

# Ứng dụng công nghệ Lora để xây dựng hệ thống giám sát trên các toa tàu đường sắt Việt Nam

Application of Lora Technology to Build a Monitoring System on Vietnamese Railway Cars

Nguyễn Hoàng Dũng<sup>1\*</sup>, Dương Thế Anh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

<sup>2</sup> Cao Đẳng Giao thông vận tải Trung Ương 1- Thụy An, Ba Vì, Hà Nội

Đến Tòa soạn: 28-6-2019; chấp nhận đăng: 20-03-2020

## Tóm tắt

Ngày nay việc giám sát các thông số môi trường rất cần thiết trong nhiều lĩnh vực khác nhau như trồng trọt, thủy sản, chăn nuôi, chất thải khí công nghiệp và nhiều lĩnh vực khác. Công nghiệp 4.0 với tâm điểm thế giới vạn vật (IoT – Internet of Things) sẽ giúp cho việc giám sát các thông số môi trường tại mọi lúc mọi nơi. Chỉ với một chiếc điện thoại thông minh (smartphone) giúp hiển thị các cảnh báo khi các thông số môi trường cần giám sát ở ngoài ngưỡng cho phép. Kết quả giám sát sẽ giúp cho bộ phận chức năng có biện pháp xử lý kịp thời nhằm giảm rủi ro và hạn chế các tác động từ môi trường đến đời sống con người. Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm nghiên cứu đề xuất một mô hình ứng dụng công nghệ Lora để giám sát thu phát chính xác thông tin trên các toa tàu đường sắt Việt Nam nhằm nâng cao chất lượng phục vụ cũng như tạo cảm giác yên tâm, an toàn, thân thiện cho mỗi hành khách khi đi tàu.

Từ khóa: IoT, LoRa, CCS, Nút, Cửa ngõ

## Abstract

Nowadays, monitoring of environmental parameters is very essential in many different fields such as cultivation, aquaculture, livestock, industrial gas waste and others. The Industry 4.0 with IoT (Internet of Things) as the center, will help us to monitor environmental parameters anytime, anywhere. Only a smartphone can display alerts when monitoring environment parameters exceed allowed thresholds. Monitoring results will help the functional department to make timely handling that reduce risks and limit environmental impacts on human life. In this study, the research team proposed a model of Lora technology application to monitor Vietnamese railroad carriages for improving service quality, as well as creating a reliable, safe, and friendly feeling for every passenger.

Keywords: IoT, LoRa, CCS, Node, Gateway

## 1. Giới thiệu

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, chúng ta có thể truyền dữ liệu với khoảng cách lên đến hàng kilomet (km) 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 mạng cảm biến (sensor network) trong đó các cảm biến nút (sensor node) có thể gửi giá trị đo đạc về trung tâm cách xa hàng nghìn mét và có thể hoạt động với nguồn pin (battery) trong thời gian dài trước khi cần thay thế hoặc nạp lại.

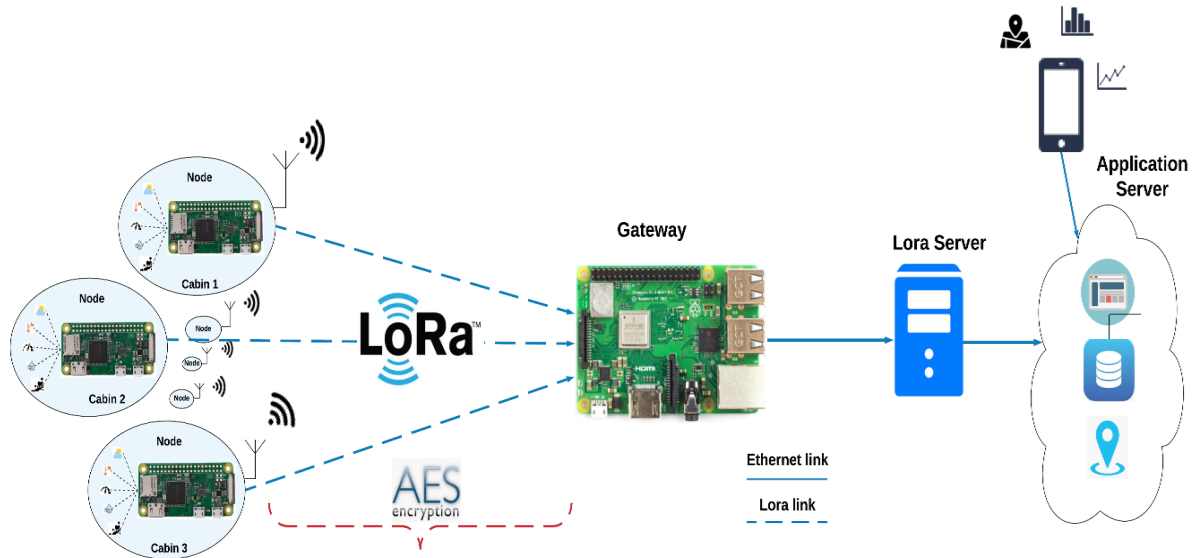
LoRa sử dụng kỹ thuật điều chế Chirp Spread Spectrum (CSS). Có thể hiểu đơn giản về nguyên lý

này là dữ liệu sẽ được chia ra thành các xung cao tần để tạo ra tín hiệu có dãy tần số cao hơn tần số dữ liệu gốc (đây gọi là chipped). Sau đó tín hiệu cao tần này tiếp tục được mã hoá theo các chuỗi tín hiệu hình sin có tần số thay đổi theo thời gian (chirp signal); có 2 loại tín hiệu đó là tần số tăng theo thời gian mã hóa theo bit 1 và tần số giảm theo thời gian mã hóa theo bit 0 trước khi truyền ra anten để gửi đi. Theo Semtech công bố thì nguyên lý này giúp giảm độ phức tạp và độ chính xác cần thiết của mạch thu để có thể giải mã và điều chế lại dữ liệu. Hơn nữa công nghệ truyền dẫn không dây LoRa không cần công suất phát lớn mà vẫn có thể truyền và nhận tín hiệu ở khoảng cách xa ngay cả khi cường độ tín hiệu nhỏ hơn cả nhiều môi trường xung quanh.

Băng tần làm việc của LoRa từ 430MHz đến 915MHz cho từng khu vực khác nhau trên thế giới: (1) 430MHz cho châu Á; (2) 780MHz cho Trung Quốc; (3) 433MHz hoặc 866MHz cho châu Âu; (4) 915MHz cho nước Mỹ. Nhờ sử dụng chirp signal mà các tín hiệu LoRa với tốc độ tần số thay đổi theo thời

\* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 913.004.120

Email: dung.nguyenhoang@hust.edu.vn



**Hình 1.** Mô hình thiết kế hệ thống giám sát các thông số môi trường trên tàu khách Bắc Nam

gian (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 (mỗi kênh cho một chirp rate) [1].

**Bảng 1.** So sánh các giao thức truyền thông không dây

	Bluetooth	ZigBee	Wi-fi	LoRa
Thiết bị đầu cuối tối đa	255	Hơn 64000	Phụ thuộc vào số địa chỉ IP	10000
Dòng tiêu thụ định	30mA	30mA	100mA	28mA
Vùng phủ sóng	10m	10-100m	100m	3-5km
Tốc độ bit	1 Mbps	250 Kbps	11 và 55 Mbps	5.5 Kbps
Công nghệ điều chế	FHSS	DSSS	OFDM	CSS

Bảng 1 trình bày các thông tin cần so sánh để thấy rõ sự vượt trội của Lora so với các các giao thức truyền thông không dây khác [2].

Dựa trên các ưu điểm của Lora và qua sự khảo sát nhu cầu thực tiễn của hành khách về sự cần thiết của việc xác định các thông số môi trường, vị trí tàu trên tuyến đường sắt. Nhóm nghiên cứu đã đề xuất một mô hình thu thập thông số môi trường tại mỗi toa tàu, dữ liệu được xử lý sau đó hiển thị trực tiếp tại mỗi toa và được cảnh báo khi các thông số vượt ngưỡng cho phép. Dữ liệu cũng được truyền từ các

toa tàu về toa tàu điều khiển để có biện pháp xử lý kịp thời, giảm rủi ro xấu tác động đến hành khách

Hệ thống mà nhóm nghiên cứu thiết kế lựa chọn sử dụng công nghệ truyền thông không dây Lora để truyền nhận thông tin từ khoảng cách xa và tiêu thụ năng lượng thấp mà các công nghệ truyền thông không dây khác như Wifi, Bluetooth, Zigbee, v..v, không thể làm được. Phương pháp thiết kế, chế tạo và các kết quả đạt được của hệ thống sẽ được trình bày trong các phiên tiếp theo của bài báo này.

## 2. Thiết kế hệ thống giám sát

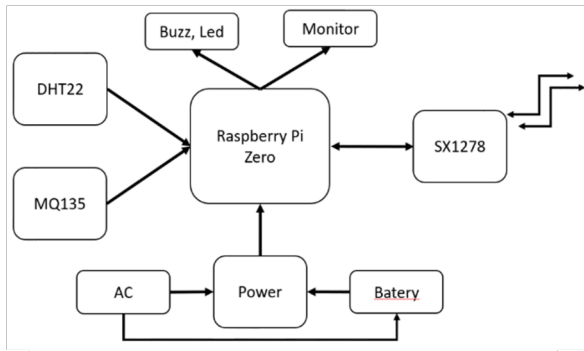
### 2.1. Kiến trúc hệ thống

Hình 1 trình bày mô hình thiết kế hệ thống giám sát các thông số môi trường trên toa tàu của tuyến đường sắt Bắc Nam do nhóm nghiên cứu đề xuất. Hệ thống gồm ba thành phần chính: (1) Nút (Node) (đặt tại các khoang tàu); (2) Cửa ngõ (Gateway) (đặt tại toa đầu tiên) và (3) Máy chủ ứng dụng (Application server) trên điện toán đám mây (Cloud) (Web, Database, GPS tracking, v..v). Việc thu nhập dữ liệu từ cảm biến: ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ không khí, vv... sẽ được thống kê liên tục trên mỗi toa tàu con – car. Dữ liệu sau khi thống kê sẽ được đóng gói mã hóa theo thuật toán AES-128-bit và gửi về cửa ngõ thông qua Lora. Cửa ngõ sau khi nhận các bản tin – message gửi về từ phía nút sẽ giải mã bản tin lấy dữ liệu và gửi lên điện toán đám mây để lưu thông tin và hiển thị trên web.

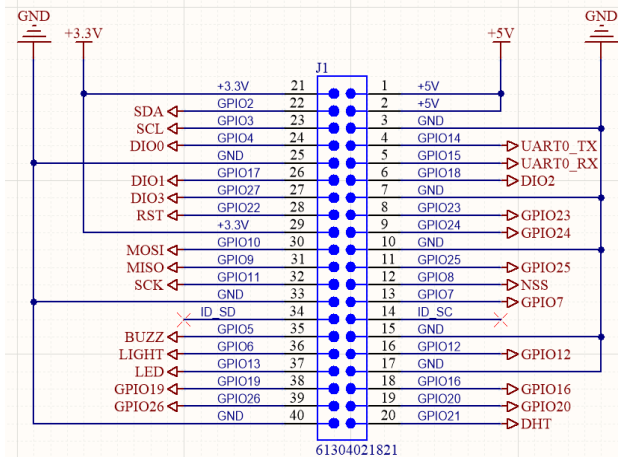
### 2.2. Thiết kế hệ thống

Như đã trình bày ở phần 2.1, phần cứng của hệ thống gồm hai khối chính đó là khối nút (đặt tại các khoang tàu) và khối cửa ngõ (đặt tại toa đầu tiên).

2.2.1. Thiết kế khối nút



Hình 2. Sơ đồ khối nút



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý khối nút kết nối với ngoại vi

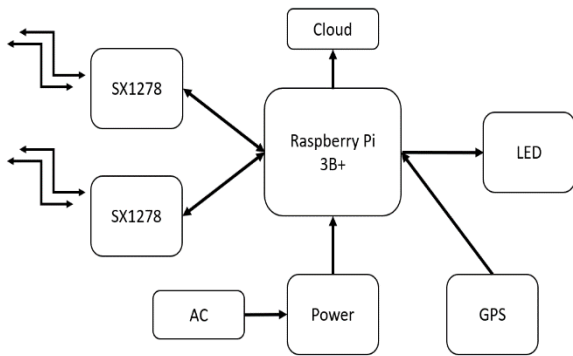
Hình 2 trình bày sơ đồ khối nút. Nút bao gồm (1) khối xử lý; (2) khối cảm biến (cảm biến nhiệt độ độ ẩm, cảm biến chất lượng không khí); (3) khối cảnh báo và (4) khối truyền thông không dây lora. Toàn bộ các khối này đều được cấp nguồn cung cấp từ khối thứ (5) bao gồm nguồn điện DC và pin. Hình 3 và Bảng 2 lần lượt trình bày sơ đồ nguyên lý; khe cắm kết nối Raspberry Pi Zero và bảng các chức năng nhiệm vụ của từng thành phần nút. Khi cấu hình chân cho module Lora SX1278 cần kích hoạt sử dụng giao thức truyền thông SPI và các chân IO khác để nhận biết các tín hiệu ACK trả về khi tiến hành kết nối và truyền dữ liệu. Do chân Raspberry Pi Zero không có chân đọc giá trị tương tự nên sử dụng IC ADS1115 chuyên dụng cho việc đọc tín hiệu tương tự với nhiều dải điện áp đầu vào có thể cấu hình được định khi có nguồn điện 220V AC thì nút sẽ được và truyền dữ liệu về MCU thông qua giao thức I2C. Với bên nút, nguồn được sử dụng với hai tùy chọn là nguồn cấp chính từ điện áp AC 220V qua nguồn xung và một nguồn dự phòng chạy bằng pin. Mặc cung cấp điện áp DC bởi đầu ra của nguồn xung còn khi xảy ra mất

điện nút sẽ chuyển sang sử dụng nguồn dự phòng để hoạt động, đảm bảo theo dõi và cảnh báo cho người dùng nếu xảy ra sự cố, thu thập dữ liệu từ cảm biến và kiểm tra chất lượng môi trường hiện tại như thế nào. Trong quá trình đọc và phân tích dữ liệu nếu xảy ra lỗi thì lại chuyển module SX1278 về chế độ nhận và chờ các lượt tiếp theo. Ngược lại nếu quá trình thành công thì tiến hành chuyển module SX1278 sang chế độ truyền dữ liệu và gửi dữ liệu về phía cửa ngõ. Trước khi gửi đi dữ liệu ở phía nút được nén lại dạng base64 và mã hóa với thuật toán mã hóa khóa đối xứng AES-128.

Bảng 2. Chức năng nhiệm vụ từng thành phần nút

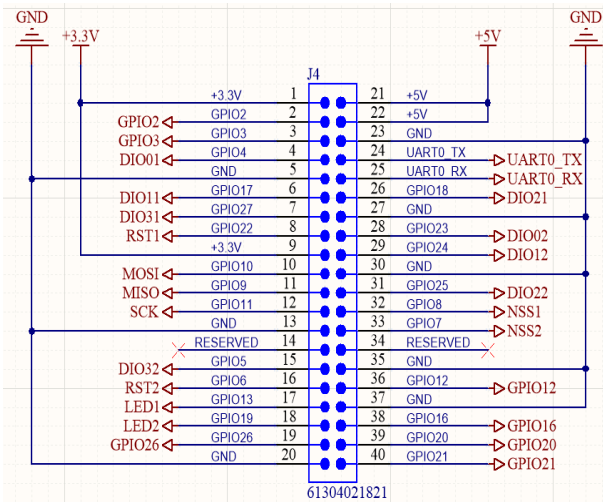
Thành phần nút	Chức năng, nhiệm vụ
 <p><b>Raspberry pi Zero</b></p>	Khối xử lý sử dụng Raspberry Pi Zero là máy tính nhúng chỉ có một board mạch kích thước nhỏ gọn. Raspberry Pi Zero sử dụng broadcom BCM2835, ARMv7 single core 64-bit SoC @ 1.4GHz, 512MB RAM, Mini HDMI, 802.11 b/g/n wireless LAN, Bluetooth 4.1, chân cắm GPIO 40 chân. Nguồn điện áp và dòng điện tương ứng là 5V/160mA. Do kích thước Raspberry Pi Zero nhỏ gọn nên được lựa chọn làm khối xử lý của nút. Ngoài ra do Raspberry Pi Zero có tích hợp cổng HDMI nên tại từng toa tàu có thể hiển thị trực tiếp thông tin về chất lượng không khí và cảnh báo.
 <p><b>Module Lora-Ra 02</b></p>	Khối truyền thông không dây được sử dụng là module Sx1278 hoạt động trên tần số 420 – 450 MHz, công suất phát 20dBm – 100mW, giao tiếp SPI, tốc độ bit lập trình có thể đạt đến 300kbps, v..v. Module Lora-Ra 02 sẽ truyền dữ liệu môi trường từ các toa tàu về cửa ngõ.
 <p><b>Cảm biến MQ135 (cảm biến không khí)</b></p>	Khối cảm biến chất lượng không khí: Module được sử dụng ở nghiên cứu này là MQ135. MQ135 sử dụng đơn vị ppm để tính toán nồng độ các khí. MQ135 cung cấp các giá trị tương tự được ánh xạ với 1024 giá trị của bộ chuyển đổi ADC. Dựa vào biểu đồ mối liên quan giữa Rs/Ro và các khí, khi có được giá trị tương tự từ chân out của cảm biến sẽ lập các công thức để tính ngược lại các giá trị của các khí khác nhau.
 <p><b>Cảm biến DHT 22 (cảm biến nhiệt độ, độ ẩm)</b></p>	Khối cảm biến nhiệt độ, độ ẩm sử dụng module DHT22 để đo nhiệt độ và độ ẩm của từng toa tàu, phạm vi độ ẩm đo từ 0 -99.99%RH, phạm vi phát hiện nhiệt độ từ -40 ~ 80 °C, độ chính xác phát hiện độ ẩm là ± 2%RH, độ chính xác phát hiện nhiệt độ là ± 0.5 °C.
 <p><b>Buzzer 5V USP – 250SA</b></p>	Khối cảnh báo sử dụng còi chip để báo cho hành khách biết khi nào thông số môi trường xấu vượt ngưỡng cho phép. Điện áp hoạt động từ 3.5 đến 5v, dòng tải nhỏ 25mA. Dải tần đáp ứng 2300 ± 500 Hz.

2.2.2. Thiết kế khối cửa ngõ



Hình 4. Sơ đồ khối cửa ngõ

Sơ đồ khối cửa ngõ được trình bày trong hình 4. Cửa ngõ được thiết kế để thu thập thông tin từ các sensor bên phía nút đặt tại các toa tàu và định vị vị trí của tàu để hiển thị lên trang Web thông qua cơ sở dữ liệu MySQL của Google cloud. Bên cạnh đó các thông tin về môi trường cũng sẽ được hiển thị bằng ứng dụng do nhóm nghiên cứu tạo ra trên các máy điện thoại thông minh sử dụng hệ điều hành Android thông qua cơ sở dữ liệu firebase của google cloud.






Hình 5. Sơ đồ nguyên lý khối cửa ngõ với ngoại vi

Hình 5 và Bảng 3 lần lượt trình bày sơ đồ nguyên lý; khe cắm kết nối Raspberry Pi 3+ và bảng các chức năng nhiệm vụ của từng thành phần cửa ngõ. Khi cấu hình chân cho module Lora SX1278 cần kích hoạt sử dụng giao thức truyền thông SPI và các chân IO khác để nhận biết các tín hiệu ACK trả về khi tiến hành kết nối và truyền dữ liệu. Trong thiết kế khối cửa ngõ, nguồn cung cấp đầu vào là điện áp 220V AC được hạ áp xuống nguồn DC trong dải từ 5V đến 24V thông qua nguồn xung điều khiển. Để mở rộng khả năng tương thích với các bo mạch nguồn khác nhau, một mạch BUCK được đặt giữa board

nguồn xung và Raspberry Pi3 model B+ để làm ổn định nguồn đầu vào 5V – 24V với đầu ra là nguồn 5V cung cấp chính cho module xử lý Raspberry Pi3 model B+, module lora SX 1278 và module GPS NEO 6M.

Bảng 3. Chức năng nhiệm vụ thành phần cửa ngõ

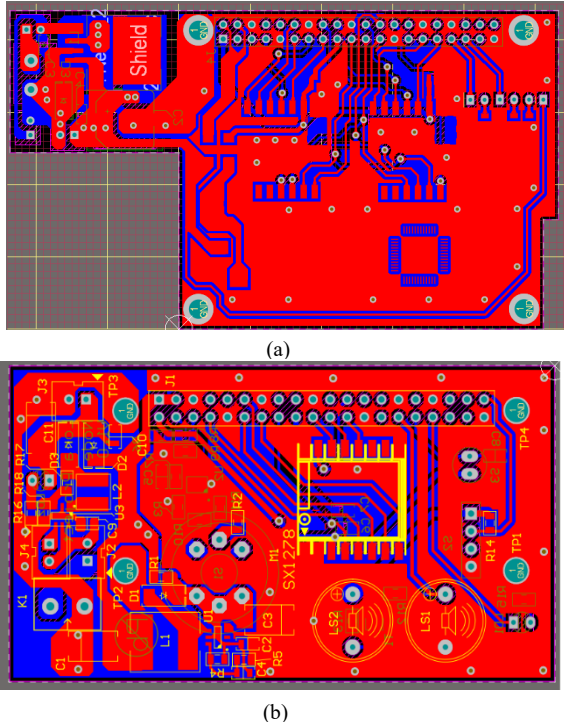
Thành phần cửa ngõ	Chức năng nhiệm vụ
<p><b>Raspberry Pi3 model B+</b></p> 	<p>Khối xử lý sử dụng Raspberry Pi3 model B+ cũng tương tự như Raspberry Pi Zero nhưng Raspberry Pi3 B+ có tính năng và hiệu suất cao hơn. Module sử dụng Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz, 1GB LPDDR2 SDRAM, 2.4GHz và 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE, 4 cổng USB 2.0, 1 cổng HDMI, 40 chân GPIO, v.v. Lora Cửa ngõ được kết nối với một màn hình tại toa tàu đầu tiên của tàu thông qua cổng HDMI. Nguồn điện sử dụng 5V/2.5A DC cổng micro USB, 5V DC trên chân GPIO, Power over Ethernet (PoE) (yêu cầu thêm PoE HAT).</p>
<p><b>Module GPS NEO – 6M</b></p> 	<p>Module GPS NEO – 6M là module định vị toàn cầu sử dụng hệ thống vệ tinh GPS của Mỹ. Module cho tốc độ xác định vị trí nhanh và chính xác, có nhiều mnuwcs năng lượng hoạt động và phù hợp với các ứng dụng chạy nguồn pin. Do cấu trúc của module nên cần khoảng thời gian tối thiểu 28s để khởi động chip, thiết lập các thông số ban đầu. Nguồn điện sử dụng từ 3.3V – 5.5V.</p>
<p><b>Module Lora-Ra 02</b></p> 	<p>Khối truyền thông không dây được sử dụng là module Sx1278 hoạt động trên tần số 420 – 450 MHz, công suất phát 20dBm – 100mW, giao tiếp SPI, tốc độ bit lập trình có thể đạt đến 300kbps, v.v. Module Lora-Ra 02 sẽ truyền dữ liệu môi trường từ các toa tàu về cửa ngõ.</p>

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phần cứng

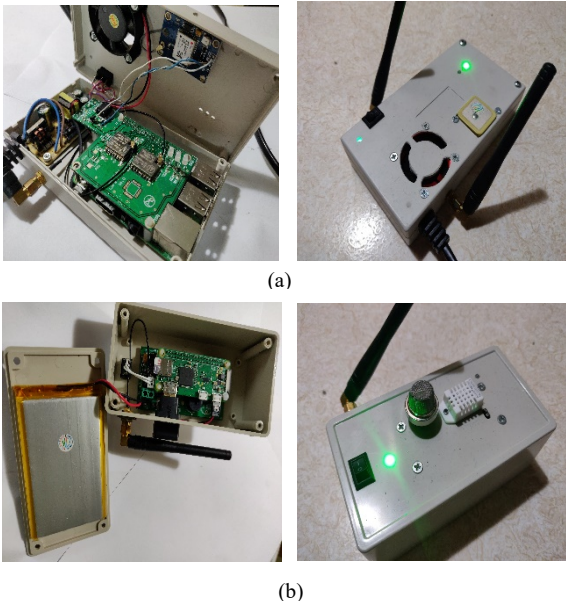
Hình 6a và 6b lần lượt biểu diễn hình ảnh layout mạch in giao diện cho khối cửa ngõ và nút. Mặc dù khối xử lý của cửa ngõ và nút đều sử dụng các module Raspberry Pi3 và Zero nhưng các khối này vẫn cần các mạch giao diện ghép nối các module xử lý với các module Lora SX1278, các module cảm biến, module GPS v.v.





**Hình 6.** Sơ đồ layout mạch in giao diện (a) Cửa ngõ và (b) Nút

Hình 7a và hình 7b lần lượt biểu diễn các khối cửa ngõ và nút sau khi nhóm nghiên cứu đã hàn dán linh kiện và thiết kế các hộp để đóng gói sản phẩm. Qua hình 7 ta thấy khối cửa ngõ do đặc thù làm việc đã được thiết kế thêm cả quạt tản nhiệt giúp làm mát nhanh chóng linh kiện điện tử bên trong sau khi đóng kín hộp.

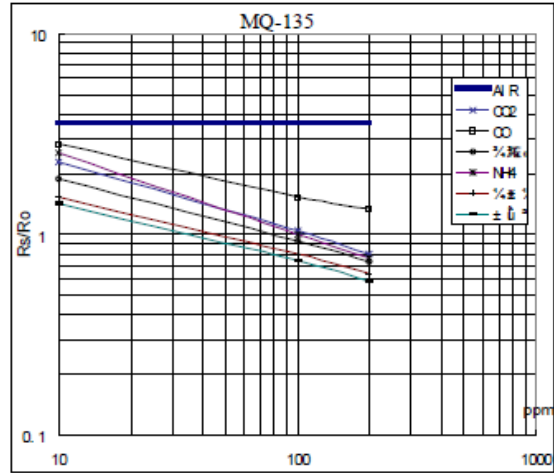


**Hình 7.** Hàn dán linh kiện lắp ráp đóng hộp hoàn chỉnh cho (a) Cửa ngõ và (b) Nút

### 3.2. Giao diện người dùng

#### 3.2.1. Tính toán các thông số khí từ cảm biến MQ135

MQ135 cung cấp các giá trị tương tự được ánh xạ với 1024 giá trị của bộ chuyển đổi ADC. Dựa vào biểu đồ trong hình 8 về mối liên quan giữa điện trở  $R_s/R_o$  và các khí cho nên khi có được giá trị tương tự từ chân out của cảm biến sẽ lập các công thức để tính ngược lại các giá trị của các khí khác nhau [3].



**Hình 8.** Biểu đồ quan hệ giữa  $R_s/R_o$  và  $ppm$  của các khí khác nhau

Hình 8 cung cấp những đồ thị của các khí khác nhau, trục hoành  $X$  biểu thị giá trị đo các khí từ 10 đến 1000  $ppm$ , trục tung  $Y$  biểu thị điện trở tương đương đầu ra  $R_s$  trên điện trở  $R_o$  từ 0.1 đến 10. Từ hình trên sẽ tính toán lại các hàm của mỗi khí dựa vào phần mềm matlab hoặc webplotgiziter [4].

Các điểm mốc theo biểu đồ là:

- **AIR** (10, 3.58), (200, 3.58); **CO** (10, 2.8351), (200, 1.3464)
- **CO2** (10, 2.3), (200, 0.8); **ETHANOL** (10, 1.90), (200, 0.73)
- **NH4** (10, 2.55), (200, 0.765); **TOLUENE** (10, 1.54), (200, 0.64)
- **ACETONE** (10, 1.44), (200, 0.583)

Dựa vào luật logarit tính giá trị:

$$m = (\log(y_2/y_1)/\log(x_2/x_1)); \quad (1)$$

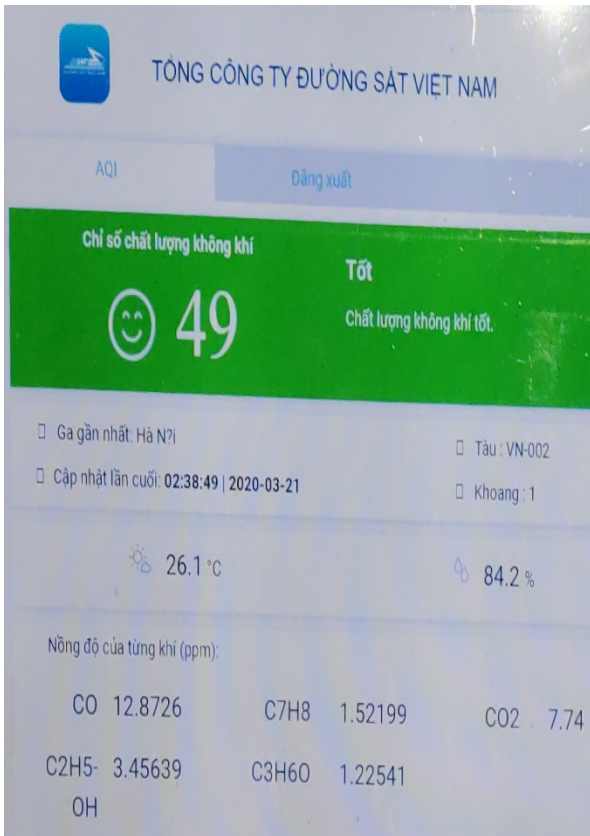
$$f(x) = (y_1/x_1^m) * x^m; \quad (2)$$

Trong đó  $f(x) = y = R_s/R_o$ ;  $x$  là giá trị  $ppm$

Nhóm nghiên cứu trình bày cách tính giá trị  $ppm$  của khí  $CO_2$  như sau:

- Tọa độ lần lượt:  $x_1 = 10$ ;  $x_2 = 200$ ;  $y_1 = 2.3$ ;  $y_2 = 0.8$ ;  $f(x) = (2.3/ [10]^{-0.3525}) * x^{-0.3525}$ ; **(3)**

- Từ phương trình 3, với  $y = R_s/R_o$ , rút  $x$  ra và tính toán theo  $y$  được phương trình:



Hình 9. Giao diện Web của hệ thống

$$y = (2.3 * \lfloor 10 \rfloor ^{0.3525}) / x^{0.3525}; \quad (4)$$

$$\Leftrightarrow x^{0.3525} = 5.178784458512621 / y$$

$$\Leftrightarrow x = \sqrt[0.3525]{(5.178784458512621 / ((Rs/Ro)))}$$

$$\Leftrightarrow x = 106.2161 * 1/\sqrt[0.3525]{(Rs/Ro)}$$

$$\rightarrow (ppm) = 106.2161 * \lfloor (Rs/Ro) \rfloor ^{-2.83688}; \quad (5)$$

Tương tự có thể tính được các khí khác.

$$- CO_2: ppm = 106.2161 * (Rs/Ro)^{-2.83688}$$

$$- CO ppm = 662.9382 * (Rs/Ro)^{-4.0241}$$

$$- Ethanol ppm = 75.3103 * (Rs/Ro)^{-3.1456}$$

$$- NH_4 ppm = 102.694 * (Rs/Ro)^{-2.48818}$$

Bảng 4. Số liệu đo công suất tiêu thụ

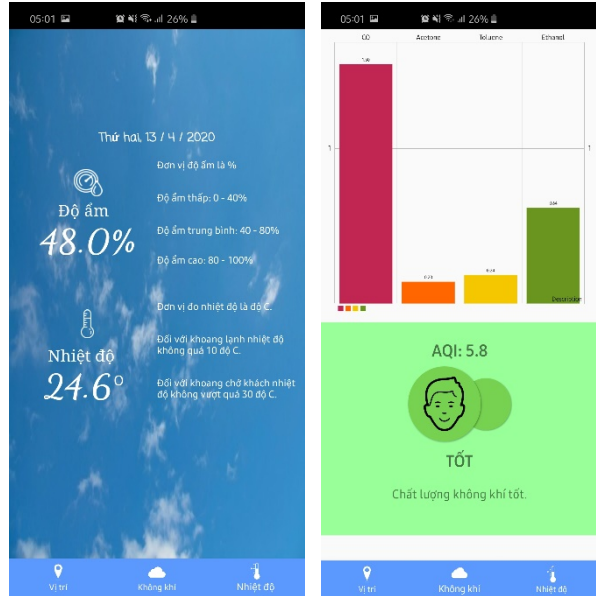
Khoảng cách (m)	Năng lượng tiêu thụ (mw)	
	Nút	Cửa ngõ
1	2143.35	3008.94
10	2104.38	2972.75
50	2162.84	2957.24
100	2096.59	2983.09
200	2174.53	2915.88
500	2123.87	2936.56

Bảng 5. Số liệu đo cường độ tín hiệu bên cửa ngõ

Khoảng cách (m)	Cường độ tín hiệu (dbm)
	Cửa ngõ
1	-35
10	-37
50	-43
100	-52
200	-68
500	-112

Bảng 6. Số liệu đo thời gian trễ tín hiệu thu/nhận từ cửa ngõ

Khoảng cách (m)	Thời gian trễ (ms)
	Cửa ngõ
1	3608
10	3631
50	3679
100	3758
200	3871
500	4172

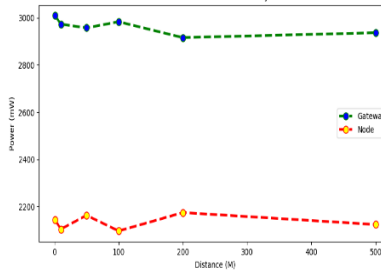


Hình 10. Giao diện trên ứng dụng android của hệ thống: (a). Hiển thị nhiệt độ, độ ẩm; (b). Hiển thị chất lượng khí

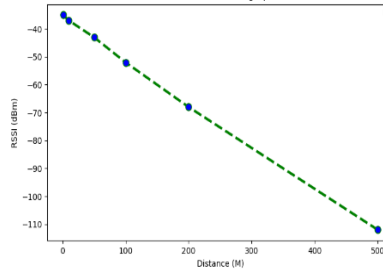
### 3.2.2. Giao diện người dùng

Giao diện Web của hệ thống được nhóm nghiên cứu viết bằng ngôn ngữ Java Servlet, HTML, CSS, Bootstrap, jQuery và sử dụng cơ sở dữ liệu MySQL. Giao diện Web của hệ thống được thể hiện ở hình 9. Giao diện gồm có phần hiển thị vị trí tàu, hiển thị thông số môi trường và thay đổi các ngưỡng chất lượng không khí thông qua màu sắc, vv... Dữ liệu cũng được lưu trữ và thống kê lựa chọn theo thời gian. giao diện ứng dụng trên điện thoại thông minh sử dụng hệ điều hành Android được viết bằng Java Android và sử dụng cơ sở dữ liệu firebase.

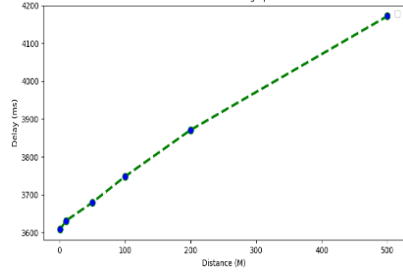
Giao diện ứng dụng trên điện thoại được lần lượt thể hiện trong hình 10a hiển thị nhiệt độ độ ẩm, và hình 10b hiển thị chất lượng không khí. Giao diện gồm có đầy đủ các thông tin vị trí tàu, nhiệt độ, độ ẩm và chất lượng không khí, thay đổi ngôn ngữ, v.v..



**Hình 11.** Công suất tiêu thụ trung bình của nút và cửa ngõ



**Hình 12.** Mối quan hệ cường độ tín hiệu với khoảng cách



**Hình 13.** Mối quan hệ giữa thời gian trễ khi bắt đầu gửi dữ liệu đến khi nhận dữ liệu tại cửa ngõ với khoảng cách

### 3.3. So sánh kết quả đo lường

Trong phần này nhóm nghiên cứu trình bày kết quả đo công suất tiêu thụ nguồn điện, cường độ tín hiệu, độ trễ thời gian khi nhận tín hiệu và so sánh tại các khoảng cách khác nhau v.v.

#### 3.3.1. Đo công suất tiêu thụ

Bảng 4 và hình 11 lần lượt trình bày về số liệu đo công suất tiêu thụ trung bình của nút và cửa ngõ. Nhóm nghiên cứu đã làm thí nghiệm với các khoảng cách khác nhau từ 1 đến 500 mét. Trên đồ thị có thể nhận thấy công suất tiêu thụ của nút và cửa ngõ không bị ảnh hưởng bởi khoảng cách cho phép. Tuy nhiên về phía cửa ngõ công suất tiêu thụ xấp xỉ gấp 1.5 lần so với về phía nút. Nguyên nhân chính là do phía cửa ngõ sau khi phát tín hiệu yêu cầu và nhận các tín hiệu dữ liệu về sẽ xử lý và đẩy lên điện toán đám mây nên quá trình làm việc và tiêu hao năng lượng rõ ràng sẽ nhiều hơn về phía nút.

#### 3.3.2. Đo cường độ tín hiệu

Bảng 5 và hình 12 lần lượt trình bày về số liệu và biểu diễn mối quan hệ giữa cường độ tín hiệu bên cửa ngõ nhận được từ nút so với từng khoảng cách cụ thể. Nhìn vào đồ thị nhận thấy khoảng cách càng xa thì cường độ tín hiệu càng giảm tuyến tính. Theo như datasheet của module lora SX1278 thì cường độ tín hiệu của ngưỡng thu phát nhận biết được lớn hơn hoặc bằng -139dbm [5].

#### 3.3.3 Đo thời gian trễ nhận tín hiệu

Bảng 6 và hình 13 lần lượt trình bày về số liệu và biểu diễn mối quan hệ so sánh giữa thời gian trễ khi cửa ngõ bắt đầu gửi một yêu cầu đọc dữ liệu cho đến khi cửa ngõ nhận được lại dữ liệu hợp lệ và bắt đầu phân tích dữ liệu. Nhìn vào đồ thị nhận thấy với khoảng cách càng xa thì độ trễ tăng dần tuyến tính. Kết quả này rất phù hợp với số liệu đo đạc được về mức cường độ tín hiệu.

### 4. Kết luận và hướng phát triển

Bài báo này trình bày việc ứng dụng công nghệ Lora để xây dựng hệ thống giám sát trên các toa tàu đường sắt Việt Nam. Nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công hệ thống. Hệ thống hoạt động ổn định, hiển thị được các giá trị đo về nhiệt độ độ ẩm, GPS, chất lượng khí CO, CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> v.v. Nhóm nghiên cứu cũng đã tiến hành thử nghiệm hệ thống tại các địa hình, vị trí khoảng cách khác nhau để tính toán công suất tiêu hao về phía cửa ngõ cũng như về phía Node. Bên cạnh đó các kết quả thử nghiệm về đánh giá cường độ tín hiệu so với khoảng cách cũng khả quan. Nhóm nghiên cứu đã đặt hệ thống chạy liên tục trong 72 giờ để kiểm tra tính ổn định của hệ thống cũng như mức năng lượng tiêu hao cần thiết. Tuy nhiên để đạt kết quả thực tế trong thực nghiệm, nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành kiểm tra hệ thống trên các toa tàu thực tế bên cạnh việc đánh giá đo đạc và so sánh với các thiết bị chuẩn có mặt trên thị trường để tăng độ tin cậy chính xác cho các thông số của hệ thống mà bài báo đã đề cập.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Eyuel D. Ayele, Chiel Hakkenberg, Jan Pieter Meijers, Kyle Zhang, Nivana Meratnia, Paul J. M. Havinga, Performance Analysis of Lora Radio for an Indoor IoT Application, 2017 International Conference on Internet of Things for the Global Community (IoTGC), 10-13 July 2017.
- [2] Noreen, U., Bounceur, A., & Clavier, L. (2017). A study of LoRa low power and wide area network technology. 2017 International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP). doi: 10.1109/atsip.2017.8075570.
- [3] <http://www.dreamgreenhouse.com/datasheets/MQ-135/index.php>, truy cập lần cuối lúc 10h43 ngày 17 tháng 5 năm 2019
- [4] <https://automeris.io/WebPlotDigitizer/>, truy cập lần cuối lúc 10h43 ngày 17 tháng 5 năm 2019
- [5] <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers/sx1278>, truy cập lần cuối lúc 10h43 ngày 17 tháng 5 năm 2019