

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LORA VÀ THIẾT BỊ IOT ĐỂ THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN CHUÔNG BÁO GIỜ TỪ XA

Phạm Như Phẩm

Trường Cao đẳng Gia Lai, Việt Nam

Email: phamnhupham@gmail.com

Ngày nhận bài: 8/3/2026; ngày hoàn thành phản biện: 18/3/2026; ngày duyệt đăng: 20/3/2026

TÓM TẮT

Công nghệ LoRa (Long Range) đang được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực như thành phố thông minh, nông nghiệp thông minh, giám sát an ninh và môi trường. Công nghệ LoRa với ưu điểm mạng không dây, phạm vi phủ sóng rộng và hoạt động ổn định, rất thích hợp cho các ứng dụng điều khiển từ xa. Bài báo này, tác giả nghiên cứu ứng dụng công nghệ mạng LoRa và thiết bị IoT để thiết kế chế tạo hệ thống mạch tự động điều khiển chuông báo giờ từ xa. Hệ thống sử dụng module Wi-Fi ESP8266 NodeMCU làm bộ điều khiển trung tâm, cập nhật giờ chuẩn GMT và phát tín hiệu điều khiển không dây qua module Lora E32-433T20D. Kết quả cho thấy hệ thống mạch chạy ổn định, cập nhật giờ GMT kịp thời, quá trình truyền nhận dữ liệu điều khiển từ xa tương đối chính xác, thời gian đáp ứng nhanh, nghiên cứu có giá trị thực tiễn cao, tính khả thi khi triển khai áp dụng vào thực tế.

Từ khóa: Arduino, điều khiển tự động, ESP8266, IoT, LoRa, SX1278.

1. GIỚI THIỆU

Điều khiển từ xa bằng sóng RF là loại điều khiển không còn mới mẻ nữa, đã có rất nhiều công trình nghiên cứu như [1, 2] và kết quả được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực đời sống. Tuy nhiên các ứng dụng này chỉ điều khiển những thiết bị trong phạm vi gần, tín hiệu yếu hoặc chập chờn không ổn định khi sử dụng các điều khiển xa hơn. Hoặc các ứng dụng dùng các công nghệ truyền thông truyền thống như: Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth, ... và có phạm vi hoạt động không cao từ 10 đến 100m, chỉ phù hợp cho việc giám sát điều khiển trong một khu vực nhỏ. Nhằm đáp ứng nhu cầu mở rộng kết nối các thiết bị với số lượng lớn trên phạm vi rộng và tiêu thụ ít năng lượng, chuẩn truyền thông LoRa đã ra đời với nhiều ưu điểm vượt trội so với các công nghệ truyền thông [3].

LoRa là một chuẩn không dây mới của Semtech, được phát triển trong những năm gần đây, nó dùng cho các mạng diện rộng công suất thấp, kết nối các thiết bị bằng thông thấp, vùng phủ sóng rộng và tiết kiệm năng lượng. Từ những đặc điểm nổi trội này (Bảng 1), chúng ta LoRa rất có tiềm năng cho các ứng dụng IoT hiện nay, đặc biệt rất phù hợp cho các ứng dụng IoT tầm xa [4].

Hiện nay, các hệ thống chuông báo giờ trường học thực hiện thao tác bằng tay hoặc tự động nhưng chưa thật sự hoàn hảo, lý do chỉ sử dụng các bộ lập trình thời gian thực chạy theo hệ thống giờ riêng, sau một thời gian giờ hệ thống chuông sẽ sai lệch so với giờ chuẩn GMT (Greenwich Mean Time). Mặc khác nhiều trường đại học hoặc cao đẳng có khuôn viên trường rộng và nhiều dãy nhà học lý thuyết và xưởng thực hành khác nhau nên quá trình điều khiển chuông giữa các dãy nhà sẽ không đồng bộ nếu dùng nhiều bộ điều khiển. Giải pháp là cần có một bộ điều khiển trung tâm cập nhật theo giờ GMT và phát tín hiệu điều khiển không dây đồng bộ đến các chuông báo ở dãy nhà học lý thuyết hay các xưởng thực hành.

Xuất phát từ thực tiễn trên, tác giả tiếp tục chọn công nghệ mạng LoRa và các thiết bị IoT để thiết kế chế tạo hệ thống mạch tự động điều khiển chuông giờ từ xa. Bài báo tập trung tìm hiểu module Wi-Fi ESP8266 NodeMCU, lập trình thiết kế đồng hồ chạy cập nhật giờ chuẩn GMT qua mạng Wi-Fi, sử dụng module LoRa E32-433T20D để phát tín hiệu điều khiển không dây ra ngoài không gian. Ở phần nhận tín hiệu điều khiển, sử dụng bộ điều khiển Arduino Nano và module LoRa E32-433T20D để nhận tín hiệu không dây từ phần phát và điều khiển chuông reo theo khung giờ cài đặt.

Bảng 1. So sánh ưu điểm của mạng LoRa so với mạng Wi-Fi, Bluetooth và Zigbee [5]

Tiêu chí	Wi-Fi	Bluetooth	Zigbee	LoRa
Tốc độ dữ liệu	600 Mbps-7 Gbps	1 Mbps - 3 Mbps	20 - 250 kbps	0.3 - 50 kbps
Tiêu thụ năng lượng	Tương đối cao	Thấp đến trung bình	Rất thấp	Rất thấp
Độ nhạy nhận dữ liệu	Trung bình đến cao	Vừa	Cao	Cao
Phạm vi phủ sóng	30 – 100 m	10 – 20 m	10 – 75 m	Vài trăm mét đến vài km
Xuyên qua vật cản	Trung bình đến thấp	Trung bình đến cao	Cao	Cao
Ứng dụng	Truy cập internet, phát video trực tuyến, ứng dụng IoT, ...	Mạng cá nhân, thiết bị đeo, phát trực tuyến âm thanh, ...	Tự động hóa, đồng hồ thông minh, ứng dụng IoT, ...	IoT, thành phố thông minh, giám sát môi trường, ...

2. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Ứng dụng công nghệ mạng LoRa để truyền nhận dữ liệu, điều khiển giám sát từ xa hoặc các ứng dụng IoT đã được nhiều nhà khoa học quan tâm, nghiên cứu. Mỗi công trình nghiên cứu có cách tiếp cận khác nhau và ứng dụng trên các lĩnh vực khác nhau, nhưng kết quả nghiên cứu đều đề cập đến khoảng cách điều khiển xa, tiết kiệm năng lượng và giám sát theo dõi thông qua mạng internet. Bài nghiên cứu [6] giới thiệu một hệ thống các cảm biến thu thập dữ liệu và truyền về trung tâm thông qua mạng LoRa. Hệ thống bao gồm 3 node cảm biến, 1 trạm thu thập dữ liệu và 1 hệ thống giám sát trực tuyến. Hệ thống có nhiệm vụ truyền dữ liệu nối tiếp không dây giữa các node trong môi trường không khí nhằm mục đích truyền dữ liệu đi xa hơn.

Đối với bài nghiên cứu [7], trình bày về khả năng sử dụng công nghệ LoRa tiên tiến trong lĩnh vực điều khiển từ xa các đối tượng như robot và UAV. Dựa trên các kết quả thử nghiệm được trình bày, có thể kết luận rằng điều khiển từ xa dựa trên bộ thu phát LoRa SX1278 là phù hợp và kết ổn định với tốc độ dữ liệu chấp nhận được. Phạm vi của bộ thu phát LoRa trong trường hợp tầm nhìn thông thoáng lên đến 10km. Ở khu vực đô thị phụ thuộc vào chướng ngại vật giữa bộ phát và bộ thu, để kết nối được tốt hơn cần phải chọn vị trí tốt cho anten bộ phát. Và bài báo [8] tác giả nói về tích hợp hệ thống truyền thông LoRa và hệ thống tự động điều khiển từ xa trong nông nghiệp với vi điều khiển ESP32, Arduino Nano và STM32. LoRa được sử dụng như một giao thức truyền thông không dây tầm xa để thu thập dữ liệu từ các cảm biến, chẳng hạn như cảm biến độ ẩm đất, nhiệt độ. Vi điều khiển ESP32 hoạt động như bộ điều khiển chính, xử lý dữ liệu từ các cảm biến và gửi dữ liệu theo thời gian thực đến trung tâm điều khiển thông qua mạng LoRa.

Qua các công trình nghiên cứu trên, tác giả nhận thấy ứng dụng công nghệ mạng LoRa và thiết bị IoT ESP8266 NodeMCU để thiết kế chế tạo hệ thống mạch tự động điều khiển chuông báo từ xa là phương án hiệu quả và tối ưu nhất.

3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Công nghệ mạng LoRa

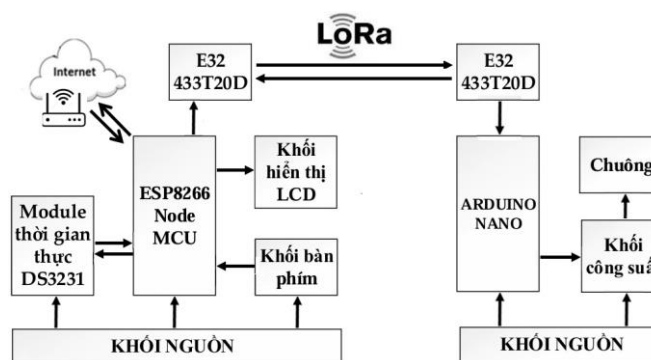
Công nghệ LoRa là một chuẩn không dây được thiết kế cho các mạng diện rộng công suất thấp LPWAN (Low Power Wide Area Network) nhằm kết nối các thiết bị với băng thông và tốc độ dữ liệu thấp (0,3 – 30kbps), đồng thời tập trung vào hiệu quả về vùng phủ sóng (hàng km mà không cần các mạch khuếch đại công suất) cũng như hiệu suất năng lượng (thời gian hoạt động bằng pin của thiết bị LoRa là 3 - 10 năm). Chuẩn LoRaWAN được phát triển bởi LoRa Alliance định nghĩa lớp điều khiển truy nhập phương tiện MAC (Medium Access Control) và LoRa làm việc ở lớp vật lý trong kiến trúc LoRaWAN. LoRa hoạt động ở dải tần số vô tuyến Sub-GHz (nhỏ hơn 1GHz) miễn

phí, bao gồm 433MHz, 868MHz (châu Âu), 915MHz (Australia và khu vực Bắc Mỹ), 865 – 867MHz (Ấn Độ) và 923MHz (khu vực châu Á). Tại Việt Nam, Bộ Thông tin và Truyền thông quy định LoRa hoạt động ở tần số 433MHz hoặc ở dải tần số 920 - 923MHz [9].

3.2. Sơ đồ khối tổng thể hệ thống điều khiển tự động từ xa

Sơ đồ khối nguyên lý hoạt động của hệ thống mạch có 2 phần (hình 1), đó là phần phát dữ liệu tín hiệu và phần thu dữ liệu để điều khiển chuông, mỗi phần có các chức năng hoạt động chính như sau:

Phần phát dữ liệu tín hiệu: Module ESP8266 NodeMCU là bộ xử lý trung tâm, điều khiển mọi quá trình hoạt động của khối mạch phát. Module tự động kết nối mạng internet qua Wi-Fi để cập nhật giờ hệ thống GMT, hiển thị chức năng đồng hồ gồm: giờ phút giây, thứ ngày tháng năm lên màn hình LCD 2004.



Hình 1. Sơ đồ khối nguyên lý hoạt động của hệ thống.

ESP8266 đã được lập trình lưu 40 mốc thời gian để điều khiển đóng ngắt chuông, khi đúng điều kiện ESP8266 gửi lệnh, bằng cách truyền dữ liệu nối tiếp cho module LoRa E32-433T20D để phát dữ liệu điều khiển không dây ra ngoài không gian. Module thời gian thực DS3231 giao tiếp với ESP8266 theo chuẩn giao tiếp I2C, nhằm mục đích gửi dữ liệu thời gian qua ESP8266 khi cần truy cập. Chức năng này được sử dụng khi ESP8266 mất kết nối internet, không thể lấy thời gian từ hệ thống GMT thì chương trình lập tức truy cập thời gian của DS3231 để tiếp tục duy trì chức năng đồng hồ, cho đến khi ESP8266 kết nối internet trở lại. Khối bàn phím làm nhiệm vụ nhập (input) các thông tin cài đặt các mốc thời gian hoặc chọn các chế độ thực hiện của chương trình. Module E32-433T20D kết nối, giao tiếp với ESP8266 thông qua chuẩn giao tiếp UART, làm nhiệm vụ nhận dữ liệu và phát không dây ra ngoài không gian.

Phần thu dữ liệu tín hiệu: Mạch điều khiển trung tâm là Arduino Nano, nhận tín hiệu điều khiển từ module E32-433T20D thông qua cổng nối tiếp, xử lý dữ liệu theo chương trình đã nạp, gửi tín hiệu điều khiển chuông thông qua khối công suất. Module E32-433T20D kết nối, giao tiếp với Arduino Nano thông qua hai chân RX, TX, thực hiện chức năng nhận dữ liệu không dây từ môi trường không gian, gửi xuống Arduino Nano. Khối công suất làm nhiệm vụ cấp nguồn điện xoay chiều 220V đến chuông khi được nhận tín hiệu điều khiển từ Arduino Nano.

3.3. Các linh kiện chính thiết kế

3.3.1. Module thu phát LoRa E32-433T20D

E32-433T20D là module cổng nối tiếp không dây dựa trên chip tần số vô tuyến SX1278 của Semtech (hình 2), truyền dẫn trong suốt, hoạt động trong băng tần số 410-441 MHz (mặc định 433MHz). SX1278 hỗ trợ công nghệ trải phổ trực tiếp LoRa, ưu điểm là khoảng cách truyền thông xa hơn, khả năng chống nhiễu mạnh mẽ và bảo mật cao. SX1278 là một mốc quan trọng trong lĩnh vực truyền thông tốc độ thấp, tốc độ truyền tải mặc định này là 2.4kbps, công suất truyền tải là 20dBm, sử dụng bộ dao động tinh thể công nghiệp ổn định, nhất quán, với độ chính xác dưới 10ppm. Module được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp, IoT và các lĩnh vực khác. Module có chức năng nén và mã hóa dữ liệu trước khi truyền ngẫu nhiên ra môi trường không khí, việc thu phát dữ liệu đều tuân theo các thuật toán mã hóa giải mã nghiêm ngặt nên mức độ bảo mật thông tin rất cao [10, 11].

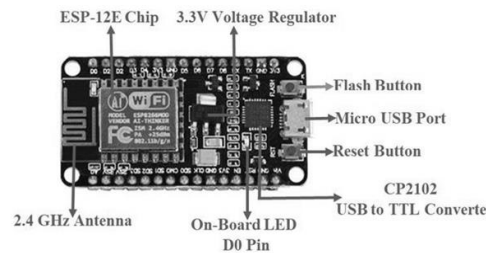


Hình 2. Module thu phát LoRa E32-433T20D [11].

3.3.2. Module Wi-Fi ESP8266 NodeMCU

NodeMCU là một bộ vi điều khiển hiện đại được tạo ra bởi Arduino Enterprises (hình 3). Bộ vi điều khiển hoạt động như Arduino, sử dụng trình biên dịch Arduino IDE để biên dịch và nạp code [12].

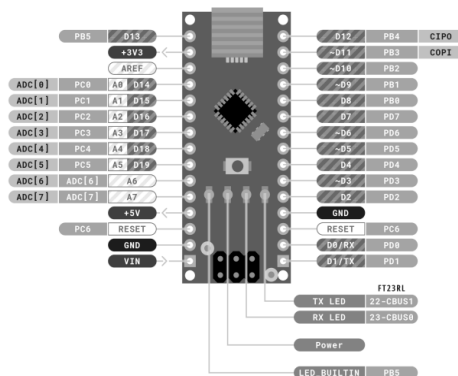
NodeMCU là một bo mạch phát triển và firmware mã nguồn mở dựa trên Lua, được thiết kế đặc biệt cho các ứng dụng IoT. Nó bao gồm firmware chạy trên SoC Wi-Fi ESP8266 của Espressif Systems và phần cứng dựa trên module ESP-12 chứa chip ESP8266 với bộ vi xử lý Tensilica Xtensa 32bit LX106 RISC. Bộ vi xử lý này hỗ trợ RTOS và hoạt động ở tần số xung nhịp có thể điều chỉnh từ 80MHz đến 160MHz. NodeMCU có RAM 128KB và bộ nhớ không mất dữ liệu 4MB để lưu trữ dữ liệu và chương trình. Công suất xử lý cao với Wi-Fi tích hợp và tính năng vận hành Deep Sleep khiến nó trở nên lý tưởng cho các dự án IoT. NodeMCU thường được cấp nguồn bằng giắc cắm Micro USB, chân VIN (chân nguồn ngoài) và hỗ trợ giao diện UART, SPI và I2C [13].



Hình 3. Module ESP8266 Node MCU [13].

3.3.3. Module Arduino Nano

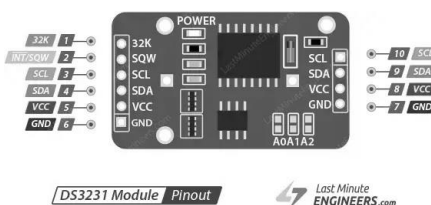
Arduino Nano (hình 4) là một bo mạch phát triển thông minh được thiết kế để xây dựng các mẫu nhanh hơn với kích thước nhỏ nhất. Arduino Nano cung cấp đủ giao diện cho các ứng dụng thân thiện với các ứng dụng cá nhân. Bộ xử lý chính trong bo mạch Nano là vi điều khiển ATmega328 8-bit hiệu suất cao và công suất thấp, chạy ở tần số xung nhịp 16MHz. Khả năng giao tiếp với các thiết bị bên ngoài thông qua giao tiếp nối tiếp, được hỗ trợ bởi chip với UART TTL (5V), I2C (TWI) và SPI [14].



Hình 4. Module Arduino nano [14].

3.3.4. Module thời gian thực DS3231

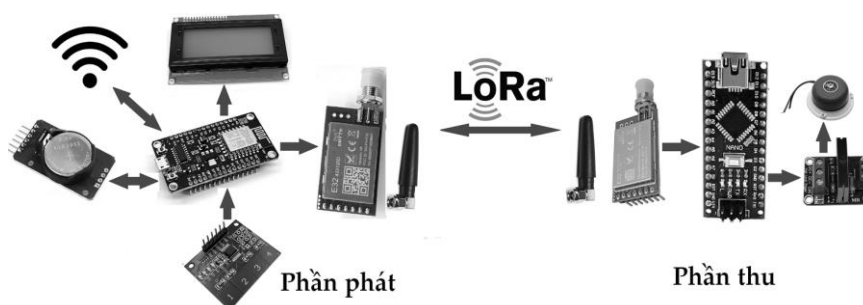
DS3231 là một RTC nối tiếp (hình 5) được điều khiển bởi bộ dao động tinh thể 32kHz được bù nhiệt độ. TCXO cung cấp một đồng hồ tham chiếu ổn định và chính xác, duy trì độ chính xác của RTC trong phạm vi mỗi năm ± 2 phút với nhiệt độ từ -40°C đến $+85^{\circ}\text{C}$. Ngõ ra tần số TCXO có sẵn ở chân 32kHz. RTC là một đồng hồ công suất thấp, cung cấp thông tin về giây, phút, giờ, ngày, tháng và năm. Các thanh ghi bên trong có thể truy cập thông qua giao diện bus I2C. Ngoài ra module DS3231 bổ sung chip AT24C32 EEPROM không bay hơi với dung lượng 32K (4096×8) nhằm mục đích để lưu trữ dữ liệu khi cần thiết và giao tiếp cùng bus I2C với DS3231 Arduino [15, 16].



Hình 5. Module thời gian thực DS3231 [16].

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Sơ đồ kết nối phần cứng



Hình 6. Sơ đồ kết nối các module phần cứng của hệ thống.

Phần cứng được sử dụng trong nghiên cứu này gồm các module như hình 6. Ở phần phát, module ESP8266 NodeMCU là bộ phận trung tâm, kết nối và điều khiển mọi quá trình hoạt động của các module còn lại. Ở phần thu, Arduino Nano là đơn vị xử lý trung tâm, nhận tín hiệu, điều khiển thiết bị. Chức năng hoạt động và chuẩn giao tiếp các chân kết nối của ESP8266 và Arduino Nano được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Bảng mô tả các chân kết nối của ESP8266 NodeMCU và Arduino Nano

Module điều khiển	Chân kết nối	Chuẩn giao tiếp	Module được kết nối	Chức năng
ESP8266 NodeMCU	TX, RX	UART	LoRa E32-433T20D	Truyền dữ liệu
ESP8266 NodeMCU	D1, D2	I2C	Module DS3231 RTC	Truyền/nhận dữ liệu
ESP8266 NodeMCU	D1, D2	I2C	AT24C32 EEPROM	Truyền/nhận dữ liệu
ESP8266 NodeMCU	D1, D2	I2C	Màn hình LCD 2004	Truyền dữ liệu
ESP8266 NodeMCU	D5, D6, D7, D8	GPIO	Module bàn phím	Nhận tín hiệu
Arduino Nano	D2, D3	UART	LoRa E32-433T20D	Nhận dữ liệu
Arduino Nano	D5	GPIO	Module relay bán dẫn	Gửi tín hiệu

4.2. Thiết kế phần mềm

4.2.1. Cấu hình module LoRa E32-433T20D

Module E32-433T20D có 4 chế độ (mode) làm việc theo [12, 13], được cài đặt thông qua việc nối hai chân M0, M1 lên mức cao hay xuống mức thấp. Trong nghiên cứu này tác giả sử dụng chế độ 0 (nối chân M0, M1 xuống mức thấp), thiết lập E32-433T20D hoạt động chế độ giao tiếp UART và truyền nhận dữ liệu không dây.

Để thực hiện việc truyền nhận dữ liệu không dây giữa các module E32-433T20D, tác giả cần phải thiết lập các tham số cấu hình cho E32-433T20D. Theo tài liệu [12, 13] của nhà sản xuất Chengdu Ebyte Electronic, có 6 tham số cần phải thiết lập (bảng 3) và sử dụng phần mềm RF_setting để nạp các tham số cấu hình trên.

Bảng 3. Bảng mô tả các tham số cấu hình cho module E32-433T20D

Tham số	Giá trị cài đặt	Ý nghĩa các giá trị cài đặt
HEAD	0xC0	C0: Lưu cấu hình khi mất nguồn
ADDH	00H	00H
ADDL	00H	00H
SPED	0x1AH	- UART parity = 8N1
		- UART baudrate = 9600
CHAN	17H	- Air data rate = 2.4Kbps
		- Kênh 23, Tần số truyền 433 (MHz)
OPION	0x44H	- Bit (mode) = '0'
		- Bit (I/O) = '1'
		- Bit (wake-up) = '000'
		- Bit (FEC) = '1'
		- Bit (power) = '00'

4.2.2. Cấu hình module ESP8266 NodeMCU kết nối Wi-Fi

ESP8266 kết nối internet, dùng NTP (Network Time Protocol) để lấy giờ chuẩn GMT, do đó tác giả sử dụng hai thư viện NTPClient và WiFiUdp để thực hiện lấy giờ và cho phép gửi nhận dữ liệu UDP (User Datagram Protocol) qua Wi-Fi. Sử dụng thư viện WiFiManager để cấu hình ESP8266 là một trạm (Station). ESP8266 có thể tự động kết nối lại mạng Wi-Fi (đã từng kết nối trước đó) khi khởi động lại module. Khi khởi động, nếu không kết nối được Wi-Fi, thì ESP8266 tự động phát Wi-Fi AP (Access Point) riêng (có tên là ESP_F60B3C) để cấu hình kết nối lại. Việc thiết lập cấu hình lại, người dùng truy cập vào Wi-Fi AP của ESP8266 phát ra, vào địa chỉ web Server nội bộ 192.168.4.1, thiết lập lại tên và mật khẩu Wi-Fi của mạng mới cần kết nối.

4.2.3. Lưu đồ thuật toán chương trình

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng ngôn ngữ lập trình C, phần mềm Arduino IDE (Integrated Development Environment) để soạn thảo, biên dịch và nạp chương trình cho module ESP8266 NodeMCU và Arduino Nano. Các chương trình điều khiển, cấu trúc giải thuật được viết theo lưu đồ hình 7, hình 8.

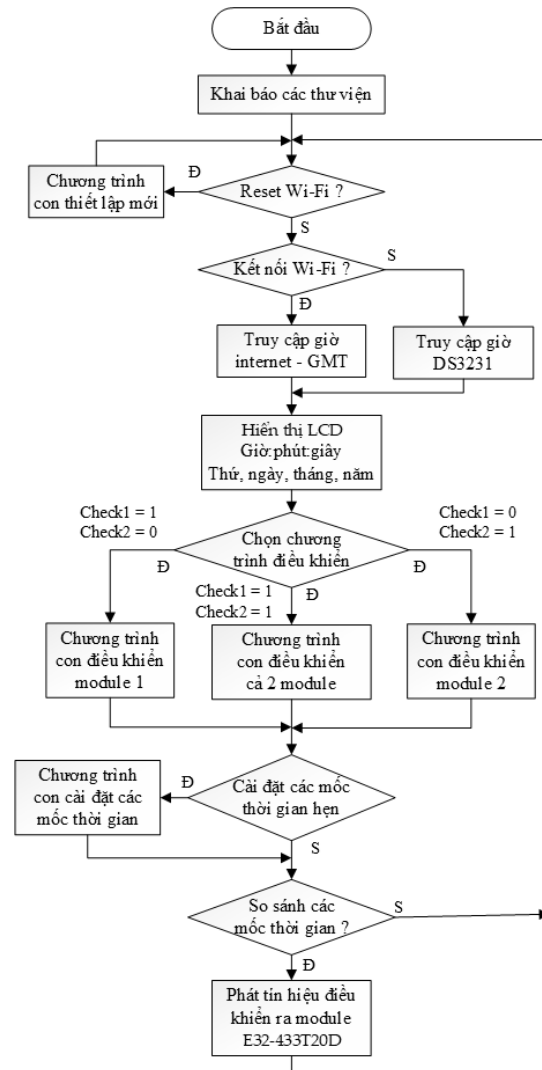
4.2.3.1. Lưu đồ thuật toán chương trình cho module ESP8266 NodeMCU

Lưu đồ (hình 7) thực hiện nhiệm vụ cập nhật giờ GMT hoặc giờ từ DS3231, so sánh với các mốc giờ đã cài đặt và phát tín hiệu điều khiển không dây qua thiết bị LoRa module E32-433T20D. Chương trình gồm các bước thực hiện chính như sau:

- Kiểm tra kết nối Wi-Fi: Khi khởi động phần cứng, chương trình sẽ kiểm tra tình trạng kết nối Wi-Fi, nếu Wi-Fi được kết nối, chương trình sẽ cập nhật lấy giờ GMT trên internet để duy trì đồng hồ của mạch. Ngược lại nếu không kết nối được Wi-Fi, chương trình sẽ lấy giờ của module thời gian thực DS3231 để duy trì hệ thống giờ. Để thực hiện việc kết nối Wi-Fi mới cho ESP8266, người dùng sử dụng nút nhấn trên phần cứng, rồi thiết lập lại các thông số của mạng Wi-Fi mới. Quá trình kết nối thành công, đèn báo tín hiệu bật sáng và chương trình tiếp tục chạy theo quy trình.

- Hiển thị dữ liệu lên LCD: Lấy dữ liệu thứ ngày tháng năm, giờ phút giây từ mạng internet hoặc DS3231 hiển thị lên LCD.

- Chọn module điều khiển: Trong bài báo này, tác giả chế tạo 2 module để điều khiển chuông, đó là chuông dây nhà học lý thuyết và chuông xường học thực hành (Vì học lý thuyết và thực hành có thời gian ra vào lớp khác nhau nên chuông báo cũng khác nhau)



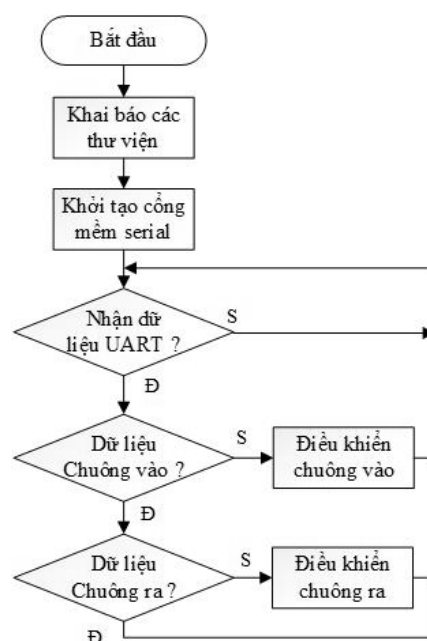
Hình 7. Lưu đồ thuật toán chương trình điều khiển của ESP8266 Node MCU.

- Cài đặt các mốc thời gian hẹn: Các mốc thời gian hẹn được tác giả lập trình cho nhập trên các nút bàn phím và trong nghiên cứu này có tất cả tối đa 40 mốc. Mốc thời gian gồm giờ phút vào lớp và giờ phút ra chơi, người dùng có thể tùy chọn nhập các mốc thời gian phù hợp với ý đồ điều khiển. Sau khi nhập xong chương trình sẽ lưu vào các mốc thời gian này vào EEPROM của AT24C32 và không bị mất dữ liệu khi mất điện. Khi bắt đầu chạy chương trình chính, chương trình sẽ đọc tất cả 40 mốc thời gian này từ EEPROM của AT24C32 lưu vào ô nhớ để phục vụ các bước tiếp theo của quy trình.

- Phát dữ liệu tín hiệu điều khiển ra mạng LoRa: Khi thực hiện, chương trình luôn so sánh thời gian hiện tại với 40 mốc thời gian đã lưu. Nếu so sánh đúng thì chương trình đưa tín hiệu dữ liệu điều khiển ra module LoRa E32-433T20D để phát ra ngoài không gian dưới dạng sóng điện từ.

4.2.3.2. Lưu đồ thuật toán chương trình cho Arduino Nano

Lưu đồ hình 8, Arduino Nano làm nhiệm vụ giám sát cổng serial, nếu có dữ liệu truyền vào bộ đệm cổng serial thì chương trình lập tức xử lý, so sánh dữ liệu đó với mã tín hiệu điều khiển quy định, ngược lại nếu không thì chương trình quay lại tiếp tục giám sát cổng serial. Khi nhận dữ liệu tín hiệu điều khiển chương trình tiếp tục so sánh phân loại tín hiệu điều khiển vào lớp hay ra chơi để thực hiện điều khiển chuông reo đúng quy định.

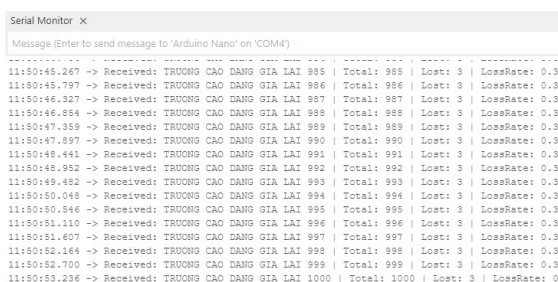


Hình 8. Lưu đồ thuật toán chương trình điều khiển của Arduino Nano.

4.3. Thử nghiệm và bình luận kết quả

4.3.1. Thử nghiệm quá trình truyền nhận dữ liệu không dây

Nhóm tác giả tiến hành gửi nhận dữ liệu không dây giữa hai module LoRa E32-433T20D, và sử dụng phần mềm Arduino IDE để quan sát quá trình gửi nhận các gói tin. Gói tin được thử nghiệm là một chuỗi ký tự có độ dài từ 25 byte đến 28 byte và được thực hiện 1000 lần gửi nhận cho một lần đo (hình 9). Thực hiện 6 lần đo với môi trường không khí ít vật cản (một tòa nhà), anten đặt trên tầng cao, kết quả đo thể hiện ở bảng 4.



Hình 9. Quá trình nhận các gói dữ liệu.

Chuyển vị trí đặt anten xuống tầng dưới, thực hiện 4 lần đo với môi trường không khí nhiều vật cản (nhiều dãy nhà), kết quả đo thể hiện ở bảng 5

Bảng 4. Kết quả nhận dữ liệu đối với môi trường ít vật cản

Khoảng cách	Số gói gửi	Số gói nhận	Số gói mất	Tỉ lệ mất gói
150 m	1000	998	3	0.3 %
200 m	1000	996	7	0.7 %
250 m	1000	995	9	0.9 %
300 m	1000	993	10	1.0 %
350 m	1000	989	15	1.5 %
400 m	1000	987	18	1.8 %

Bảng 5. Kết quả nhận dữ liệu đối với môi trường nhiều vật cản

Khoảng cách	Số gói gửi	Số gói nhận	Số gói mất	Tỉ lệ mất gói
100 m	1000	648	192	19.2 %
150 m	1000	616	244	24.4 %
200 m	1000	510	294	29.0 %
250 m	1000	474	386	38.6 %

Qua kết quả (bảng 4, 5) trên, cho thấy tín hiệu vẫn bị yếu đi một phần khi truyền qua môi trường có vật cản. Khi môi trường có nhiều vật cản thì dữ liệu bị mất trên đường truyền khá nhiều, gây nên chất lượng đường truyền không ổn định. Tuy nhiên nếu tỉ lệ mất gói tin trên đường truyền dưới 5% thì quá trình giao tiếp vẫn chấp nhận được, đáp ứng được các bài toán điều khiển đóng mở từ xa mà không cần phải đáp ứng chính xác về thời gian như trong nghiên cứu này.

4.3.2. Thực nghiệm trên sản phẩm thiết kế hoàn thiện

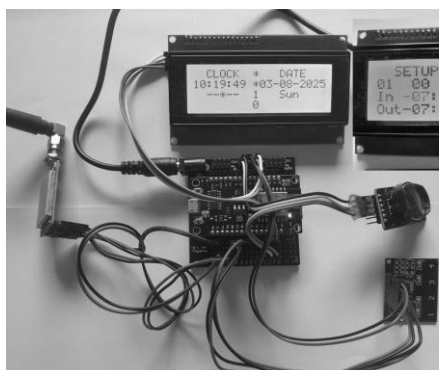
Sản phẩm hoàn thiện như hình 10, cấp nguồn nuôi ổn định 9VDC 1A cho hệ thống phát và thu. Tiến hành thao tác từ bàn phím như: Nhập các mốc thời gian hẹn giờ điều khiển (hình 11), chọn module điều khiển (module điều khiển chuông ở dãy nhà học lý thuyết hoặc chuông ở xưởng học thực hành hoặc cả hai



Hình 10. Sản phẩm thiết kế hoàn thiện.

moduel trên), sau đó thoát khỏi màn hình hẹn giờ về lại màn hình chính, chạy vận hành hệ thống tác giả nhận thấy:

- Mạch chạy ổn định như ý tưởng ban đầu thiết kế, không có lỗi về phần cứng cũng như phần mềm. Quá trình truyền nhận dữ liệu của hai module LoRa E32-433T20D trong môi trường không khí đảm bảo tốt, thông suốt, suy hao không đáng kể hoặc không bị mất nhiều dữ liệu trên đường truyền và khoảng cách truyền nhận tốt nhất khoảng 300m trở lại trong điều kiện môi trường có ít vật cản. Tuy nhiên nếu khoảng cách truyền xa hơn và môi trường có rất nhiều vật cản thì khả năng truyền nhận sẽ giảm xuống do hệ thống mất nhiều năng lượng. Để tăng khả năng truyền nhận của module LoRa E32-433T20D, chúng ta cần phải cải thiện, tối ưu phần cứng và cũng như phần mềm như: Nguồn điện đảm bảo ổn định, dùng anten ngoài có hệ số khuếch đại cao, cấu hình tối ưu một số tham số của module LoRa E32-433T20D.



Hình 11. Màn hình hiển thị LCD.

- ESP8266 kết nối mạng Wi-Fi ổn định không bị chập chờn gián đoạn, cập nhật giờ chuẩn GMT kịp thời, chính xác nên thời gian đồng hồ trên hệ thống mạch gần như giống hoàn toàn đồng hồ máy tính hoặc điện thoại. Trường hợp mạch mất kết nối internet, chương trình tự động chuyển sang truy cập thời gian của module thời gian thực DS3231 để vận hành tạm thời hệ thống. Trước khi truy cập giờ của DS3231, chương trình tự động lấy giờ của GMT tại thời điểm mất kết nối để thiết lập lại đồng hồ DS3231, nên sai số của đồng hồ DS3231 nhỏ nhất đảm bảo tin cậy cho hệ thống.

5. KẾT LUẬN

Bài báo này, tác giả nghiên cứu ứng dụng công nghệ mạng LoRa và thiết bị IoT, đã thiết kế chế tạo thành công hệ thống mạch tự động điều khiển chuông báo giờ từ xa. Sử dụng module Wi-Fi ESP8266 NodeMCU làm bộ điều khiển trung tâm, kết nối mạng internet thông qua hai thư viện NTPClient, WiFiUdp và dùng NTP để lấy giờ chuẩn GMT. Module LoRa E32-433T20D hoạt động ở chế độ giao tiếp UART, truyền nhận dữ liệu không dây và được cấu hình với các thông số tối ưu nên quá trình truyền dẫn rất tốt, khoảng cách lên tới 300m trong môi trường có ít vật cản. Do đó hệ thống truyền nhận dữ liệu điều khiển chuông reo tương đối chính xác, thời gian trùng khớp với thời gian trên máy tính hoặc điện thoại.

Hệ thống có phần cứng đơn giản gọn nhẹ, tiết kiệm chi phí lắp đặt, nên có tính ứng dụng rất cao, có thể thay thế các hệ thống chuông báo giờ cũ chạy theo module thời

gian thực riêng. Sản phẩm cũng có thể làm mô hình, tài liệu giảng dạy cho học sinh sinh viên chuyên ngành điều khiển tự động ở các trường cao đẳng đại học.

Tuy nhiên sản phẩm của chúng tôi vẫn còn một số lỗi nhỏ, như mất gói tin trên đường truyền khi có vật cản hoặc thỉnh thoảng mất kết nối do nguồn điện không ổn định hoặc có thể nhiễu sóng điện từ làm yếu tín hiệu LoRa. Do đó cần phải tối ưu hóa phần cứng cũng như phần mềm để tăng khả năng thu nhận tín hiệu tốt hơn khi triển khai trong thực tế như sau:

- Về phần cứng, cần anten ngoài có chất lượng cao, có độ lợi khuếch đại từ 5 dBi (decibel isotropic) trở lên hoặc nếu môi trường phức tạp có thể dùng anten định hướng có độ lợi từ 10 – 15 dBi; nguồn điện cung cấp phải đảm bảo đủ dòng và điện áp ổn định cho cả hệ thống; có vỏ bọc bên ngoài vừa chống nhiễu vừa bảo vệ an toàn thiết bị.

- Phần mềm, cần cấu hình tối ưu cho một số tham số, như giảm tham số Air data rate xuống trong khoảng từ 0.3k đến 1.2k, kích hoạt FEC và chọn các kênh ít nhiễu, gần tần số 433MHz.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đặng Ngọc Trung (2018), Phương pháp cải tiến panel điều khiển đóng cắt từ xa đa thiết bị điện trong nhà thông minh ứng dụng sóng RF và WiFi, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*, 185(09), 21-25. <https://jst.tnu.edu.vn/jst/article/view/248>
- [2]. Luh Kadek Pracanthi Dyah Sekartaji et al (2019), Remote Control Switching System Based on Wireless Technology, *Journal of Electrical, Electronics and Informatics*, Vol. 3 No. 2, August 2019, 52-57. <https://doi.org/10.24843/JEEI.2019.v03.i02.p05>
- [3]. Nguyễn Văn Đưa và nhóm tác giả (2019), Công nghệ LoRa và ứng dụng trong nông nghiệp công nghệ cao, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*, 50(2019), 27-31. <https://jst-hauai.vn/medial/29/ufiile-upload-no-title29282.pdf>
- [4]. Muhammad Shamaas (2022), Introduction to LoRa Technology, <https://www.researchgate.net/publication/360872918>
- [5]. Tamali Abderrahmane, Amardjia Nourredine, Tamali Mohammed (2024), Experimental analysis for comparison of wireless transmission technologies: Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee and LoRa for mobile multi-robot in hostile sites, *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 14 (3), 2024, 2753-2761. <http://doi.org/10.11591/ijece.v14i3.pp2753-2761>
- [6]. Nguyễn Văn Điều và nhóm tác giả (2022), Ứng dụng công nghệ LoRa truyền nhận tín hiệu đi xa, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 20(8), 1054-1065. <https://vie.vjas.vn/index.php/vjasvn/article/view/1033>
- [7]. Enes Saletović, Nevzudin Buzadžija, Đulaga Hadžić (2023), Long-Range remote control based on LoRa tran sceivers, *sciendo (Review scientific paper)*, 17(2) 2023, 42-48. <https://doi.org/10.2478/bhee-2023-0011>

- [8]. Yani Prabowo et al (2025), introduction of LoRa communication system and remote control system in agricultural automation with internet of things, *Journal of Computer Science Advancements*, 3(2).2025, 100-111. <https://doi.org/10.70177/jzca.v3i2.2230>
- [9]. Ngô Văn Tâm và nhóm tác giả (2021). Hệ thống giám sát cà cảnh báo sức khỏe từ xa thời gian thực và ứng dụng IoT, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, 19(4.1), 36-41. <https://jst-ud.vn/jst-ud/article/view/7424>
- [10]. Ebyte (2012-2019), E32-433T20D User Manual, *Chengdu Ebyte Electronic Technology Co.,Ltd.* https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/e32-433t20dt_usermanual_en_v1_6.pdf?srsId=AfmBOook7b5wcFWl0hpkYGC3wrG5k0E4v_5TQoOl5ldE3XIKjr_6THQ6
- [11]. Ebyte (2012-2017), E32 Serial User Manual, *Chengdu Ebyte Electronic Technology Co.,Ltd.* https://www.makerhero.com/img/files/download/E32_User+Manual_EN_v1.00.pdf
- [12]. Sarmad Nozad Mahmood, Sameer Alani, Forat Falih Hasan, Mohammed Sulaiman Mustafa (2020), ESP8266 Node MCU Based Weather Monitoring System. <http://dx.doi.org/10.4108/eai.28-6-2020.2298609>
- [13]. Ritesh Kumar Virani (2021), Home Automation Using Node MCU, SATHYABAMA institute of Science and Technology. https://sist.sathyabama.ac.in/sist_naac/documents/1.3.4/b.e-etce-batchno-10.pdf
- [14]. Arduino® Nano (2025), User Manual SKU: A000005, datasheet. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf>
- [15]. DS3231 (2015), Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal, Maxim Integrated. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds3231.pdf>
- [16]. Arduinokit, <https://arduinokit.vn/huong-dan-su-dung-module-thoi-gian-thuc-rtc-ds3231-voi-arduino/>, (truy cập ngày 10/7/2025).

APPLYING LORA TECHNOLOGY AND IOT DEVICES TO DESIGN AND MANUFACTURE A REMOTE ALARM BELL CONTROL CIRCUIT SYSTEM

Pham Nhu Pham

Gia Lai College, Vietnam

Email: phamnhupham@gmail.com

ABSTRACT

LoRa technology is being widely applied in fields such as smart cities, smart agriculture, security and environmental monitoring. LoRa technology with wireless network advantages, wide coverage and stable operation, is very suitable for remote control applications. In this article, the author studies the application of LoRa network technology and IoT devices to design and manufacture an automatic circuit system to remotely control an alarm bell. The system uses an ESP8266 NodeMCU Wi-Fi module as the central controller, updates the GMT standard time and transmits wireless control signals via the LoRa E32-433T20D module. The results show that the circuit system runs stably, updates the GMT promptly, the remote control data transmission and reception process is relatively accurate, the response time is fast, the research has high practical value, and is feasible when deployed and applied in practice.

Keywords: Arduino, automatic control, ESP8266, IoT, LoRa, SX1278.