

HỆ THỐNG ĐO LƯỜNG VÀ GIÁM SÁT CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ TỪ XA ỨNG DỤNG NỀN TẢNG KẾT NỐI VẠN VẬT INTERNET OF THINGS (IOT)-BASED SYSTEM FOR REMOTELY MEASURING AND MONITORING ENVIRONMENTAL QUALITY

Phạm Văn Khoa*, Nguyễn Văn Thái

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh¹

*Tác giả liên hệ: khoapv@hcmute.edu.vn

(Nhận bài: 21/8/2022; Chấp nhận đăng: 11/10/2022)

Tóm tắt - Ô nhiễm môi trường không khí là một vấn đề cấp thiết cần được giải quyết. Nghiên cứu này đề xuất và thực nghiệm hệ thống ứng dụng nền tảng kết nối vạn vật (Internet of Thing – IoT) nhằm đo lường và giám sát từ xa chất lượng môi trường với thông số nhiệt độ, độ ẩm, bụi mịn 2.5 μ m và nồng độ khí CO. Hệ thống được thiết kế phù hợp có tính mở rộng qui mô giám sát để có thể triển khai trong các tòa nhà và trong một phạm vi rộng ngoài trời nhờ ứng dụng nền tảng mạng cảm biến không dây tương ứng như Wi-Fi và LoRa. Sự thay đổi các thông số môi trường có thể được giám sát và điều chỉnh từ xa thông qua ứng dụng được thiết kế và xây dựng trên nền tảng hệ điều hành Android. Dựa trên các thông số môi trường được đo lường, chỉ số chất lượng không khí được tính toán và đưa ra các cảnh báo đến người dùng. So sánh với các thiết bị thương mại, kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống có độ chính xác cao.

Từ khóa - Hệ thống giám sát chất lượng không khí; bụi mịn 2.5; cảm biến khí CO; ESP-8266; mạng LoRa.

1. Đặt vấn đề

Theo số liệu từ tổ chức y tế thế giới WHO hơn 90% dân số toàn cầu bị ảnh hưởng bởi sự ô nhiễm không khí [1]. Các nghiên cứu chỉ ra rằng, khoảng 3,8 triệu người trên thế giới tử vong hàng năm do chất lượng không khí kém. Trong đó, các loại bụi mịn có đường kính nhỏ hơn 2.5 micromet (PM2.5) là nguyên nhân gây ra nhiều bệnh hô hấp vì các loại hạt này có thể xâm nhập sâu vào cơ thể con người [2, 3]. Khí CO sinh ra trong các hoạt động đời sống có thể gây tử vong nếu con người tiếp xúc trong thời gian dài [4]. Môi trường làm việc với không khí chất lượng kém làm giảm hiệu quả lao động của con người và khả năng xử lý thông tin của con người.

Ở Việt Nam, hậu quả của ô nhiễm không khí ở một số địa phương lên đời sống của con người rất lớn về mặt sức khỏe và gây thiệt hại lớn về kinh tế của từng dân cư trong vùng bị ô nhiễm [5]. Nhiều thành phố ở Việt Nam từng bước phát triển để trở thành các đô thị thông minh. Trong các tiêu chí phát triển thành phố xanh và hiện đại, xây dựng một môi trường sống trong lành và an toàn là việc làm rất cần thiết nhằm đảm bảo sức khỏe, nâng cao chất lượng cuộc sống con người. Từ đó, việc đo lường và giám sát môi trường không khí ngày càng trở nên cấp thiết.

2. Hệ thống đo lường chất lượng không khí

2.1. Các nghiên cứu liên quan

Nhiều nghiên cứu trước đó đã ứng dụng nền tảng IoT kết

Abstract - Air pollution is a critical issue that must be addressed. This study proposed and implemented an Internet of Things (IoT)-based system for remotely measuring and monitoring environmental quality with parameters including temperature, humidity, fine dust 2.5 μ m, and CO concentration. Based on wireless communication platforms as Wi-Fi and LoRa, the system is well-suited for monitoring scalability and can be deployed in buildings as well as in a wide range of outdoor environments. The graphic user interface designed and built on the Android operating system platform can remotely monitor environmental parameters. The air quality index is calculated to give warnings to users based on the measured environmental parameters. The experimental results show that the system has high accuracy in comparison to commercial devices.

Key words - Air quality monitoring system; PM 2.5; CO sensor; ESP-8266; LoRa network.

hợp với nhiều loại cảm biến để triển khai các hệ thống giám sát chất lượng môi trường. Trong các nghiên cứu đó có thể kể đến một số nghiên cứu điển hình như nghiên cứu của Grath [6] đưa ra một phân tích cơ bản về các tác hại và giới hạn của các hạt bụi mịn lên sức khỏe con người theo tiêu chuẩn Châu Âu (CAFE). Nghiên cứu này cũng giới thiệu một số nền tảng lập trình, phần cứng xử lý cũng như các loại cảm biến có thể được sử dụng để thực thi một giải pháp đo lường và thu thập chất lượng môi trường và không khí. Nghiên cứu của Sherin Abraham [7] trình bày một giải pháp thực thi hệ thống giám sát chất lượng không khí ở môi trường trong nhà với giá thành rẻ sử dụng nền tảng phần cứng Arduino và giao diện truyền thông Xbee. Hệ thống có khả năng nhận diện sự rò rỉ của khí gas. Nghiên cứu [8, 9] trình bày về việc giám sát thời gian thực chất lượng không khí và quản lý năng lượng trong các tòa nhà và ngoài trời thông qua các cảm biến đo lường. Nghiên cứu [10, 11] đưa ra mô hình giám sát công suất và chi phí thấp nhằm chất lượng không khí trong nhà truyền thông tin qua các giao thức mạng không dây như LPWAN và LoRaWan. Đối với các nghiên cứu trong nước, tác giả Vũ Văn Thanh [12] đề xuất hệ thống quan trắc môi trường dựa trên nền tảng IoT. Các thông số môi trường gồm CO, SO₂, PM2.5 được thu thập và gửi đến server thông qua công nghệ di động 3G. Các chỉ số môi trường có thể được giám sát từ xa thông qua ứng dụng di động.

Tuy các nghiên cứu trước đó đã đề xuất một số giải pháp nhằm giám sát chất lượng môi trường không khí nhưng vẫn tồn tại một số hạn chế như thực thi hệ thống

¹ HCMC University of Technology and Education (Phạm Văn Khoa, Nguyễn Văn Thái)

bằng cách ghép nối các thiết kế có sẵn dẫn đến độ hoàn thiện, tính ổn định không cao cũng như khó triển khai trong môi trường thực tế; Chỉ thu thập được một vài chỉ số chất lượng môi trường và không đề xuất giải pháp ghép nối để có thể giám sát, tổng hợp thông tin thu thập trong một phạm vi rộng; Các thiết kế đa phần sử dụng phương pháp truyền dữ liệu trong phạm vi gần như Wi-Fi hoặc hạ tầng mạng di động 3G, GSM [12, 13] sẽ dẫn đến hạn chế về phạm vi triển khai hệ thống, qui mô số lượng điểm đo (node) và chi phí vận hành cao khi lượng thông tin truyền đi liên tục trong một thời gian dài.

Có thể thấy, phương pháp kết nối và truyền dữ liệu giữa các điểm đo là quan trọng nhất khi triển khai hệ thống gồm nhiều điểm đo lường và giám sát. Bảng 1 trình bày số liệu khảo sát các đặc điểm của một số chuẩn truyền thông không dây như Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee và LoRa. Dựa vào các đặc điểm của các phương pháp truyền dữ liệu được nêu, Wi-Fi kết hợp cùng LoRa được xem là giải pháp hiệu quả khi triển khai hệ thống đo lường trong qui mô rộng. Chuẩn Wi-Fi hiệu quả khi được triển khai trong phạm vi các tòa nhà nơi mà thông thường hạ tầng mạng Wi-Fi gần như đã được trang bị hoàn chỉnh. Tuy nhiên, chuẩn giao tiếp Wi-Fi sẽ kém hiệu quả nếu triển khai hệ thống đo lường ở ngoài trời nơi mà mật độ phủ sóng Wi-Fi kém khi vị trí các điểm đo đặt xa nhau. LoRa, một chuẩn truyền thông không dây dành cho các mạng cảm biến được xem là giải pháp nhằm khắc phục nhược điểm nêu trên khi có thể truyền được dữ liệu đi xa giữa các node mạng với khoảng cách hơn hàng ngàn mét sử dụng công suất tiêu thụ thấp.

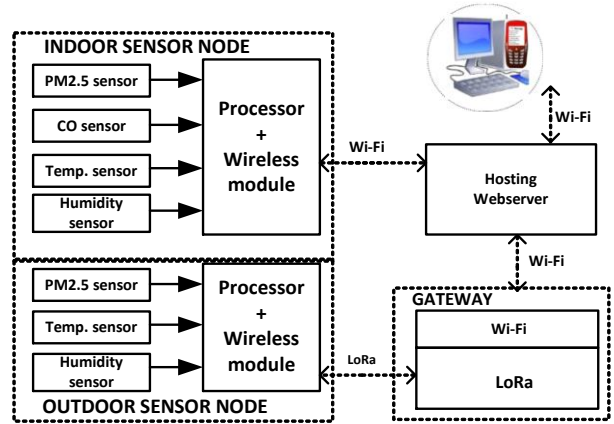
Bảng 1. Đặc điểm các chuẩn truyền thông không dây [14]

	Bluetooth	Wi-Fi	Zigbee	LoRa
Tiêu chuẩn	IEEE 802.15.1	IEEE 802.11	IEEE 802.15.4	LoRaWAN R1.0
Tần số	2.4 Ghz	5 ÷ 60 Ghz	868/915 Mhz, 2.4 Ghz	900 Mhz
Tốc độ	1 ÷ 24 Mbps	1 ÷ 6.75 Gbps	40 ÷ 250 Kbps	0.3 ÷ 50 Kbps
Khoảng cách	8 ÷ 10 m	20 ÷ 100 m	10 ÷ 20 m	<30 Km
Nguồn tiêu thụ	Rất thấp	Cao	Thấp	Rất thấp
Giá	Thấp	Cao	Thấp	Cao

2.2. Hệ thống được đề xuất

Từ phân tích nêu trên, giải pháp được đề ra trong nghiên cứu này nhằm khắc phục các hạn chế tồn tại. Một hệ thống hoàn chỉnh gồm cả thiết kế phần cứng và phần mềm để giám sát thông số môi trường và chất lượng không khí trong nhà và ngoài trời ứng dụng công nghệ IoT được trình bày trong nghiên cứu này. Được minh họa trong Hình 1, các thông số môi trường được đo lường bởi hệ thống gồm nhiệt độ, độ ẩm, bụi mịn 2.5µm và khí CO. Ở các điểm đo đặt trong nhà (indoor sensor node), công nghệ kết nối không dây Wi-Fi được sử dụng để truyền trực tiếp các tín hiệu đo lường đến máy chủ (Server). Ngược lại, trong trường hợp điểm đo đặt ngoài trời (outdoor sensor node), công nghệ LoRa được sử dụng để truyền dữ liệu được thu thập đến bộ điều hướng dữ liệu (Gateway) trước khi thông

tin được đưa lên 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 hệ điều hành Android. Dựa trên các thông số đo lường, người giám sát có khả năng đóng/ngắt các thiết bị để tác động đến môi trường đo. Thiết kế được đề xuất có khả năng triển khai trong môi trường thực tế, và có thể mở rộng số lượng các node đo một cách linh hoạt.



Hình 1. Sơ đồ khối tổng quát của hệ thống.

Trong đó, Indoor và Outdoor sensor node tương ứng là các node đo lường được đặt trong nhà và ngoài trời. Gateway là khối thu thập dữ liệu từ các node đo ngoài trời và trung chuyển thông tin lên cơ sở dữ liệu tập trung server. Người dùng có thể giám sát các thông số từ xa qua thiết bị di động

3. Thiết kế hệ thống

3.1. Công nghệ truyền dữ liệu

Với môi trường trong nhà, các điểm đo được bố trí phân tán tại nhiều phòng hoặc tòa nhà khác nhau. Như trình bày ở phần trước, đa phần các tòa nhà thông thường đã được hoàn thiện hệ thống kết nối mạng Internet thông qua một tập hợp nhiều điểm truy cập Wi-Fi (Wi-Fi Access Point). Tận dụng được ưu điểm hạ tầng kết nối Wi-Fi, các điểm thu thập thông số môi trường trong nhà sẽ sử dụng Wi-Fi là môi trường truyền dữ liệu từ các điểm đo đến Server.

Ngày nay, rất nhiều nền tảng nhúng sử dụng Wi-Fi như phương tiện kết nối và truyền dữ liệu, có thể kể đến là Raspberry Pi, Beagle và gần đây nhất là ESP-8266 [14, 15]. So với các nền tảng máy tính nhúng khác, ESP-8266 là một thiết kế máy tính trên chip (Computer on Chip) hiệu năng cao, giá thành thấp, có tích hợp giao tiếp truyền thông không dây chuẩn Wi-Fi, các ngoại vi đa dụng (General Purpose Input Output - GPIO), cũng như các chuẩn giao tiếp truyền thông phổ biến như UART, SPI, I2C [14]. Ngoài ra, với thiết kế có kích thước nhỏ cho phép ESP-8266 linh hoạt trong việc triển khai các ứng dụng IoT hay mạng cảm biến không dây. Một số đặc tính kỹ thuật trên ESP-8266 gồm:

- Hỗ trợ các chuẩn 802.11 b/g/n đi kèm là thiết kế sẵn an-ten trên bảng mạch điện.
- Hỗ trợ giao thức bảo mật dữ liệu WPA/WPA2.
- Bộ xử lý 32-bit hiệu năng cao với kiến trúc RISC hoạt động ở tần số 160Mhz phù hợp cho hầu hết yêu cầu của các thiết kế IoT.
- Bộ nhớ dữ liệu 36KB và 4MB bộ nhớ Flash để lưu

chương trình hệ thống.

▪ Công suất tiêu thụ rất thấp khi so sánh với các thiết kế khác hỗ trợ Wi-Fi.

Với trường hợp các điểm đo đặt ở khoảng cách rất xa và hạ tầng mạng Wi-Fi không bao phủ được thì LoRa, một kỹ thuật truyền thông không dây tầm xa, rất phù hợp để vượt qua thách thức này khi có thể truyền dữ liệu ở khoảng cách hàng ngàn mét với công suất tiêu thụ thấp. Chuẩn LoRaWAN được điều chỉnh tỉ lệ tiêu chuẩn LPWAN [16]. Tần số hoạt động của LoRaWAN được qui định bởi các khu vực các nhau trên thế giới như 430MHz cho châu Á, 780MHz cho Trung Quốc, 433MHz hoặc 866MHz cho châu Âu, 915MHz cho USA. Nghiên cứu này sử dụng thiết kế LoRa Ra-02 hoạt động ở tần số từ 410 đến 525Mhz với băng thông 500Khz. Thiết kế Ra-02 hoạt động ở dải điện áp rộng từ 2,5V đến 3,3V; Tiêu thụ công suất thấp với dòng tiêu thụ khoảng 93mA và 13mA ở chế độ truyền và nhận tương ứng tại tần số hoạt động 470Mhz. Như thể hiện trong Hình 2, thiết kế Ra-02 với 2 hàng chân (Dual in Line - DIP) hỗ trợ các chân ngoại vi đa dụng (GPIO) có thể giao tiếp với các hệ vi điều khiển khác thông qua chuẩn truyền thông nối tiếp đồng bộ (Serial Peripheral Interface – SPI).





3.2. Cảm biến đo lường

Theo quy chuẩn chất lượng không khí xung quanh tại Việt Nam (QCVN 05:2013/BTNMT), các thông số đo lường gồm cacbon monoxit (CO), nitơ đioxit (NO₂), ôzôn (O₃), lưu huỳnh đioxit (SO₂), bụi PM10, bụi PM2.5 và chì (Pb) trong không khí [17]. Nghiên cứu này lựa chọn khí CO và bụi mịn có kích thước 2,5 micromet làm tham số đo lường bởi xuất phát từ các lý do. Ở thông số khí độc, khí CO có đặc điểm không màu, không mùi, có khả năng cháy, có tính khuếch tán mạnh trong không khí, khả năng ảnh hưởng đến tính mạng con người do có độc tính cao [4]. Loại khí này có thể dễ dàng phát sinh từ quá trình sinh hoạt đời sống của con người như khói tạo ra trong quá trình đốt cháy từ lò sưởi, cháy nhà, khí thải từ máy phát điện, từ xe cơ giới, khói thuốc... Đối với thông số bụi mịn, so với bụi PM10, bụi mịn có kích thước nhỏ PM2.5 ảnh hưởng nghiêm trọng hơn đến sức khỏe của con người với cùng một lượng làm tăng khả năng ung thư phổi lên hơn 10%. Bụi mịn như PM10 ảnh hưởng đến chức năng của phổi làm hen suyễn, viêm hô hấp. Nguy hiểm hơn bụi có kích thước siêu nhỏ PM2.5 có thể đi sâu vào hệ tuần hoàn máu và làm ảnh hưởng đến hệ thần kinh con người [3]. Như vậy, có thể thấy khí CO và bụi PM2.5 ảnh hưởng đến nghiêm trọng đến sức khỏe của con người nếu trong một thời gian dài tiếp xúc [4]. Do một số đặc tính mà con người khó cảm nhận được khi tiếp xúc trực tiếp, triển khai một hệ thống đo lường và cảnh báo đến con người là một nhu cầu thực sự cần thiết.

Thông số các loại cảm biến được sử dụng trong nghiên cứu này được thể hiện trong Bảng 2. Trong đó, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm được sử dụng là SHT31. Đây là loại cảm biến số thương mại của hãng Sensirion [18]. Tất cả các thành phần gồm cảm nhận môi trường nhiệt độ - độ ẩm, xử lý tín hiệu gồm phân tuyến tính hóa, bù nhiệt độ, bộ chuyển đổi tương tự sang số (Analog to Digital - ADC), bộ truyền dữ liệu 2 dây chuẩn I2C đều được tích hợp trên một chip đơn đóng gói ở dạng DIP với 8 chân như minh họa trong Bảng 2. So với các loại cảm biến nhiệt độ, độ ẩm khác thì

SHT31 được thiết kế để có độ chính xác cao. Dải điện áp hoạt động linh hoạt từ 2,4V đến 5,5V và công suất tiêu thụ thấp là các đặc điểm để SHT31 phù hợp cho các ứng dụng IoT có yêu cầu nghiêm ngặt về không gian thiết kế và công suất tiêu thụ.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật các cảm biến được sử dụng

Cảm biến	Tầm đo	Độ chính xác	Thời gian xử lý	Điện áp/Dòng điện	Hình ảnh
Nhiệt độ SHT31	-40 ÷ 125°C	±0.3 °C	2 giây	2,4 ÷ 5,5 V 800 µA	
Độ ẩm SHT31	0 ÷ 100 %RH	±0.8 %RH (25°C)	2 giây	2,4 ÷ 5,5 V 800 µA	
Bụi PM 2.5 PMS7003	0 ÷ 500 µg/m ³	±10 µg/m ³	<1 giây	4,5 ÷ 5,5 V 100 mA	
Khí CO MICS5524	1 ÷ 1000 ppm	±23 ppm (5°C & 10%RH)	<1 giây	4,9 ÷ 5,1 V 32 mA	

Cảm biến đo lường bụi mịn Plantower PMS7003 [19] là một loại cảm biến số có khả năng đo nồng độ bụi mịn trong không khí. PMS7003 hoạt động dựa trên nguyên lý quang học phân tán tia laser (Laser scattering) có giá thành thấp, độ chính xác cao, và thời gian đáp ứng nhanh. Với thiết kế ngõ ra dữ liệu theo dạng nối tiếp bất đồng bộ (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter – UART), cảm biến này có thể dễ dàng giao tiếp với hầu hết các loại vi điều khiển thương mại. So sánh với một số loại cảm biến bụi mịn khác như HoneyWell HPMA115S0 hoặc Nova Fitness SDS011, Plantower PMS7003 có giá thành thấp và đóng gói phù hợp với các ứng dụng trong môi trường đo lường khắc nghiệt. Chức năng cảm nhận khí độc CO trong thiết kế được thực hiện bởi cảm biến MICS5524 [20]. Cảm biến này có thể phát hiện nhiều thành phần khác nhau trong không khí như CO, NH₃, CH₄ với tầm đo rộng lên đến 1000ppm, sai số thấp và thời gian đáp ứng nhanh chi tiết như thể hiện trong Bảng 2.

3.3. Thiết kế phần cứng

Hình 2 minh họa kết nối chi tiết giữa các khối trong hệ thống. Các giao tiếp của cảm biến được chuẩn hóa về chuẩn truyền dữ liệu số I2C để giao tiếp với bộ xử lý. Phương pháp này cho phép có thể mở rộng đa dạng nhiều loại cảm biến đo lường và có thể loại bỏ nguồn nhiễu trong quá trình truyền dữ liệu giữa cảm biến và bộ xử lý. Riêng cảm biến đo lường bụi được giao tiếp với bộ xử lý thông qua chuẩn UART. Như trình bày ở phần trước, với nhiều chức năng ưu việt, ESP-8266 đóng vai trò như trái tim của hệ thống và được sử dụng chung cho cả 2 loại điểm đo trong nhà và ngoài trời có thể giao tiếp với các nhiều loại cảm biến vì được hỗ trợ nhiều chuẩn ngoại vi như GPIO, I2C, SPI, và UART.

Ở điểm đo đặt trong nhà được thể hiện trong Hình 2a, ESP-8266 có 3 chức năng chính gồm:

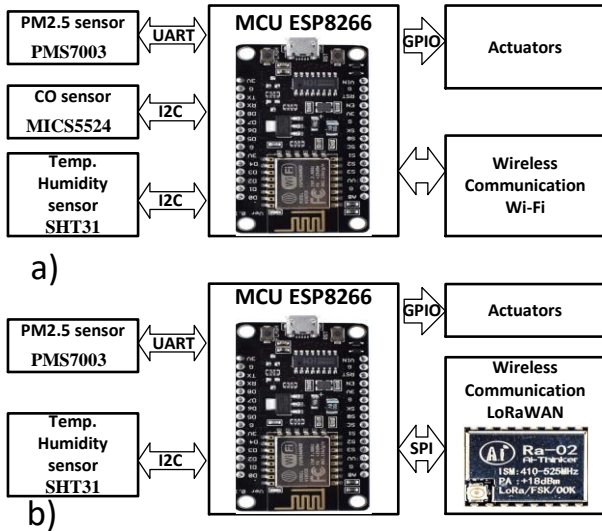
- Giao tiếp với các cảm biến môi trường thông qua chuẩn truyền thông I2C và UART.
- Điều khiển đóng/ngắt các thiết bị (actuator) sử dụng các chân ngoại vi đa dụng GPIO.

Truyền dữ liệu thu thập được lên server thông qua chuẩn truyền Wi-Fi 802.11.

truyền/nhận dữ liệu thu thập được với khối Gateway đặt ở khoảng cách rất xa. Nghiên cứu này sử dụng thiết kế LoRa RA-02 với băng tần 433Mhz phù hợp với tiêu chuẩn ETSI/FCC và qui định sử dụng băng tần sóng vô tuyến ở Châu Á nói chung và Việt Nam nói riêng.

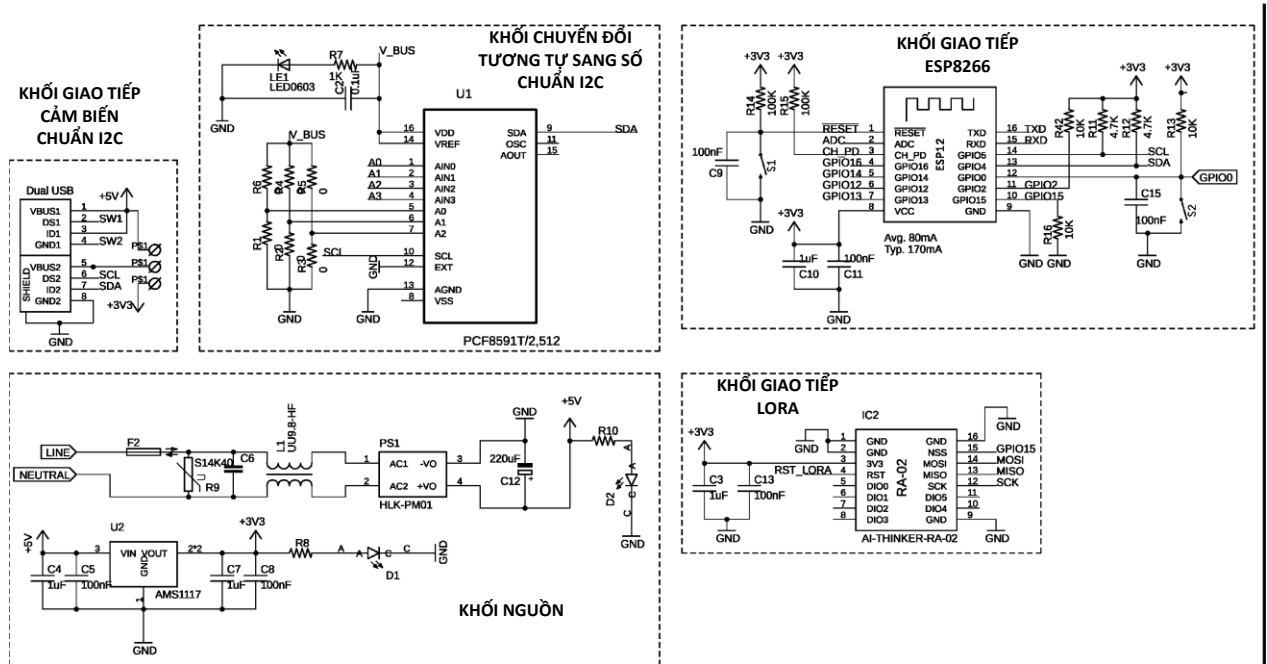
Chi tiết thiết kế phần cứng gồm khối nguồn, khối chuyển đổi tương tự sang I2C, khối kết nối ESP-8266 và LoRa Ra-02 được thể hiện trong Hình 3. Như trình bày ở trước, cảm biến đo lường nồng độ khí CO có ngõ ra điện áp. Vì thế để chuẩn hóa về chuẩn truyền nối tiếp đồng bộ I2C, một thiết kế chuyển đổi từ tương tự sang số chuẩn I2C là cần thiết.

Thiết kế phần cứng được đề xuất trong nghiên cứu này có thể dễ dàng giao tiếp và nhận dữ liệu từ nhiều loại cảm biến đo lường thông số môi trường. Được minh họa trong Hình 3, hệ thống sử dụng chuẩn truyền thông có dây thông qua giao thức I2C và UART để nhận dữ liệu trong trường hợp cảm biến đo lường gửi dữ liệu số đã được xử lý đến bộ xử lý. Thiết kế bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số chuẩn I2C được cung cấp trong trường hợp cần giao tiếp với các cảm biến với ngõ ra là tín hiệu tương tự. Như vậy, trong các nhu cầu mở rộng đo lường và giám sát các thông số khác như trong tiêu chuẩn QCVN 05:2013/BTNMT, việc kết nối thêm các cảm biến với tín hiệu ngõ ra dù là số hay tương tự đến hệ thống là khả thi và không phải thiết kế lại phần cứng đo lường.



Hình 2. Sơ đồ khối mô tả chi tiết kết nối giữa các khối trên a) Điểm đo trong nhà; b) Điểm đo ngoài trời

Tương tự với điểm đo đặt trong nhà, điểm đo đặt ngoài trời như Hình 2b, ESP-8266 hoạt động với chức năng gồm giao tiếp với các cảm biến, điều khiển đóng/ngắt thiết bị và điều khiển bộ LoRa Ra-02 thông qua chuẩn SPI để



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý của thiết kế

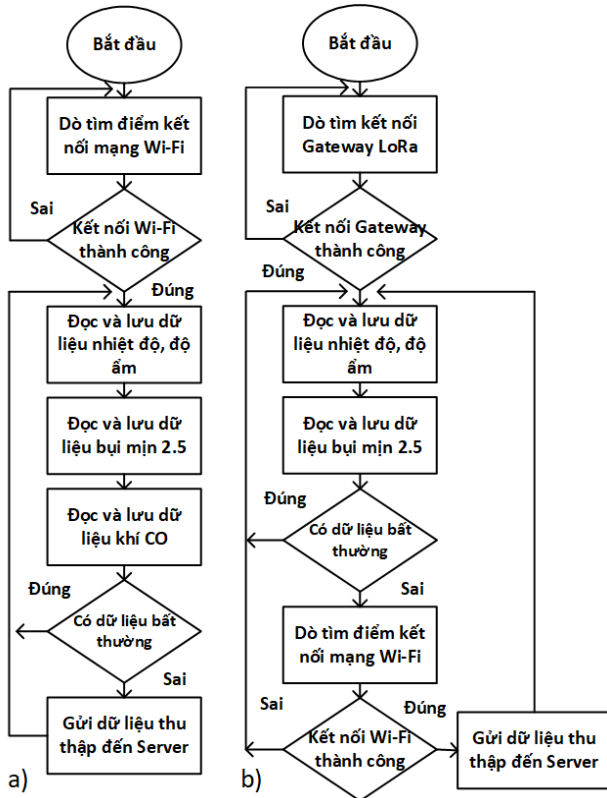
3.4. Lưu đồ giải thuật

Lưu đồ giải thuật của chương trình hoạt động trên các điểm đo được thể hiện như trong Hình 4. Chuẩn truyền thông Wi-Fi được sử dụng đối với điểm đo lường các thông số nhiệt độ, độ ẩm, lượng bụi và khí CO trong nhà. Trong Hình 4a, đầu tiên điểm đo sẽ dò tìm và kết nối với server thông qua mạng Wi-Fi. Nếu kết nối thành công, điểm đo sẽ thực hiện lần lượt việc đo từng thông số môi trường và lưu tạm thời trên thiết bị đo. Sau quá trình thu thập các thông số môi trường, điểm đo sẽ tính toán các giá trị thu thập để

phát hiện có giá trị bất thường trong các thông số đo lường. Giá trị bất thường có thể sinh ra do nhiễu tín hiệu trong quá trình đo đặc hoặc lỗi của cảm biến. Nếu giá trị đo lường phù hợp, điểm đo sẽ tổng hợp và gửi các thông số thu thập được lên server.

Chuẩn truyền thông LoRa được áp dụng đối với các điểm đo lường đặt ở môi trường ngoài trời khi các điểm đo đặt với khoảng cách lớn và không có sẵn hạ tầng mạng Wi-Fi. Được minh họa trong Hình 4b, đầu tiên các điểm đo đặt ngoài trời sẽ dò tìm tạo kết nối với Gateway. Nếu kết nối

được thiết lập, điểm đo sẽ thực hiện hoạt động thu thập dữ liệu. Ngược lại, điểm đo sẽ trong trạng thái dò tìm và thiết lập kết nối cho đến khi kết nối được thiết lập. Tương tự như điểm đo đặt trong nhà, các giá trị thu thập sẽ được tạm thời lưu trữ trên điểm đo. Sau quá trình tính toán giá trị cho các thông số thu thập được, nếu không phát hiện giá trị bất thường thì dữ liệu thu thập được sẽ được truyền trực tiếp đến server thông qua kết nối Wi-Fi. Sau khi dữ liệu được cập nhật lên server, thì điểm đo tiếp tục thực hiện thu thập các thông số môi trường gồm nhiệt độ, độ ẩm, và bụi mịn như minh họa trong Hình 4b.

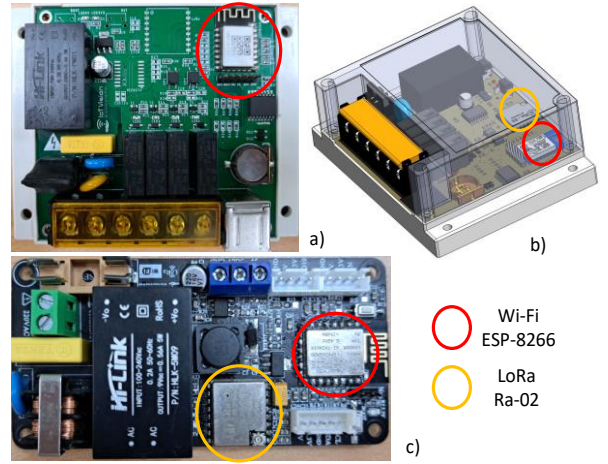


Hình 4. Lưu đồ giải thuật trên thiết bị đo
a) Trong nhà b) Ngoài trời

4. Kết quả

4.1. Mô hình phần cứng

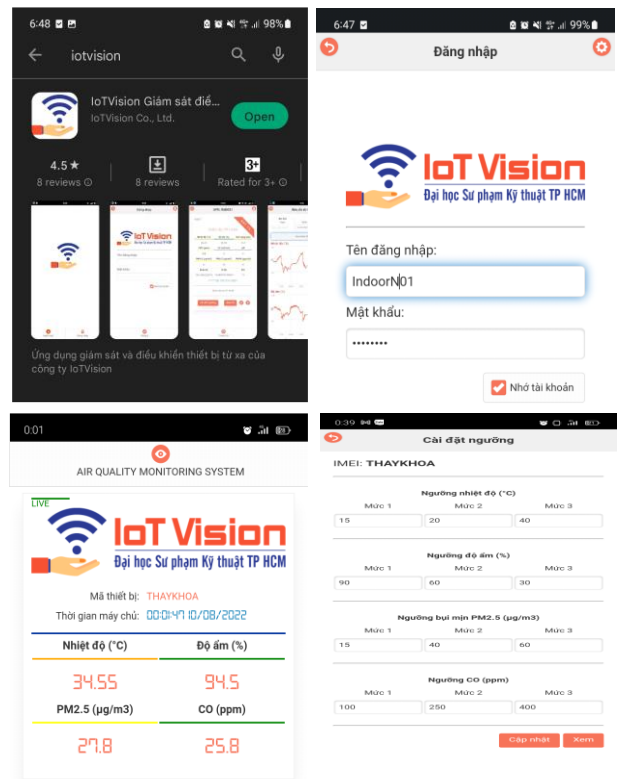
Hình 5 thể hiện sản phẩm thực tế sau khi hoàn thiện phần cứng của các điểm đo trong nhà, ngoài trời và gateway. Các điểm đo sử dụng nguồn trực tiếp từ điện lưới với điện áp xoay chiều 220VAC. Các cảm biến có thể gắn kết với điểm đo một cách linh hoạt qua đầu nối công nối tiếp vạn năng (Universal Serial Bus – USB). Để phù hợp với nhu cầu hoạt động ngoài trời, mạch điện phần cứng cần được thiết kế các hộp bảo vệ chống nước và bụi như thể hiện trong Hình 5b. Khác với thiết kế của các điểm đo, khối Gateway chỉ thực hiện nhiệm vụ nhận dữ liệu từ xa của các điểm đo ngoài trời thông qua chuẩn truyền LoRa và sau đó tổng hợp dữ liệu và truyền lên Server thông qua chuẩn truyền Wi-Fi. Vì thế, chức năng giao tiếp với cảm biến và điều khiển các thiết bị ngoại vi ở khối Gateway là không cần thiết. Các vòng tròn được chỉ thị màu đỏ và cam chỉ rõ vị trí đặt các bo mạch ESP-8266 và LoRa Ra-02 tương ứng trên thiết kế thực tế.



Hình 5. Hình ảnh thực tế của phần cứng
a) Khối đo lường trong nhà b) Đóng gói mô hình khối đo lường ngoài trời c) Khối Gateway là cầu nối truyền dữ liệu chuẩn LoRa từ các điểm đo lên server thông qua Wi-Fi

4.2. Giao diện chương trình

Giao diện đồ họa tương tác với người dùng có tên IoTVision để hiển thị các thông số môi trường thu thập được như minh họa trong Hình 6 được xây dựng trên nền tảng hệ điều hành Android nhằm giúp cho người sử dụng có thể giám sát hệ thống một cách linh hoạt từ xa. Như minh họa trong Hình 6, phần mềm giám sát có thể hiển thị rõ ràng các thông số cơ bản như nhiệt độ, độ ẩm, bụi mịn 2.5µm và khí CO. Người dùng có thể cài đặt các mức cấp độ khác nhau đối với từng thông số riêng biệt. Dựa trên các cấp độ đó, phần mềm sẽ tính toán và đưa ra các mức độ chất lượng không khí cho từng trường hợp đo đường.



Hình 6. Giao diện chương trình giám sát các thông số môi trường trên hệ điều hành Android

Để đánh giá độ tin cậy của hệ thống khi vận hành trong thực tế, nghiên cứu này sẽ đánh giá giá trị đo lường thu thập được và so sánh với giá trị có được từ một số thiết bị kiểm thử được thương mại hóa trên thị trường như môi trường kế FujiE AM100 đo lường các thông số nhiệt độ, độ ẩm, và lượng bụi 2,5 μ m; Thiết bị đo khí CO AS8700A. Bảng 3 thể hiện các giá trị đo lường được từ nghiên cứu này cũng như từ các thiết bị kiểm thử. Các giá trị thu thập cho thấy dữ liệu thu thập được tương ứng với các giá trị đo lường trên các sản phẩm thương mại. Ngoài ra, giá trị giới hạn các thông số theo qui chuẩn QCVN 05:2013/BTNMT [17] cũng được đưa vào Bảng 3 để làm cơ sở so sánh các kết quả thu thập với các qui chuẩn hiện hành.

Bảng 3. So sánh kết quả đo lường với các sản phẩm thương mại trên thị trường

Thông số	Giá trị thu thập được	Giá trị từ thiết bị kiểm thử	QCVN 05:2013/BTNMT [17]
Nhiệt độ (°C)	34	33	-
Độ ẩm (%RH)	62	63	-
Bụi PM 2.5 (μ g/m ³)	46	48	50
Khí CO (ppm)	17	20	30

Như vậy, hệ thống được đề xuất trong nghiên cứu này có khả năng thu thập dữ liệu môi trường trong phạm vi rộng với độ chính xác cao phù hợp với môi trường đo lường cả trong nhà và ngoài trời. Trong tương lai gần, khi một lượng lớn dữ liệu trong phạm vi rộng được thu thập sẽ là thông tin đầu vào hữu ích cho các giải thuật máy học để có thể dự đoán được diễn biến trong tương lai của chất lượng không khí. Điều này giúp con người có thể ứng phó nhanh hơn với các sự thay đổi đột ngột của môi trường sống.

5. Kết luận

Nghiên cứu này đề xuất và thực nghiệm hoàn chỉnh một hệ thống ứng dụng nền tảng IoT nhằm đo lường và giám sát từ xa chất lượng môi trường trong nhà và ngoài trời với các thông số nhiệt độ, độ ẩm, bụi mịn 2,5 μ m và nồng độ khí CO. Hệ thống được thiết kế phù hợp có tính mở rộng qui mô giám sát để có thể triển khai trong các tòa nhà và trong một phạm vi rộng ngoài trời nhờ ứng dụng nền tảng mạng cảm biến không dây Wi-Fi và LoRa tương ứng. Sự thay đổi của các thông số môi trường có thể được giám sát và điều chỉnh từ xa thông qua ứng dụng IoTVision được xây dựng trên nền tảng hệ điều hành Android. Dựa trên các thông số môi trường được đo lường, chỉ số chất lượng không khí được tính toán và đưa ra các cảnh báo đến người dùng. So sánh với các thiết bị thương mại, kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống có độ chính xác cao.

Lời cảm ơn: Đề tài được thực hiện bằng nguồn kinh phí hỗ trợ từ Chương trình Vườn ươm Sáng tạo Khoa học và Công nghệ Trẻ, được quản lý bởi Trung tâm Phát triển Khoa học và Công nghệ Trẻ - Thành Đoàn thành phố Hồ Chí Minh và Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí

Minh, theo hợp đồng số “44/2021/HĐ – KHCNT – VU” ký ngày 08 tháng 12 năm 2021.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] World Health Organization, “Ô nhiễm không khí”, [Online] Available: <https://www.who.int/vietnam/vi/health-topics/air-pollution>
- [2] K. H. Kim, E. Kabir, and S. Kabir, “A review on the human health impact of airborne particulate matter”, *Environment International*, vol. 74, 2015, pp. 136–143.
- [3] Kampa, M.; Castanas, E. “Human health effects of air pollution.” *Environ. Pollut.* 151, 2008, 362–367.
- [4] Morse, D., & Sethi, J. “Carbon Monoxide and Human Disease”, *Antioxidants & Redox Signaling*, 4(2), 2002, 331–338.
- [5] Hà Trọng Quỳnh, “Lượng giá thiệt hại sức khỏe cộng đồng do ô nhiễm không khí tại phường Tân Long, thành phố Thái Nguyên”, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*, 164(04), 2017, 207 – 213.
- [6] Grath, S. M., Flanagan, C., Zeng, L., & O’Leary, C. “IoT Personal Air Quality Monitor”, *31st Irish Signals and Systems Conference (ISSC)*, 2020.
- [7] Sherin Abraham, Xinrong Li, “A Cost-Effective Wireless Sensor Network System for Indoor Air Quality Monitoring Applications”, *Procedia Computer Science*, Volume 34, 2014, Pages 165-171.
- [8] Kumar, Prashant; etc. “Indoor air quality and energy management through real-time sensing in commercial buildings”, *Elsevier Science*, iss. 111, 2016, 145 – 153.
- [9] Yuda Irawan; etc. “Real Time System Monitoring and Analysis-Based Internet of Things (IoT) Technology in Measuring Outdoor Air Quality”, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, iss. 10, vol. 15, 2021, 224 – 240.
- [10] Adnan Adel Bitar; etc. “Real-Time Iot Air Quality Analysis Using Arduino”, *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, iss. 4, vol. 71, 2022, 600 – 610.
- [11] Liu, S., Xia, C., & Zhao, Z. “A low-power real-time air quality monitoring system using LPWAN based on LORA”, *13th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology (ICSICT)*, 2016, pp. 379-381.
- [12] Vũ Văn Thanh, Phan Trần Đăng Khoa, Huỳnh Thanh Tùng, Võ Văn Tài. “Hệ thống IoT Cho Quan trắc tự động chất lượng không Khí dựa Trên chỉ số VN_AQI”. *Tạp Chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Vol. 19, No. 7, 2021, tr 19-24.
- [13] Lavanya, P., Subbareddy, I.V. “IoT-Based Air Quality Monitoring System Using SIM900”, *Mobile Computing and Sustainable Informatics. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 126. Springer, 2022.
- [14] Ray, P.P., “A Survey on Internet of Things Architectures”, *J. King Saud Univ.-Comput. Inf. Sci.*, 30, 2018, 291–319.
- [15] Espressif Systems, ESP8266 WiFi module, [Online] Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
- [16] Augustin, A., etc. “A study of Lora: Long range & low power networks for the internet of things”, *Sensors*, 16(9), 2016, pp. 1–18.
- [17] QCVN 05:2013/BTNMT, Bộ tài nguyên môi trường, 2013, [Online] Available: <https://cdnmedia.eurofins.com/apac/media/311745/qcvn-05-kh%C3%B4ng-kh%C3%AD-xung-quanh.pdf> (truy cập 09/2022)
- [18] Sensirion SHT-31, [Online] Available: <https://www.sensirion.com/en/environmental-sensors/humidity-sensors/digital-humidity-sensors-for-various-applications/>
- [19] Marek Badura, “Evaluation of Low-Cost Sensors for Ambient PM_{2.5} Monitoring”, *Journal of Sensors*, 2018.
- [20] MiCS-5524 sensor data sheet. [Online] Available: <https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3199/MiCS-5524.pdf>