

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LORA TRUYỀN NHẬN TÍN HIỆU ĐI XA

Nguyễn Văn Điều^{1*}, Đặng Thị Thúy Huyền¹, Nguyễn Việt Anh²

¹*Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

²*Sinh viên Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

*Tác giả liên hệ: nvdiieu@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 17.01.2022

Ngày chấp nhận đăng: 05.07.2022

TÓM TẮT

Bài báo này nhằm giới thiệu một hệ thống mạng cảm biến dựa trên công nghệ mạng diện rộng nhằm truyền tín hiệu đi xa, tiết kiệm năng lượng. Hệ thống bao gồm 3 node cảm biến, 1 trạm thu thập dữ liệu (gateway) và 1 hệ thống giám sát trực tuyến. Hệ thống này có nhiệm vụ truyền dữ liệu nối tiếp nhằm mục đích truyền dữ liệu đi xa hơn. Bên cạnh đó, các node truyền dữ liệu đến gateway để đưa dữ liệu lên server nhằm giúp người dùng có thể giám sát trực tuyến hệ thống. Khoảng cách lớn nhất hệ thống có thể truyền dữ liệu ổn định dưới 900m tại nơi thử nghiệm không có vật cản. Tại nơi có nhiều vật cản, tín hiệu được truyền ổn định dưới 400m. Hệ thống mạng cảm biến này có khả năng “ngủ” khi không truyền dữ liệu, việc này giúp tiết kiệm năng lượng của hệ thống. Các thông số của hệ thống được gửi lên server nhằm giám sát trực tuyến trên ứng dụng Blynk. Kết quả này bước đầu đã cho thấy một giải pháp cho các hệ thống truyền nhận tín hiệu đi xa trong nông nghiệp.

Từ khoá: Hệ thống mạng không dây LoRa, mạng cảm biến không dây.

Application of LoRa Technology to Transmit and Receive Signals over Long Distance

ABSTRACT

This paper introduces a sensor network system based on wide area network technology to transmit signals over long distances, saving energy for concentrated agriculture. The system included 3 sensor nodes, 1 data collection station (gateway), and 1 online monitoring system. The system performed serial data transmission for the purpose of transmitting data over longer distances. Besides, the nodes transmitted data to the gateway to send data to the server, which helped users to monitor the system online. The maximum data transmission distance of the system was less than 900m at the test site with no obstructions. In places with many obstacles, the signals transmitted stably below 400m. This sensor network had a “sleep” state when not transmitting data, which saves system energy. The system parameters sent to the server for online monitoring on the Blynk application. These initial results suggest a solution for systems that need long distance transmission in agriculture.

Keywords: LoRa wireless mesh network system, wireless sensor networks.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nông nghiệp thế giới đang đứng trước những thách thức to lớn và đòi hỏi phải sản xuất thêm 70% lương thực vào năm 2050 (Clereq & cs., 2018). Việc tích tụ, tập trung ruộng đất cũng là xu hướng tất yếu trong sản xuất nông nghiệp trên thế giới và đây cũng là chủ trương của nước ta nhằm đảm bảo an ninh lương thực và đóng góp lớn cho xuất khẩu nông

sản. Theo Nghị định 98: “Vùng sản xuất nông nghiệp hàng hóa tập trung là vùng sản xuất tập trung một hay một nhóm sản phẩm nông nghiệp cùng loại có quy mô phù hợp với từng loại hình sản xuất và điều kiện của mỗi địa phương” (Chính phủ, 2018). Đây là những tiền đề để nền phát triển nền nông nghiệp nước nhà. Bên cạnh những chính sách đó, sự ra đời của nền nông nghiệp 4.0 là dấu mốc cho sự cải tiến mạnh mẽ về công nghệ được áp dụng trong nông nghiệp.

Có thể kể đến như các thông số về môi trường, các trạng thái của thiết bị máy móc trong quá trình sản xuất nông nghiệp được thu thập và đưa vào các thuật toán mới để chuyển đổi dữ liệu thành hệ thống thông tin có giá trị. Trên cơ sở đó, người sản xuất có thể quản lý không gian và thời gian nhằm tối ưu hóa các sản phẩm, giảm rủi ro và hạn chế tổn thương từ các tác động bên ngoài như sự cố máy móc, thời tiết và bệnh tật (Bùi Thị Lâm & cs., 2019). Kết quả là, hệ thống sản xuất tự động hóa cao được hoàn chỉnh. Những điều này tạo nên bước tiến to lớn trong nền nông nghiệp thông minh hiện nay.

Góp phần vào đó, có thể kể tới sự phát triển của các mạng cảm biến không dây phục vụ cho nông nghiệp tập trung. Hệ thống mạng cảm biến không dây này có thể kết hợp thiết bị bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) giám sát vùng trồng cây nông nghiệp nhằm thu thập các dữ liệu về điều kiện thời tiết, tình trạng đất, sức khỏe cây trồng giúp người trồng đưa ra giải pháp phù hợp nhất về tưới tiêu, xử lý sâu bệnh, chăm bón với loại cây đang trồng (Nguyễn Trường Sơn & cs., 2021; Mạnh Cường, 2017). Các hệ thống này có thể sử dụng UAV giúp thu thập dữ liệu ở xa hoặc những nơi có địa hình hiểm trở. Tuy nhiên, việc đầu tư ban đầu một hệ thống có sử dụng UAV sẽ gây khó khăn về mặt kinh tế cho người sử dụng là nông dân Việt Nam.

Một số hệ thống mạng cảm biến hiện nay chỉ sử dụng các công nghệ như WiFi, GPRS, 3G, Zigbee, LoRa... cũng đã có thể giúp truyền tín hiệu đi xa. Những công nghệ này giúp cho việc giám sát trở nên dễ dàng hơn, tăng hiệu quả trong quá trình quản lý và giám sát. Như hệ thống quan trắc tự động các tham số khí tượng thủy văn và môi trường theo thời gian thực dựa trên mạng cảm biến không dây Zigbee (Nguyễn Anh Tuấn & cs., 2020) hay mạng cảm biến không dây trong nông nghiệp chính xác (Lê Đình Tuấn & Thái Doãn Ngọc, 2013). Những hệ thống này cũng được nghiên cứu và phát triển tại nước ngoài để áp dụng trong nhà kính. Họ sử dụng mạch giao tiếp được chế tạo sẵn hoặc phát triển sản phẩm riêng dựa trên công nghệ ZigBee

(Ahonen & cs., 2008; Akkas & Sokullu, 2017). Tuy nhiên các hệ thống này mới được thử nghiệm tại các khoảng cách hạn chế hoặc cần rất nhiều khu vực giám sát và điều hành mới truyền dữ liệu đi xa được.

LoRa là một hệ thống viễn thông không dây tầm xa với công suất thấp và được đề xuất là một giải pháp cơ sở hạ tầng cho lĩnh vực vạn vật kết nối (Internet of Things). Thông thường mạng LoRa bao gồm các thiết bị đầu cuối (End devices), các cổng kết nối (Gateways) và một máy chủ mạng (Network server). Các thiết bị đầu cuối gửi dữ liệu đến máy chủ mạng thông qua cổng kết nối (Chall & cs., 2019; Iborra & cs., 2018; Augustin & cs., 2016; Nguyễn Chí Nhân & cs., 2020). Những nghiên cứu này có các thiết bị đầu cuối liên kết không dây với các cổng kết nối thông qua điều chế Lora, trong khi các cổng kết nối và máy chủ mạng thường được kết nối thông qua liên kết có dây hoặc liên kết 3G/4G. Tuy nhiên, những nghiên cứu này ít tập trung nghiên cứu tới sự giao tiếp LoRa giữa các thiết bị đầu cuối. Nếu thay thế các cổng kết nối bằng các thiết bị đầu cuối sẽ giảm được chi phí cho hệ thống vì trên thị trường, giá của LoRa gateway là khá đắt, trong khi thiết bị đầu cuối LoRa có chi phí thấp hơn rất nhiều (Ciuffoletti, 2018). Bên cạnh đó, việc truyền thông giữa các thiết bị đầu cuối nhằm tránh những vùng không có hoặc dễ mất liên kết 3G/4G, nó ảnh hưởng tới truyền dữ liệu từ cổng kết nối tới máy chủ mạng.

Để giải quyết các vấn đề trên, nhóm tác giả đề xuất một hệ thống sử dụng công nghệ LoRa giúp truyền dữ liệu đi xa và có thể giám sát trực tuyến trên ứng dụng Blynk. Qua đó cho thấy được ưu điểm của công nghệ LoRa trong việc phát triển mạng cảm biến không dây giúp tăng khoảng cách truyền dữ liệu đi xa.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

2.1.1. Công nghệ 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. Với công nghệ này, có thể truyền dữ liệu với khoảng cách lớn và với nhiều nút mạng (Node) mà không cần các mạch khuếch đại công suất; từ đó giúp tiết kiệm năng lượng tiêu thụ khi truyền nhận dữ liệu (Ayele & cs., 2017). Do đó, nhóm đề tài ứng dụng công nghệ LoRa vào hệ thống. Tuy nhiên, tín hiệu sóng LoRa vẫn bị suy giảm trong thực tế bởi khoảng cách truyền, các vật cản và nhiễu bởi các nguồn sóng radio khác.

LoRa sử dụng kỹ thuật điều chế gọi là Chirp Spread Spectrum. Nguyên lý này là dữ liệu sẽ được băm bằng các xung cao tần để tạo ra tín hiệu có tần số cao hơn tần số của dữ liệu gốc, sau đó tín hiệu cao tần này tiếp tục được mã hóa theo các chuỗi 16 chirp signal (là các tín hiệu hình sin có tần số thay đổi theo thời gian, có 2 loại chirp signal là up-chirp có tần số tăng theo thời gian và down-chirp có tần số giảm theo thời gian và việc mã hóa theo nguyên tắc bit 1 sẽ sử dụng up-chirp và bit 0 sẽ sử dụng down-chirp) trước khi truyền ra anten để gửi đi.

Băng tần làm việc của LoRa từ 430MHz đến 915MHz cho từng khu vực khác nhau trên thế giới: 430MHz cho châu Á, 780MHz cho Trung Quốc, 433MHz hoặc 866MHz cho châu Âu, 915MHz cho USA.

Nhờ sử dụng chirp signal mà các tín hiệu LoRa với các chirp rate khác nhau có thể hoạt động trong cùng một 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.

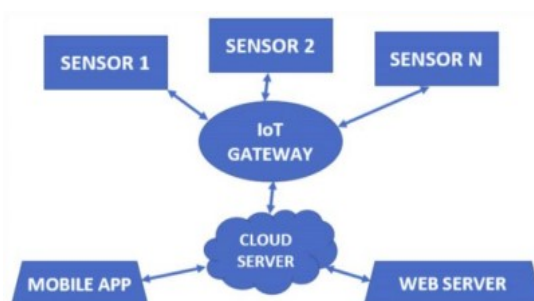
2.1.2. ATmega328

ATmega328 có tên đầy đủ là ATmega328P-PU. Nó được gắn trong mạch có sẵn arduino. Mạch Arduino cho phép gửi mã chương trình cho ATmega328 thông qua truyền thông nối tiếp (dùng cổng COM). Các thông số chính của vi điều khiển Atmega328P-PU: kiến trúc: AVR 8bit, xung nhịp lớn nhất: 20Mhz, bộ nhớ chương trình (FLASH): 32KB, bộ nhớ EEPROM: 1KB, bộ nhớ RAM: 2KB, điện áp hoạt động rộng: 1,8-5,5V, số timer: 3 timer gồm 2 timer 8-bit và 1 timer 16-bit, số kênh xung PWM: 6 kênh (1 timer 2 kênh).

2.1.3. Gateway

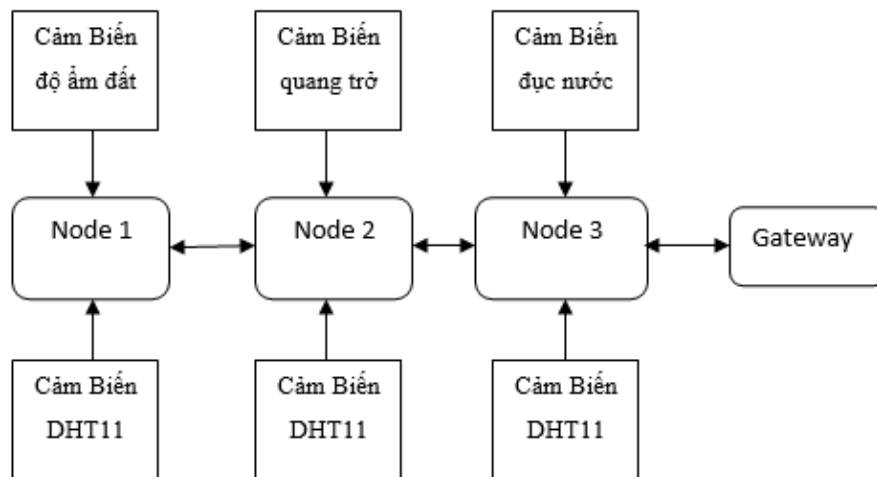
Công nghiệp 4.0 là xu hướng hiện thời trong việc tự động hóa và trao đổi dữ liệu trong công nghệ sản xuất. Một trong những yếu tố cốt lõi của 4.0 là IoT, nó giúp cho các hệ thống có thể dễ dàng trao đổi dữ liệu, giám sát và điều khiển từ xa. Trong các hệ thống giám sát, điều khiển, giải pháp tích hợp Gateway thường được đưa ra nhằm giải quyết bài toán kết nối các hệ thống tới mạng Internet, tham gia vào hệ sinh thái IoT. Thiết bị Gateway là thiết bị được sử dụng để liên kết các hệ thống mạng khác nhau. Nhiệm vụ chính của Gateway là chuyển đổi giao thức ở cấp cao, thường được thực hiện bằng các thành phần phần mềm.

Gateway cho phép nối ghép hai loại giao thức với nhau. Ví dụ: mạng sử dụng giao thức IP và mạng sử dụng giao thức IPX, Novell, DECnet, SNA... hoặc một giao thức nào đó thì Gateway sẽ chuyển đổi từ loại giao thức này sang loại khác.



Ghi chú: Sensor: Cảm biến; Gateway: Cổng kết nối; Mobile app: Ứng dụng điện thoại; Cloud server: Máy chủ điện đám mây; Web server: Máy chủ trang mạng.

Hình 1. Mô hình IoT kết hợp Gateway



Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống

Qua Gateway, các máy tính trong các mạng sử dụng các giao thức khác nhau có thể dễ dàng “nói chuyện” được với nhau. Nói cách khác, Gateway đóng vai trò là một “cửa ngõ” giữa hai mạng network (có thể là IP - IP hoặc IP - LoRa...). Do các node con không thể kết nối thẳng vào server được nên phải nhờ một thiết bị trung gian gửi dữ liệu đi, thì thiết bị đó gọi là Gateway.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Sơ đồ tổng quan

Hình 2 cho thấy cách bố trí hệ thống làm việc. Ở đây, mỗi Node đều có cảm biến DHT11 để đo nhiệt độ và độ ẩm môi trường vì nhiệt độ và độ ẩm là hai thông số rất quan trọng và nó có mặt hầu như trong mọi hệ thống nông nghiệp. Các cảm biến khác được đưa vào thử nghiệm trong sơ đồ như: cảm biến quang, cảm biến độ ẩm đất, cảm biến đo độ đục nước. Sau khi các Node để cách nhau $D_x m$ (với x là các số nguyên) thì tiến hành các thử nghiệm kết nối với nhau. Sau đó, các gói dữ liệu từ Node 1 sẽ gửi đến Node 2. Dữ liệu tại Node 2 sẽ gửi đồng thời dữ liệu nhận được từ Node 1 và dữ liệu của nó đến Node 3. Node 3 nhận được dữ liệu này sẽ gửi đồng thời tất cả dữ liệu đến Gateway. Việc này nhằm mục đích tăng khoảng cách truyền nhận tín hiệu của Node đầu tiên và Node cuối cùng, đồng thời hạn chế được việc sử dụng nhiều Gateway cho các hệ thống lớn và phức tạp hơn.

2.2.2. Sơ đồ nguyên lý cho hệ thống LoRa

Một node cảm biến sẽ bao gồm 4 khối chính: khối cảm biến, khối xử lý, khối truyền thông và khối nguồn.

- Khối nguồn có chức năng cung cấp điện áp một chiều cho khối xử lý thực thi. Bộ nguồn là các pin cung cấp năng lượng cho các node cảm biến và gateway.

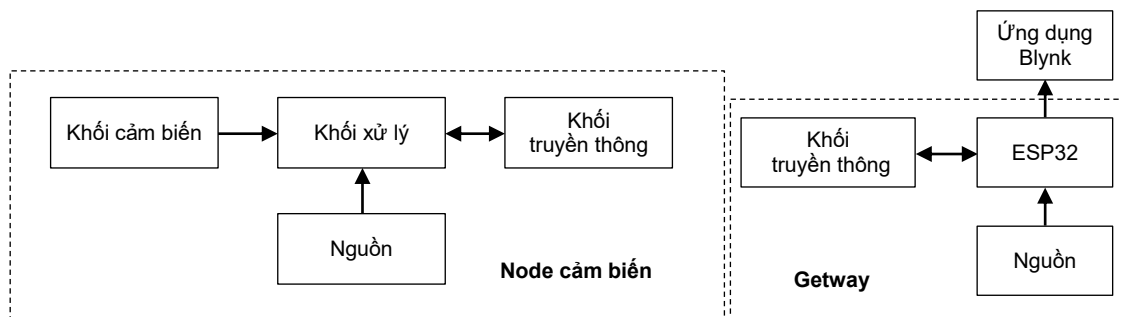
- Khối cảm biến: bao gồm các loại cảm biến dùng để đo lường tham số khác nhau của môi trường vật lý: nhiệt độ, độ ẩm không khí sử dụng cảm biến DHT11, cảm biến đo độ đục nước, cảm biến ánh sáng và cảm biến độ ẩm đất. Khối cảm biến có chức năng thu thập dữ liệu từ môi trường chuyển đổi và gửi dữ liệu đến khối xử lý.

- Khối xử lý: có nhiệm vụ xử lý dữ liệu và có ở cả các node cảm biến và ở khối Gateway.

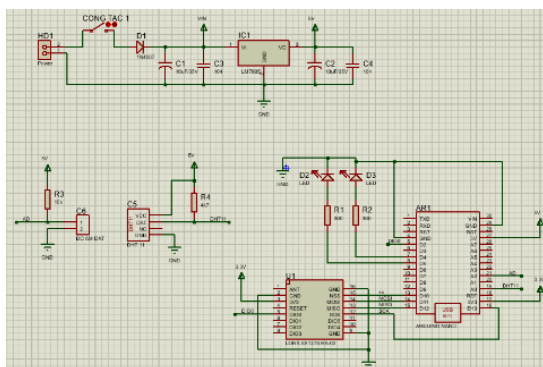
- Khối xử lý ở node cảm biến: Giao tiếp với các khối cảm biến để nhận và gửi dữ liệu tới khối truyền thông.

- Khối xử lý ở gateway thì hoạt động với tần suất nhiều hơn và liên tục hơn khối xử lý ở các node cảm biến. Nó nhận dữ liệu từ các node cảm biến xử lý lưu trữ và gửi thông tin lên server.

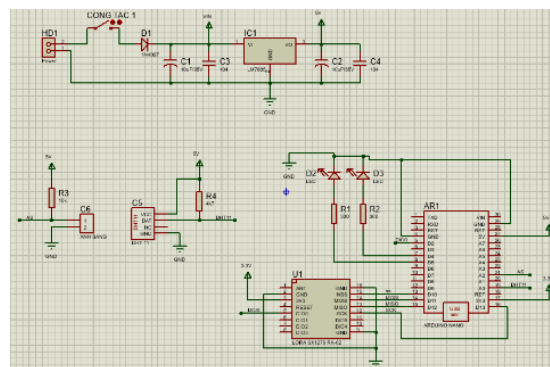
- Khối truyền thông (LoRa và anten): có chức năng thu nhận và phát thông tin giữa các node. Dựa trên yêu cầu ứng dụng và sự liên quan để truyền đạt nó thường sử dụng sóng phù hợp như radio.



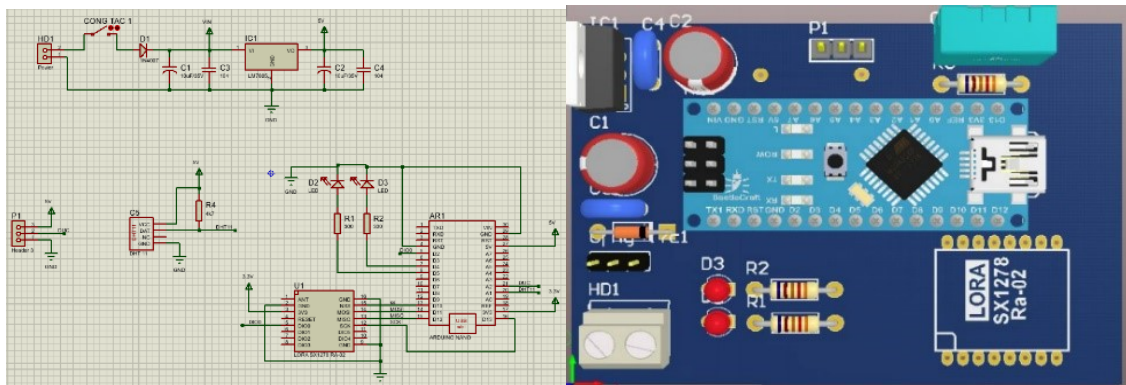
Hình 3. Sơ đồ khối của từng node và gateway



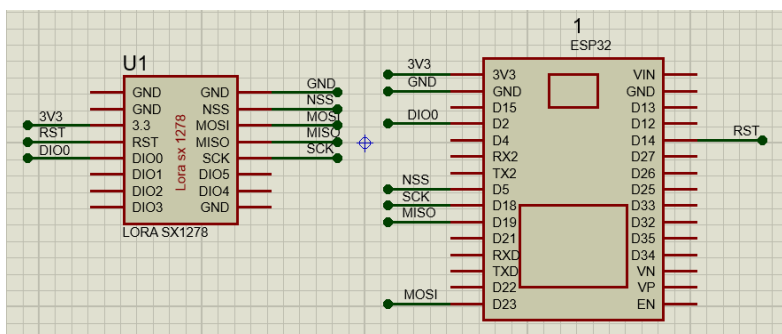
Hình 4a. Sơ đồ nguyên lý Node 1



Hình 4b. Sơ đồ nguyên lý Node 2



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý Node 3 và hình ảnh 3D của các node



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý Gateway

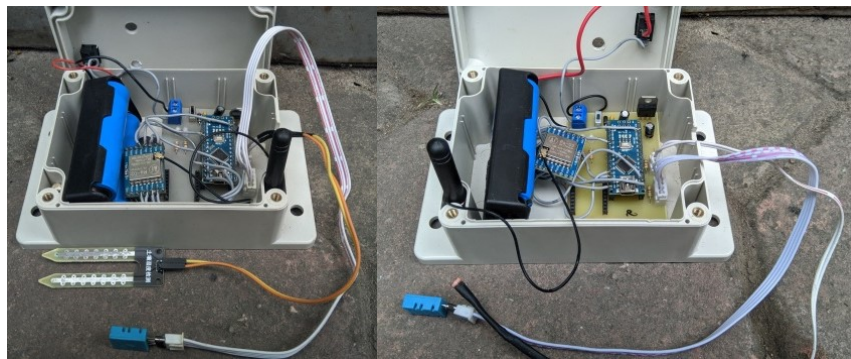
Đối với Gateway gồm có khối nguồn, khối truyền thông và ESP32. ESP32 sẽ nhận các gói tin từ LoRa để đưa lên server, người dùng có thể truy cập ứng dụng blynk để giám sát dữ liệu khi cần thiết.

2.2.3. Thiết kế các Node và Gateway

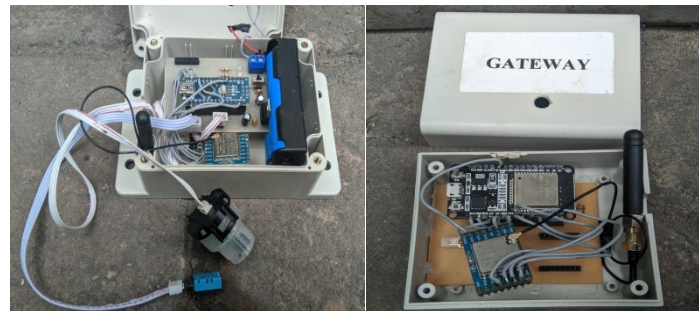
Sơ đồ nguyên lý Node 1, Node 2, Node 3 gồm nhiều khối nhỏ như: Khối nguồn, khối xử lý, khối cảm biến đã được chia thành từng phần riêng biệt trong mạch. Hệ thống các Node được thiết kế trên phần mềm chuyên dụng proteus.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

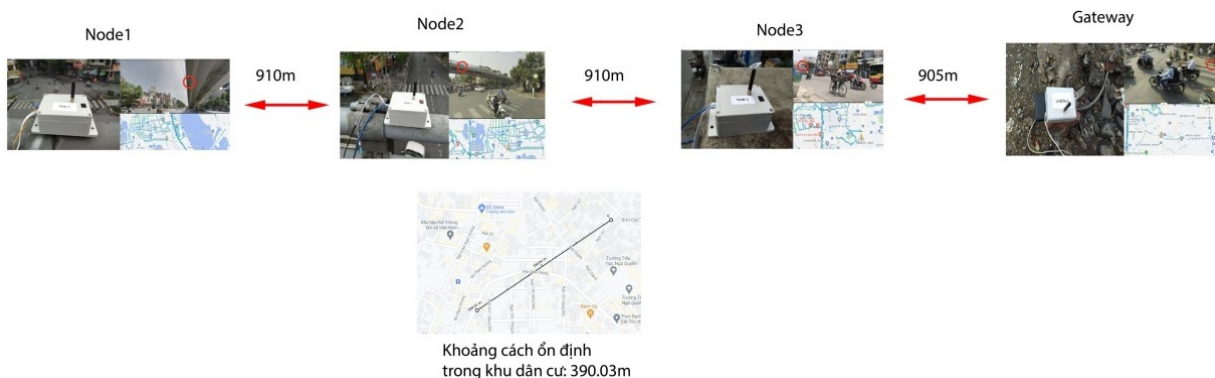
Hình 7 và 8 cho thấy mạch thực tế của hệ thống 3 node và 1 gateway. Node 1 được bố trí cảm biến đo độ ẩm đất, cảm biến đo ánh sáng được bố trí tại node 2, node 3 có bố trí cảm biến đo độ đục nước và cả 3 node đều có cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm môi trường. Gateway có chức năng phát tín hiệu yêu cầu các node thu thập dữ liệu, sau đó thu thập các gói dữ liệu từ node 3 gửi về đồng thời gửi dữ liệu lên server nhờ ESP32. Gateway thường được đặt tại một vị trí có kết nối mạng như wifi hoặc 3G/4G.



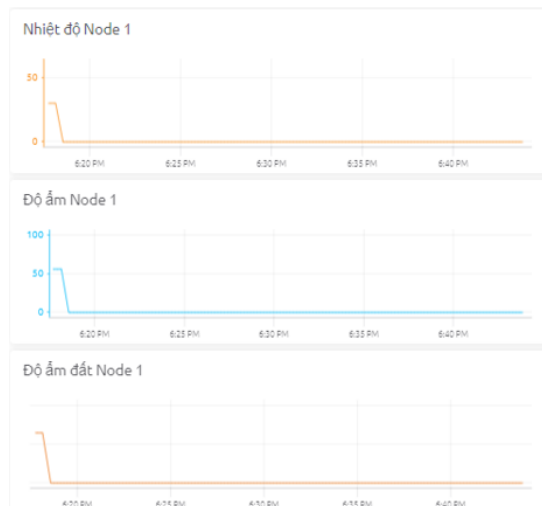
Hình 7. Mạch thực tế node 1 và node 2



Hình 8. Mạch thực tế node 3 và gateway



Hình 9. Hệ thống được lắp đặt thực tế



a. Mất tín hiệu tại Node 1

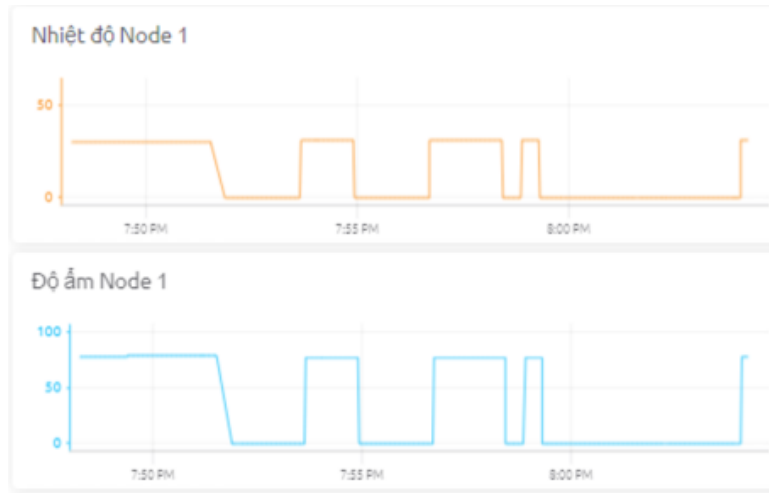


b. Mất tín hiệu tại Node 2



c. Mất tín hiệu tại Node 3

Hình 10. Hệ thống bị mất tín hiệu



a. Tín hiệu không ổn định Node 1

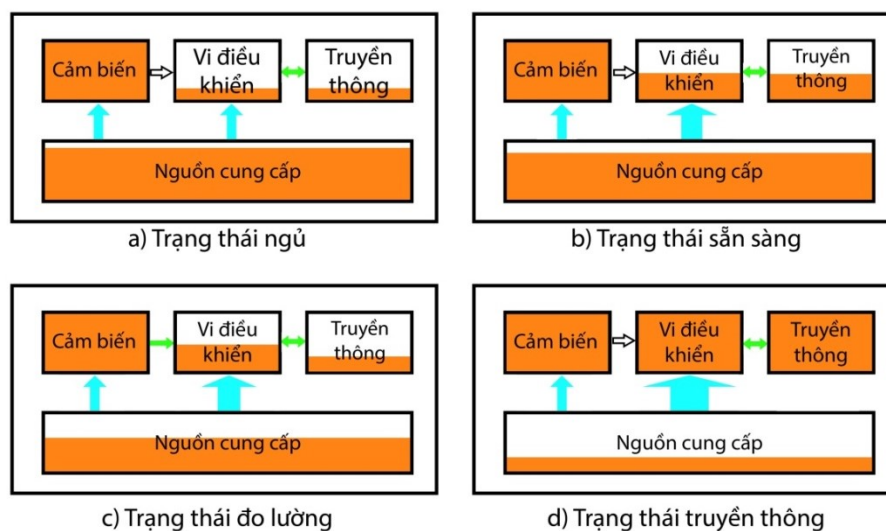


b. Tín hiệu không ổn định Node 2

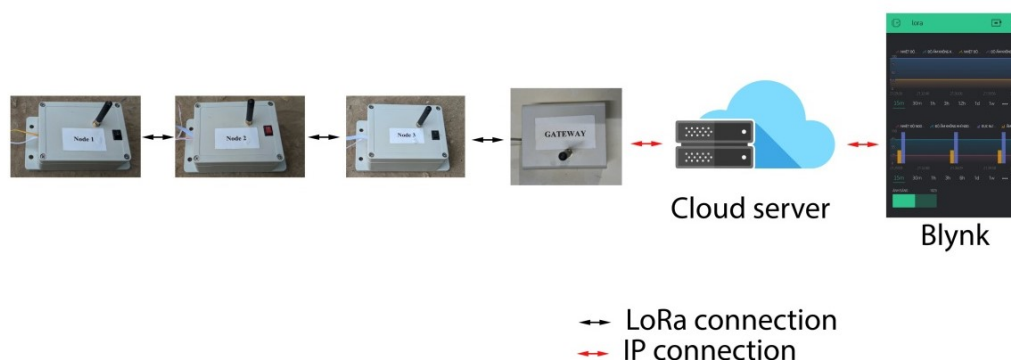


c. Tín hiệu không ổn định Node 3

Hình 11. Tín hiệu của hệ thống không ổn định



Hình 12. Các trạng thái của Node



Hình 13. Kết nối của hệ thống gateway gửi lên ứng dụng Blynk

Hệ thống được bố trí thí nghiệm tại hai khu vực. Khu vực 1 hệ thống các node và gateway được đặt trên cao không có vật cản. Khi đó dữ liệu được truyền nhận ổn định trong khoảng cách dưới 900m (Hình 9). Khu vực 2 được thử nghiệm là tại nơi có nhiều nhà cửa, cây cối và các phương tiện đi lại. Tại lần thử nghiệm ở khu vực 2 hệ thống thường bị mất tín hiệu hoặc tín hiệu không ổn định khi khoảng cách thử nghiệm lớn hơn 400m (Hình 10, 11), dưới 400m thì các gói tin được gửi ổn định, bộ xử lý trung tâm hoạt động ổn định và không bị mất kết nối wifi.

Hệ thống các node được lập trình có khả năng ngủ khi không cần gửi dữ liệu. Hệ thống các node sẽ ở trạng thái ngủ cho tới khi nào Gateway phát tín hiệu thực hiện đo lường thì các node mới “tỉnh dậy” để thực hiện các trạng thái làm việc. Các trạng thái mức năng lượng

của Node được biểu diễn dưới dạng mức màu nền của các khối như hình 12. Trong trạng thái ngủ, nguồn năng lượng được tiêu thụ thấp nhất vì khối vi điều khiển không nhận tín hiệu từ khối cảm biến mà chỉ cấp năng lượng cho bộ truyền thông thực hiện trạng thái quét đội lệnh. Trong trạng thái quét đội lệnh của khối truyền thông cũng tiêu thụ mức năng lượng ít nhất so với các trạng thái còn lại (Hình 12a). Khi có lệnh từ Gateway đến khối truyền thông, hệ thống chuyển trạng thái sẵn sàng làm việc (Hình 12b). Sau đó, vi điều khiển bắt đầu nhận tín hiệu từ khối cảm biến (Hình 12c). Mức năng lượng được tiêu thụ lớn nhất khi ở trạng thái truyền thông. Lúc này, khối vi điều khiển gửi dữ liệu tới khối truyền thông để phát dữ liệu tới Gateway (Hình 12d). Như vậy các node sẽ không cần làm việc liên tục để tiết kiệm năng lượng.



a. Tín hiệu đo ổn định tại Node 1



b. Tín hiệu đo ổn định tại Node 2



c. Tín hiệu đo ổn định tại Node 3

Hình 14. Số liệu nhận từ blynk của node 1, node 2 và node 3

Sau khi gateway (LoRa) nhận được các gói dữ liệu từ node 3 gửi đến, ESP32 kiểm tra tín hiệu từ LoRa, sau đó đọc chuỗi kí tự và lần lượt kiểm tra địa chỉ node để phân tách giá trị nhiệt độ, độ ẩm hay giá trị độ ẩm đất... Cuối cùng ESP32 lần lượt gửi dữ liệu lên ứng dụng Blynk.

Các node được đặt tại các vị trí tương đồng với nhau về mặt thời tiết và thời gian nên sự sai lệch gần như không có hoặc rất ít, các giá trị tiếp nhận được ổn định, không bị mất tín hiệu. Thời gian cập nhật giữa các lần nhận thông số là 5 phút. Thời gian này có thể điều chỉnh được theo mong muốn. Bên dưới là các thử nghiệm giám sát tín hiệu được gửi lên Blynk từ các node với các tín hiệu ổn định.

Như vậy, với thử nghiệm khoảng cách truyền nhận đặt ở hai vị trí khác nhau sẽ có khoảng cách truyền nhận gói tín hiệu khác nhau. Khoảng cách truyền nhận tối đa từ Node 1 tới Gateway lên tới 2,7km nếu hệ thống được đặt trên cao và không có vật cản. Với khoảng cách này, các Node có thể đặt được xa Gateway (Trạm trung tâm) hơn. Đặc biệt là các nơi đường truyền mạng Internet không tới được do khoảng cách địa lý. Tại các nơi có vật cản như nhà cửa cây cối che khuất, LoRa không thể kết nối hoặc mất gói dữ liệu với khoảng cách quá xa. Vị trí đặt tương đối thấp nên tín hiệu đôi khi chưa được ổn định. Nếu đặt hệ thống tại các cánh đồng rộng lớn thì cần lắp đặt hệ thống lên cao làm tăng khoảng cách truyền nhận. Các gói dữ liệu có thể bị mất hoặc không ổn định mở ra hướng nghiên cứu tối ưu truyền nhận dữ liệu cho các hệ thống có nhiều thiết bị đầu cuối, nhiều các Node. Bên cạnh đó, việc tiết kiệm năng lượng cũng mở ra hướng nghiên cứu tương lai cho hệ thống bằng cách tiếp cận hệ thống cung cấp nguồn có thể được hỗ trợ bởi các thiết bị sinh năng lượng, ví dụ các tấm pin mặt trời nhỏ.

Bên cạnh đó việc đưa dữ liệu lên server giúp cho khả năng giám sát từ xa của hệ thống trở nên ưu việt hơn. Ứng dụng Blynk cũng là một ứng dụng khá phổ biến hiện nay, nó có nhiệm vụ giao tiếp giữa người sử dụng với hệ thống. Ứng dụng có chức năng hiển thị dữ liệu mà hệ thống thu thập được, đồng thời giúp

người sử dụng có thể quan sát trực quan tổng thể dữ liệu của hệ thống khi cần thiết.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống được chế tạo gồm các node và gateway thực hiện nhiệm vụ truyền nhận tín hiệu nối tiếp nhằm tăng khoảng cách truyền nhận tín hiệu. Hệ thống các node và gateway bước đầu có khoảng cách truyền nhận tối đa là 900m trong khu vực không có vật cản và khoảng cách dưới 400m tại địa hình có vật cản. Bên cạnh đó, hệ thống có thể làm việc tại 4 trạng thái: trạng thái ngủ, trạng thái sẵn sàng làm việc, trạng thái đo lường và trạng thái truyền thông nhằm tiết kiệm năng lượng cho hệ thống. Đây là một hướng đi mở có thể tiếp cận trong tương lai về một hệ thống cung cấp năng lượng liên tục cho hệ thống trên.

Sau khi gateway nhận được gói dữ liệu từ các node sẽ đưa dữ liệu lên server. Khi đó, người sử dụng có sử dụng ứng dụng Blynk để giám sát các thông số của hệ thống như nhiệt độ, độ ẩm không khí, độ ẩm đất, ánh sáng và độ đục nước. Hệ thống có khả năng mở rộng các cảm biến khác tùy vào từng hệ thống cụ thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ahonen T., Virrankoski R. & Elmusrati M. (2008). Greenhouse monitoring with wireless sensor network. In 2008 IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications. pp. 403-408.
- Akkaş M.A. & Sokullu R. (2017). An IoT-based greenhouse monitoring system with Micaz motes. *Procedia computer science*. 113: 603-608.
- Augustin A., Yi J., Clausen T. & Townsley W.M. (2016). A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things. *Sensors*. 16(9): 1466.
- Augusto Ciuffoletti (2018). Low-cost IoT: A holistic approach. *Journal of Sensor and Actuator Networks*. 7(2): 19.
- Ayele E.D., Hakkenberg C., Meijers J.P., Zhang K., Meratnia N. & Havinga P.J. (2017). Performance analysis of LoRa radio for an indoor IoT applications. *International Conference on Internet of Things for the Global Community (IoTGC)*. pp. 1-8.

- Bùi Thị Lâm, Trần Hữu Cường & Lebailly P. (2019). Tiếp cận Nông nghiệp 4.0 nhằm thúc đẩy chuỗi giá trị gạo đặc sản Ségú Cù tại khu vực miền núi phía Bắc, Việt Nam. *Kỷ yếu hội thảo khoa học: Phát triển công nghiệp chế biến nông sản và cơ giới hóa nông nghiệp trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4*. tr. 144-166.
- Chính phủ (2018). Nghị định 98/2018/NĐ-CP về chính sách khuyến khích phát triển hợp tác, liên kết trong sản xuất và tiêu thụ sản phẩm nông nghiệp.
- De Clercq M., Vats A. & Biel A. (2018). Agriculture 4.0: The future of farming technology. *Proceedings of the World Government Summit, Dubai, UAE*. pp. 11-13.
- El Chall R., Lahoud S. & El Helou M. (2019). LoRaWAN network: Radio propagation models and performance evaluation in various environments in Lebanon. *IEEE Internet of Things Journal*. 6(2): 2366-2378.
- Lê Đình Tuấn & Thái Doãn Ngọc (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*. tr. 115-122.
- Mạnh Cường (2017). Ứng dụng công nghệ cao trong nghiên cứu, sản xuất ngô trên thế giới và Việt Nam. *Diễn đàn Kinh tế Việt Nam*. tr. 245-256.
- Nguyễn Anh Tuấn, Lê Trung Thành, Nguyễn Đình Chinh, Nguyễn Thanh Hoàn & Nguyễn Thanh Trương (2020). Thiết kế hệ thống IoTs dựa trên mạng cảm biến không dây Zigbee phục vụ quan trắc khí tượng thủy văn và môi trường. *Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải*. 71(6): 712-725.
- Nguyễn Chí Nhân, Phạm Ngọc Tuấn & Nguyễn Huy Hoàng (2020). 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*. 3(4): 259-270.
- Nguyễn Trường Sơn, Quách Công Hoàng, Đặng Thị Hương Giang, Vũ Minh Trung, Vương Quang Huy & Mai Anh Tuấn (2021). Phát triển mạng cảm biến không dây kết hợp thiết bị bay không người lái phục vụ giám sát cây nông nghiệp. *Tạp chí Khoa học Công nghệ*. 56(6): 46-51.
- Sanchez-Iborra R., Sanchez-Gomez J., Ballesta-Viñas J., Cano M.D. & Skarmeta A.F. (2018). Performance evaluation of LoRa considering scenario conditions. *Sensors*. 18(3): 772.