

Mạng cảm biến không dây ứng dụng cho nông nghiệp công nghệ cao

Nguyễn Chí Nhân^{1,2,*}, Phạm Ngọc Tuấn¹, Nguyễn Huy Hoàng¹



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Khoa Vật lý - Vật lý Kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM

²Phòng thí nghiệm Thiết kế vi mạch, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM

Liên hệ

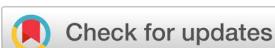
Nguyễn Chí Nhân, Khoa Vật lý - Vật lý Kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM

Phòng thí nghiệm Thiết kế vi mạch, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM
Email: ncnhan@hcmus.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 22-3-2019
- Ngày chấp nhận: 23-9-2019
- Ngày đăng: 31-12-2019

DOI:10.32508/stdjns.v3i4.704



Bản quyền

© ĐHQG TP.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



TÓM TẮT

Bài báo này trình bày việc thiết kế mô hình mạng cảm biến không dây dựa trên công nghệ mang điện rộng công suất thấp nhằm ứng dụng cho nông nghiệp công nghệ cao. Mạng cảm biến không dây cho phép người nông dân có thể thu thập được các dữ liệu như nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí và độ ẩm đất. Mô hình mạng cảm biến không dây gồm các thành phần: 02 nút cảm biến (Sensor node), 01 trạm thu thập dữ liệu (Gateway), 01 trung tâm dữ liệu (Cloud Server) và ứng dụng trên điện thoại thông minh. Mô hình mạng này được kiểm tra việc truyền dữ liệu tại hai khu vực: khu vực 1 (môi trường đô thị dày đặc) ở khoảng cách 500m và khu vực 2 (môi trường đô thị - ít vật cản) ở khoảng cách 1.500m và 1.700m. Thời gian thực hiện thu thập dữ liệu ở các thời điểm khác nhau trong ngày và cứ mỗi 15 phút cập nhật dữ liệu một lần. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống mạng cảm biến không dây hoạt động ổn định, dữ liệu được cập nhật liên tục lên LoRa Server, không xảy ra trường hợp mất gói dữ liệu. Xác định được công suất tiêu thụ của Sensor node ở ba chế độ hoạt động gồm: truyền, nhận và turn-off. Qua đó cho thấy được ưu điểm của công nghệ LoRa trong việc phát triển mạng cảm biến không dây đó là khoảng cách truyền dữ liệu xa và công suất tiêu thụ thấp. Bên cạnh đó mạng cảm biến này cũng được thử nghiệm trong nhà màng tại trang trại trồng rau thủy canh (Aquaponics) thuộc Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng công nghệ cao trong Nông nghiệp (RCHAA), Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM. Kết quả thử nghiệm bước đầu cho thấy mô hình mạng cảm biến hoạt động ổn định và hứa hẹn đem lại nhiều lợi ích đáng kể trong lĩnh vực nông nghiệp công nghệ cao như: trang trại trồng cây thủy canh, trang trại trồng rau sạch, trang trại nuôi trồng thủy sản.

Từ khóa: mạng LoRa, Internet vạn vật, mạng cảm biến không dây, thu thập dữ liệu, nông nghiệp công nghệ cao.

GIỚI THIỆU

Hiện nay, việc ứng dụng khoa học công nghệ tiên tiến vào lĩnh vực nông nghiệp đang được chú trọng và phát triển. Trong đó đặc biệt các kỹ thuật đo lường, điều khiển và thu thập các dữ liệu môi trường từ xa được ứng dụng trong việc phát triển nông nghiệp công nghệ cao nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất và đảm bảo sự phát triển nông nghiệp xanh bền vững. Với quy mô nhà lưới hay nông trại rộng thì việc sử dụng thiết bị thu thập dữ liệu kết nối theo phương pháp đi dây truyền thống sẽ gặp nhiều khó khăn. Do đó việc nghiên cứu và thiết kế mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Network) nhằm thu thập các dữ liệu môi trường sinh trưởng của cây trồng trong nông nghiệp là cần thiết¹⁻⁴.

Mạng cảm biến không dây hiện được sử dụng phổ biến trong các ứng dụng khác nhau như: công nghiệp, nông nghiệp, y học, tự động hóa ngôi nhà, theo dõi sức khỏe, giám sát môi trường, kiểm soát giao thông ... Mạng cảm biến không dây là một phần không thể tách rời của hệ thống Internet of Things (IoT). Các

ứng dụng trong hệ thống IoT yêu cầu chi phí thấp, công suất tiêu thụ thấp, ứng dụng tầm xa, số lượng cảm biến nhiều, triển khai nhanh và chất lượng dịch vụ cao. Nhiều công nghệ mạng không dây đã được nghiên cứu và phát triển nhằm để đáp ứng các yêu cầu trên, chẳng hạn như: Bluetooth, Bluetooth Low Energy, WiFi, ZigBee, mạng di động (GPRS/3G/4G), LoRa (Long Range Radio). Tuy nhiên, trong đó các công nghệ như: Bluetooth, Bluetooth Low Energy, WiFi và ZigBee, mạng di động đều không thích hợp cho những ứng dụng IoT tầm xa vì tiêu tốn nhiều năng lượng và chi phí cao cho phần cứng và dịch vụ. Với LoRa là một công nghệ mạng không dây, được đề xuất như một giải pháp cơ sở hạ tầng thích hợp trong việc xây dựng mạng cảm biến cho các ứng dụng IoT⁵⁻¹⁰.

Bảng 1 trình bày các công trình nghiên cứu trước đây về mạng cảm biến không dây liên quan đến công trình của tác giả.

Các công trình trên cho thấy rằng trong mỗi hệ thống mạng cảm biến không dây được xây dựng đều gồm có ba thành phần chính như: nút mạng cảm biến (Node),

Trích dẫn bài báo này: Chí Nhân N, Ngọc Tuấn P, Huy Hoàng N. **Mạng cảm biến không dây ứng dụng cho nông nghiệp công nghệ cao.** Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.; 3(4):259-270.

Bảng 1: Các công trình nghiên cứu trước đây về mạng cảm biến không dây

| Thông số | Công trình của tác giả Nikesh Gondchawar ¹ | Công trình của tác giả Lê Đình Tuấn ² | Công trình của tác giả Ayesha Siddique ⁵ |
|---|--|---|---|
| Công nghệ truyền dữ liệu | Wi-Fi hoặc ZigBee | GPRS và SMS | LoRa |
| Nút mạng cảm biến (Node) | Gồm 03 node: - Node 1: Raspberry Pi, motor driver, camera, ánh sáng. - Node 2: Vi điều khiển Atmega 16/32, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm không khí, ánh sáng, máy bơm. - Node 3: HT12E Encoder IC, cảm biến độ ẩm đất. | Node: gồm các cảm biến : nhiệt độ, độ ẩm không khí, độ ẩm đất, ánh sáng, pH. | Node: module thu phát LoRa, các cảm biến : ánh sáng nhiệt độ, độ ẩm không khí, độ ẩm đất. |
| Trạm thu thập dữ liệu (Gateway) | - Node 1: đóng vai trò như một gateway | Nút quản lý vùng: nhận dữ liệu từ các nút cảm biến và truyền dữ liệu này về trung tâm điều hành, đồng thời nhận và truyền lệnh từ trung tâm điều hành đến các nút cảm biến để thực thi. | Gateway: module thu phát LoRa |
| Trung tâm dữ liệu (Cloud Server) | - Node 1: đóng vai trò như một server chuyển dữ liệu ra Internet | - Máy vi tính (server) - Modem SMS - Modem wireless - Modem ADSL | Máy vi tính (server) |
| Phần mềm giám sát và điều khiển (App/ web/ chương trình trên máy vi tính) | Máy vi tính/App | Máy vi tính | Máy vi tính |
| Phạm vi ứng dụng | Nông nghiệp thông minh | Nông nghiệp chính xác | Nông nghiệp thông minh |

trạm thu thập dữ liệu (Gateway) và trung tâm dữ liệu (Server/Cloud Server). Bên cạnh đó để người dùng có thể giám sát và điều khiển hệ thống mạng thì cần có phần mềm giám sát và điều khiển (App hoặc web hoặc chương trình trên máy vi tính). Các hệ thống mạng cảm biến trên được ứng dụng trong lĩnh vực nông nghiệp thông minh. Trong đó công trình của tác giả Nikesh Gondchawar¹ đã xây dựng Node 1 sử dụng board máy tính nhúng Raspberry Pi đóng vai trò của một nút mạng, cũng như trạm thu thập dữ liệu và trung tâm dữ liệu, tuy nhiên phần mềm giám sát, điều khiển và công suất tiêu thụ chưa được trình bày. Bên cạnh đó ở đây tác giả sử dụng công nghệ truyền dữ liệu ZigBee, đối với công nghệ này thì khoảng cách truyền ngắn (khoảng 100m) và chi phí đối với thiết bị ZigBee cao hơn so với LoRa. Công trình của tác giả Lê Đình Tuấn² đã trình bày chức năng của node, gateway, trung tâm dữ liệu và phần mềm giám sát điều khiển trên máy vi tính, tuy nhiên chưa cho thấy cụ thể linh kiện phần cứng được sử dụng cũng như công

suất tiêu thụ của node và gateway. Ngoài ra công nghệ GPRS và SMS được tác giả sử dụng để truyền dữ liệu, đối với công nghệ này thì cho phép truyền dữ liệu ở khoảng cách xa (khoảng 10 km), tuy nhiên công nghệ này có công suất tiêu thụ và chi phí cao hơn so với LoRa. Công trình của tác giả Ayesha Siddique⁵ đã trình bày tổng quan về mô hình mạng cảm biến không dây sử dụng công nghệ LoRa, tuy nhiên các thông số cấu hình cũng như công suất tiêu thụ của node và gateway chưa được trình bày rõ, bên cạnh đó phần mềm giám sát và điều khiển trên máy tính cũng chưa được trình bày.

Trong phạm vi bài báo này chúng tôi tập trung nghiên cứu và thiết kế mô hình mạng cảm biến không dây dựa trên công nghệ LoRa nhằm thu thập các dữ liệu môi trường như: nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, độ ẩm đất. Nơi đặt cảm biến thu thập dữ liệu được xem là một nút mạng, trong mỗi nút mạng được thiết kế ngoài cảm biến còn được tích hợp chip vi điều khiển, module thu phát không dây LoRa để truyền dữ

liệu đến trạm thu thập dữ liệu (Gateway), sau đó dữ liệu được truyền đến trung tâm dữ liệu (Cloud Server) từ đây người dùng có thể giám sát các dữ liệu thông qua mạng Internet. Công nghệ LoRa mang đến hai yếu tố quan trọng là tiết kiệm năng lượng và khoảng cách truyền xa. Mạng cảm biến không dây này cho phép người nông dân có thể thu thập được các dữ liệu như nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, độ ẩm đất. Mạng cảm biến này có thể được ứng dụng cho các trang trại trồng cây thủy canh (aquaponics), trang trại trồng rau sạch, trang trại nuôi trồng thủy sản...

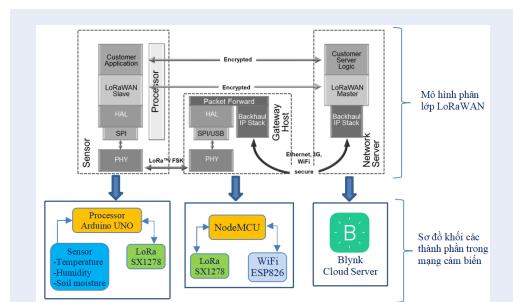
PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ CÁC THÀNH PHẦN TRONG MẠNG CẢM BIẾN

LoRa nằm ở lớp vật lý (physical layer) của LoRaWAN được Liên minh LoRa (LoRa Alliance) đề xuất^{7,8}. LoRaWAN thường sử dụng kiến trúc hình sao star-of-star, trong đó gateways là một cầu nối chuyển tiếp dữ liệu giữ các thiết bị đầu cuối với máy chủ trung tâm. Gateway được kết nối với máy chủ trung tâm thông qua chuẩn kết nối IP (Ethernet, Wifi hoặc 3G), trong khi thiết bị đầu cuối dùng giao tiếp không dây theo chuẩn LoRa để kết nối đến một hoặc nhiều gateway. LoRa Alliance đã tạo ra các lớp bảo mật khác nhau cho LoRaWAN gồm:

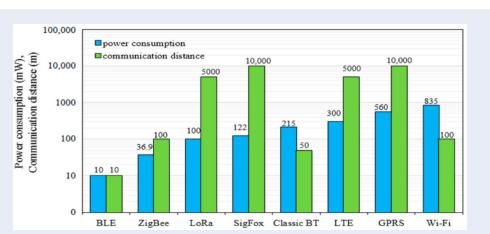
- Network key riêng để đảm bảo độ bảo mật trên lớp mạng.
- Application key riêng để đảm bảo hai đầu của lớp ứng dụng.
- Key đặc biệt của thiết bị.

Hình 1 trình bày mô hình phân lớp LoRaWAN và sơ đồ khối các thành phần trong mạng cảm biến. Trong đó khối thứ nhất là khối thu thập dữ liệu (sensor node) gồm board mạch vi điều khiển Arduino Uno, module thu phát LoRa SX1278 và cảm biến nhiệt độ, độ ẩm không khí, độ ẩm đất, khối thứ hai là Gateway gồm bộ xử lý NodeMCU có tích hợp WiFi ESP8266, module thu phát LoRa SX1278 và khối thứ ba là Cloud Server.

Trong các ứng dụng IoT thì điểm quan trọng là truyền rất ít bit dữ liệu để theo dõi các thiết bị tầm xa, với công suất tiêu thụ thấp và hiệu quả kinh tế cao. Hiện tại có nhiều mô hình mạng không dây tuy nhiên mỗi mạng có những ưu và nhược điểm riêng, để nhằm ứng dụng trong IoT, chúng ta cần phải chọn lựa mô hình mạng thích hợp. Đối với trong môi trường nông nghiệp thì việc truyền dữ liệu từ các nút mạng cảm biến đến trạm thu thập dữ liệu và trung tâm dữ liệu sẽ gặp trở ngại về khoảng cách, chịu ảnh hưởng của môi trường... Do đó cần phải lựa chọn công nghệ phù hợp cho việc thiết kế hệ thống mạng cảm biến. **Hình 2**



Hình 1: Mô hình phân lớp LoRaWAN và sơ đồ khái niệm các thành phần trong mạng cảm biến.



Hình 2: So sánh giữa các công nghệ không dây⁴.

trình bày việc so sánh giữa các công nghệ không dây dựa trên công suất tiêu thụ và khoảng cách giao tiếp⁴. Trong đó SigFox và LoRa là hai công nghệ phù hợp nhất cho các ứng dụng trong lĩnh vực nông nghiệp bởi tính chất tiêu thụ ít năng lượng và khoảng cách giao tiếp xa, quy mô không quá lớn, đơn giản, dễ ứng dụng và có khả năng mở rộng. Một số tính năng của công nghệ LoRa được trình bày trong **Bảng 2**.

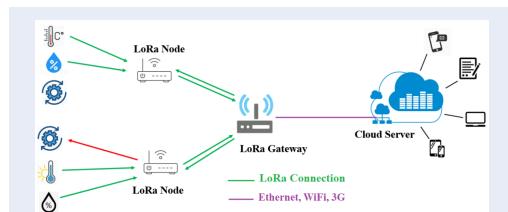
LoRa sử dụng kỹ thuật điều chế Chirp Spread Spectrum (CSS), với kỹ thuật này thì dữ liệu sẽ được điều chế thành các tín hiệu hình sin có tần số thay đổi theo thời gian (gọi là chirp signal). Có 2 loại chirp signal: up-chirp (tần số sóng tăng dần theo thời gian, dùng để mã hóa bit 1) và down-chirp (tần số sóng giảm dần theo thời gian, dùng để mã hóa bit 0). Có ba thông số làm ảnh hưởng đến quá trình điều chế tín hiệu LoRa : băng thông (Bandwidth – BW), hệ số lan truyền (Spreading Factor – SF) và tỉ lệ mã hóa (Code Rate – CR).

Mô hình mạng cảm biến không dây được đề xuất thiết kế (**Hình 3**) gồm : 02 nút cảm biến (Node), 01 trạm thu thập dữ liệu (Gateway), 01 trung tâm dữ liệu (Cloud Server - Blynk Server) và ứng dụng trên điện thoại thông minh (Blynk App).

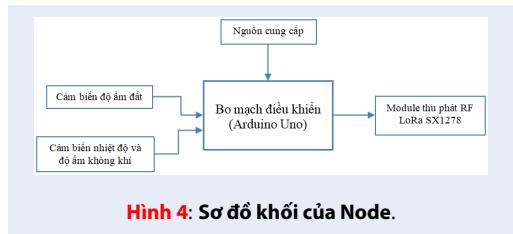
Trong đó module thu phát LoRa SX1278 (E32-TTL-100) được sử dụng trong thiết kế mô hình mạng cảm biến không dây, để truyền dữ liệu giữa các Node đến Gateway. Module này sử dụng chip SX1278

Bảng 2: Tính năng của công nghệ LoRa

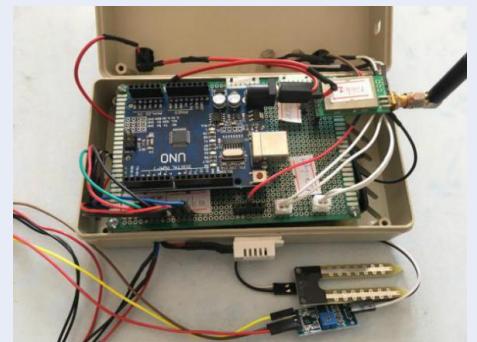
| Thông số | Tính năng |
|-------------------------|--|
| Tiêu chuẩn | LoRa tuân thủ chuẩn IEEE 802.15.4 |
| Tần số | LoRa hoạt động trong phổ tần số không cần đăng ký (868MHz EU, 915MHz Mỹ, 433MHz Châu Á) |
| Kỹ thuật điều chế | Điều chế FSK dựa trên kỹ thuật Chirp Spread Spectrum |
| Tốc độ dữ liệu | Tối đa 50 kbps |
| Khoảng cách truyền/nhận | Mạng LoRa có thể truyền/nhận dữ liệu ở khoảng cách lên đến hàng km. |
| Công suất thấp | Mạng LoRa được thiết kế để giảm mức tiêu thụ năng lượng và kéo dài tuổi thọ pin của các cảm biến được kết nối. |



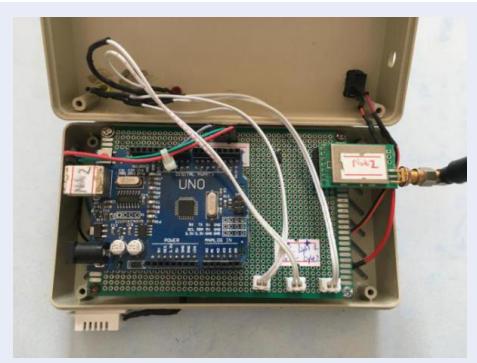
Hình 3: Mô hình mạng cảm biến không dây được đề xuất thiết kế.



Hình 4: Sơ đồ khối của Node.



Hình 5: Mạch thực tế của Node 1.



Hình 6: Mạch thực tế của Node 2.

của Semtech, tần số 433Mhz, khoảng cách truyền trong điều kiện lý tưởng là 3000m, tốc độ truyền 0,3 - 19,2Kbps (mặc định 2,4Kbps), công suất phát 100mW, điện áp hoạt động 2,3 - 5,2VDC, giao tiếp UART (8 bit Data, 1 Stop bit, None Parity bit, Baud rate 1200-115200). Cảm biến DHT22 được sử dụng để thu thập dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm không khí.

Nút mạng cảm biến

Nút mạng cảm biến (Node) là thiết bị giao tiếp với cảm biến được lắp đặt tại các vị trí làm việc ở xa để thu thập dữ liệu và truyền dữ liệu thu thập được đến Gateway. Phần cứng của node gồm: module thu phát LoRa SX1278, board mạch điều khiển Arduino Uno, cảm biến nhiệt độ và độ ẩm không khí, cảm biến độ ẩm đất, nguồn pin 12VDC.

Thiết kế mạch giao tiếp Node

Sơ đồ khối mạch giao tiếp của Node được trình bày trong **Hình 4**. **Hình 5** và **Hình 6** trình bày mạch thực tế tương ứng của Node 1 và Node 2.

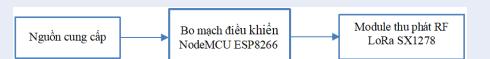
Thuật toán xử lý trên Node

Lưu ý thuật toán xử lý trên Node được trình bày ở **Hình 7**. Các bước xây dựng thuật toán xử lý trên Node như sau:

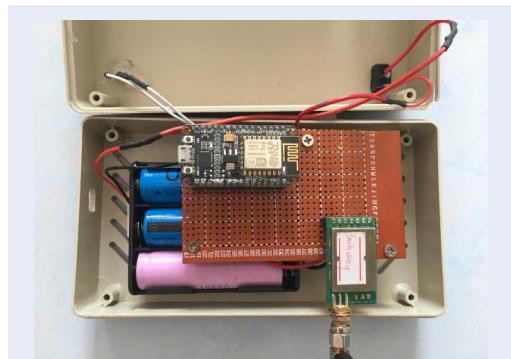
Bước 1: Khởi tạo và cấu hình hàm setup(): khởi tạo UART, cấu hình chân tín hiệu, khởi tạo ngắt timer 5s.

Bước 2: Xây dựng hàm lưu chuỗi dữ liệu Data_str(), định dạng chuỗi dữ liệu gồm: [NodeID, nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, độ ẩm đất]

Bước 3: Xây dựng hàm Node1() và Node2() để đọc giá trị của các cảm biến và truyền chuỗi dữ liệu gồm giá trị của các cảm biến đã đọc được đến Gateway.



Hình 8: Sơ đồ khái niệm mạch giao tiếp của Gateway.



Hình 9: Mạch thực tế của Gateway.

Bước 1: Khởi tạo và cấu hình hàm setup(): khởi tạo UART, cấu hình chân tín hiệu, cấu hình Blynk.begin(auth, ssid, pass) để kết nối đến Blynk Server, cấu hình gọi hàm senddata sau mỗi giây : timer.setInterval(1000L, senddata).

Bước 2: Xây dựng hàm senddata () để truyền lên Cloud Server (Blynk Server) các giá trị của cảm biến từ Node gửi đến.

Bước 3: Xây dựng hàm loop(): Phân tích chuỗi và khôi phục lại các giá trị nhận được.

Bước 4: Kiểm tra NodeID (0: Node1; 1: Node2) trong chuỗi dữ liệu đã nhận, nếu đúng Node1 hoặc Node2 thì lưu dữ liệu vào cấu trúc của Node tương ứng. Truyền dữ liệu lên Blynk Server mỗi 1s một lần.

Trung tâm dữ liệu (Cloud Server)

Cloud Server có chức năng nhận các gói dữ liệu từ Gateway truyền lên và dữ liệu được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu trên Cloud Server. Thông qua ứng dụng (App) trên điện thoại thông minh thì người dùng có thể giám sát những dữ liệu đã lưu trữ trên Cloud Server. Ở đây chúng tôi sử dụng Cloud Server được hỗ trợ trên Internet đó là Blynk. Blynk là một nền tảng ứng dụng trên điện thoại thông minh được thiết kế chạy trên nền Android và iOS. Blynk cho phép kết nối với các bo mạch thông dụng như: Arduino, Raspberry, NodeMCU ESP8266, ... Hệ thống Blynk bao gồm các thành phần như sau¹¹:

- Blynk App: cho phép tạo các giao diện từ Widget có sẵn trên Blynk App được cài đặt trên điện thoại thông minh.

Trạm thu thập dữ liệu (Gateway)

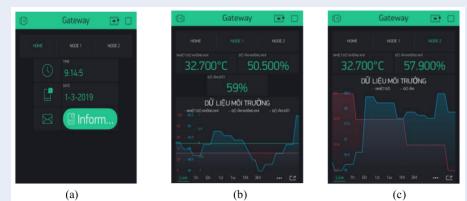
Gateway có chức năng thu thập dữ liệu từ các Node và đồng thời truyền lên Cloud Server. Phần cứng của Gateway gồm: module thu phát LoRa SX1278, board mạch điều khiển (NodeMCU) có tích hợp module kết nối mạng WiFi (ESP8266). Gateway thường được đặt tại một vị trí có nguồn cung cấp và có các kết nối mạng như WiFi /LAN để có thể truyền dữ liệu lên Cloud Server. Tùy vào loại module thu phát LoRa thì khoảng cách truyền giữa Node và Gateway có thể lên đến hàng km.

Thiết kế mạch giao tiếp Gateway

Sơ đồ khái niệm mạch giao tiếp của Gateway được trình bày trong **Hình 8**. Mạch thực tế của Gateway được trình bày như trong **Hình 9**.

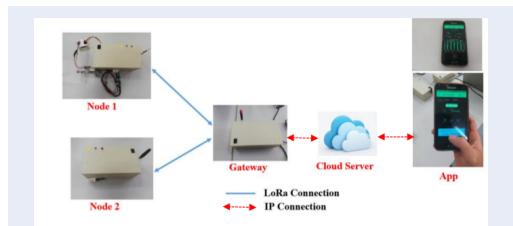
Thuật toán xử lý trên Gateway

Lưu đồ thuật toán xử lý trên Gateway được trình bày trong **Hình 10**. Các bước xây dựng thuật toán xử lý trên Gateway như sau:



Hình 11: Ứng dụng trên điện thoại thông minh.

(a) Giao diện Home (b) Giao diện Node 1 (c) Giao diện Node 2



Hình 12: Mô hình mạng cảm biến cho việc kiểm tra hoạt động thực tế.

- Blynk Server: truyền tải thông tin giữa điện thoại thông minh và bo mạch điều khiển.
- Blynk Libraries: thư viện cung cấp kết nối phần cứng với Blynk Server.

Ứng dụng trên điện thoại thông minh (Blynk App)

Ứng dụng người dùng trên điện thoại thông minh sử dụng Blynk App được trình bày như trong **Hình 11**.
Ứng dụng này gồm ba giao diện:

- Giao diện Home: hiển thị các thông tin chung như: ngày, giờ, chức năng gửi thông báo (Notification) và chức năng gửi email cho người dùng.
- Giao diện Node 1: hiển thị các dữ liệu môi trường mà Node 1 thu thập được gồm: nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, độ ẩm đất, biểu đồ hiển thị giá trị dữ liệu môi trường.
- Giao diện Node 2: hiển thị các dữ liệu môi trường mà Node 2 thu thập được gồm: nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, biểu đồ hiển thị giá trị dữ liệu môi trường.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Xây dựng mô hình mạng cảm biến cho việc kiểm tra hoạt động thực tế gồm: 02 Node, 01 Gateway, 01 Cloud Server (Blynk Server) và App trên điện thoại thông minh. **Hình 12** trình bày mô hình mạng cảm biến cho việc kiểm tra hoạt động thực tế.

Kiểm tra việc truyền dữ liệu

Thực hiện việc truyền dữ liệu giữa các LoRa Node đến LoRa Gateway và từ LoRa Gateway đến LoRa Server tại hai khu vực.

Thực hiện việc thiết lập cấu hình các thông số truyền thông cho LoRa Node và LoRa Gateway được trình bày như trong **Bảng 3**.

Kiểm tra ở khu vực 1

Lắp đặt mô hình

LoRa gateway đặt tại lầu 3, dãy E, Trường ĐH Khoa học Tự nhiên. Node 1 đặt tại số 220 Nguyễn Trãi (khoảng cách đến LoRa gateway khoảng 500 m). Node 2 đặt tại số 20 Lý Thái Tổ (khoảng cách đến LoRa gateway khoảng 500 m). Sơ đồ thử nghiệm truyền dữ liệu ở khu vực 1 được trình bày trong **Hình 13**.



Hình 13: Sơ đồ thử nghiệm truyền dữ liệu ở khu vực 1.

Thu thập dữ liệu: cho hai node hoạt động đồng thời cùng truyền dữ liệu đến Gateway, sau đó dữ liệu được

Bảng 3: Thiết lập cấu hình các thông số truyền thông cho Node và Gateway

| Tần số | Tốc độ truyền (Air data rate) | Tốc độ baud (Baud rate) | Cấu hình UART | Công suất truyền (Transmitting power) |
|---------|-------------------------------|-------------------------|---|---------------------------------------|
| 433 MHz | 2,4 Kbps | 9600 | 8 bit Data, 1 Stop bit, None Parity bit | 100 mW |

Gateway xử lý và truyền lên Cloud server. Thời gian thực hiện thu thập dữ liệu từ 14 giờ đến 14 giờ 30 và từ 18 giờ đến 18 giờ 30, cứ mỗi 15 phút lấy dữ liệu một lần. Dữ liệu thu thập từ hai Node được trình bày ở **Bảng 4**.

Kiểm tra ở khu vực 2

Lắp đặt mô hình

LoRa gateway đặt tại Cầu Ông Lãnh. Node 1 đặt tại vị trí tại cầu Nguyễn Văn Cừ (khoảng cách đến LoRa gateway là 1.700 m). Node 2 đặt tại cầu Khánh Hội (khoảng cách đến LoRa gateway là 1.200 m). Sơ đồ thử nghiệm truyền dữ liệu ở khu vực 2 được trình bày trong **Hình 14**.



Hình 14: Sơ đồ thử nghiệm truyền dữ liệu ở khu vực 2.

Thu thập dữ liệu : cho hai node hoạt động đồng thời cùng truyền dữ liệu đến Gateway, sau đó dữ liệu được Gateway xử lý và truyền lên Cloud Server. Thời gian thực hiện thu thập dữ liệu từ 10 giờ 30 đến 11 giờ và từ 18 giờ đến 18 giờ 30, cứ mỗi 15 phút lấy dữ liệu một lần. Dữ liệu thu thập từ hai Node được trình bày ở **Bảng 5**.

Công suất tiêu thụ

Công suất tiêu thụ của Node gồm công suất tiêu thụ của module LoRa SX1278 (E32-TTL-100), board mạch điều khiển Arduino Uno và các cảm biến. Trong đó công suất tiêu thụ của module LoRa SX1278 ở các chế độ hoạt động (mode) được xác định như trong **Bảng 6**.

- Mode truyền: dòng điện tại thời điểm truyền có thể cao, nhưng tổng công suất tiêu thụ có thể thấp hơn do thời gian truyền rất ngắn (công suất truyền trong khoảng từ 230 mW đến 624 mW). Khi sử dụng ăng-

-ten ngoài, sự phối hợp trở kháng tại các tần số khác nhau giữa ăng-ten và mô-đun có thể ảnh hưởng đến giá trị dòng điện truyền ở các mức khác nhau.

- Mode nhận: dòng điện tiêu thụ khi chip RF chỉ hoạt động ở chế độ nhận. Dòng điện ở chế độ nhận thường thấp ở mức từ 13 mA đến 15 mA.

- Mode turn-off: dòng điện tiêu thụ khi CPU, RAM, Clock và một số thanh ghi vẫn hoạt động trong khi SoC ở trạng thái tiêu thụ điện năng rất thấp. Dòng điện ở chế độ turn-off thường thấp ở mức từ 3 μ A đến 5 μ A.

Công suất tiêu thụ của Node khi hoạt động được trình bày tương ứng trong **Bảng 7**.

Nhận xét đánh giá kết quả hoạt động của mô hình

Khu vực 1 có nhiều vật cản (tòa nhà, công trình, cây xanh) nên khoảng cách truyền bị hạn chế. Khu vực 2 có ít vật cản hơn nên khoảng cách truyền được xa hơn. Trên thực tế, dữ liệu truyền đi ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như : công suất phát sóng, độ lợi ăng-ten, vật cản làm suy hao do tín hiệu đường truyền (tòa nhà, cây cối, công trình...), độ nhạy của thiết bị thu, thời tiết, môi trường có sóng điện từ... Do ảnh hưởng của các yếu tố như trên thì đối với module thu phát LoRa với khoảng cách lý thuyết là 3.000m, khi sử dụng truyền dữ liệu trong khu vực đô thị, thì khoảng khoảng cách tối ưu là từ 1.500m đến 1.700m. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, dữ liệu được cập nhật liên tục lên LoRa Server và người dùng có thể giám sát được các dữ liệu nhanh chóng. Bên cạnh ưu điểm về khoảng cách truyền dữ liệu xa thì công suất tiêu thụ thấp cũng là thông số quan trọng trong các module thu phát LoRa. Đối với module LoRa SX1278 có công suất tiêu thụ thấp hơn so với các module không dây khác như: WiFi, GPRS, ... điều này giúp cho các node hoạt động trong thời gian lâu hơn với cùng dung lượng pin.

Thử nghiệm mô hình mạng cảm biến trong nhà màng Aquaponics

Mô hình mạng cảm biến này được thử nghiệm trong nhà màng tại trang trại trồng rau thủy canh (Aquaponics) thuộc Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng công nghệ cao trong Nông nghiệp (RCHAA), Trường

Bảng 4: Dữ liệu thu thập được từ hai Node - khu vực 1

| Thời gian (hh:mm) | Dữ liệu Node 1 | | Dữ liệu Node 2 | |
|-------------------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| | Nhiệt độ (°C) | Độ ẩm (%) | Nhiệt độ (°C) | Độ ẩm (%) |
| 14h00 | 37,7 | 40,2 | 37,3 | 40,5 |
| 14h15 | 38 | 40,5 | 37,2 | 39,5 |
| 14h30 | 38,1 | 40 | 37,6 | 40 |
| 18h00 | 27,8 | 70,6 | 28 | 74 |
| 18h15 | 29 | 68 | 29,3 | 74,3 |
| 18h30 | 29,5 | 67 | 28,6 | 74,1 |

Bảng 5: Dữ liệu thu thập được từ hai Node - khu vực 2

| Thời gian (hh:mm) | Dữ liệu Node 1 | | Dữ liệu Node 2 | |
|-------------------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| | Nhiệt độ (°C) | Độ ẩm (%) | Nhiệt độ (°C) | Độ ẩm (%) |
| 10h30 | 34 | 49,3 | 33,5 | 55 |
| 10h45 | 34,2 | 49 | 33,7 | 54,5 |
| 11h00 | 34,5 | 48 | 34 | 54 |
| 18h00 | 27,7 | 70,2 | 28,3 | 75 |
| 18h15 | 28 | 69,5 | 29,2 | 74,4 |
| 18h30 | 29,1 | 69 | 28,6 | 74 |

Bảng 6: Công suất của module Lora SX1278 (E32-TTL-100) ở các chế độ¹²

| Mode | Dòng điện và điện áp nguồn | | | | | Công suất | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----|-----|--------|------|-----------|-----|--------|--|
| | Min | Typ | Max | Đơn vị | Min | Typ | Max | Đơn vị | |
| Truyền (Transmitting) | 100 | 110 | 120 | mA | 230 | 363 | 624 | mW | |
| Nhận (Receiving) | 13 | 14 | 15 | mA | 29,9 | 46,2 | 78 | mW | |
| Turn-off | 3 | 4 | 5 | uA | 6,9 | 13,2 | 26 | uW | |
| Điện áp nguồn | 2,3 | 3,3 | 5,2 | V | | | | | |

Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM để thu thập các dữ liệu môi trường như: nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí. Phương pháp thực hiện gồm các bước: lắp đặt mô hình, thu thập dữ liệu, nhận xét đánh giá kết quả hoạt động của mô hình.

Lắp đặt mô hình

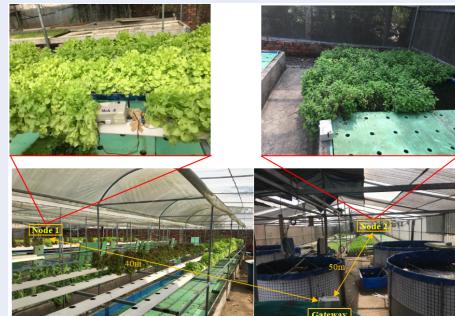
Mô hình mạng cảm biến được lắp đặt thử nghiệm gồm 02 Node và 01 Gateway đặt tại các vị trí như trong **Hình 15**. Trong đó Node 1 được đặt ngay trên máng trồng cài xà lách, để thu thập dữ liệu nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí, k hoảng cách từ Node 1 đến

Gateway là 40m. Node 2 được đặt ngay trên bể trồng rau thơm, để thu thập dữ liệu nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí, k hoảng cách từ Node 2 đến Gateway là 50m. Gateway được đặt tại vị trí bể nuôi cá ở giữa nhà màng, được kết nối vào mạng Internet thông qua kết nối WiFi. Điện thoại thông minh : kết nối vào mạng Internet thông qua kết nối 3G và sử dụng ứng dụng người dùng (Blynk App) để thu thập dữ liệu từ các Node.

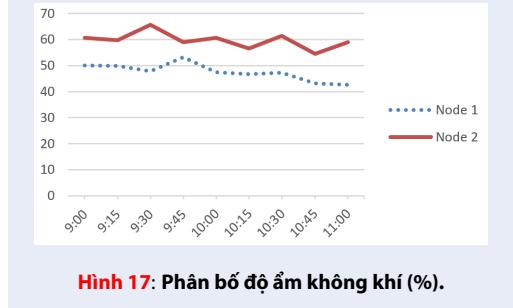
Thu thập dữ liệu: cho hai node hoạt động đồng thời cùng truyền dữ liệu đến Gateway, sau đó dữ liệu được Gateway xử lý và truyền lên Cloud server. Thời gian

Bảng 7: Công suất tiêu thụ của Node khi hoạt động

| Tên thiết bị | Số lượng | Thông số | Công suất tiêu thụ tối đa |
|--|----------|--|-------------------------------|
| Board mạch điều khiển (Board Arduino) | 01 | - Điện áp: 5 VDC - Mỗi chân tín hiệu ra trên Arduino tối đa là 20 mA => 14 chân x 20 mA = 280 mA | 1,4 W |
| Module Lora SX1278 | 01 | - Điện áp nguồn: max = 5,2 VDC - Mode truyền : max=120 mA - Mode nhận : max=15 mA - Mode turn-off: max=5 uA | 624 mW 78 mW 26 μ W |
| Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm không khí (DHT22) | 01 | - Điện áp: 5 VDC - Dòng điện tối đa khi truyền dữ liệu : 2,5 mA | 12,5 mW |
| Cảm biến độ ẩm đất | 01 | - Điện áp: 5 VDC - Dòng điện tối đa khi truyền dữ liệu : 10 mA | 50 mW |
| Tổng công | | - Mode truyền: - Mode nhận: - Mode turn-off: | ~2,1 W ~1,54 W ~1,4 W |

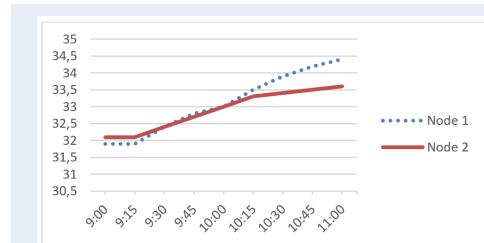


Hình 15: Thủ nghiệm thực tế tại hai vị trí node trong nhà màng aquaponics.



Hình 17: Phân bố độ ẩm không khí (%).

thực hiện thu thập dữ liệu từ 9 giờ sáng đến 11 giờ trưa, cứ mỗi 15 phút lấy dữ liệu một lần. Kết quả thu thập dữ liệu phân bố nhiệt độ và độ ẩm không khí ở hai node được trình bày tương ứng trong **Hình 16** và **Hình 17**.



Hình 16: Phân bố nhiệt độ không khí (°C).

Nhận xét đánh giá kết quả hoạt động của mô hình

Qua quá trình thử nghiệm cho thấy mô hình mạng cảm biến hoạt động ổn định không xảy ra hiện tượng mất kết nối, khoảng cách truyền giữa node và gateway trong nhà màng là 40m - 50m. Các dữ liệu được thu thập liên tục từ hai node mạng và hiển thị dữ liệu lên ứng dụng người dùng trên điện thoại thông minh. Kết quả cho thấy trong khoảng thời gian từ 9 giờ đến 11 giờ thì ở vị trí đặt Node 1 nhiệt độ thay đổi gần 3 °C (từ 31,9 °C - 34,4 °C), còn ở vị trí đặt Node 2 thì nhiệt độ thay đổi 1,5 °C (từ 32,1 °C - 33,6 °C) và độ ẩm ở vị trí Node 2 cao hơn ở vị trí Node 1. Giá trị độ ẩm ở hai node thay đổi không tuyến tính so với sự thay đổi của nhiệt độ, tại một vài thời điểm giá trị độ ẩm bị sai lệch, nguyên do loại cảm biến sử dụng để đo nhiệt độ, độ ẩm có độ chính xác chưa cao. Tuy nhiên độ sai lệch này cũng không đáng kể trong môi trường nhà màng aquaponics. Ngoài chức năng thu thập dữ liệu thì trong mô hình mạng cảm biến này còn cho

phép gửi cảnh báo đến người dùng khi giá trị nhiệt độ, độ ẩm vượt ngưỡng cho phép, thông qua chức năng thông báo (Notification) và chức năng Email trên ứng dụng trên điện thoại thông minh.

KẾT LUẬN

Mô hình mạng cảm biến không dây được xây dựng gồm : 02 nút mạng (Node), 01 trạm thu thập dữ liệu (Gateway), 01 trung tâm dữ liệu (Cloud Server sử dụng Blynk Server) và ứng dụng trên điện thoại thông minh để thu thập dữ liệu (Blynk App). Mô hình mạng cảm biến đã được kiểm tra việc truyền nhận dữ liệu tại hai khu vực : khu vực 1 có nhiều vật cản (tòa nhà, công trình, cây xanh) nên khoảng cách truyền bị hạn chế khoảng 500m và khu vực 2 có ít vật cản hơn nên khoảng cách truyền được xa hơn từ 1.200m đến 1.700m. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, dữ liệu được cập nhật liên tục lên LoRa Server, không xảy ra trường hợp mất gói dữ liệu. Xác định được công suất tiêu thụ của Node ở ba chế độ hoạt động gồm: truyền, nhận và turn-off. Qua đó cho thấy được ưu điểm của công nghệ LoRa trong việc phát triển mạng cảm biến không dây đó là khoảng cách truyền dữ liệu xa và công suất tiêu thụ thấp. Bên cạnh đó mô hình mạng cảm biến này cũng được kiểm tra hoạt động thực tế trong nhà màng tại trang trại trồng rau thủy canh thuộc Trung tâm RCHAA, kết quả kiểm tra cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, dữ liệu được cập nhật liên tục lên Cloud Server và người dùng có thể thu thập và giám sát được các dữ liệu nhanh chóng. Mạng cảm biến không dây này cho phép người nông dân có thể thu thập được các dữ liệu như nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, độ ẩm đất, ngoài ra nút mạng được thiết kế theo cấu trúc mở cho phép kết nối với các loại cảm biến khác. Mạng cảm biến này có thể được ứng dụng trong lĩnh vực nông nghiệp công nghệ cao như: trang trại trồng cây thủy canh (aquaponics), trang trại trồng rau sạch, trang trại nuôi trồng thủy sản... Với mô hình mạng này có thể góp phần vào việc ứng dụng công nghệ hiện đại (công nghệ 4.0) vào phát triển nông nghiệp xanh bền vững.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM trong khuôn khổ Đề tài mã số T2018-36.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

RCHAA: Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng công nghệ cao trong Nông nghiệp (Research Center for High-tech Application in Agriculture)

WSN: Mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Network)

IoT: Internet vạn vật (Internet of Things)

LoRa: Vô tuyến tầm xa (Long Range Radio)

LoRaWAN: Mạng diện rộng vô tuyến tầm xa (Long Range Radio Wide Area Network)

IEEE: Viện Kỹ sư Điện và Điện tử (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

CSS: Trái phổi chirp (Chirp Spread Spectrum)

BW: Băng thông (Bandwidth)

SF: hệ số lan truyền (Spreading Factor)

CR: tần số mã hóa (Code Rate)

LAN: Mạng cục bộ (Local Area Network)

UART: Bộ truyền nhận nối tiếp bất đồng bộ (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)

CPU: Bộ xử lý trung tâm (Central Processing Unit)

RAM: Bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên (Random Access Memory)

GPRS: Dịch vụ vô tuyến gói tổng hợp (General Packet Radio Service)

SMS: Dịch vụ tin nhắn ngắn (Short Message Services)

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả cam kết không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

- Nguyễn Chí Nhân: nghiên cứu công nghệ LoRa, đề xuất và thiết kế các thành phần trong mạng cảm biến, kiểm tra việc truyền dữ liệu, soạn bản thảo và hoàn thiện bản thảo, liên hệ phản hồi các câu hỏi và yêu cầu của phản biện và ban biên tập tạp chí.

- Phạm Ngọc Tuấn: tham gia xây dựng thuật toán xử lý và kiểm tra việc truyền dữ liệu.

- Nguyễn Huy Hoàng: thử nghiệm mô hình mạng cảm biến trong nhà màng Aquaponic, xử lý dữ liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nikesh Gondchawar, Prof Dr R S Kawitkar. IoT based Smart Agriculture. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. 2016;5(6):838-842. Available from: 10.17148/IJARCE.2016.56188.
2. Định Tuấn L, Ngọc TD. 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. 2013;p. 115-122.
3. Semtech Corporation. Semtech Corporation. Agriculture and Food Processing. 2017;
4. Jawad HM, Nordin R, Gharghan SK, Jawad AM, Ismail M. Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review. Sensors. 2017;17:1781. Available from: 10.3390/s17081781,2017.

5. Siddique A, Prabhu B, Chaskar A, Pathak R. A Review On Intelligent Agriculture Service Platform With Lora Based Wireless Sensor Network. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Feb 2019;06(02).
6. Fan C, Ding Q. A novel wireless visual sensor network protocol based on LoRa modulation. International Journal of Distributed Sensor Networks. 2018;14(3). Available from: [10.1177/1550147718765980](https://doi.org/10.1177/1550147718765980).
7. N Sornin (Semtech), M Luis (Semtech), T Eirich (IBM), T Kramp(IBM), and O Hersistent (Actility). Lora specification. Technical report, LoRa Alliance, Inc., Jan 2015;.
8. Technical Marketing Workgroup. A technical overview of LoRa and LoRaWAN. LoRa Alliance. November 2015;.
9. Semtech Corporation. LoRa Technology: Ecosystem, Applications and Benefits. Mobile world live; 2017.
10. Augustin A, Yi J, Clausen T, Townsley WM. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. Sensors. 2016;16:1466.
11. Ermi Media's, Syufrijal and Muhammad Rif'an. Internet of Things (IoT): BLYNK Framework for Smart Home. 3rd UNJ International Conference on Technical and Vocational Education and Training. 2018;p. 579–586. KnE Social Science. Available from: [10.18502/kss.v3i12.4128](https://doi.org/10.18502/kss.v3i12.4128).
12. SX1278 Wireless Module. E32 Series User Manual; 2017. Available from: https://img.filipeflop.com/files/download/E32_User+Manual_EN_v1.00.pdf.

A wireless sensor network for high-tech agriculture

Nguyen Chi Nhan^{1,2,*}, Pham Ngoc Tuan¹, Nguyen Huy Hoang¹



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

This paper presents the design of wireless sensor network (WSN) based on low-power wide area network technology for high-tech agriculture. This WSN allows the farmer to collect data such as air temperature, air humidity, soil moisture. The WSN system consists of components: 02 wireless sensor nodes, 01 gateway, 01 cloud server and smartphone app. This WSN tested for data transmission in two zones: zone 1 (dense urban environments) at a distance of 500m and zone 2 (urban environments - less obstacles) at a distance of 1,500m and 1,700m. The data collected at different times of the day and updated every 15 minutes. The results show that the wireless sensor network system operates stably, data constantly updated to LoRa Server and there was not data packet loss. The power consumption of sensor node and gateway determined in three operating modes: transmitting, receiving, turn-off. This shows the advantages of LoRa technology in the development of wireless sensor network which is the distance of data transmission distance and low power consumption. Besides this WSN also tested in the net house of aquaponics of the Research Center for High-tech Application in Agriculture (RCHAA), University of Science, Vietnam National University-HCM. The results show that the WSN system is working reliably and promising which brings significantly benefits to smart agriculture as aquaponics, clean vegetable farms, aquaculture farms...

Key words: LoRa network, Internet of Things (IoT), wireless sensor network, data collection, high-tech agriculture

¹Faculty of Physics and Engineering
Physics, University of Science,
VNU-HCM

²Integrated Circuits Design Laboratory,
University of Science, VNU-HCM

Correspondence

Nguyen Chi Nhan, Faculty of Physics and
Engineering Physics, University of
Science, VNU-HCM

Integrated Circuits Design Laboratory,
University of Science, VNU-HCM

Email: ncnhan@hcmus.edu.vn

History

- Received: 22-3-2019
- Accepted: 23-9-2019
- Published: 31-12-2019

DOI : 10.32508/stdjns.v3i4.704



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Chi Nhan N, Ngoc Tuan P, Huy Hoang N. **A wireless sensor network for high-tech agriculture**. Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.; 3(4):259-270.