộ nhớ flash 32Kb, bộ nhớ Ram 2Kb, bộ nhớ Eeprom 128 byte, thông số các kênh như hình 2.6 và sơ đồ chân như hình 2.7.



Hình 2. 5: MCU STM8C005K6T6

Features	STM8S005C6	STM8S005K6
Pin count	48	32
Max. number of GPIOs (I/O)	38	25
External interrupt pins	35	23
Timer CAPCOM channels	9	8
Timer complementary outputs	3	3
A/D converter channels	10	7
High-sink I/Os	16	12
Medium-density Flash program memory (bytes)	32 K	32 K
Data EEPROM (bytes)	128	128
RAM (bytes)	2 K	2 K

Hình 2. 6: Các thông số của MCU STM8



Hình 2. 7: Sơ đồ chân của MCU STM8

2.2.3 Module RF

Module RF là thành phần truyền dẫn không dây trong node cảm biến có chức năng truyền các thông tin thu thập được đến bộ tập trung dữ liệu và nhận các lệnh từ trung tâm.

Module RF là thành phần truyền dẫn không dây trong node cảm biến có chức năng truyền các thông tin thu thập được đến bộ tập trung dữ liệu và nhận các lệnh từ trung tâm.

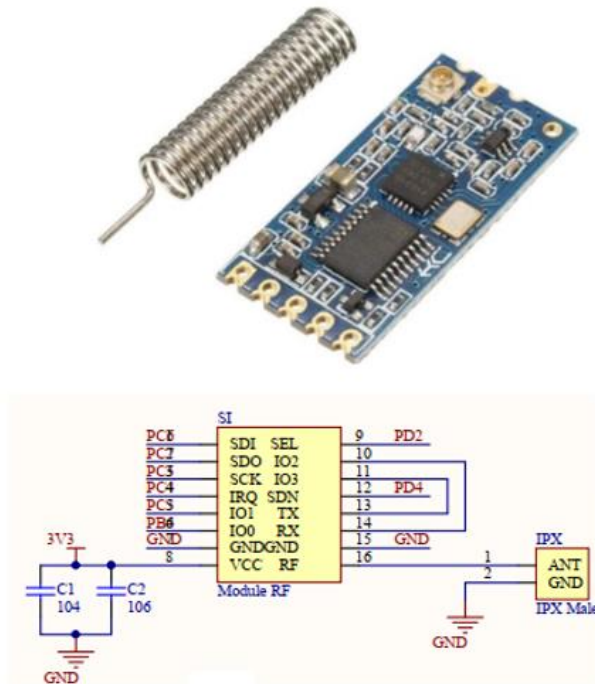
Mạch RF UART SI4463 433Mhz HC-12 (hình 2.8) có các đặc điểm và thông số sau:

- Khoảng cách truyền: 1km với môi trường lý tưởng.
- Điện áp: 3.2 – 5.5V
- Tốc độ truyền: 5000bps trong không khí
- Dòng cấp: 16mA (ở chế độ chờ, vì dòng ở chế độ hoạt động của mạch sẽ khác nhau ở những chế độ hoạt động khác nhau)
- Kích thước: 27.8mm × 14.4mm × 4mm
- Mạch có thể dễ dàng cài đặt và sử dụng.
- Truyền ra dữ liệu bằng UART..
- Tần số hoạt động: 433.4 – 473.0MHz , lý thuyết có tối đa có thể đưa vào cài đặt 100 kênh truyền thông nhưng khuyến cáo nên ít hơn để tránh nhiễu, công suất phát tối đa 100mW.

Nhà sản xuất còn đưa ra cách sử dụng tham khảo như sau:

- Các module phải có cùng kênh sóng, địa chỉ, kênh và địa chỉ phải khác 0.
- Để cài đặt module, đưa module vào chế độ AT command: nối chân SET xuống mass trước khi cấp nguồn, sau đó cấp nguồn, module sẽ tự động reset về các thông số gốc: Baurate: 9600, stop bits:1, parity: none.
- Để cài đặt Baurate của module dùng lệnh: AT+Bxxxx (trong đó xxxx là số baudrate, ví dụ 9600, 38400, 115200, ...)
- Để cài đặt kênh sóng dùng: AT+Cxxx (trong đó xxx là số kênh từ 000 đến 127)
- Để cài đặt địa chỉ dùng: AT+Axxx (trong đó xxx là địa chỉ từ 000 đến 255)
- Để cài đặt công suất phát sóng dùng: AT+Px (trong đó x từ 1 đến 8, mặc định là 8 ~ 10 dBm)

- Sau khi cài đặt xong nối chân SET lên VCC hoặc để hở để về chế độ hoạt động bình thường: tất cả dữ liệu truyền qua UART vào module sẽ được truyền đến tất cả các module khác có cùng kênh sóng và địa chỉ, và truyền ra bằng UART.



Hình 2. 8: Module RF SI4463

2.3 Trung tâm thu thập dữ liệu

Node cơ sở bao gồm module RF SI4463 433Mhz được điều khiển thông qua vi xử lý STM8C005K6T6 tương tự như trên node cảm biến, nhiệm vụ nhận thông tin từ các node cảm biến trong dải tần số mình quản lý và truyền về gateway.

Giao tiếp giữa node cơ sở và modul gateway là giao tiếp UART với boud rate 11500 bps.

Modul gateway sử dụng bord máy tính nhúng tích hợp sẵn kết nối mạng wifi để đưa dữ liệu lên sever. Máy tính nhúng Mini Orange Pi Zero 512Mb (hình minh họa 2.9) sử dụng CPU AllWinner H2+ SoC, 512MB DDR3 SDRAM, và tích hợp sẵn phần cứng Wifi, LAN, 1 cổng USB, cấp nguồn của micro USB. Orange Pi Zero có thể chạy các hệ điều hành Android 4.4, Ubuntu,...



Hình 2. 9: Orange Pi Zero

Giới thiệu máy tính nhúng Orange pi

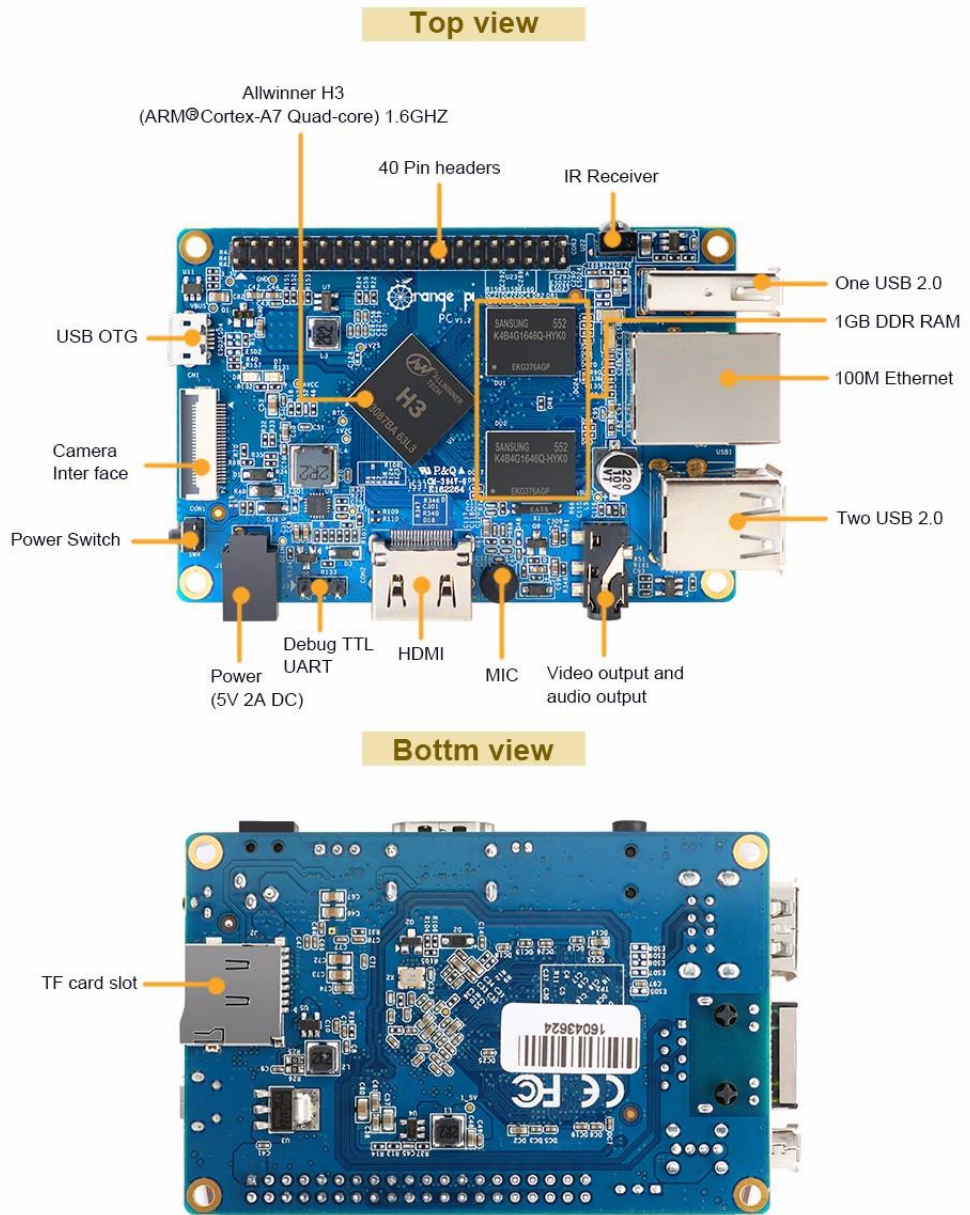
Orange Pi là một dòng máy tính nhỏ gọn kiểu như nhiều loại máy tính nhúng nhỏ gọn của các hãng khác như máy tính nhúng Raspberry Pi nhưng được một hãng Trung Quốc làm lại nên có giá rẻ hơn (RPi thì do Anh phát triển), đa dạng cấu hình / mẫu mã hơn và cũng chạy được nhiều hệ điều hành hơn. Một số dòng Orange Pi 2G, 3G thì có sẵn khe SIM để bạn nhét SIM vào sử dụng rất thuận tiện khi phát triển các dự án ứng dụng IoT. Chúng cũng được sản xuất nhiều phiên bản, mỗi phiên bản có thêm đặc tính riêng hoặc khuyết tùy theo loại.

Thông số kỹ thuật:

- CPU : H2 Quad-core Cortex-A7 H.265/HEVC 1080P.
- GPU : Mali400MP2 GPU @600MHz Supports OpenGL ES 2.0
- Memory (SDRAM): 512MB DDR3 SDRAM(Share with GPU).
- Onboard Storage: TF card (Max. 64GB)/ NOR Flash(2MB Default not posted)
- Onboard Network: 10/100M Ethernet RJ45 POE is default off.
- Onboard WIFI: XR819, IEEE 802.11 b/g/n
- Audio Input: MIC (with external board)

- Video Outputs: Supports external board via 13pins
- Power Source: USB OTG can supply power
- USB 2.0 Ports: Only One USB 2.0 HOST, one USB 2.0 OTG
- Buttons: Power Button
- Low-level peripherals: 26 Pins Header, compatible with Raspberry Pi B+; 13 Pins Header, with 2x USB, IR pin, AUDIO(MIC, AV)
- LED: Power led & Status led
- Supported OS: Android, Lubuntu, Debian, Raspbian
- Product size: 48 mm × 46mm
- Weight: 26g

Để đảm bảo kết nối liên tục với sever và tiết kiệm dung lượng dữ liệu, gateway sẽ kết nối với sever theo giao thức MQTT.



Hình 2. 10: Orange pi

Chương 3 - TRIỂN KHAI XÂY DỰNG ỨNG DỤNG

Phần này sẽ đi vào xây dựng hệ thống, xây dựng chương trình hiển thị, lưu dữ liệu môi trường.

3.1 Triển khai hệ thống

Đề tài sẽ triển khai xây dựng hệ thống thu thập dữ liệu môi trường trong nhà lưới trồng dưa lưới, ban đầu xây dựng thực nghiệm hệ thống gồm 2 node cảm biến, 1 node cơ sở và 1 module gateway và xây dựng 1 trang web để theo dõi thông tin và điều khiển mô phỏng từ xa.

3.1.1 Tìm hiểu mô hình trồng cây dưa lưới trong nhà lưới

Tận dụng mô hình nhà lưới có sẵn của Nông trại Nam Trạng tại tỉnh Tây Ninh. Nhà lưới kích thước 20x50m đã trồng dưa lưới từ năm 2020. Hiện tại chưa có hệ thống giám sát thông tin môi trường sống của cây. Hình 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 chụp hiện trạng trồng dưa lưới ở nông trại.

Quá trình chăm sóc được thực hiện thủ công qua quan sát hàng ngày của người chăm sóc. Việc tưới nước, bón phân được thực hiện thông qua kinh nghiệm và ước lượng thời gian để thực hiện.



Hình 3. 1: Mô hình nhà lưới trồng dưa lưới



Hình 3. 2: Mô hình nhà lưới trồng dưa lưới



Hình 3. 3: Hệ thống dây tưới



Hình 3. 4: Hệ thống dây tưới

3.1.2 Quá trình sinh trưởng cây dưa lưới

Các yêu cầu ngoại cảnh của cây dưa lưới

Hệ thống được thiết kế ban đầu đáp ứng các yêu cầu ngoại cảnh của cây dưa lưới như sau

Nhiệt độ

Là loại cây trồng nhiệt đới, ở giai đoạn cây đang sinh trưởng và phát triển thích hợp nhiệt độ khoảng 25 -30°C. Giai đoạn này cây trồng cần thích hợp nhiệt độ cao, nhiệt độ thấp thì cây con có tình trạng chết héo vì không hút được nước từ đất; còn ngược lại nhiệt độ lên quá cao, quá nóng sẽ làm mất nước qua lá cây nhiều và nhanh hơn tốc độ rễ hút nước, đối với hai trường hợp này đều dẫn đến tình trạng cây héo nhanh, hư hại và chết. Vào giai đoạn ra hoa kết quả, nhiệt độ thấp dưới 15°C, sẽ khiến nụ bị rụng nhiều, khả năng chống chịu nhiệt độ thấp của cây trồng giai đoạn này rất yếu, phần hoa được thụ do không tung được phấn ra. Buổi sáng nhiệt độ tốt nhất cần duy trì để tạo điều kiện cho cây ra hoa và tạo quả là 20 – 22°C , còn buổi trưa là 25 – 27°C. Như vậy, nhiệt độ dưới 15°C và trên 35°C giai đoạn này đều ảnh hưởng không tốt đến cây trồng. Trong điều kiện khí hậu quá nóng, nên cung cấp một chút bóng râm ở thời điểm nắng nóng nhất trong ngày (khoảng 12h – 15h). Việc che nắng sẽ thật sự cần thiết nếu nhiệt độ tăng cao hơn 35°C , vì dây leo dễ bị héo do khí hậu quá nóng, vì đặc điểm nhiệt độ và ánh nắng ở Tây Ninh thời điểm nắng nhất trong ngày đặc biệt cao và gay gắt trên 32°C, trung bình 34-35°C gay gắt vào giữa trưa nhất là các tháng nắng tại các vùng vườn trồng, nông trại không có nhà màng.

Ánh sáng

Cây dưa lưới là cây ưa sáng, cần nhiều ánh sáng gần hết chu kỳ sinh trưởng và phát triển. Chất lượng dưa sẽ đạt kết quả tốt nếu đủ nắng và trong ngưỡng nhiệt độ yêu cầu nêu trên. Nếu trồng mật độ dày đặc, không đủ ánh sáng thì cây sẽ ít quả, quả nhỏ, không đủ ngọt. Bên cạnh đó, thiếu sáng cũng làm giảm lượng chất rắn hòa tan trong quả, thường gặp phải nếu thời tiết âm u, nhiều mây thiếu sáng. Yêu cầu ánh sáng cho dưa từ 8 – 12 giờ. Để thúc đẩy cây ra hoa cái nhiều, khả năng đậu quả cao, trái chín sớm, năng suất cao thì cần ánh sáng có cường độ mạnh và quang kỳ ngắn.

Độ ẩm đất

Dưa lưới thuộc nhóm cây trồng chịu hạn nhưng không chịu úng. Rễ phân nhánh dày đặc ăn sâu vào đất nhưng thân và lá nhiều, ra hoa và nuôi quả trong thời gian dài, năng suất trên đơn vị diện tích cao nên nhất thiết phải cấp đủ nước cho cây trong những thời gian này. Ẩm độ thích hợp cho phát triển dưa lưới là khoảng 75% – 80%. Giai đoạn sinh trưởng thân lá, hình thành thân lá và phát triển quả là giai đoạn cần nước. Giai đoạn chín nếu độ ẩm đất quá cao sẽ làm giảm chất rắn hòa tan trong quả, quả khi thu hoạch giảm chất lượng. Thời kì phát triển của cây sẽ bị tăng sâu bệnh nếu độ ẩm đất cao.

Trong khuôn khổ thời gian thực hiện luận văn, hệ thống sẽ được thiết kế để đáp ứng điều kiện về nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng để viết chương trình điều khiển cho các cảnh báo và điều khiển các hệ thống hỗ trợ điều chỉnh môi trường cho cây dưa lưới đang trong giai đoạn có dưỡng trái cần điều kiện môi trường ổn định thích hợp như sau:

Nhiệt độ, ánh sáng: Từ 25-30°C, nhiệt độ vượt ngoài ngưỡng này hệ thống sẽ hiển thị cảnh báo trên ứng dụng hoặc tự động kéo mái để che hoặc lấy sáng và nhiệt độ phù hợp

Độ ẩm đất: Ẩm độ thích hợp cho phát triển dưa lưới là khoảng 75% – 80% nếu ngoài ngưỡng sẽ cảnh báo hoặc tự động điều khiển thiết bị phun tưới và ngắt đến khi đạt độ ẩm thích hợp.

3.1.3 Triển khai xây dựng hệ thống

3.1.3.1 Node cảm biến

Thiết lập mạch node cảm biến bao gồm vi xử lý STM8C005K6T6 module RF HC-12 và 4 cảm biến gồm nhiệt độ, độ ẩm không khí, độ ẩm đất và ánh sáng.

- Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm không khí đo thông số môi trường và lưu trữ dữ liệu vào thanh ghi bên trong module. Dữ liệu bao gồm 1 byte chứa thông số nhiệt độ và độ ẩm không khí với dải đo nhiệt từ 0 – 50°C.

- Cảm biến ánh sáng lưu trữ dữ liệu với dung lượng 2 byte tương ứng với giá trị từ 0,1 lux đến 40.000 lux.

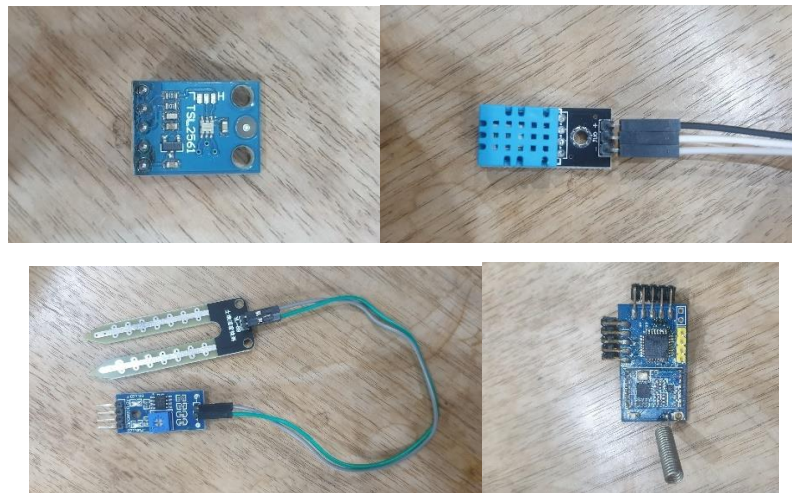
- Cảm biến độ ẩm đất đưa về dữ liệu analog và được số hóa dữ liệu tương ứng thành 1 byte.

Hệ thống lấy dữ liệu theo chu kỳ 1 hoặc 2 phút/ lần để thực nghiệm đánh giá hệ thống trước khi đem vào thử nghiệm trong nhà lưới.

Dữ liệu sau khi được thu thập sẽ được truyền về node cơ sở thông qua giao tiếp module RF theo giao thức Modbus RTU. Cấu trúc dữ liệu truyền như bảng 3.5.

Bảng 3.5: Cấu trúc dữ liệu truyền theo giao thức Modbus

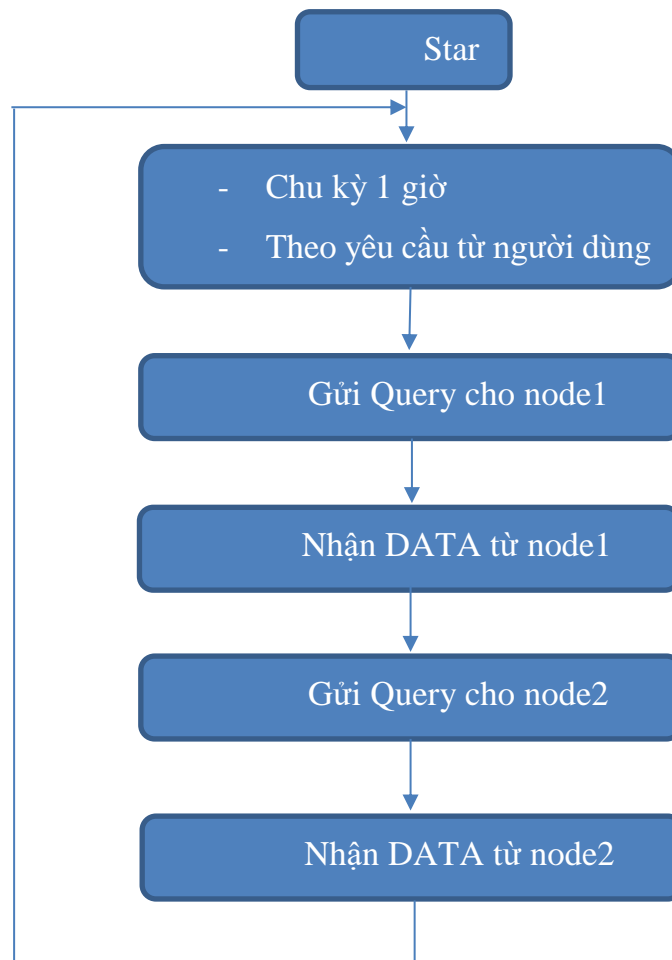
Address	Function	Data				CRC check
		Nhiệt độ	Độ ẩm	Ánh sáng	pin	
8 bits	8 bits	8 bits	16 bits	8 bits	8 bits	16 bits



Hình 3. 5: Node cảm biến bao gồm các cảm biến và module RF

3.1.3.2 Node cơ sở

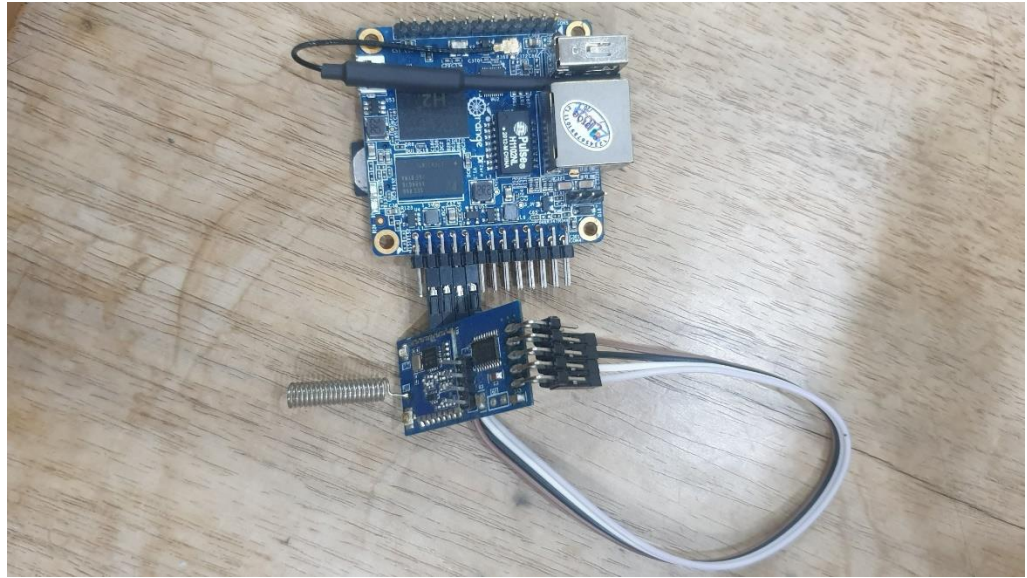
Về cơ bản node cơ sở có cấu tạo tương tự node cảm biến nhưng không có kết nối các cảm biến. Nhiệm vụ chủ yếu là một master trong hệ thống, đọc dữ liệu từ các node cảm biến đưa về module gateway.



Hình 3. 6: Lưu đồ truyền nhận dữ liệu từ các node

3.1.3.3 Gateway

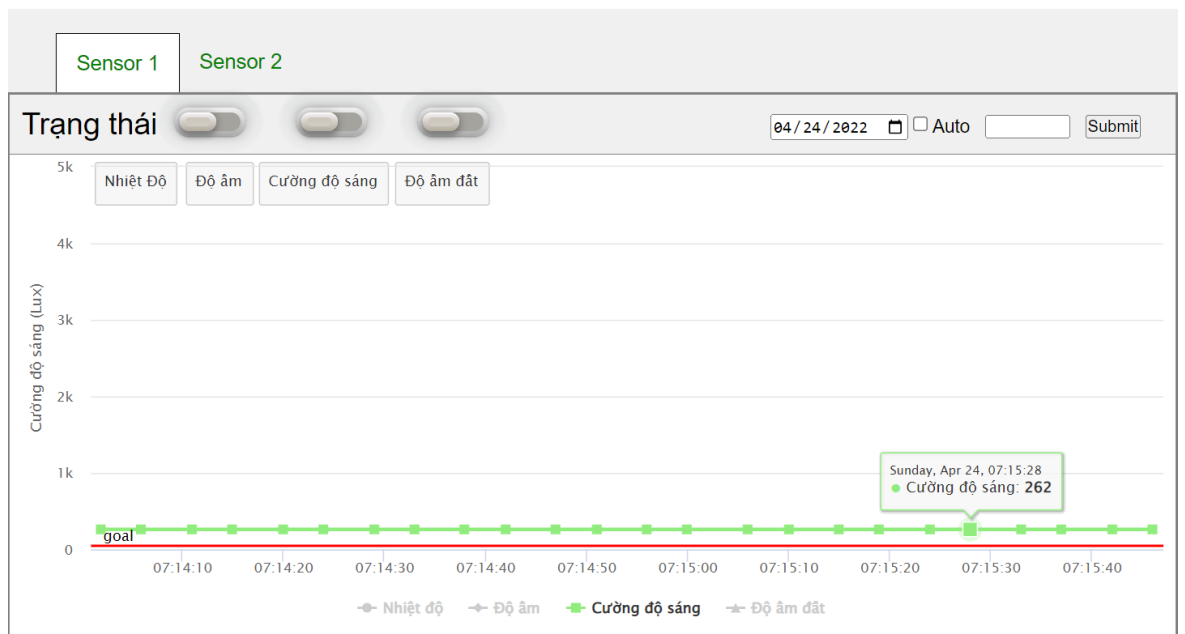
Gateway là module máy tính nhúng Mini Orange Pi Zero kết nối trực tiếp với node cơ sở. Nhiệm vụ đưa dữ liệu thu thập từ các node cảm biến lên cơ sở dữ liệu và nhận lệnh điều khiển từ ứng dụng đưa đến các node trong hệ thống. Gateway sử dụng giao thức MQTT để đưa dữ liệu lên cơ sở dữ liệu nhằm giữ kết nối thường xuyên giữa ứng dụng điều khiển với hệ thống mạng cảm biến và tiết kiệm dung lượng internet.



Hình 3. 7: Module gateway kết nối trực tiếp node cơ sở

3.2 Triển khai thực nghiệm hệ thống

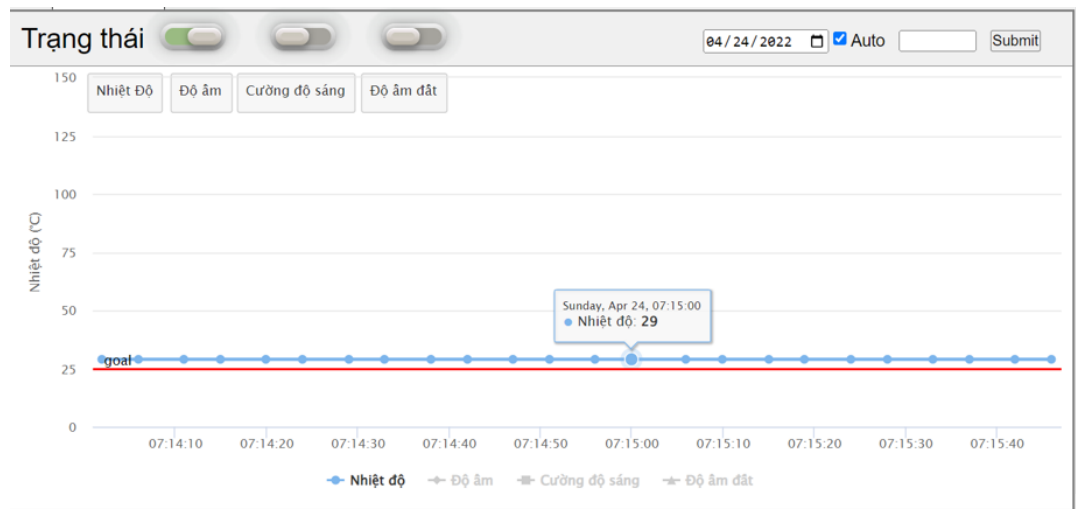
Hệ thống phần cứng gồm 2 node mỗi node 3 cảm biến gửi dữ liệu môi trường về node cơ sở thông qua mạng không dây RF. Dữ liệu thông qua gateway được biểu diễn và lưu trên <https://tramxangdau.com/DoAn/quan-ly-cap-phat>. Hệ thống lấy dữ liệu 1phút/ lần để demo, biểu diễn bằng biểu đồ để người xem có thể theo dõi. (Thời gian lấy dữ liệu phù hợp có thể lấy 30 phút hoặc 01 giờ một lần)



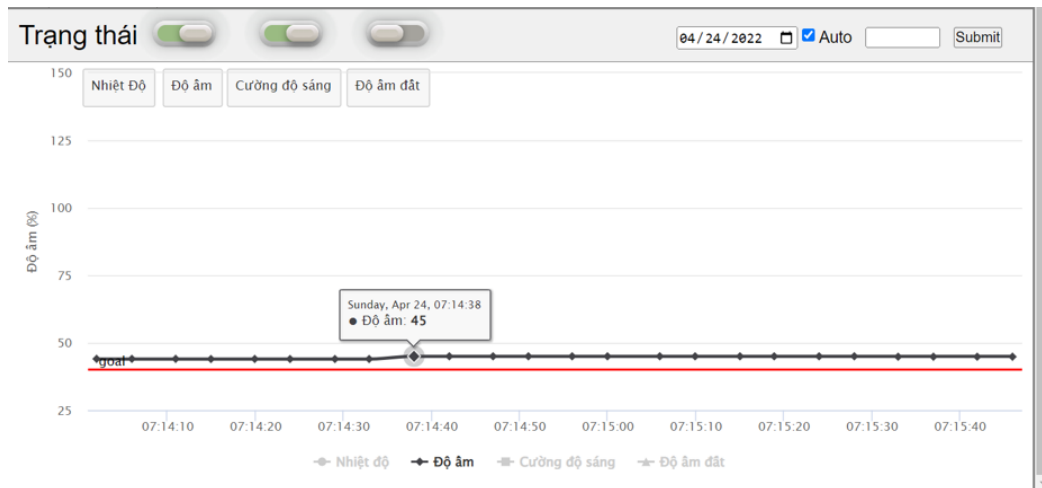
Hình 3. 8 Biểu đồ hiển thị dữ liệu môi trường nhận về

Mỗi node cảm biến được giả định đặt ở một khu vực vườn trồng, và các node này ngoài việc thu thập dữ liệu môi trường từ các cảm biến, chúng sẽ điều khiển các thiết bị máy quạt, mái che, máy tưới để hỗ trợ điều chỉnh môi trường. Hệ thống sẽ kết nối với máy quạt, mái che, máy tưới (máy bơm) thông qua mạng không dây RF với 2 chế độ, chế độ điều khiển thủ công cho người sử dụng (manual) và chế độ tự động (auto) với các ngưỡng thông số môi trường có thể được cài đặt trực tiếp trên giao diện tại <https://tramxangdau.com/DoAn/quan-ly-cap-phat>. Trang này được mượn để xây dựng thử nghiệm hệ thống, khi triển khai thực tế ứng dụng nhà vườn có thể xây dựng một trang web riêng.

Với chế độ Manual, khi người dùng theo dõi các thông số môi trường biểu đồ trên web có thể điều khiển bật tắt các thiết bị từ xa thông qua các nút điều khiển trên giao diện web. Với chế độ Auto, các thiết bị được điều khiển tự động từ xa khi vượt quá các ngưỡng thông số môi trường do người dùng có thể đặt trực tiếp trên giao diện web.



Hình 3. 9: Trạng thái bật máy quạt tự động khi nhiệt độ vượt ngưỡng của cây trồng



Hình 3. 10: Trạng thái bật máy quạt tự động khi nhiệt độ, độ ẩm vượt ngưỡng của cây trồng

Chương 4 - ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

4.1 Nhận xét kết quả thử nghiệm ứng dụng

Hệ thống được xây dựng cho nông trại trồng dưa lưới tại Tây Ninh và chạy thử nghiệm ổn định.

Hệ thống đã đáp ứng được yêu cầu về thu thập dữ liệu môi trường thời gian thực, hiển thị các thông số thu thập về trên giao diện web bằng biểu đồ, có kết nối với các thiết bị hỗ trợ điều chỉnh môi trường như máy quạt, máy bơm, máy điều khiển mái che và hiển thị trạng thái trên web, có chế độ điều khiển thủ công trực tiếp trên giao diện web hoặc tự động với ngưỡng thông số môi trường đặt trên web.

Các kết quả đã làm được trong luận văn

Đã xây dựng được một mạng cảm biến không dây gồm nhiều node cảm biến (thực nghiệm 2 node, mỗi node 3 cảm biến) thu thập số liệu môi trường bao gồm nhiệt độ, độ ẩm, độ sáng, độ ẩm đất. Xây dựng giao thức truyền dữ liệu giữa các node cảm biến và node cơ sở dựa trên giao thức Modbus. Dữ liệu thu thập được truyền không dây về node cơ sở, node cơ sở được cắm trực tiếp vào Orange pi để tổng hợp, xử lý và được đưa lên web hiển thị và đưa ra cảnh báo, hỗ trợ ra quyết định trong giải pháp theo dõi và chăm sóc cây trồng thông minh, trong luận văn này lựa chọn cây dưa lưới.

Trong đó về phần hiển thị, mô phỏng điều khiển trên giao diện web đã đạt được mục tiêu cụ thể đã cung cấp một Dashboard cho giám sát môi trường vườn trồng: 1). Hiển thị kết quả dữ liệu thu thập được qua các node cảm biến theo thời gian thực bằng biểu đồ để xác định điều kiện môi trường ứng với từng khu vực, 2). Cho phép xem các dữ liệu lịch sử bằng đồ thị theo yêu cầu, 3). Hiển thị các thông tin, thiết lập các mức cảnh báo và giám sát cần thiết cho từng giai đoạn phát triển của cây trồng.

Hệ thống cho phép cài đặt các thông số thu thập dữ liệu cảm biến như tần suất thu thập, số lượng node (chọn 02 node), số lượng cảm biến (chọn 03 cảm biến)... nhằm phù hợp cho từng giai đoạn, từng cây trồng.

Trên giao diện web cho phép người trồng điều khiển các thiết bị hoặc tự cài đặt để hệ thống tự động ra quyết định điều khiển các đèn led mô phỏng các thiết bị mái che, quạt thông gió, bơm tưới nước (hoặc phun sương) để cải thiện thông số môi trường hiện tại. Hệ thống đã nhận thông tin điều khiển của người trồng thao tác trên web truyền về các node cảm biến để lấy dữ liệu hoặc điều khiển bật tắt đèn led mô phỏng trạng thái bật tắt của các thiết bị điều khiển.

Trên cơ sở tìm hiểu quá trình phát triển của cây và kinh nghiệm chăm sóc cây dưa lưới của người trồng thực tế, đã cài đặt hệ thống có thể đưa ra các cảnh báo trên giao diện với dữ liệu thu thập về sẽ được so sánh bằng đường goal là đường biểu diễn thông số cài đặt ngưỡng. Nếu nhiệt độ, độ ẩm không khí quá ngưỡng (có thể đặt trực tiếp trên giao diện web) hệ thống sẽ tự động bật led mô phỏng công tắc bật mở của máy làm mát cho đến khi nhiệt độ về dưới ngưỡng sẽ tắt led mô phỏng công tắc bật tắt của máy làm mát. Tương tự nếu độ sáng nếu vượt ngưỡng cài đặt sẽ tự động bật led mô phỏng bật công tắc điều khiển mái che cho đến khi dữ liệu cảm biến thu thập về ở dưới ngưỡng sẽ điều khiển tắt led mô phỏng bật chế độ điều khiển kéo mái che về. Với thông số độ ẩm đất cũng thế, nếu độ ẩm dưới ngưỡng chọn là 75% sẽ tự động bật đèn led mô phỏng bật công tắc máy bơm tưới nhỏ giọt, tuy nhiên với chế độ bật máy bơm tưới hệ thống thiết kế bật chạy 15 phút theo như kinh nghiệm của người trồng sau đó tự ngắt máy bơm phun, trạng thái led về tắt. Trạng thái của các led hiển thị trạng thái của công tắc đang bật on hay off của các thiết bị. Các ngưỡng có thể đặt trực tiếp trên giao diện. Các trạng thái bật tắt công tắc người trồng có thể theo dõi và tự điều khiển trên giao diện khi chọn chế độ manual trên web.

Ưu điểm và đóng góp của hệ thống

Hệ thống được thiết kế giá thành rẻ, thuận tiện cho các khu vực nông trại rộng, có thể tự động điều khiển thiết bị hỗ trợ môi trường theo yêu cầu của cây trồng.

Hệ thống nhỏ gọn, dễ vận hành, dễ lắp đặt, phù hợp cho nhiều địa hình, giao diện, dễ sử dụng, dễ theo dõi, giám sát phù hợp với nhiều đối tượng khác nhau, và có thể đóng gói để đưa vào sử dụng cho nông trại là hoàn toàn khả thi.

Hệ thống có chế độ chọn điều khiển thiết bị hỗ trợ điều chỉnh môi trường tự động cho người trồng chọn và có thể theo dõi giám sát ở bất cứ đâu trên nền web.

Hệ thống có thể được triển khai trên nhiều khu vực vườn trồng với các loại cây trồng khác nhau, giúp người trồng giảm chi phí theo dõi chăm sóc thủ công và điều khiển các thiết bị từ xa dễ dàng. Giúp phát triển nông nghiệp thông minh, tăng năng suất hạ giá thành chi phí quản lý, theo dõi, chăm sóc cho người trồng trên địa bàn tỉnh Tây Ninh.

Những vấn đề còn tồn tại

Do giới hạn trong thời gian thực hiện luận văn nên chưa thể triển khai hệ thống thực tế trên nông trại.

Đánh giá khả năng mở rộng của hệ thống: Hệ thống có thể được đóng gói để phù hợp và thuận tiện cho việc lắp đặt trong nông trại; Các node cảm biến có thể được ứng dụng sử dụng năng lượng mặt trời thay cho nguồn pin; Hệ thống có thể xây dựng ứng dụng trên điện thoại cho người trồng theo dõi giám sát điều khiển; Hệ thống có khả năng kết nối với các loại cảm biến khác và các thiết bị điều khiển hỗ trợ điều chỉnh môi trường tại mỗi node của mỗi khu vực, linh hoạt theo điều kiện môi trường trồng của từng khu vực, từng loại cây trồng; Hệ thống có khả năng triển khai trong cả quá trình phát triển đến thu hoạch của cây trồng, triển khai trên diện rộng, nhiều loại cây trồng trên nhiều khu vực khác nhau, môi trường ngoài nhà kính, khả năng áp dụng cho các loại cây trồng khác.

4.2 Hướng nghiên cứu mở rộng

Trên cơ sở thiết kế phần cứng sử dụng máy tính nhúng Orange pi cùng với các cảm biến công dụng khác có thể nghiên cứu mở rộng ứng dụng lên các lĩnh vực khác như hệ thống đo đạc giám sát tại các cây xăng; hệ thống giám sát và thống kê tính toán năng suất sản phẩm của công nhân các nhà máy; hệ thống đo đạc cảnh báo cho đê điều, hồ chứa nước; hệ thống giám sát cảnh báo cháy rừng; hệ thống giám sát và cảnh báo mức độ ô nhiễm cho môi trường; hệ thống cảm biến và hỗ trợ ra quyết định cho nhà thông minh; hệ thống giám sát và tưới cây công cộng tự động; và mở rộng thêm phần thu thập dữ liệu, lưu trữ và thực hiện các phương pháp học máy để dự

đoán, hỗ trợ ra quyết định, hoặc mở rộng thêm phần ứng dụng trên điện thoại thông minh để thuận tiện cho người dùng theo dõi, quản lý...

KẾT LUẬN

Đề tài đã xây dựng được hệ thống cảm biến không dây dùng công nghệ RF tùy biến kết hợp với máy tính nhúng Orange pi nhỏ gọn giá thành rẻ, phù hợp với những vườn trồng và trang trại trồng dưa lưới nhà kính trên địa bàn tỉnh, cũng như nhiều loại cây trái, rau củ quả có quy mô vừa và nhỏ của người nông dân. Hệ thống thực nghiệm có khả năng kết nối điều khiển các thiết bị hỗ trợ điều chỉnh môi trường từ xa tự động hoặc tùy ý người trồng, dữ liệu môi trường được thu thập theo thời gian thực, và được lưu trữ, xem lại dữ liệu môi trường thu thập về theo ngày trên web.

Hệ thống có thể được đóng gói và thiết kế bộ nguồn sử dụng pin năng lượng mặt trời và nguồn pin dự phòng để đảm bảo khả năng hoạt động liên tục và trong thời gian dài.

Hiện nay có rất nhiều công trình nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn của mạng cảm biến không dây vào lĩnh vực nông nghiệp, tuy nhiên tại Tây Ninh thì hệ thống này chưa được phát triển ứng dụng chuyên sâu cho nông nghiệp, do đó, “Hệ thống thu thập thông tin môi trường cho nông nghiệp và hỗ trợ điều chỉnh điều kiện môi trường phù hợp cho cây trồng” được nghiên cứu và xây dựng với tính ứng dụng cao, có tính linh hoạt, dễ lắp đặt sử dụng phù hợp với tình hình thực tế của nhiều trang trại nhà kính trồng rau củ quả trên địa bàn, và giá thành rẻ tạo điều kiện cho người nông dân tại tỉnh Tây Ninh có thể ứng dụng vào quá trình trồng trọt của mình, giúp người trồng có thể theo dõi, giám sát được từ xa, giảm chi phí nhân công, tự động hóa được nhiều công đoạn thủ công, trồng được nhiều loại cây trồng không chỉ những loại cây ưa sáng ưa nhiệt truyền thống đã có trên địa bàn tỉnh mà có thể phát triển trồng nhiều loại cây trồng khác đem lại hiệu quả kinh tế cao khi áp dụng hệ thống này từ đó thúc đẩy phát triển một nền nông nghiệp công nghệ cao trên địa bàn tỉnh.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đình Tuấn Lê, Ngọc TD (2013), Xây dựng mạng cảm biến không dây trong nông nghiệp chính xác, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ Số chuyên đề: Công nghệ Thông tin*, p. 115–122
- [2]. Lê Công Huỳnh (2020), *Hệ thống cảm biến IoT trong nông nghiệp công nghệ cao*, luận văn thạc sỹ Vật lý kỹ thuật, Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam
- [3]. Nguyễn Chí Nhân, Phạm Ngọc Tuấn, Nguyễn Huy Hoàng (2019), Mạng cảm biến không dây ứng dụng cho nông nghiệp công nghệ cao, *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Tự nhiên*, đăng ngày 31/12/2019,
- [4]. Nguyễn Thị Nga, Đào Thị Mơ, Tống Thị Lan, Nguyễn Thúy May, Đàm Đức Cường, Nguyễn Thị Thu Hiền (2020), Ứng dụng Arduino trong thiết kế hệ thống giám sát nhiệt độ, độ ẩm và tưới nước tự động phục vụ nông nghiệp tỉnh Thái Bình, *Tạp chí Công Thương - Các kết quả nghiên cứu khoa học và ứng dụng công nghệ*, Số 13, tháng 6 năm 2020.
- [5]. Trịnh Minh Phương (2016), *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ IoT cho giám sát môi trường*, luận văn thạc sỹ công nghệ thông tin, Đại học công nghệ - Đại học quốc gia Hà nội
- [6]. Trần Hồng Hải (2018), *Nghiên cứu xây dựng mạng cảm biến không dây dựa trên giao thức LEACH và ZigBee*, luận văn thạc sỹ công nghệ thông tin, trường đại học quốc gia Hà Nội.
- [7]. Anna Ha’c (2003), *Wireless Sensor Network Designs*, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, USA, John Wiley & Sons Ltd.
- [8]. XIONG Shu-ming, WANG Liang-min, QU Xiao-qian, ZHAN Yong-zhao, (2009), Application Research of WSN in Precise Agriculture Irrigation, *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*

- [9]. Nikesh Gondchawar, Prof Dr R S Kawitkar (2016), IoT based Smart Agriculture, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*.
- [10]. Siddique A, Prabhu B, Chaskar A, Pathak R (2019), A Review On Intelligent Agriculture Service Platform With Lora Based Wireless Sensor Network, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Feb 2019, p 06(02).
- [11]. ZigBee Specification, ZigBee Alliance, ZigBee Document 053474r06, version 1.0, December 2004, 2020
- [12]. Robert Keim, 2018, Learn RF Design: Choosing the Right RF Transceiver IC, <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/learn-rf-design-choosing-the-right-rf-transceiver-ic>, 2022.
- [13]. Si4464/63/61/60 High performance, Low-Current Transceiver, <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si4464-63-61-60.pdf>, 2022
- [14]. A <http://www.alldatasheet.com> , 2022

BẢN CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đã thực hiện việc kiểm tra mức độ tương đồng nội dung luận văn/luận án qua phần mềm Kiemtratailieu.vn một cách trung thực và đạt kết quả mức độ tương đồng 18 % toàn bộ nội dung luận văn. Bản luận văn kiểm tra qua phần mềm là bản cứng luận văn đã nộp để bảo vệ trước hội đồng. Nếu sai tôi xin chịu các hình thức kỷ luật theo quy định hiện hành của Học viện.

Tây Ninh, ngày 05 tháng 5 năm 2022

HỌC VIÊN CAO HỌC

Nguyễn Thị Kim Phụng