

## Implementation of a Wide-Area Monitoring and Fire Warning Model Using LoRa Mesh

Hai-Trang Dang Phuoc<sup>1</sup>, Tai-Tiep Nguyen<sup>2</sup>, Cong-Danh Phan<sup>1</sup>, Nhat-Hien Nguyen<sup>1</sup>, Dinh-Thanh  
Ngo<sup>3</sup>, Van-Khoa Pham<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam

<sup>2</sup>Dong Nai Technology University, Vietnam

<sup>3</sup>University of Science and Technology–University of Danang, Vietnam

\*Corresponding author. Email: [khoapv@hcmute.edu.vn](mailto:khoapv@hcmute.edu.vn)

### ARTICLE INFO

Received: 14/09/2022  
Revised: 04/10/2022  
Accepted: 03/05/2024  
Published: 28/05/2025

### KEYWORDS

IoT;  
ESP-8266;  
LoRa E32;  
LoRa mesh;  
Power consumption.

### ABSTRACT

LoRa technology facilitates intelligent IoT solutions that address some of the most significant issues confronting our world: the management of energy, the reduction of natural resources, the control of pollution, and the efficiency of infrastructure. This study has comprehensively constructed a LoRa network model consisting of one master device and four slave devices that perform environmental parameter sensing and fire alerting based on basic factors such as temperature, humidity, gas concentration, and fire source. Based on LoRa wireless communication technology, the study has built a network for transmitting information between multiple data collection points placed at distant locations using the LoRa E32 design. A visual interface on a web platform has been constructed so that the parameters at the measurement points can be remotely monitored. Experimental results show that the model operates stably in a real environment. In addition, the evaluation of power consumption at the measurement points with different operating modes also indicates that the model can operate stably and consume low power over a long period of time with a battery power source.

## Xây Dựng Mô Hình Giám Sát và Cảnh Báo Cháy Trên Diện Rộng Sử Dụng LoRa Mesh

Đặng Phước Hải Trang<sup>1</sup>, Nguyễn Tài Tiếp<sup>2</sup>, Phan Công Danh<sup>1</sup>, Nguyễn Nhật Hiền<sup>1</sup>, Ngô Đình  
Thanh<sup>3</sup>, Phạm Văn Khoa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghệ Đông Nai, Việt Nam.

<sup>3</sup>Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam.

\*Tác giả liên hệ: Email: [khoapv@hcmute.edu.vn](mailto:khoapv@hcmute.edu.vn)

### THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 14/09/2022  
Ngày hoàn thiện: 04/10/2022  
Ngày chấp nhận đăng: 03/05/2024  
Ngày đăng: 28/05/2025

### TỪ KHÓA

Kết nối vạn vật;  
ESP-8266;  
Mạng LoRa;  
Kết nối lưới LoRa;  
Công suất tiêu thụ.

### TÓM TẮT

Công nghệ LoRa hỗ trợ các giải pháp IoT thông minh giải quyết những vấn đề quan trọng nhất mà thế giới đang đối mặt: quản lý năng lượng, giảm bớt tài nguyên tự nhiên, kiểm soát ô nhiễm và hiệu quả hạ tầng. Nghiên cứu này đã xây dựng hoàn chỉnh một mô hình mạng gồm 1 thiết bị chủ và 4 thiết bị tớ thực hiện cảm nhận thông số môi trường và cảnh báo cháy dựa trên một số yếu tố cơ bản như nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí gas và nguồn lửa. Dựa trên công nghệ mạng truyền thông không dây LoRa, nghiên cứu đã xây dựng một mạng lưới truyền tin giữa nhiều điểm thu thập dữ liệu được đặt ở khoảng cách xa nhau sử dụng thiết kế LoRa E32. Một giao diện trực quan trên nền tảng web được xây dựng để các thông số trên các điểm đo có thể được giám sát từ xa. Các kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, mô hình hoạt động ổn định trong môi trường thực tế. Ngoài ra, việc đánh giá công suất tiêu thụ của các điểm đo lường với các chế độ hoạt động khác nhau cũng chỉ ra rằng mô hình có thể hoạt động ổn định và tiêu thụ công suất thấp trong một khoảng thời gian dài với nguồn năng lượng pin.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.2025.1279>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

## 1. Giới thiệu

Trong bối cảnh phát triển các khu đô thị thông minh, việc tạo ra một môi trường sống an toàn và trong lành là điều cần thiết để bảo vệ sức khỏe và nâng cao chất lượng cuộc sống. Việc xây dựng một hệ thống quản lý hỏa hoạn sử dụng công nghệ IoT, có khả năng đo lường thông số môi trường và cảnh báo cháy tại các khu dân cư ở các thành phố lớn, trở nên hết sức quan trọng. Hệ thống này không chỉ giúp đảm bảo an toàn cho người dân mà còn giúp giảm thiểu thiệt hại do cháy nổ. Ứng dụng các thành tựu của nền tảng kết nối vạn vật (Internet of Thing – IoT) [1] và cảm biến đo lường, nghiên cứu này đã xây dựng hoàn chỉnh một mô hình mạng cảm biến đo lường và cảnh báo cháy dựa trên một số thông số cơ bản như nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí gas và nguồn lửa. Dựa trên công nghệ mạng truyền thông không dây LoRa, nghiên cứu đã xây dựng một mạng lưới truyền tin giữa nhiều điểm thu thập dữ liệu được đặt ở khoảng cách xa nhau. Một giao diện trực quan trên nền tảng web được xây dựng để con người có thể giám sát các thông số trên các điểm đo từ xa.

## 2. Hệ thống giám sát và cảnh báo cháy

Nghiên cứu [2]-[4] đã ứng dụng công nghệ IoT kết hợp với các cảm biến đo lường để triển khai các hệ thống giám sát từ xa. Trong các nghiên cứu đó có thể kể đến một số kết quả điển hình như nghiên cứu của Sendra [2] và nhóm tác giả đã đề xuất một hệ thống sử dụng công nghệ Long Range (LoRa) để tự động đánh giá mức độ rủi ro cháy và sự hiện diện của một đám cháy trong các khu vực nông thôn. Hệ thống bao gồm nhiều nút LoRa với các cảm biến để đo nhiệt độ, độ ẩm tương đối, tốc độ gió và CO2 của môi trường. Nghiên cứu của Chen [3] đã thực hiện triển khai các nút và cổng thông tin phân tán trong một cấu trúc mạng sao bằng công nghệ LoRa. Nút thu thập dữ liệu môi trường và đồng bộ hóa dữ liệu với hệ thống giám sát từ xa theo thời gian thực. Nghiên cứu của Apriani [4] và nhóm tác giả sử dụng công nghệ LoRa để giám sát và cảnh báo cháy rừng. Điểm chung của các hệ thống này là đều sử dụng công nghệ IoT và LoRa để giám sát và cảnh báo cháy, giúp nâng cao khả năng phát hiện và phản ứng kịp thời trước các sự cố cháy.

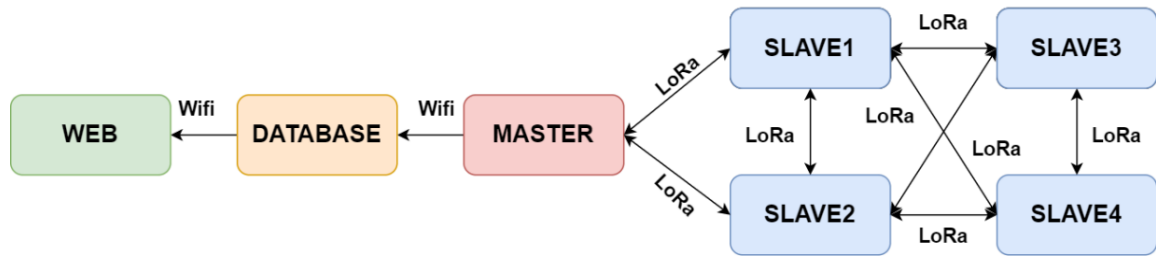
Từ các kết quả nghiên cứu trên có thể thấy cách thức truyền dữ liệu giữa các điểm đo rất quan trọng khi triển khai hệ thống bao gồm nhiều điểm đo. Bảng 1 mô tả các thông số khảo sát đặc trưng của một số chuẩn truyền thông. Như có thể thấy, việc kết hợp Wi-Fi và LoRa được coi là giải pháp hiệu quả khi triển khai trong khu vực đo rộng. Việc truyền thông qua Wi-Fi thích hợp trong phạm vi các tòa nhà nơi mà hạ tầng mạng Wi-Fi thường đã được thiết lập. Tuy nhiên, nếu triển khai hệ thống đo ở ngoại vi nơi mà mật độ phủ sóng Wi-Fi thấp khi các điểm đo đặt cách xa nhau thì cần xem xét đến giải pháp khác. Chuẩn truyền thông không dây LoRa cho các mạng cảm biến được coi là giải pháp khi có thể truyền dữ liệu đi xa giữa các điểm đo với khoảng cách lớn và tiêu thụ năng lượng thấp.

**Bảng 1.** Đặc điểm chuẩn truyền thông không dây WiFi và LoRa

	Wi-Fi	LoRa
<b>Tiêu chuẩn</b>	IEEE 802.11	LoRaWAN R1.0
<b>Tần số</b>	5 ÷ 60 Ghz	900 Mhz
<b>Tốc độ</b>	1 ÷ 6.75 Gbps	0.3 ÷ 50 Kbps
<b>Khoảng cách</b>	20 ÷ 100 m	<30 Km
<b>Công suất tiêu thụ</b>	Cao	Rất thấp

Một hệ thống hoàn chỉnh gồm cả phần cứng và phần mềm để giám sát thông số môi trường và cảnh báo cháy ứng dụng công nghệ IoT được trình bày trong nghiên cứu này. Được minh họa trong Hình 1, các thông số đo lường bởi hệ thống gồm nhiệt độ, độ ẩm, khí gas và cảm biến phát hiện cháy được đặt ở nhiều đo cách xa nhau (Slave) và được kết nối với nhau thông qua chuẩn truyền thông LoRa. Công

nghe LoRa được sử dụng để truyền dữ liệu được thu thập đến bộ nhận và tiền xử lý dữ liệu (Master). Từ đó, Master sẽ gửi thông tin Server thông qua chuẩn kết nối không dây Wi-Fi. Các thông số đo lường được giám sát từ xa bởi một chương trình được xây dựng riêng trên nền tảng web trên máy tính. Dựa trên các thông số đo lường, người giám sát có thể biết chính xác được thông số tại các điểm đo khác nhau, tọa độ và vị trí cháy... Nghiên cứu này sử dụng nền tảng Google Firebase hoạt động trên nền tảng đám mây, nhằm xây dựng khối cơ sở dữ liệu với mục đích lưu trữ, lấy dữ liệu thu thập được từ khối Master xử lý trung tâm gửi đến một cách dễ dàng và nhanh chóng. Ngoài ra, nghiên cứu sử dụng Realtime Database giúp quản lý dữ liệu thu thập được từ khối giám sát và hiển thị lên ở mỗi Slave theo thời gian thực.



**Hình 1.** Sơ đồ khối hệ thống.

### 3. Xây dựng hệ thống

#### 3.1. Cảm biến đo lường

Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm được sử dụng trong nghiên cứu là DHT11 [5]. So với cảm biến SHT31[6] được thiết kế để có độ chính xác cao thì DHT11 như trình bày trong Bảng 2 là loại cảm biến số thương mại có hoạt động ổn định, phù hợp với các yêu cầu độ chính xác tương đối, chi phí thấp và dễ dàng kết nối với bộ xử lý đo lường. Dải điện áp hoạt động linh hoạt và công suất tiêu thụ thấp là các đặc điểm để DHT11 phù hợp cho các ứng dụng IoT có yêu cầu nghiêm ngặt về chi phí và công suất tiêu thụ. Cảm biến phát hiện cháy YG1006 [7] của hãng Grove hoạt động với độ nhạy cao sử dụng mắt thu hồng ngoại để phát hiện ánh sáng hồng ngoại phát ra từ ngọn lửa, cảm biến có biến trở để điều chỉnh độ nhạy phù hợp, thích hợp để xây dựng các hệ thống phát hiện và chữa cháy. Cảm biến khí gas MQ2 là một trong những loại cảm biến thông dụng [8]. MQ2 được chế tạo từ công nghệ bán dẫn Metal Oxide Semiconductor (MOS). Cảm biến này hoạt động dựa trên nguyên lý trở kháng sẽ thay đổi khi có khí gas tác động. Nồng độ khí gas được cảm nhận thông qua phương pháp cầu phân áp đơn giản. Loại cảm biến này có thể phát hiện được các khí gas như Alcohol, Propane, Hydrogen, và thậm chí là khí độc CO và cả khói. Cảm biến MQ2 hoạt động ở điện áp 5V và tiêu thụ dòng điện khoảng 800mW. Dải đo từ 200 ppm to 10000 ppm.

**Bảng 2.** Đặc tính kỹ thuật của cảm biến

Cảm biến	Dải đo	Độ chính xác	Thời gian xử lý	Công suất tiêu thụ	Hình ảnh
<b>Nhiệt độ DHT11</b>	20 ÷ 80°C	± 2°C	2 giây	1 mW	
<b>Độ ẩm DHT11</b>	20 ÷ 80 %RH	± 5%RH			
<b>Cảm biến phát hiện cháy Grove - Flame</b>	0 ÷ 500 µg/m <sup>3</sup>	0 ÷ 1 m	<1 giây	100 mW	
<b>Cảm biến Gas và khói MQ-2</b>	200 – 10000 ppm	±23 ppm (5 °C & 10%RH)	<1 giây	800 mW	

### 3.2. Công nghệ truyền dữ liệu

Khi các điểm đo ở xa với hạ tầng mạng Wi-Fi thể phủ sóng, thì việc sử dụng LoRa, một công nghệ truyền thông không dây tầm xa, trở nên lựa chọn phù hợp. LoRa cho phép truyền dữ liệu ở khoảng cách xa và công suất thấp. Chuẩn LoRaWAN đã được phát triển từ tiêu chuẩn LPWAN [9]. Trong nghiên cứu này, thiết kế sử dụng module LoRa E32 của hãng Semtech, hoạt động ở tần số từ 410 đến 441MHz. Thiết kế E32 có khả năng hoạt động trong một dải điện áp rộng từ 2.3V đến 5.5V.; tốc độ truyền dẫn từ 0.3 – 19.2Kbps. Công suất tiêu thụ trung bình khoảng 100mW. Bảng 3 thể hiện thông số kỹ thuật của một số thiết kế truyền thông LoRa được thương mại hóa trên thị trường Việt Nam.

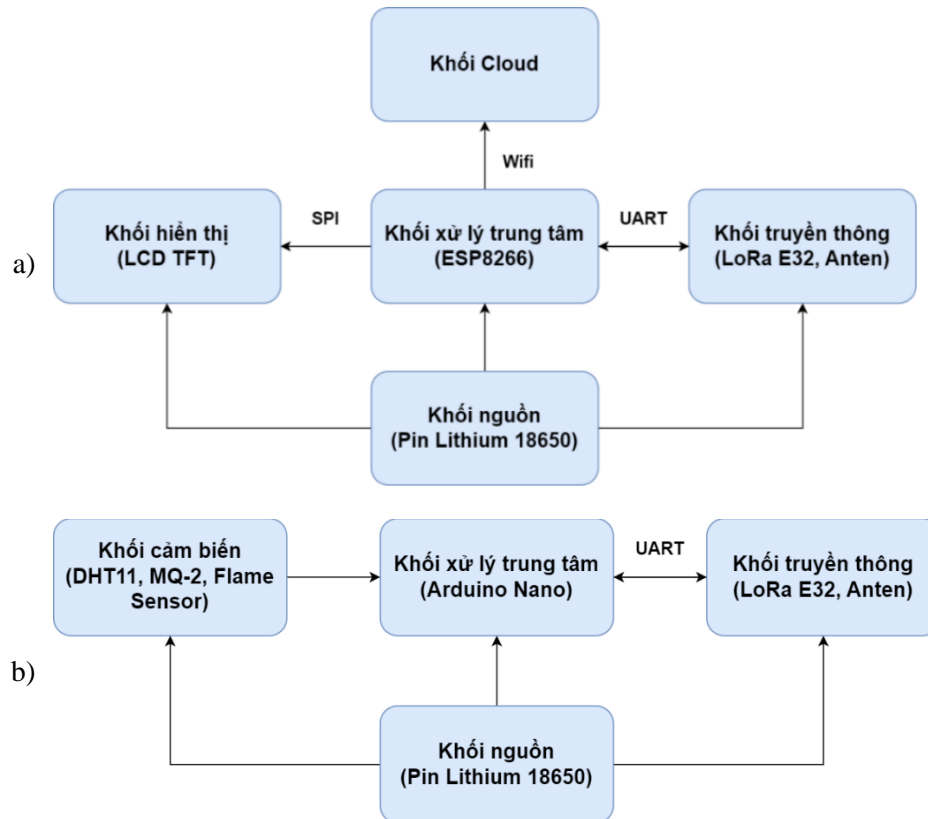
**Bảng 3.** So sánh thông số kỹ thuật của một số thiết kế LoRa đang thương mại trên thị trường

	LoRa E32-433T20DC	LoRa RF SPI SX1278 Ra-02	LoRa RF RFM95W
Tốc độ truyền (Kbps)	300	300	300
Tần số (MHz)	433	433	915
Công suất (mW)	100	100	100

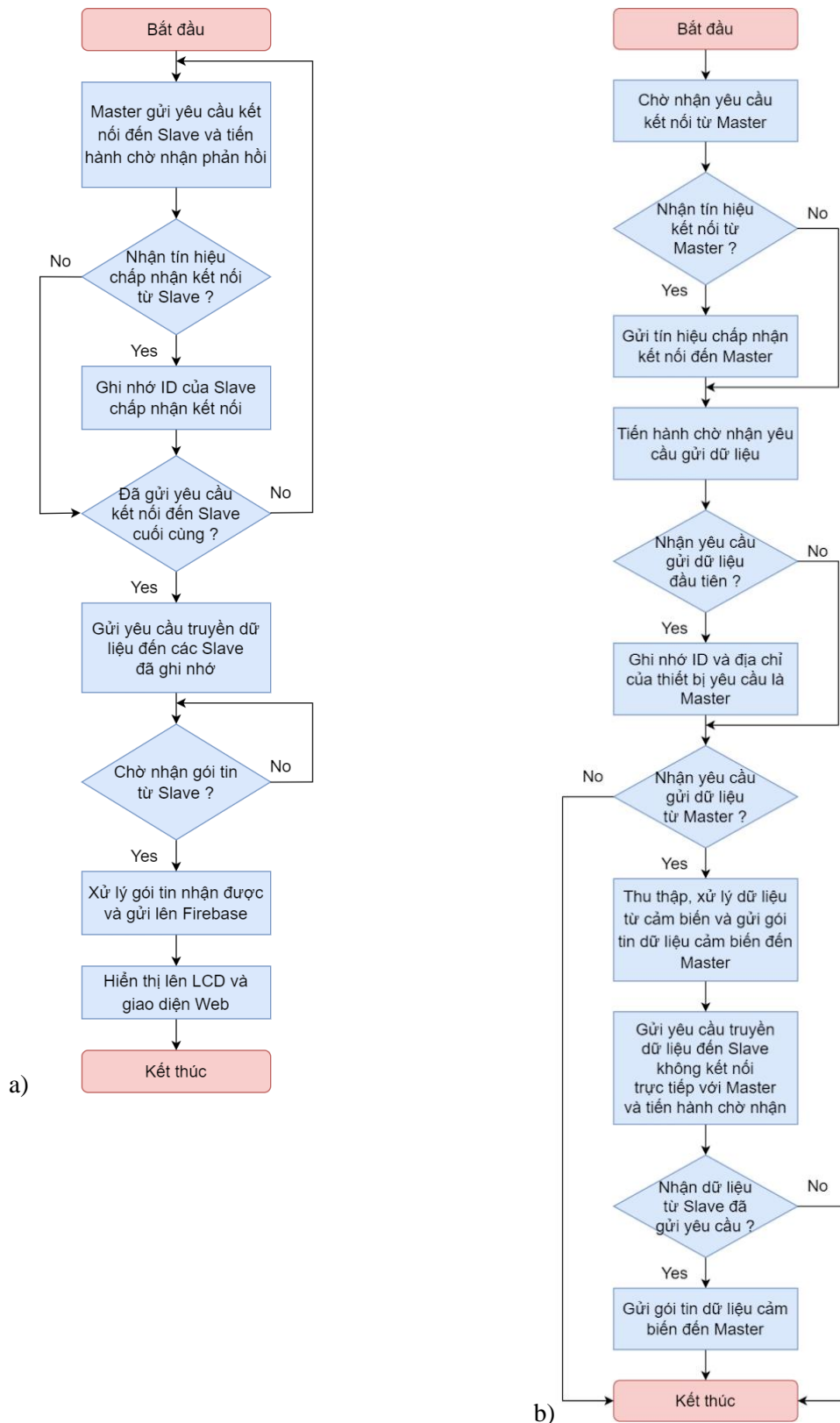
Hình ảnh minh họa



Nghiên cứu này sử dụng khối LoRa E32 [10] bởi thiết kế này hỗ trợ phát sóng ở tần số hoạt động 433Mhz được phép sử dụng tại Việt Nam. Ngoài ra, thiết kế cho phép khoảng cách phát sóng có thể đạt đến 3000m với công suất thấp và hỗ trợ nhiều chế độ hoạt động giúp tiết kiệm tối đa năng lượng tiêu thụ.



**Hình 2.** Sơ đồ khối của thiết kế a) khối Master và b) khối Slave



Hình 3. Lưu đồ giải thuật trên khối a) Master b) Slave

Sơ đồ khối của thiết bị Master được minh họa như Hình 2a gồm các khối xử lý trung tâm sử dụng thiết kế ESP8266 với chức năng xử lý tính toán các dữ liệu nhận được từ khối truyền thông LoRa thông

qua giao thức truyền thông nối tiếp bất đồng bộ UART, sau đó gửi đến khối hiển thị và gửi lên Server thông qua chuẩn Wi-Fi; khối hiển thị nhằm thể hiện các dữ liệu nhận được từ khối xử lý trung tâm thông qua chuẩn giao tiếp SPI; khối truyền thông có nhiệm vụ thu hoặc phát sóng LoRa để có thể truyền nhận dữ liệu giữa các điểm đo lường và giám sát. Khối này giao tiếp với khối xử lý trung tâm thông qua chuẩn UART; khối Cloud nhận dữ liệu và lưu trữ dữ liệu có được từ khối xử lý trung tâm thông qua chuẩn truyền thông Wi-Fi. Ở khối hiển thị có nhiệm vụ là hiển thị đa thông tin giá trị đo lường được từ nhiều điểm đo. Để phù hợp với nhu cầu hiển thị, nghiên cứu này sử dụng màn hình tinh thể lỏng ST7735 công nghệ LCD TFT kích thước 160x128 [11]. So với các phương pháp hiển thị khác như led 7 đoạn, led ma trận và LCD kích thước 16x2 thì thiết kế ST7735 mang lại khả năng hiển thị thông tin linh hoạt, chi phí thấp và công suất tiêu thụ thấp phù hợp với các thiết kế trên nền tảng IoT.

Tương tự, sơ đồ khối của thiết bị Slave được minh họa như Hình 2b gồm khối xử lý trung tâm sử dụng thiết kế Arduino Nano nhằm nhận dữ liệu từ các cảm biến đo lường, sau đó tiến xử lý và gửi các dữ liệu đó đến khối truyền dữ liệu thông qua khối truyền thông LoRa E32; khối cảm biến với các loại cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, khí gas và khói, và phát hiện lửa dùng để thu thập các tham số dữ liệu từ môi trường; khối truyền thông có nhiệm vụ thu hoặc phát sóng LoRa để có thể truyền nhận giữa các nút đo và giao tiếp với khối Master. Khối này giao tiếp với khối xử lý trung tâm thông qua UART.

### 3.3. Lưu đồ giải thuật

Lưu đồ giải thuật của chương trình được thể hiện như trong Hình 3. Trong đó, toàn bộ quy trình hoạt động của thiết bị Master được mô tả ở Hình 3a. Khi bắt đầu chương trình, Master sẽ gửi tín hiệu yêu cầu kết nối đến lần lượt các Slave từ Slave1 đến Slave4 và sau đó tiến hành chờ nhận tín hiệu phản hồi từ các Slave. Sau khi khởi động toàn bộ hệ thống, Master sẽ gửi gói tin yêu cầu kết nối đến thiết bị Slave, lúc này Master sẽ vào chế độ nhận dữ liệu và có một thời gian đủ dài để nhận được dữ liệu mà Slave gửi đến. Nếu Master nhận tín hiệu từ Slave sớm hơn dự kiến, Master sẽ xác nhận gói tin đó và ghi nhớ thông tin định danh (Identification ID) của Slave. Sau đó thoát ra khỏi chế độ chờ nhận và tiếp tục gửi yêu cầu kết nối đến các Slave kế tiếp. Sau khi nhận được tín hiệu kết nối từ các Slave, Master sẽ ghi nhớ những Slave nào kết nối trực tiếp đến mình. Master gửi yêu cầu truyền dữ liệu lần lượt đến các Slave có kết nối trực tiếp và tiến hành chờ nhận dữ liệu. Sau khi nhận được thông tin đo đạc từ các Slave, Master xử lý dữ liệu để hiển thị trên LCD và gửi các dữ liệu đó lên cơ sở dữ liệu Firebase. Giao diện trên nền tảng Web sẽ cập nhật và hiển thị dữ liệu đến người giám sát hệ thống từ xa.

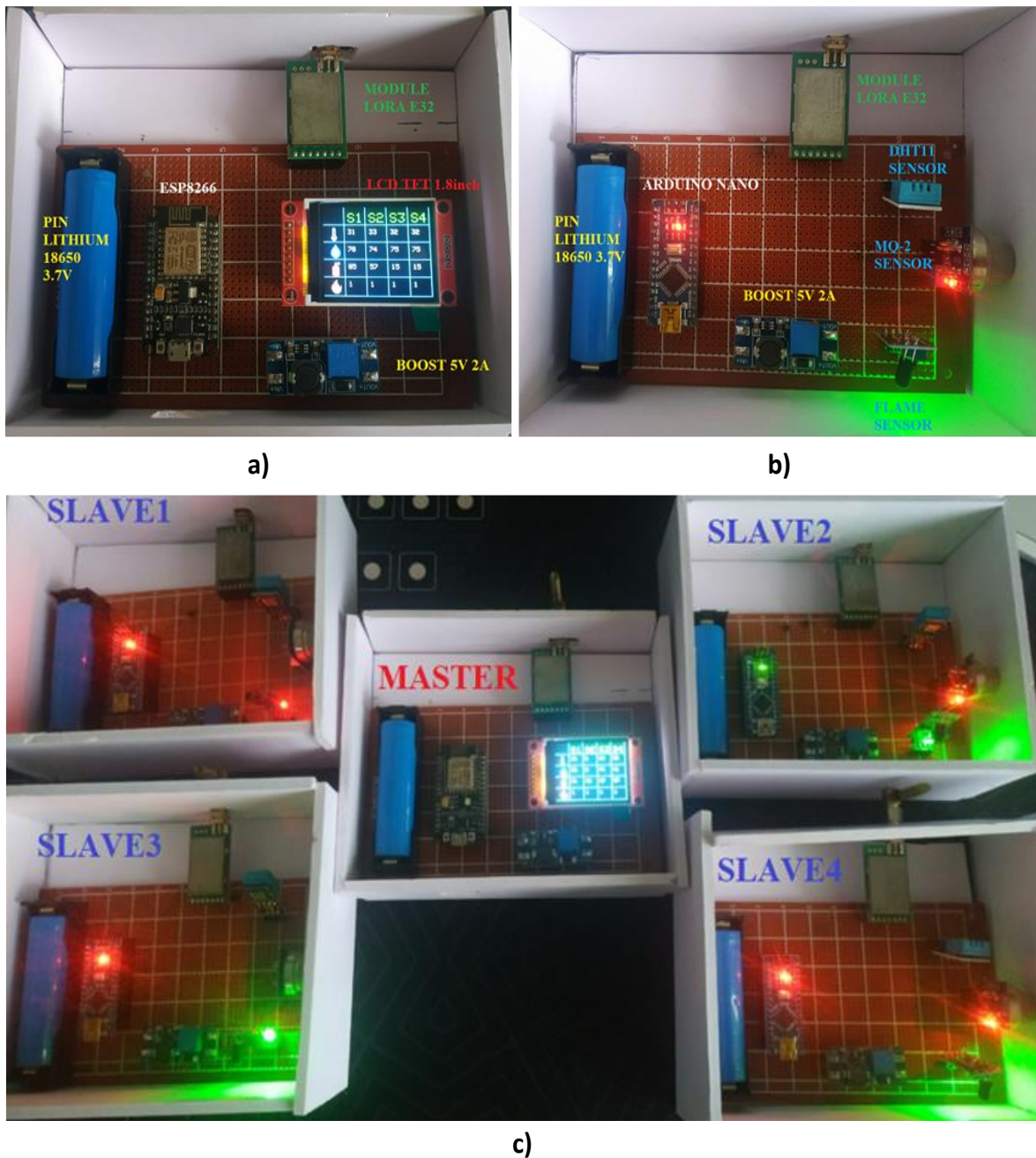
Hình 3b mô tả toàn bộ quy trình hoạt động của thiết bị Slave. Thiết bị Slave được hoạt động, Slave sẽ chờ nhận tín hiệu yêu cầu kết nối từ Master, nếu có thì Slave sẽ gửi tín hiệu xác nhận kết nối đến Master. Sau khi khởi động toàn bộ hệ thống, Slave sẽ có một thời gian đủ dài (khoảng 20 giây) để bắt được gói yêu cầu kết nối từ Master gửi đến, lúc này Slave sẽ gửi lại tín hiệu chấp nhận kết nối đến Master để báo hiệu rằng Slave đã chấp nhận kết nối và Slave tiến hành vào chế độ chờ nhận tín hiệu yêu cầu dữ liệu từ Master. Slave tiến hành chờ nhận yêu cầu gửi dữ liệu. Nếu nhận được yêu cầu gửi dữ liệu, Slave sẽ ghi nhớ thiết bị đó là Master và sẽ chỉ gửi dữ liệu đo đạc từ các cảm biến đến thiết bị đã ghi nhớ theo yêu cầu. Trong mô hình lưới, nếu là kết nối giữa Slave và Slave thì Slave trung gian sẽ yêu cầu các Slave không kết nối trực tiếp đến Master gửi dữ liệu đo đạc được và tiến hành chờ nhận các gói tin. Các gói tin nhận được từ các Slave sẽ được Slave đóng vai trò cầu nối gửi đến Master để xử lý.

## 4. Kết quả

### 4.1. Mô hình phần cứng

Hình 4 minh họa phần cứng của hệ thống sau khi hoàn thiện. Các điểm đo được thiết kế sử dụng công suất thấp khi nguồn trực tiếp được cung cấp từ pin Lithium điện áp 3.7V. Như thể hiện ở Hình 4a, khối Master bao gồm bộ xử lý ESP8266, Pin Lithium, mạch tăng áp từ điện áp 3.7V lên 5V, khối truyền nhận dữ liệu chuẩn LoRa E32 và màn hình LCD hiển thị đầy đủ thông tin dữ liệu thu thập được từ 4 trạm đo từ S1 đến S4. Đối với phần cứng của Slave ở Hình 4b bao gồm khối xử lý dữ liệu với thiết kế Arduino Nano, nguồn được cấp từ Pin Lithium, mạch tăng áp từ điện áp 3.7V lên 5V, khối truyền thông

LoRa E32, và các cảm biến đo lường thông tin môi trường. Hệ thống hoàn chỉnh bao gồm 1 thiết bị Master và 4 thiết bị Slave được thể hiện trong Hình 4c.



**Hình 4.** Mô hình thực tế và vị trí các thành phần của phần cứng a) thiết bị Master b) thiết bị Slave c) mô hình thực tế của hệ thống LoRa Mesh gồm 1 thiết bị Master và 4 thiết bị Slave.

#### 4.2. Giao diện chương trình

Được minh họa như Hình 5, giao diện tương tác với người dùng sử dụng nền tảng Web bằng ngôn ngữ HTML/CSS kết hợp Javascript và công cụ Visual Studio Code để viết mã. Giao diện chính hiển thị cơ bản các thông tin đo lường được như nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí Gas, khả năng cháy và vị trí đặt của thiết bị thu thập và thời gian đồng bộ lên máy chủ. Các thông số trên giao diện tương tác được truyền lên từ khối Master và khi tổng hợp các thông tin đo lường được 4 trạm đo S1 đến S4. Điều này giúp cho việc giám sát các thông số đo lường được hiệu quả hơn khi mà nơi đặt thiết bị đo lường và nơi giám sát đặt ở khoảng cách rất xa.



**Hình 5.** Giao diện chương trình máy tính để giám sát trên nền tảng Web

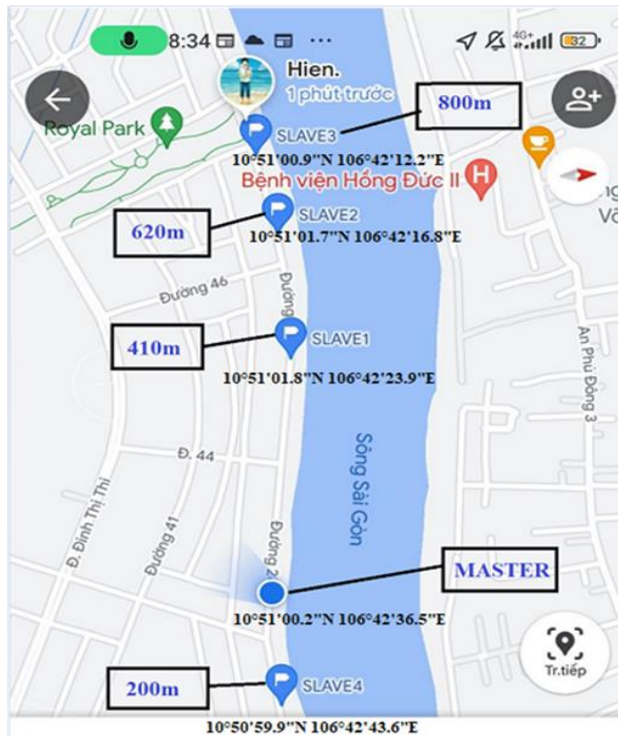
### 4.3. Đánh giá hoạt động của hệ thống

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình mạng khi hoạt động trong điều kiện thực tế, nghiên cứu này đã triển khai thực nghiệm bằng cách lắp đặt khối Master và các khối Slave (các nút đo) ở các vị trí khác nhau như minh họa trong Hình 6a. Khối Master được đặt ở trung tâm, với khoảng cách đến Slave4 là 200m. Khoảng cách từ Master đến Slave1, Slave2 và Slave3 lần lượt là 410m, 620m và 800m. Với cách triển khai như vậy, nhiều chế độ hoạt động có thể được kiểm chứng. Slave4 có thể hoạt động trong chế độ truyền dữ liệu trực tiếp đến Master. Slave1 có thể hoạt động như một điểm trung gian để chuyển tiếp dữ liệu từ Slave2 đến Master, hoặc như một điểm trung gian để chuyển tiếp gói dữ liệu theo chuỗi từ Slave3 đến Slave2 rồi đến Slave1 và tiếp tục truyền đến Master. Như được minh họa trong Hình 6a, thông tin dữ liệu thu thập từ Slave1 đến Slave4 được truyền đến Master và hiển thị chi tiết trên màn hình LCD, cũng như trên giao diện giám sát từ xa, như thể hiện trong Hình 5.

Để đánh giá hiệu suất tiêu thụ của mô hình và các khối khi hoạt động ở các chế độ khác nhau, nghiên cứu này đã thực hiện kiểm tra trên một thời gian dài và đo lường công suất tiêu thụ để tìm ra mối quan hệ giữa công suất tiêu thụ, thời gian sử dụng pin và các chế độ hoạt động. Đối với việc đo lường, nghiên cứu đã sử dụng thiết bị đo KWS-MX18 [12] để đo công suất tiêu thụ của cả Master và Slave khi hoạt động ở nhiều chế độ khác nhau. Phương pháp đo này đã ghi nhận dòng điện và điện áp được hiển thị trên thiết bị sau mỗi giờ cho đến khi nguồn pin không còn đáp ứng được hoạt động ổn định cho mô hình.

Ban đầu, nghiên cứu đã đánh giá công suất tiêu thụ của khối Master ở hai chế độ hoạt động khác nhau. Trong đó, chế độ 1 là Master truyền nhận trực tiếp với hai Slave, và chế độ 2 là Master truyền nhận trực tiếp với bốn Slave. Hình 7a minh họa công suất tiêu thụ được đo lường ở hai chế độ hoạt động

này. Ở chế độ 2, khi Master cần liên lạc với bốn Slave, có một sự tăng vọt về công suất tiêu thụ lên mức trung bình 694mW so với chế độ Master chỉ truyền nhận với hai Slave ở mức trung bình là 692mW. Do đó, ở chế độ 2, Master chỉ có thể hoạt động trong khoảng thời gian 5 giờ với cùng một nguồn năng lượng cung cấp. Khi nguồn pin giảm, cả khối ESP8266 và E32 chuyển sang chế độ tiết kiệm năng lượng, làm giảm công suất tiêu thụ xuống 678mW.

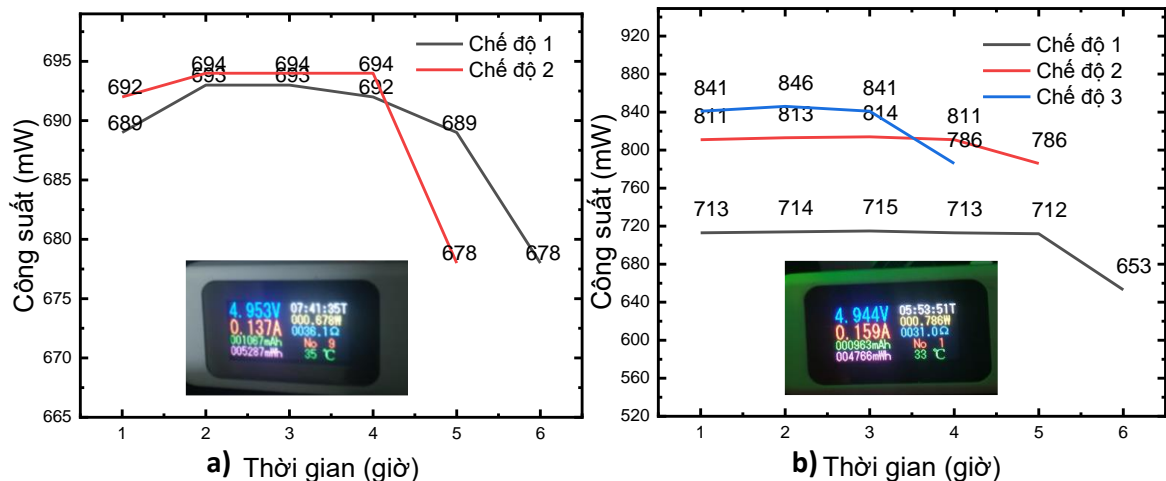


a)



b)

**Hình 6.** Thực nghiệm và đo đạc hệ thống trên môi trường thực tế a) Thông tin vị trí và khoảng cách của 4 Slave trên bản đồ b) Hoạt động của Master khi giao tiếp với 4 Slave, các thông số được hiển thị đầy đủ trên màn hình LCD



**Hình 7.** Công suất tiêu thụ ở các chế độ hoạt động khác nhau trên a) khối Master b) khối Slave

Công suất tiêu thụ của các chế độ hoạt động khác nhau trên khối Slave cũng đã được đo lường tương tự. Như được minh họa trong Hình 7b, Slave hoạt động ở ba chế độ khác nhau: chế độ 1 là truyền nhận trực tiếp với Master, chế độ 2 là truyền nhận với một gói dữ liệu của Slave trung gian, và chế độ 3 là truyền nhận hai gói dữ liệu của các Slave trung gian như minh họa trong Hình 6a. Công suất tiêu thụ

của các chế độ hoạt động này được thể hiện trong Hình 7b. Ở chế độ 3, do tần suất cao trong việc chuyển gói tin liên tục, công suất tiêu thụ lớn dẫn đến thời gian hoạt động ngắn, chỉ khoảng 4 giờ so với Slave hoạt động độc lập truyền dữ liệu trực tiếp với Master ở chế độ 1. Kết quả từ thiết bị đo công suất kết nối với Slave hoạt động ở chế độ 2 như thể hiện trong Hình 7b cho thấy thiết bị này đã hoạt động trong khoảng thời gian gần 6 giờ và công suất tiêu thụ tại thời điểm đó là khoảng 786mW.

## 5. Kết luận

Nghiên cứu này đã xây dựng hoàn chỉnh một mô hình mạng gồm 1 thiết bị chủ và 4 thiết bị tớ thực hiện cảm nhận thông số môi trường và cảnh báo cháy dựa trên một số yếu tố cơ bản như nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí gas và nguồn lửa. Dựa trên công nghệ mạng truyền thông không dây LoRa, nghiên cứu đã xây dựng một mạng lưới truyền tin giữa nhiều điểm thu thập dữ liệu được đặt ở khoảng cách xa nhau sử dụng thiết kế LoRa E32. Một giao diện trực quan trên nền tảng web được xây dựng để các thông số trên các điểm đo có thể được giám sát từ xa. Các kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, mô hình hoạt động ổn định trong môi trường thực tế. Ngoài ra, việc đánh giá công suất tiêu thụ của các điểm đo lường với các chế độ hoạt động khác nhau cũng chỉ ra rằng mô hình có thể hoạt động ổn định và tiêu thụ công suất thấp trong một khoảng thời gian dài với nguồn năng lượng pin.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này thuộc đề tài năm 2024 được hỗ trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.

## Xung đột lợi ích

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P. P. Ray, "A survey on Internet of Things architectures," *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, vol. 30, no. 3, pp. 291-319, 2018.
- [2] S. Sendra, L. García, J. Lloret, I. Bosch, and R. V. Rodríguez, "LoRaWAN network for fire monitoring in rural environments," *Electronics*, vol. 9, no. 3, p. 531, 2020.
- [3] W. Chen, C. He, J. Lu, K. Yan, J. Liu, F. Zhou, X. Xu, and X. Hao, "Research and design of distributed fire alarm system of indoor Internet of Things based on LoRa," *Scientific Programming*, vol. 2021, pp. 1-12, 2021.
- [4] Y. Apriani, W. A. Oktaviani, and I. M. Sofian, "Design and implementation of LoRa-based forest fire monitoring system," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 3, no. 3, pp. 236-243, 2022.
- [5] Mouser, "DHT11 Humidity & Temperature Sensor," <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>. Accessed: Apr. 2024.
- [6] Sensirion, "Sensirion SHT-31 datasheet," 2019. [Online]. Available: <https://sensirion.com/products/catalog/SHT31-DIS-P>. Accessed: Apr. 2024.
- [7] Mouser, "Grove - Flame Sensor," [https://www.mouser.com/datasheet/2/744/Seeed\\_Studio\\_01092019\\_101020049-1517936.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/744/Seeed_Studio_01092019_101020049-1517936.pdf). Accessed: Apr. 2024.
- [8] Hanwei Electronics, "MQ-2 Gas Sensor," [https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-2\\_Hanwei.pdf](https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-2_Hanwei.pdf). Accessed: Apr. 2024.
- [9] "Low-Power Wide Area Network (LPWAN) Overview," RFC 8376. [Online]. Available: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc8376/>. Accessed: Apr. 2024.
- [10] Chengdu Ebyte Electronic Technology Co., Ltd., "E32-433T20DC," <https://www.ebyte.com/en/product-view-news.html?id=130>. Accessed: Aug. 2023.
- [11] SEACOMP, "20x4 Character LCD Display," May 03, 2021. [Online]. Available: <https://www.seacomp.com/product/character-lcd-display-204g>. Accessed: Apr. 2024.
- [12] Keweisi, "USB Tester KWS-MX18 manual," <https://www.szmtriangel.com/products/kws-mx18-usb-tester>. Accessed: Apr. 2024.



**M.Sc. Dang Phuoc Hai Trang**, graduated with a Bachelor's degree in Electrical and Electronic Engineering in 2007 and a Master's degree in Electronic Engineering in 2011 from Ho Chi Minh City University of Technology and Education. He has been a lecturer in the Department of Computer Engineering and Telecommunications, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, at Ho Chi Minh City University of Technology and Education since 2007. Areas of interest: Signal Processing, Internet of Things, IC Design. Email: [trangdph@hcmute.edu.vn](mailto:trangdph@hcmute.edu.vn). ORCID: [0009-0002-4946-5477](https://orcid.org/0009-0002-4946-5477).



**M.Sc. Nguyen Tai Tiep**, graduated with a Bachelor's degree in Computer Engineering Technology from Ho Chi Minh City University of Technology and Education in 2010. He has been a lecturer in the Faculty of Information Technology at Dong Nai University of Technology since 2011. Areas of interest: Internet of Things, Machine Learning, Embedded Systems. Email: [nguyentaitiep@dnut.edu.vn](mailto:nguyentaitiep@dnut.edu.vn). ORCID: [0009-0004-1532-2763](https://orcid.org/0009-0004-1532-2763).



**B.Eng. Phan Cong Danh**, graduated in 2023 from the Computer Engineering Technology program, specializing in Computer Engineering and Telecommunications, at Ho Chi Minh City University of Technology and Education. Embedded Software Engineer at Ban Vien Corporation. Areas of interest: Embedded Systems, Automotive. Email: [phandanh2112@gmail.com](mailto:phandanh2112@gmail.com). ORCID: [0009-0008-5034-6209](https://orcid.org/0009-0008-5034-6209).



**B.Eng. Nguyen Nhat Hien**, graduated in 2023 from the Computer Engineering Technology program, Department of Computer Engineering and Telecommunications, at Ho Chi Minh City University of Technology and Education. Embedded Software Engineer at Ban Vien Corporation. Areas of interest: Embedded software programming and development. Email: [hiennguyenbts@gmail.com](mailto:hiennguyenbts@gmail.com). ORCID: [0009-0005-0952-9255](https://orcid.org/0009-0005-0952-9255).



**Dr. Ngo Dinh Thanh** graduated with a Ph.D. in 2015, specializing in Embedded Systems at the University of South Brittany. He has been a lecturer in the Department of Automation, Faculty of Electrical Engineering, at the University of Science and Technology, University of Danang, since 2004. Areas of interest: Automation, Deep Learning. Email: [tndthanh@dut.udn.vn](mailto:tndthanh@dut.udn.vn). ORCID: [0000-0001-6063-0459](https://orcid.org/0000-0001-6063-0459).



**Dr. Pham Van Khoa** received his B.S. and M. S. E. E. degrees in Computer Technology and Electronics Engineering from the University of Technology and Education, HCM City, Vietnam, in 2010 and 2014, respectively. In 2019, he obtained his Ph.D. in Electronics Engineering from Kookmin University (K.M.U.) in Seoul, Korea. In 2010, he joined the Integrated Circuit Design Research and Education Center (I.C.D.R.E.C.), contributing to developing VN8-01 MCU, the first commercially designed and fabricated microcontroller in Vietnam. From May 2011 to 2021, he was a member of the Faculty of Electrical and Electronics Engineering at Technology and Education, HCM City, Vietnam (H.C.M.U.T.E.), and currently holds the position of senior lecturer in the Department of Computer and Communication Engineering. Presently, he serves as the Head of Computer Technology Engineering at the Faculty of International Education, H.C.M.U.T.E. His research interests encompass low-power VLSI, memory design, Internet-of-Things (IoT) and power I.C. design. He has published research papers in a variety of prestigious journals, conferences, such as, Electronics Letters, IEEE Transactions on Nanotechnology, Journal of Semiconductor Technology and Science, Micromachines, International Journal of Computing, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). Email: [khoapv@hcmute.edu.vn](mailto:khoapv@hcmute.edu.vn). ORCID: [0000-0002-6129-5856](https://orcid.org/0000-0002-6129-5856).