

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG**



**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH ĐIỆN TỬ - TRUYỀN THÔNG**

Sinh viên : Nguyễn Thành Tuyên

Giảng viên hướng dẫn: TS. Đoàn Hữu Chức

Hải Phòng -2024

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG**



ĐỀ TÀI : XÂY DỰNG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỬ - TRUYỀN THÔNG**

Sinh viên thực hiện : Nguyễn Thành Tuyên

Giảng viên hướng dẫn: TS. Đoàn Hữu Chức

Hải Phòng - 2024

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Thành Tuyên - **MSV** : 2213103003

Lớp : DTL 2601

Ngành : Điện tử - Truyền thông

Tên đề tài : Xây dựng mạng cảm biến không dây

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp (về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để tính toán.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.

.....

.....

.....

.....

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên : Đoàn Hữu Chức

Học hàm, học vị : Tiến sĩ

Cơ quan công tác : Trường Đại học Thủy lợi

Nội dung hướng dẫn:

.....
.....
.....
.....

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày ... tháng ... năm 2024

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày ... tháng ... năm 2024

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

Giảng viên hướng dẫn

Nguyễn Thành Tuyên

Đoàn Hữu Chức

Hải Phòng, ngày tháng năm 2024

TRƯỞNG KHOA

Cộng Hòa Xã Hội Chủ Nghĩa Việt Nam
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên : Đoàn Hữu Chúc
Đơn vị công tác : Trường Đại học Thủy lợi
Họ và tên sinh viên : Nguyễn Thành Tuyên
Chuyên ngành : Điện tử - Truyền thông
Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp

.....

.....

.....

.....

2. Đánh giá chất lượng của đề án/khóa luận (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...)

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm hướng dẫn ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2024

Giảng viên hướng dẫn

(ký và ghi rõ họ tên)

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN CHẤM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên

Đơn vị công tác:.....

Họ và tên sinh viên: Chuyên ngành:.....

Đề tài tốt nghiệp:

1. Phần nhận xét của giảng viên chấm phản biện

.....
.....
.....
.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....
.....
.....
.....

3. Ý kiến của giảng viên chấm phản biện

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm phản biện ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2024

Giảng viên chấm phản biện
(ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

	Nội dung	Trang
Lời nói đầu		1
CHƯƠNG 1. Giới thiệu chung		2

1.1. Khái niệm IoT	2
1.2. Một số nguyên tắc về một hệ thống IoT chuẩn quốc tế	2
1.3. Truyền thông LORA	4
1.3.1 Khái niệm	4
1.3.2 Nguyên lý hoạt động	9
1.3.3 Các thông số cơ bản	12
1.4. Mạng không dây 2.4GHz trên dòng module nRF24	14
1.5. Sơ lược về chuẩn giao tiếp I2C	19
1.6. ARDUINO UNO R3	21
1.7. Màn hình OLED 0,91 INCH SSD13.6	24
Chương 2. Xây dựng mạng cảm biến không dây dùng NRF24L01	26
2.1. Thiết kế các thành phần của hệ thống	26
2.2. Cảm biến MQ135	28
2.3. Cảm biến DHT11	29
2.4. Viết chương trình cho hệ thống	31
Kết luận	38
Tài liệu tham khảo	39

LỜI MỞ ĐẦU

Các hệ thống mạng cảm biến không dây ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong đời sống. Một hệ thống không dây có thể sử dụng nhiều phương pháp kết nối khác nhau. Với mục đích tìm hiểu nguyên lý hoạt động và xây dựng thử nghiệm một hệ thống cảm biến không dây em đã lựa chọn đề tài “Xây dựng mạng cảm biến không dây” làm đồ án tốt nghiệp của mình.

Sau thời gian làm đồ án, em đã thực hiện xong các nội dung chính gồm:

- Nghiên cứu tổng quan về mạng cảm biến không dây;
- Nghiên cứu các chuẩn truyền thông Lora và NRF24L01 dùng trong mạng cảm biến không dây;
- Thiết kế và xây dựng được phần cứng mạng cảm biến không dây dùng NRF24L01;
- Viết các chương trình cho các thành phần của hệ thống

Trong quá trình làm đồ án do thời gian có hạn và kiến thức còn hạn chế nên đồ án còn nhiều vấn đề cần tiếp tục phải giải quyết vì vậy rất mong các thầy và các bạn góp ý để đồ án của em hoàn thiện hơn.

Qua đây em xin trân trọng gửi lời cảm ơn tới các thầy trong Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải phòng, đặc biệt là TS Đoàn Hữu Chức đã giảng dạy và hướng dẫn em suốt những thời gian em học tập tại trường.

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Thành Tuyên

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. Khái niệm IoT

Thuật ngữ IoT hay **Internet vạn vật** đề cập đến mạng lưới tập hợp các thiết bị thông minh và công nghệ tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động giao tiếp giữa thiết bị và đám mây cũng như giữa các thiết bị với nhau. Nhờ sự ra đời của chip máy tính giá rẻ và công nghệ viễn thông băng thông cao, ngày nay, chúng ta có hàng tỷ thiết bị được kết nối với internet. Điều này nghĩa là các thiết bị hàng ngày như bàn chải đánh răng, máy hút bụi, ô tô và máy móc có thể sử dụng cảm biến để thu thập dữ liệu và phản hồi lại người dùng một cách thông minh.

Ứng dụng IoT là một tập hợp các **dịch vụ và phần mềm** có chức năng tích hợp dữ liệu nhận được từ các thiết bị IoT khác nhau. Ứng dụng này sử dụng công nghệ máy học hoặc trí tuệ nhân tạo (AI) để **phân tích dữ liệu và đưa ra các quyết định sáng suốt**. Những quyết định này được truyền trở lại thiết bị IoT và sau đó, thiết bị IoT đó sẽ phản hồi lại dữ liệu đầu vào một cách thông minh.



Hình 1.1 Mô hình IoT

1.2. Một số nguyên tắc về một hệ thống IoT chuẩn quốc tế:

Nguyên tắc 1 – Thiết kế “Thống nhất & Tối ưu”: Việc thiết kế một hệ thống IoT thành công cần tạo thành 1 hệ thống IoT thống nhất, hoàn chỉnh với kích thước và layout tối ưu, giúp việc sản xuất, lắp đặt và kết nối dễ dàng nhất có thể.

Nguyên tắc 2 – Đảm bảo “Kết nối”: Kiểm tra chức năng kết nối không dây để đảm bảo công suất thu phát không dây đáp ứng ổn định, không bị mất kết nối, mất dữ liệu khi giao tiếp giữa các thiết bị IoT (over the air functional test).

Nguyên tắc 3 – Tối ưu “Năng lượng”: Hệ thống IoT đạt tiêu chuẩn về năng lượng cần đảm bảo các yếu tố sau:

- Năng lượng tiêu thụ phải thấp nhất
- Cân bằng các yếu tố sau: Loại pin, dung lượng pin, Năng lượng tiêu thụ, Kích thước và chất lượng, Chi phí, Firmware.

Nguyên tắc 4 – Bức xạ trường điện từ: Khi thiết kế để ứng dụng thực tế, hệ thống IoT cần đảm bảo các tiêu chuẩn, hợp chuẩn và bức xạ điện từ trường, đồng thời cần đáp ứng các yêu cầu phổ tần.

Nguyên tắc 5 – Tích hợp công nghệ: Tích hợp các công nghệ hiện đại một cách khoa học sẽ gia tăng sức mạnh của hệ thống IoT.

- Công nghệ: NB-IoT, LTE -M (4G), 5G
- Công nghệ khác: Zigbee, LoRA, Wifi, Bluetooth, NFC

Ưu nhược điểm của IoT:

- Ưu điểm

- + Truy cập thông tin từ mọi lúc, mọi nơi trên mọi thiết bị.
- + Cải thiện việc giao tiếp giữa các thiết bị điện tử được kết nối.
- + Chuyển dữ liệu qua mạng Internet giúp tiết kiệm thời gian và tiền bạc.
- + Tự động hóa các nhiệm vụ giúp cải thiện chất lượng dịch vụ của doanh nghiệp.

- Nhược điểm

+ Khi nhiều thiết bị được kết nối và nhiều thông tin được chia sẻ giữa các thiết bị, thì hacker có thể lấy cắp thông tin bí mật cũng tăng lên.

+ Các doanh nghiệp có thể phải đối phó với số lượng lớn thiết bị IoT và việc thu thập và quản lý dữ liệu từ các thiết bị đó sẽ là một thách thức.

- + Nếu có lỗi trong hệ thống, có khả năng mọi thiết bị được kết nối sẽ bị hỏng.
- + Vì không có tiêu chuẩn quốc tế về khả năng tương thích cho IoT, rất khó để các thiết bị từ các nhà sản xuất khác nhau giao tiếp với nhau.

Vai trò quan trọng của IoT:

IoT giúp mọi người sống và làm việc thông minh hơn, có thể kiểm soát được thời gian của họ một cách tốt nhất.

IoT cung cấp cho các doanh nghiệp cái nhìn về thời gian mà hệ thống của họ thực sự hoạt động, cung cấp thông tin chi tiết về mọi thứ từ hiệu suất của máy móc đến chuỗi cung ứng và hoạt động hậu cần.

IoT giúp công ty tự động hóa các quy trình và giảm chi phí lao động. Giúp giảm chất thải và cải thiện dịch vụ, làm cho việc sản xuất và giao hàng ít tốn kém hơn, cũng như mang lại sự minh bạch trong các giao dịch của khách hàng.

Do đó, IoT là công nghệ quan trọng của cuộc sống hàng ngày và nó sẽ tiếp tục phát triển với công nghệ ngày càng phát triển mạnh mẽ.

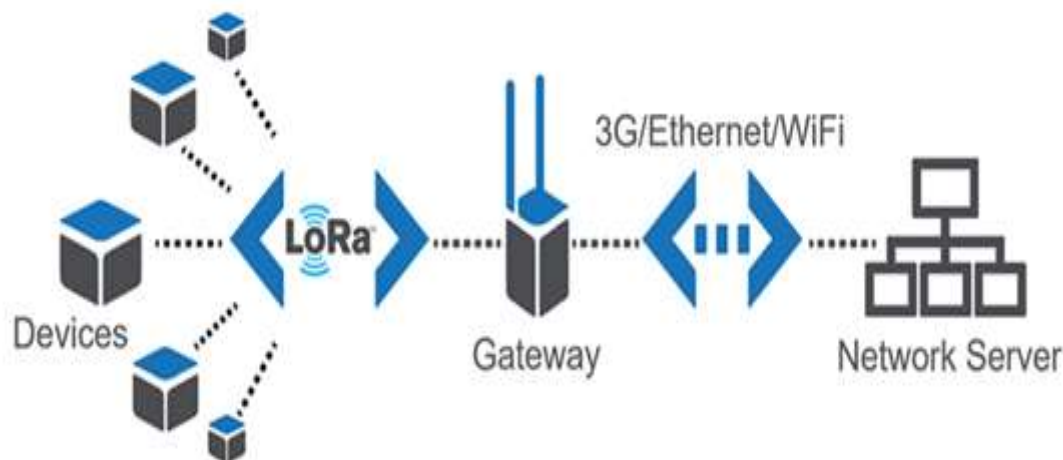
1.3. Truyền thông LORA

1.3.1 Khái niệm

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 hàng km mà không cần các mạch khuếch đại công suất; từ đó giúp tiết kiệm năng lượng tiêu thụ khi truyền/nhận dữ liệu. LoRa được sinh ra nhằm mục đích hỗ trợ truyền tải dữ liệu ở khoảng cách lên đến hàng km với lượng điện năng tiêu thụ ít nhất có thể mà không cần khuếch đại công suất lên.

Nhờ thiết kế độc đáo, các liên kết không dây có thể đạt được độ nhạy lên -148dBm. Đánh đổi việc đó là tốc độ truyền dữ liệu chỉ đạt được vài kilobit trên giây. Tuy tốc độ chậm để có thể truyền dẫn những thứ nặng như hình ảnh hay video nhưng khả năng ứng dụng của nó lại không hề nhỏ, rất phù hợp cho các ứng dụng Internet vạn vật và các ứng dụng M2M, làm giảm lượng năng lượng tiêu thụ. LoRa có thể sử dụng dải rộng từ 137MHz đến 1020 MHz, bao gồm cả các băng tần ISM miễn phí như 169MHz, 433MHz, 868Mhz và 925MHz. Đây là một yếu tố quyết định đến khả năng tương tác chi phí thấp ở

trên thế giới. LoRa là giải pháp được dán nhãn CDMA, sử dụng các yếu tố truyền dẫn khác nhau và tốc độ mã hoá thành tín hiệu ghép kênh trên một tần số duy nhất, làm tăng dung lượng mạng, điều chỉnh động tốc độ dữ liệu của thiết bị.



Hình 1.2 Mô hình truyền thông Lora

LoRaWAN

LoRaWAN được định nghĩa là một giao thức truyền thông và kiến trúc hệ thống cho mạng trong khi lớp vật lý LoRa bật liên kết truyền thông khoảng cách rộng. Giao thức mà kiến trúc mạng có ảnh hưởng lớn đến việc định tuổi thọ pin của các nút, dung lượng mạng, chất lượng dịch vụ, bảo mật và sự đa dạng của các ứng dụng được cung cấp bởi mạng.

LoRaWAN là một giao thức MAC có phạm vi rộng, năng lượng thấp, dung lượng cao, mạng Internet vạn vật của các nút mạng LoRa. Là một tiêu chuẩn LPWAN mở, được duy trì bởi LoRa Alliance. Tận dụng các tính năng của LoRa để tối ưu hoá thời lượng pin, nâng cao chất lượng cho các nút LoRa. Đây là một giao thức hai chiều, cho phép gửi tin nhắn, gói tin tin cậy (xác thực) gồm các định nghĩa mã hoá thiết bị đầu cuối để bảo mật dữ liệu, OTA của các nút đầu cuối và khả năng phát đa hướng. Nhờ vào mô hình ăng-ten phân tán và các công hỗ trợ GPS, mạng có thể xác định được vị trí của các nút đầu cuối, ngay cả chúng là các thiết bị di động. Tiêu chuẩn đảm bảo khả năng tương tác của các mạng LoRaWAN khác nhau trên toàn thế giới. Trong mô hình OSI, LoRaWAN sẽ tương ứng với lớp MAC.

Bảng 1.1 mô tả các tầng mạng của truyền thông Lora.

Bảng 1.1. Các tầng mạng truyền thông Lora.

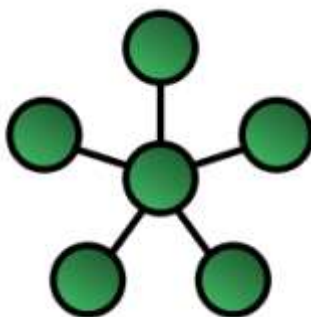
Ứng dụng				
LoRa® MAC				
Các tùy chọn của MAC				
Lớp A (đường cơ sở)		Lớp B (đường cơ sở)		Lớp C (liên tục)
Điều chế LoRa®				
Băng tần ISM theo từng khu vực				
EU 868	EU 433	US 915	AS 430	--

Trong một nút mạng LoRaWAN không được liên kết với một cổng cụ thể. Thay vào đó, dữ liệu được truyền bởi một nút thường được nhận bởi nhiều cổng. Mỗi cổng sẽ chuyển tiếp gói tin nhận được từ nút cuối cùng đến máy chủ thông qua một số loại kết nối như mạng di động hay là mạng wi-fi, vệ tinh. Sự linh hoạt và phức tạp được chuyển đến máy chủ của mạng, nơi quản lý mạng và lọc các gói nhận được, thực hiện kiểm tra bảo mật, lập lịch thông qua cổng tối ưu và thực hiện tốc độ dữ liệu thích ứng.

Nếu một nút là di động thì không cần chuyển giao từ cổng này sang cổng khác, đây là một tính năng quan trọng để giúp theo dõi, một trong những mục tiêu chính của Internet vạn vật.

Kiến trúc mạng

Các tin nhắn được chuyển tiếp đến một máy chủ trung tâm thông qua các cổng. Mỗi nút cuối truyền dữ liệu đến nhiều cổng. Sau đó, cổng sẽ chuyển tiếp dữ liệu đến máy chủ mạng nơi phát hiện dự phòng, kiểm tra bảo mật và lập lịch tin nhắn được thực hiện.



Hình 1.3. Kiến trúc mạng dạng hình sao.

Thời lượng pin

Các nút trong mạng không đồng bộ và liên lạc với nhau khi chúng có dữ liệu khả dụng để sẵn sàng gửi đi theo sự kiện xảy ra hay theo lịch trình được lập trước đó. Loại giao thức này gọi là phương pháp Aloha. Trong một mạng mesh hoặc mạng đồng bộ, cũng như mạng di động, các nút thường hay được đánh thức để đồng bộ với mạng và kiểm tra tin nhắn. Việc đồng bộ hoá này lại tiêu thụ đáng kể một lượng năng lượng và là nguyên nhân lớn cho việc giảm tuổi thọ của pin. Trong một nghiên cứu gần đây được thực hiện bởi GSMA về các công nghệ khác nhau thì LoRaWAN cho thấy lợi thế gấp 3-5 lần so với công nghệ khác về tính tiết kiệm năng lượng.

Dung lượng mạng

Để làm cho một mạng sao khả thi, các cổng phải có khả năng nhận được một tin nhắn từ khối lượng nút rất cao. Dung lượng mạng cao trong mạng LoRaWAN đạt được bằng cách sử dụng tốc độ dữ liệu thích ứng và bằng cách sử dụng bộ thu phát đa kênh trong cổng để có thể nhận được tin nhắn đồng thời trên nhiều kênh. Các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến dung lượng là số lượng kênh được sử dụng đồng thời, tốc độ dữ liệu, và tần suất gửi dữ liệu các nút truyền. Do LoRa là một điều chế dựa trên phổ dải rộng, các tín hiệu thực tế trực giao với nhau khi các yếu tố lan truyền khác nhau được sử dụng. Khi yếu tố lan truyền thay đổi, hiệu quả của tốc độ dữ liệu cũng thay đổi. Gateway tận dụng điều này bằng cách có thể nhận được nhiều tốc độ dữ liệu khác nhau cùng lúc trên cùng một kênh. Bằng cách thay đổi tốc độ dữ liệu cao hơn, thời gian truyền dữ liệu trong không khí được rút ngắn, mở ra nhiều không gian cho các nút khác để truyền. Tốc độ dữ liệu thích ứng cũng giúp tiết kiệm năng

lượng hơn của một nút. Để tốc độ dữ liệu thích ứng hoạt động, liên kết lên xuống đối xứng và liên kết xuống được yêu cầu với đủ dung lượng đường xuống. Tính năng này cho phép mạng LoRaWAN có dung lượng mạng rất cao và giúp mạng có thể mở rất rộng so với Bluetooth hay Zigbee. Một mạng có thể triển khai với số lượng cơ sở hạ tầng tối thiểu, và khi cần thêm dung lượng mạng, có thể thêm nhiều cổng, tăng tốc độ dữ liệu, giảm lượng nghe lén sang các cổng khác có thể làm tăng dung lượng lên 6-8 lần.

Các lớp thiết bị

Các thiết bị đầu cuối phục vụ các ứng dụng khác nhau và có các yêu cầu khác nhau. Để tối ưu hoá, LoRaWAN sử dụng các lớp thiết bị khác nhau. Các lớp thiết bị đánh đổi độ trễ truyền thông đường xuống mạng so với tuổi thọ pin. Trong một ứng dụng điều khiển hoặc bộ truyền động, độ trễ truyền thông là rất quan trọng.

Bảng 1.2. Các lớp thiết bị trong mạng truyền thông Lora.

Thời lượng sử dụng pin	Z	A	Cảm biến chạy bằng pin - Tiết kiệm năng lượng nhất - Phải được hỗ trợ các thiết bị - Đường xuống chỉ khả dụng sau TX
		B	Thiết bị truyền động chạy bằng pin - Tiết kiệm năng lượng với độ trễ đường xuống điều khiển được - Giao tiếp với khe được đồng bộ hoá
	C		Thiết bị truyền động chính - Có khả năng nghe liên tục - Không có độ trễ cho giao tiếp đường xuống

Độ trễ truyền thông đường xuống

Thiết bị đầu cuối hai chiều (lớp A): thiết bị đầu cuối của loại A cho phép liên lạc hai chiều, theo đó mỗi truyền dẫn đường lên của thiết bị đầu cuối được theo sau bởi hai cửa sổ nhận đường xuống ngắn. Khe truyền được lập lịch bởi thiết bị đầu cuối dựa trên nhu cầu giao tiếp của chính nó với một biến thể nhỏ dựa trên cơ sở thời gian ngẫu nhiên (loại giao

thức ALOHA). Hoạt động lớp A này là hệ thống thiết bị đầu cuối có công suất thấp nhất cho các ứng dụng chỉ yêu cầu giao tiếp đường xuống từ máy chủ ngay sau khi thiết bị cuối đã gửi đường truyền đường lên. Truyền thông đường xuống từ máy chủ bất cứ lúc nào sẽ phải đợi cho đến khi đường lên theo lịch trình tiếp theo.

Thiết bị đầu cuối hai chiều có các khe nhận được lập lịch (Lớp B): Ngoài các cửa sổ nhận ngẫu nhiên lớp A, các thiết bị lớp B sẽ mở các cửa sổ nhận thêm vào thời gian đã lập lịch. Để thiết bị đầu cuối mở cửa sổ nhận của nó tại thời điểm đã lập lịch, thiết bị sẽ nhận được tín hiệu được đồng bộ hóa thời gian. Điều này cho phép máy chủ biết khi nào thiết bị cuối đang lắng nghe.

Thiết bị đầu cuối hai chiều có khe nhận tối đa (Lớp C): Thiết bị cuối của Lớp C có cửa sổ nhận mở gần như liên tục, chỉ đóng khi truyền.

1.3.2 Nguyên lý hoạt động

Điều chế LoRa sử dụng kỹ thuật điều chế gọi là chirp trải phổ CSS (Chirp Spread Spectrum). Chirp được định nghĩa là sự biến đổi của tần số theo thời gian. Đơn vị: rad/s hay Hz. Có thể hiểu nôm na nguyên lý này là dữ liệu sẽ được băm bằng các xung cao tần để tạo ra tín hiệu có dải tần số cao hơn tần số của dữ liệu gốc, sau đó tín hiệu cao tần này tiếp tục được mã hoá theo các chuỗi tín hiệu chirp (là các tín hiệu hình sin có tần số thay đổi theo thời gian).

Định lý Shannon – Hartley

Định lý này thiết lập dung lượng kênh truyền Shannon cho một liên kết truyền dẫn và xác định tốc độ dữ liệu tối đa (thông tin) có thể truyền được trong một băng thông xác định khi có nhiễu tạp âm :

$$C = B \log_2(1 + S/N) \quad (1.1)$$

Với C là dung lượng kênh truyền (bít/s), B là băng thông kênh truyền (Hz), S là công suất tín hiệu thu trung bình (W), N trung bình nhiễu hay công suất nhiễu (W) và S/N là tỷ số nhiễu tín hiệu trên nhiễu (SNR) thể hiện dưới dạng tỷ số công suất tuyến tính.

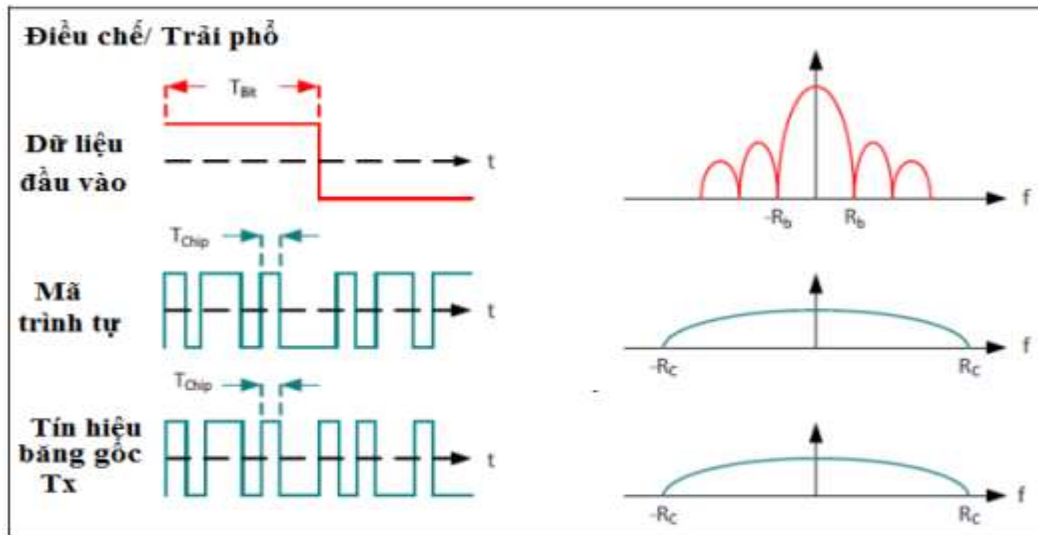
Nếu nhiễu là nhiễu trắng một chiều, thì tổng công suất nhiễu N trong một băng thông là BN_0 .

Đối với các ứng dụng trải phổ, tỷ lệ tín hiệu trên tạp âm là nhỏ vì công suất tín hiệu thường thấp dưới mức nhiễu nền. Giả sử mức tạp âm có $S/N \ll 1$, công thức (1.1) được biểu diễn thành:

$$\frac{C}{B} \approx \frac{S}{N} \text{ hay } \frac{N}{S} \approx \frac{B}{C} \quad (1.2)$$

Nguyên lý trải phổ

Trong hệ thống trải phổ chuỗi trực tiếp truyền thống, pha mang thông tin của máy phát sẽ thay đổi theo trình tự phát. Quá trình này đạt được bằng cách nhân tín hiệu mong muốn với chuỗi trải rộng, c n được gọi là một dãy chip. Dãy chip này có tốc độ nhanh hơn nhiều so với tín hiệu dữ liệu do đó làm rộng băng thông tín hiệu vượt quá băng thông ban đầu.



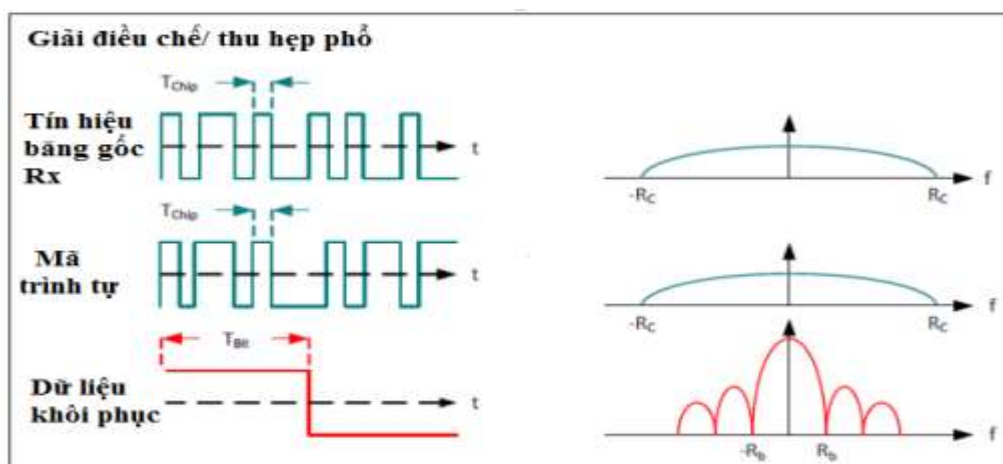
Hình 1.4. Quá trình điều chế/ trải rộng tín hiệu.

Tại máy thu, tín hiệu mong muốn được phục hồi bằng cách nhân lại với một bản sao được tạo ra của chuỗi trải rộng. Quá trình nhân này trong máy thu có hiệu quả nén tín hiệu trải rộng trở lại băng thông không trải rộng như ban đầu của nó. Cần lưu ý mã/ chuỗi chip để mã hóa trong máy phát và máy thu là giống nhau để phục hồi thông tin.

Số lượng trải rộng đối với chuỗi trực tiếp phụ thuộc vào tỷ số chip trên bit – tỷ số chuỗi chip với tốc độ mong muốn, được gọi là quá trình khuếch đại, thường được biểu diễn như sau:

$$G_p = 10 \lg \left(\frac{R_c}{R_b} \right) (dB) \quad (1.3)$$

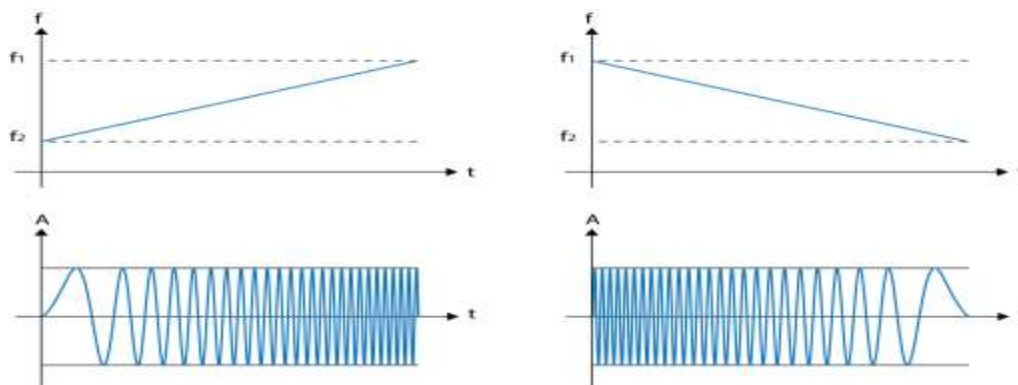
Với R_c là tốc độ chip (chip/s) và R_b là tốc độ bit (bit/s).



Hình 1.5. Quá trình giải điều chế/ giải trải phổ tín hiệu.

LORA sử dụng kỹ thuật điều chế gọi là Chirp Spread Spectrum. Theo đó dữ liệu sẽ được băm bằng các xung cao tần để tạo ra tín hiệu có tần số cao hơn tần số của dữ liệu gốc (cái này gọi là chipped); sau đó tín hiệu cao tần này tiếp tục được mã hoá theo các chuỗi chirp signal (là các tín hiệu hình sin có tần số thay đổi theo thời gian; có 2 loại chirp signal là up-chirp có tần số tăng theo thời gian và down-chirp có tần số giảm theo thời gian; và việc mã hoá theo nguyên tắc bit 1 sẽ sử dụng up-chirp, và bit 0 sẽ sử dụng down-chirp) 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 nhận để có thể giải mã và điều chế lại dữ liệu. Băng tần làm việc của LORA từ 430MHz đến 915MHz cho từng khu vực khác nhau trên thế giới.

Điều chế LoRa có nguồn gốc từ chirp trải phổ CSS, hoạt động bằng cách di chuyển xung RF xung quanh thời gian tuyến tính. Truyền dẫn LoRa hoạt động bằng các chip. Chúng ta có thể thấy dạng sóng của một chip tuyến tính lên và xuống của tần số của nó theo thời gian.



Hình 1.6. Một dạng sóng chip tuyến tính
(trái : dạng sóng chip lên, phải : dạng sóng chip xuống).

Các đặc điểm chính của điều chế Lora:

- Băng thông có thể mở rộng
- Công suất thấp
- Đa đường/ chống pha đình
- Khả năng phủ sóng xa
- Cải tiến dung lượng mạng
- Phân loại/ địa phương hóa

1.3.3 Các thông số cơ bản

Spreading Factor – SF: SF xác định số lượng chirp signal khi mã hóa tín hiệu đã được điều chế tần số (chipped signal) của dữ liệu. Ví dụ nếu SF=12 có nghĩa là 1 mức logic của chipped signal sẽ được mã hóa bởi 12 xung chirp signal. Giá trị cho SF càng lớn thì thời gian truyền dữ liệu sẽ lâu hơn nhưng khoảng cách truyền sẽ xa hơn.

Bandwidth – BW: BW xác định biên độ tần số mà chirp signal có thể thay đổi. Nếu bandwidth càng cao thì thời gian mã hóa chipped signal càng ngắn; từ đó thời gian truyền dữ liệu cũng giảm xuống nhưng đổi lại khoảng cách truyền cũng ngắn lại.

Coding Rate – CR: CR là số lượng bit được tự thêm vào mỗi trong Payload trong LORA radio packet bởi LORA chipset để mạch nhận có thể sử dụng để phục hồi lại 1 số bit dữ liệu đã nhận sai và từ đó phục hồi được nguyên vẹn dữ liệu trong Payload. Do đó, sử dụng

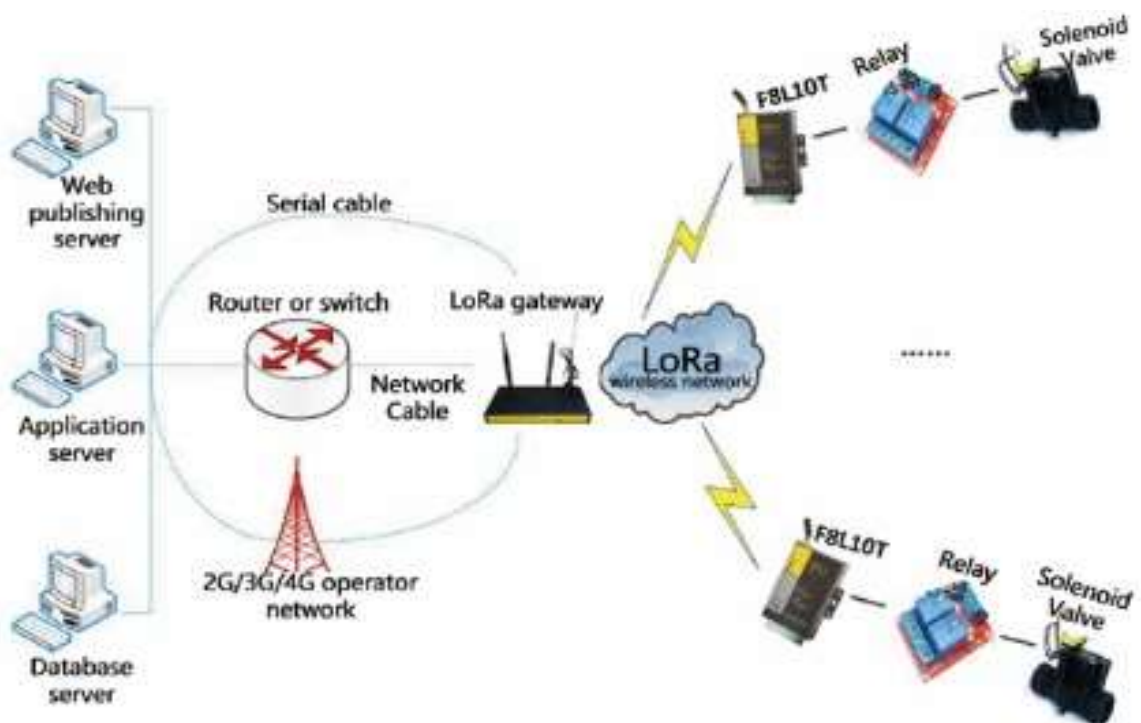
CR càng cao thì khả năng nhận dữ liệu đúng càng tăng; nhưng bù lại chip LORA sẽ phải gửi nhiều dữ liệu hơn (có thể làm tăng thời gian truyền dữ liệu trong không khí).

Với một hệ thống IoT chúng sẽ bao gồm 4 thành phần chính đó là **thiết bị** (Things), **trạm kết nối** (Gateways), **hạ tầng mạng** (Network and Cloud) và **bộ phân tích và xử lý dữ liệu** (Services-creation and Solution Layers).

Các cảm biến sẽ có nhiệm vụ cảm nhận các tín hiệu từ môi trường như nhiệt độ, áp suất, ánh sáng,... và chuyển chúng thành các dạng dữ liệu trong môi trường Internet. Sau đó các tín hiệu sẽ được xử lý và đưa ra các thay đổi theo ý của người tiêu dùng. Hiện nay chúng thường được ứng dụng thông qua các ứng dụng trên điện thoại hay trên máy tính,...

Lorawan network:

LORAWan là chuẩn giao tiếp dựa trên nền tảng công nghệ LORA và được định nghĩa và phát triển bởi tổ chức LORA Alliance. Ở mỗi vùng khác nhau trên thế giới thì thiết bị LORAWan phải cấu hình cho chip LORA hoạt động ở dải băng tần cho phép như 433Mhz, 915MHz,...



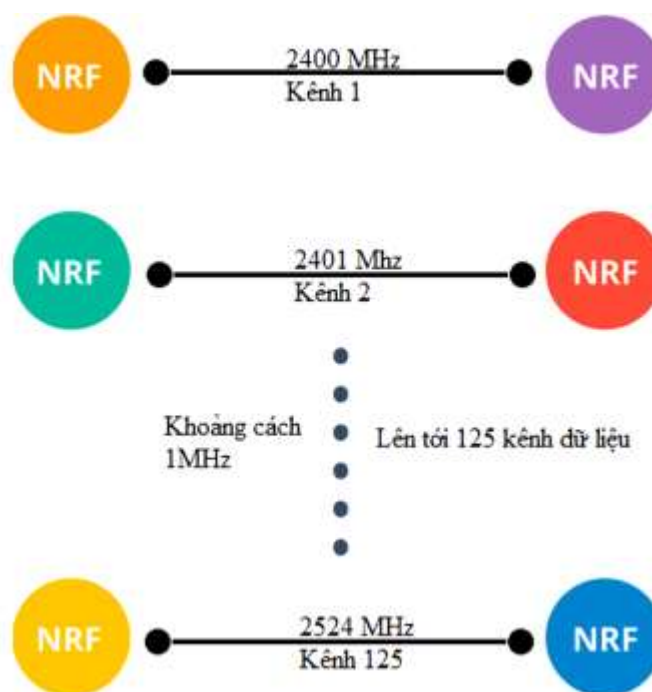
Hình 1.7. Mạng Lora

Trong 1 mạng Lorawan có 2 thiết bị:

- Device node: là các thiết bị cảm biến, hoặc các thiết bị giám sát được lắp đặt tại các vị trí làm việc ở xa để lấy và gửi dữ liệu về các thiết bị trung tâm.
- Gateway: là các thiết bị trung tâm sẽ thu thập dữ liệu từ các device node và gửi lên 1 server trung tâm để xử lý dữ liệu. Các thiết bị Gateway thường sẽ được đặt tại 1 vị trí có nguồn cung cấp và có các kết nối network như Wifi, LAN, GSM để có thể gửi dữ liệu lên server.

1.4. Mạng không dây 2.4GHz trên dòng module nRF24

Các module trong dòng module nRF24 truyền dữ liệu trên một tần số nhất định gọi là “kênh”. Ngoài ra, để 2 hay nhiều module có thể giao tiếp với nhau, chúng cùng phải ở trên một kênh cố định nào đó. Kênh này có thể là bất kì tần số nào trong chuẩn băng tần ISM 2.4GHz, nằm giữa 2.4GHz và 2.525GHz. Mỗi kênh sẽ chiếm khoảng 1MHz băng thông. Theo đó, chúng ta có 125 kênh có khả năng sử dụng với độ chia là 1MHz. Vì thế, module có thể sử dụng 125 kênh khác nhau để tạo thành 125 mạng độc lập với nhau.



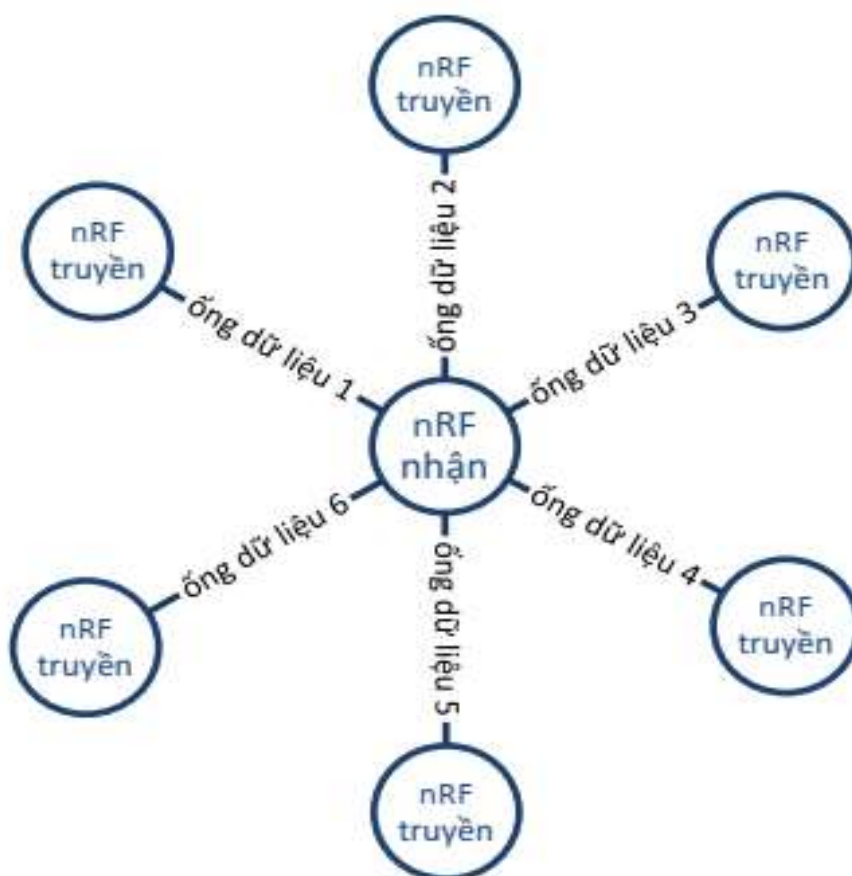
Hình 1.8. Sơ đồ kênh truyền trên mạng nRF 2.4GHz

Kênh có băng thông dưới 1MHz cho tốc độ truyền dữ liệu trong không khí là 250kbps và 1Mbps. Khi băng thông lên 2MHz, tốc độ có thể cải thiện lên 2Mbps nhưng băng thông lại rộng hơn độ phân giải của cài đặt tần số kênh RF. Vì vậy, để đảm bảo các

kênh không bị chồng chéo và có thể kết nối, giao tiếp với nhau ở chế độ 2Mbps thì cần phải giữ độ chia 2Mbps giữa hai kênh.

Mạng nhận dữ liệu đa điểm

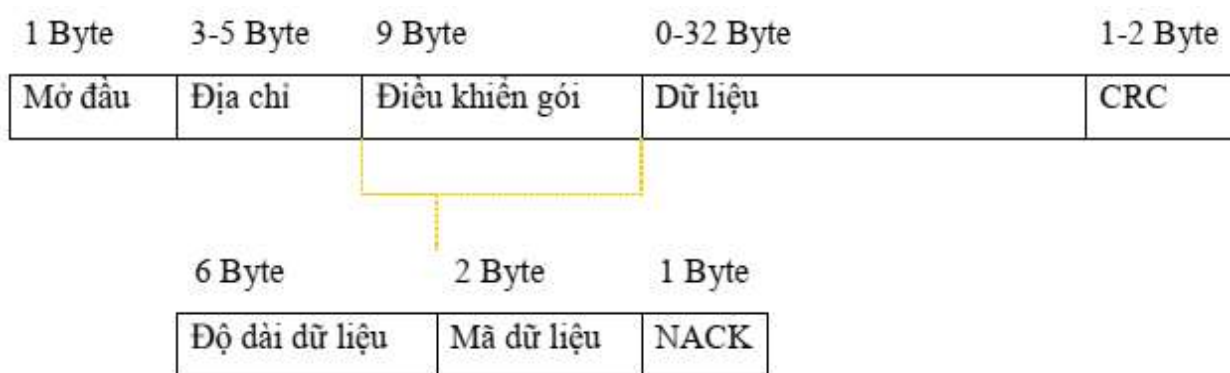
nRF24L01 cung cấp tính năng đa nhận. Đa thiết bị truyền đến một thiết bị nhận. Với mỗi kênh RF lô-gic được chia thành 6 kênh dữ liệu song song gọi là *Data pipes*. Hiểu theo cách khác, *data pipe* là một kênh lô-gic, trên kênh RF vật lí. Mỗi *data pipe* đều có địa chỉ vật lí của nó và có thể cấu hình lại được. Có thể mô tả thông qua sơ đồ hình 2.5. Để dễ hiểu hơn, hãy tưởng tượng rằng thiết bị nhận hoạt động như một thiết bị trung tâm nhận thu thập dữ liệu từ 6 thiết bị truyền khác nhau. Thiết bị trung tâm nhận có thể dừng việc lắng nghe bất kì lúc nào và hoạt động như một thiết bị truyền. Nhưng điều này chỉ xảy ra khi một nút hoặc một pipe trong một thời điểm.



Hình 1.9. Mạng đa thiết bị truyền một thiết bị nhận

Giao thức ShockBurst nâng cao

Module nhận sử dụng cấu trúc gói được gọi là cấu trúc ShockBurst nâng cao. Cấu trúc gói đơn giản này có thể được tách thành 5 thành phần riêng biệt như hình dưới đây.



Hình 1.10. Cấu trúc gói tin ShockBurst

Cấu trúc ShockBurst ban đầu chỉ bao gồm: Mở đầu, địa chỉ, dữ liệu và CRC (Kiểm tra dự phòng). ShockBurst cải tiến mang lại tính đa năng tốt hơn cho truyền thông nâng cao hơn bằng cách sử dụng Trường điều khiển gói (PFC). Cấu trúc mới này cho phép dữ liệu có độ dài thay đổi với “Độ dài dữ liệu”, nghĩa là dữ liệu có độ dài linh hoạt từ 1 đến 32 byte. Nó cũng cung cấp cho mỗi gói tin được gửi kèm theo một mã gói, cho phép thiết bị nhận xác định xem tin nhắn có phải là mới không là nó được truyền lại (do thiết bị truyền không nhận được tín hiệu xác thực ACK).

Giao tiếp với báo hiệu và ngắt

Thiết bị truyền bắt đầu một phiên truyền thông bằng cách gửi gói dữ liệu tới thiết bị nhận. Một khi toàn bộ các gói đã được truyền đi, nó sẽ chờ (khoảng 130 μ s) để nhận được tín hiệu gói ACK. Khi thiết bị nhận được gói sẽ gửi ACK tới thiết bị truyền. Khi nhận được gói ACK, thiết bị truyền xác nhận tín hiệu ngắt để biết dữ liệu mới khả dụng.



Hình 1.11. Truyền dữ liệu cho nhau.

Giao tiếp với gói dữ liệu bị mất

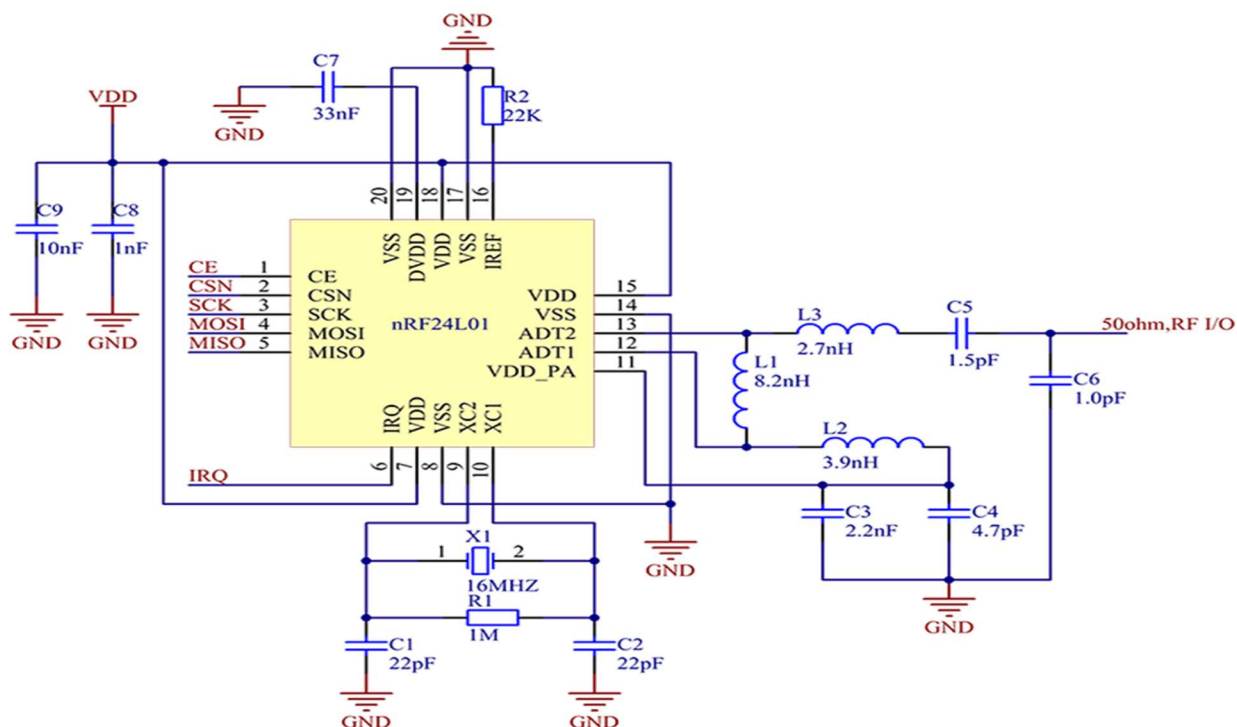
Đây là một trường hợp xấu khi mà bị mất gói tin cần truyền. Sau khi gói tin được truyền đi, thiết bị truyền chờ tín hiệu xác nhận ACK. Nếu thiết bị truyền không nhận được tín hiệu xác nhận này trong thời gian trễ cho phép (ARD) thì gói tin sẽ được truyền lại. Khi nhận được gói tin truyền lại này, thiết bị nhận sẽ trả về tín hiệu xác nhận ACK và ngắt xảy ra tại thiết bị truyền.

Giao tiếp với xác nhận ACK bị mất

Đây là trường hợp mất mát cần truyền lại do mất tín hiệu xác thực ACK. Khi thiết bị nhận nhận được gói tin trong lần thử đầu tiên, do mất tín hiệu ACK nên thiết bị truyền cho rằng thiết bị nhận chưa nhận được gói tin nào cả. Vì vậy, sau thời gian trễ (ARD), thiết bị truyền sẽ truyền lại gói tin đó. Nếu lúc này truyền thành công và thiết bị truyền nhận được tín hiệu xác nhận ACK, thiết bị nhận nhận được gói tin trùng với mã của gói tin trước thì thiết bị nhận bỏ gói tin đó và gửi lại tín hiệu xác nhận ACK. Việc xử lý các gói tin như ở trên hoàn toàn do chính module thực hiện mà không cần phải qua vi điều khiển.

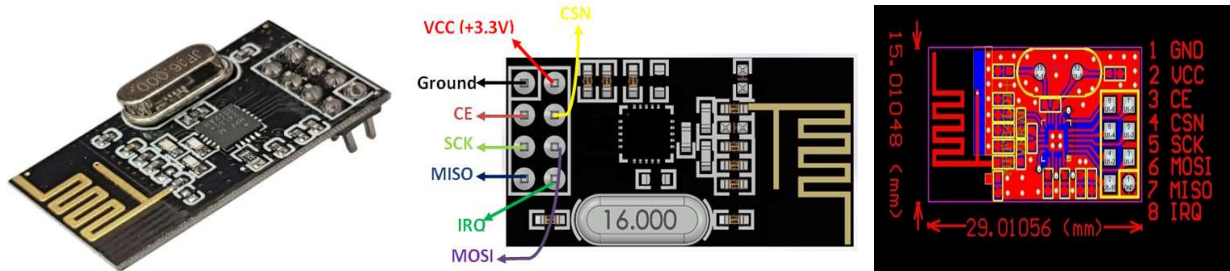
Module NRF24L01

Sơ đồ mạch chi tiết của nRF24L01 như sau.



Hình 1.12. Sơ đồ nguyên lý cảm biến nRF24L01.

nRF24L01 là chip đơn 2.4GHz với một giao thức nhúng baseband, ứng dụng cho truyền nhận không dây với năng lượng cực thấp. nRF24L01 được thiết kế để hoạt động theo chuẩn ISM với tần số 2.400-2.4835GHz.



Hình 1.13. Hình ảnh thực tế và sơ đồ chân module nRF24L01.

nRF24L01 được kết nối với các thiết bị ngoại vi thụ động hay cần một vi điều khiển để có thể giao tiếp với nhau thông qua giao thức SPI.

Tính năng:

Radio

- Hoạt động tần số quốc tế ISM 2.4GHz
- 126 kênh
- Chuẩn giao tiếp RX và TX
- Module GFSK
- Tốc độ dữ liệu 250kbps, 1Mbps, 2Mbps

Truyền:

- Năng lượng phát có thể lập trình được: 0, -6, -12, -18dBm
- Năng lượng phát 11.3mA tại 0dBm

Nhận:

- Có AGC để cải thiện khoảng hoạt động động
- Lọc kênh nội
- 13.5mA tại 2Mbps
- Độ nhạy -82dBm tại 2Mbps
- Độ nhạy -85dBm tại 1Mbps
- Độ nhạy -94dBm tại 250kbps

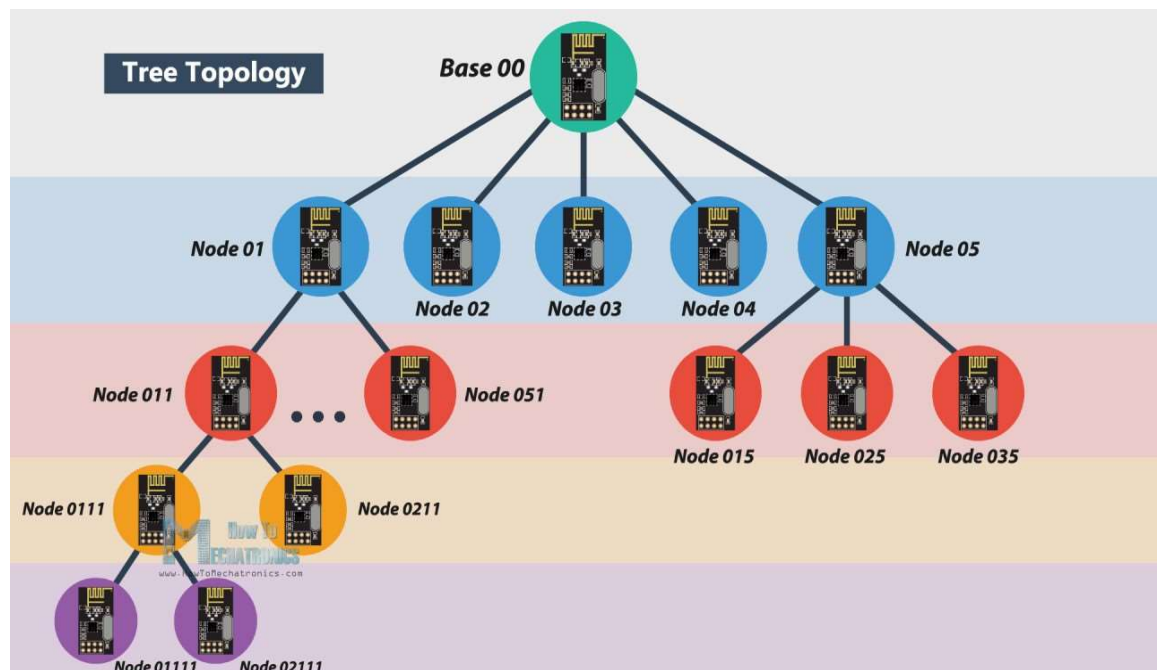
Quản lí năng lượng

- Bộ điều chỉnh năng điện áp nội
- Khoảng hoạt động 1.9V – 3.6V
- Chế độ nghỉ với thời gian khởi động lại nhanh cho việc quản lí năng lượng ở mức độ năng cao
- Tối đa 1.5ms để khởi động từ chế độ nguồn điện thấp
- Tối đa 130μs để khởi động từ chế độ chờ

Giao tiếp

- 4 chân SPI
- Tối đa 10Mbps

Sơ đồ mạng cảm biến không dây theo mô hình cây cho trên hình 1.9.



Hình 1.14. Mạng cảm biến không dây dùng cảm nRF24L01.

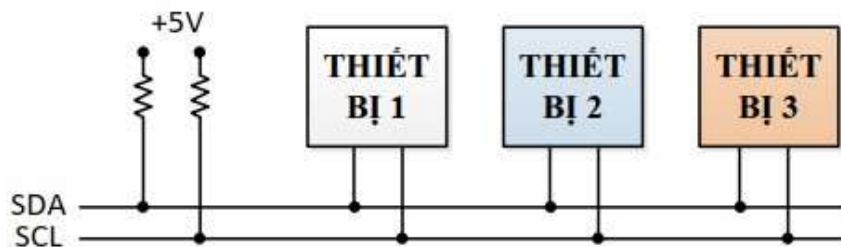
1.5. Sơ lược về chuẩn giao tiếp I2C:

I2C, viết tắt của từ Inter-Integrated Circuit, là một chuẩn truyền thông do hãng điện tử Philips Semiconductor sáng lập, cho phép giao tiếp một thiết bị chủ với nhiều thiết bị tớ với nhau.



Hình 1.15. Truyền dữ liệu theo chuẩn I2C.

- SCL (*Serial Clock line*) Là xung đồng hồ phát ra từ chip làm chủ (Master).
- SDA (*Serial Data Line*) là đường dữ liệu với 7 bit địa chỉ các vi mạch tham gia (vi mạch chủ và tớ).
- R_p là điện trở nối lên nguồn nuôi VDD.



Hình 1.16. Hệ thống các thiết bị giao tiếp theo chuẩn I2C.

Chuẩn giao tiếp I2C có 2 đường tín hiệu tên là SDA (serial data) có chức năng truyền tải dữ liệu và tín hiệu SCL (serial clock) truyền tải xung clock để dịch chuyển dữ liệu. Trong hệ thống truyền dữ liệu I2C, thiết bị nào cung cấp xung clock thì được gọi là chủ (master), thiết bị nhận xung clock được gọi là tớ (slave).

Mỗi dây SDA hay SCL đều được nối với điện áp dương của nguồn cấp thông qua một điện trở kéo lên (pull-up resistor). Sự cần thiết của các điện trở kéo này là vì chân giao tiếp I2C của các thiết bị ngoại vi thường là dạng cực máng hở (open-drain or open-collector). Giá trị của các điện trở này khác nhau tùy vào từng thiết bị và chuẩn giao tiếp, thường dao động trong khoảng $1K\Omega$ đến $4.7K\Omega$.

Thiết bị chủ chỉ có 1, thiết bị tớ thì có nhiều, mỗi thiết bị tớ sẽ có 1 địa chỉ độc lập, chuẩn truyền ban đầu dùng địa chỉ 7 bit nên có thể 1 chuẩn giao tiếp với 128 thiết bị tớ. Các thiết bị sau này tăng thêm số bit địa chỉ nên có thể giao tiếp nhiều hơn. Địa chỉ của thiết bị tớ thường do nhà chế tạo thiết bị thiết lập sẵn.

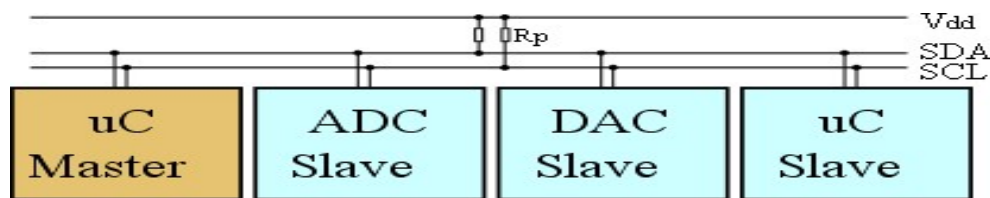
Trình tự truyền bit trên đường truyền: Thiết bị chủ tạo một điều kiện start. Điều kiện này thông báo cho tất cả các thiết bị tớ lắng nghe dữ liệu trên đường truyền. Sau đó, thiết bị

chủ sẽ gửi đi một địa chỉ của thiết bị tớ mà thiết bị chủ muốn giao tiếp và chờ đọc/ghi dữ liệu. Thiết bị tớ mang địa chỉ đó trên bus I2C sẽ phản hồi lại bằng một xung ACK. Khi đó, việc giao tiếp giữa thiết bị chủ - tớ bắt đầu. Bộ truyền gửi 8 bit dữ liệu đến bộ nhận, bộ nhận trả lời với 1 bit ACK. Để kết thúc, thiết bị chủ tạo ra một điều kiện STOP.

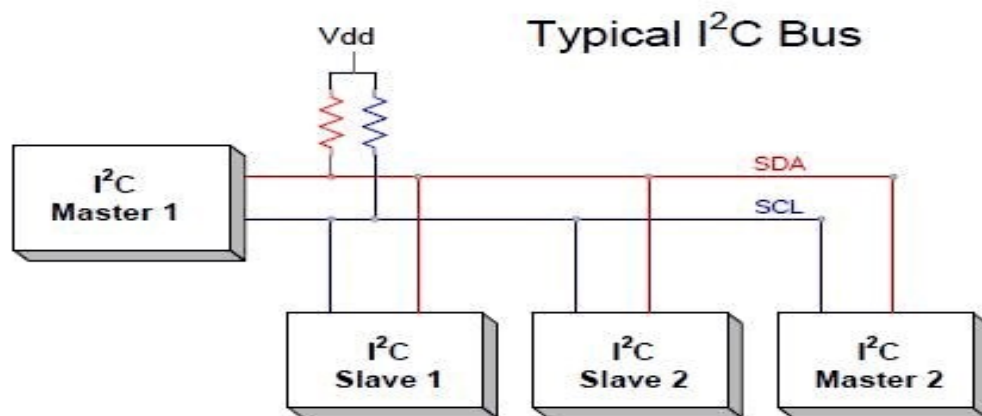
Bus I2C chuẩn truyền 8-bit dữ liệu có hướng trên đường truyền với tốc độ là 100Kbits/s – Chế độ chuẩn (Standard mode). Tốc độ truyền có thể lên tới 400Kbits/s – Chế độ nhanh (Fast mode) và cao nhất là 3,4Mbits/s – Chế độ cao tốc (High-speed mode).

Một bus I2C có thể hoạt động ở nhiều chế độ khác nhau:

- Một chủ một tớ (one master – one slave)
- Một chủ nhiều tớ (one master – multi slave)
- Nhiều chủ nhiều tớ (Multi master – multi slave)



Hình 1.17. Chế độ một chủ nhiều tớ.



Hình 1.18. Chế độ nhiều chủ nhiều tớ.

1.6. ARDUINO UNO R3

Arduino Uno R3 là một bảng mạch vi điều khiển nguồn mở dựa trên vi điều khiển Microchip ATmega328 được phát triển bởi [Arduino.cc](https://www.arduino.cc). Bảng mạch được trang bị các bộ chân đầu vào/ đầu ra Digital và Analog có thể giao tiếp với các bảng mạch mở rộng khác nhau. Mạch Arduino Uno thích hợp cho những bạn mới tiếp cận và đam mê về điện tử, lập trình...Dựa trên nền tảng mở do Arduino.cc cung cấp các bạn dễ dàng xây dựng cho mình một dự án nhanh nhất (lập trình Robot, xe tự hành, điều khiển bật tắt led...).

Chip điều khiển	ATmega328P
Điện áp hoạt động	5V
Điện áp đầu vào(khuyến dùng)	7-12V
Điện áp đầu vào (giới hạn)	6-20V
Số chân Digital	14 (of which 6 provide PWM output)
Số chân PWM Digital	6
Số chân Analog	6
Dòng điện DC trên mỗi chân I/O	20 mA
Dòng điện DC trên chân 3.3V	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Tốc độ thạch anh	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Chiều dài	68.6 mm
Chiều rộng	53.4 mm
Cân nặng	25 g

THÔNG SỐ KỸ THUẬT

Power

- **LED:** Có 1 LED được tích hợp trên bảng mạch và được nối vào chân D13. Khi chân có giá trị mức cao (HIGH) thì LED sẽ sáng và LED tắt khi ở mức thấp (LOW).
- **VIN:** Chân này dùng để cấp nguồn ngoài (điện áp cấp từ 7-12VDC).
- **5V:** Điện áp ra 5V (dòng điện trên mỗi chân này tối đa là 500mA).
- **3V3:** Điện áp ra 3.3V (dòng điện trên mỗi chân này tối đa là 50mA).
- **GND:** Là chân mang điện cực âm trên board.
- **IOREF:** Điện áp hoạt động của vi điều khiển trên **Arduino UNO** và có thể đọc điện áp trên chân IOREF. Chân IOREF không dùng để làm chân cấp nguồn.



Hình 1.19. Kit Arduino Uno R3 thực tế

Bộ nhớ

Vi điều khiển ATmega328:

- **32 KB bộ nhớ Plash:** trong đó bootloader chiếm 0.5KB.
- **2 KB cho SRAM:** (Static Random Access Memory): giá trị các biến khai báo sẽ được lưu ở đây. Khai báo càng nhiều biến thì càng tốn nhiều bộ nhớ RAM. Khi mất nguồn dữ liệu trên SRAM sẽ bị mất.
- **1 KB cho EEPROM:** (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory): Là nơi có thể đọc và ghi dữ liệu vào đây và không bị mất dữ liệu khi mất nguồn.

Các chân đầu vào và đầu ra

Trên **Board Arduino Uno R3** có **14 chân Digital** được sử dụng để làm chân đầu vào và đầu ra và chúng sử dụng các hàm pinMode(), digitalWrite(), digitalRead(). Giá trị điện áp trên mỗi chân là 5V, dòng trên mỗi chân là 20mA và bên trong có điện trở kéo lên là 20-50 ohm. Dòng tối đa trên mỗi chân I/O không vượt quá 40mA để tránh trường hợp gây hỏng board mạch.

Ngoài ra, một số chân Digital có chức năng đặc biệt:

- **Serial:** 0 (RX) và 1 (TX): Được sử dụng để nhận dữ liệu (RX) và truyền dữ liệu (TX) TTL.
- **Ngắt ngoài:** Chân 2 và 3.
- **PWM:** 3, 5, 6, 9 và 11 Cung cấp đầu ra xung PWM với độ phân giải 8 bit bằng hàm analogWrite ().
- **SPI:** 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Các chân này hỗ trợ giao tiếp SPI bằng thư viện SPI.
- **LED:** Có 1 LED được tích hợp trên bảng mạch và được nối vào chân D13. Khi chân có giá trị mức cao (HIGH) thì LED sẽ sáng và LED tắt khi ở mức thấp (LOW).
- **TWI/I2C:** A4 (SDA) và A5 (SCL) hỗ trợ giao tiếp I2C/TWI với các thiết bị khác.

Arduino Uno R3 có 6 chân Analog từ A0 đến A5, đầu vào cung cấp độ phân giải là 10 bit.

1.7. Màn hình OLED 0,91 INCH SSD13.6

Màn hình OLED này cho độ sáng, độ tương phản cực cao, tiết kiệm điện, hiển thị đẹp mắt, kích thước mini nhỏ gọn. Thích hợp các ứng dụng như máy nghe nhạc cầm tay, đồng hồ, wearable devices,... Kích thước 0.91 inch (đường chéo khoảng 2.2 cm). Chip điều khiển SSD1306, giao tiếp I2C (IIC).



Hình 1.20. Màn hình OLED.

Thông số kỹ thuật:

- +Điện áp sử dụng: 2.2~5.5VDC
- +Công suất tiêu thụ: 0.03w
- +Góc hiển thị: lớn hơn 160 độ
- +Số điểm hiển thị: 128x32 điểm
- +Màu hiển thị: Trắng / Xanh Dương.
- +Giao tiếp: I2C
- +Driver: SSD1306

Mô tả sơ đồ chân:

- + VCC: 2.2~5.5VDC
- + GND: 0VDC
- + SCL:xung Clock
- + SDA:dữ liệu vào Data in

Hướng dẫn sử dụng:**Linh kiện cần dùng:**

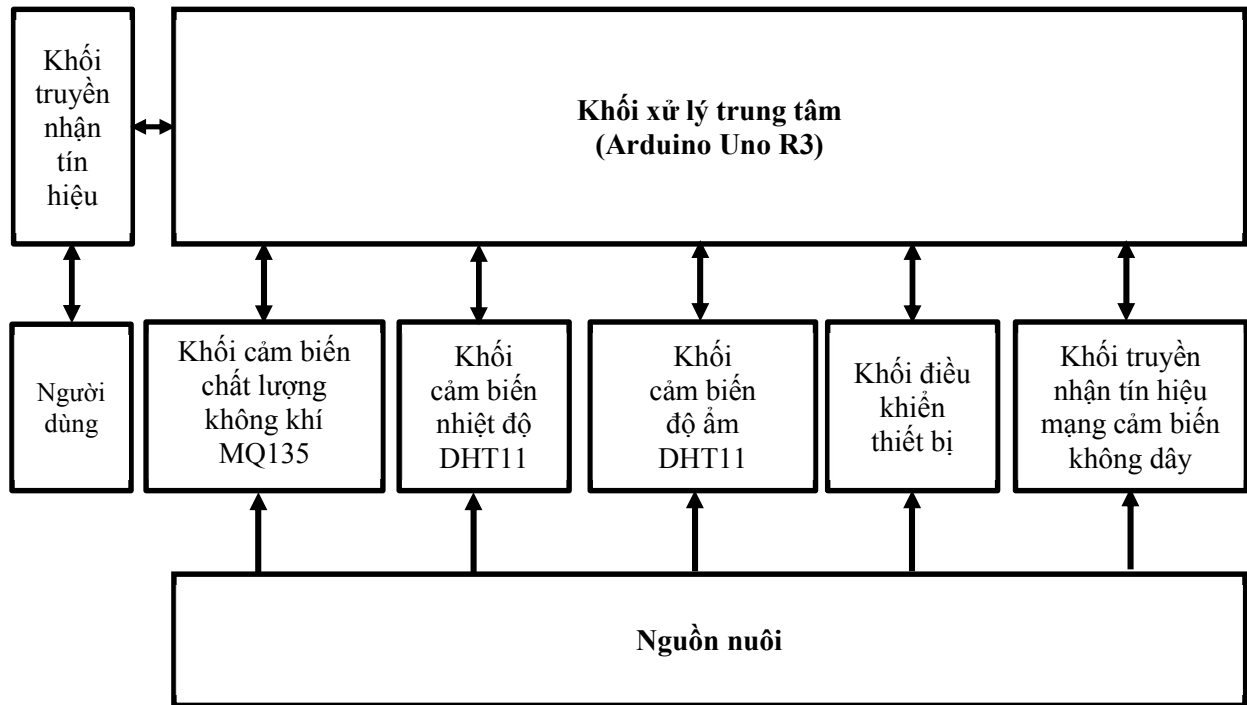
- 1 Module Wifi Uno esp8266, 1 dây USB kết nối board với máy tính
- 1 SSD1306 OLED 128X32 0.91 inch - IIC

Kết nối phần cứng:

- Cắm OLED vào header có 4 chân 3V3, GND, SCL/GPIO04, SDA/GPIO05
- Kết nối board với máy tính bằng dây USB.

Chương 2. Xây dựng mạng cảm biến không dây dùng NRF24L01

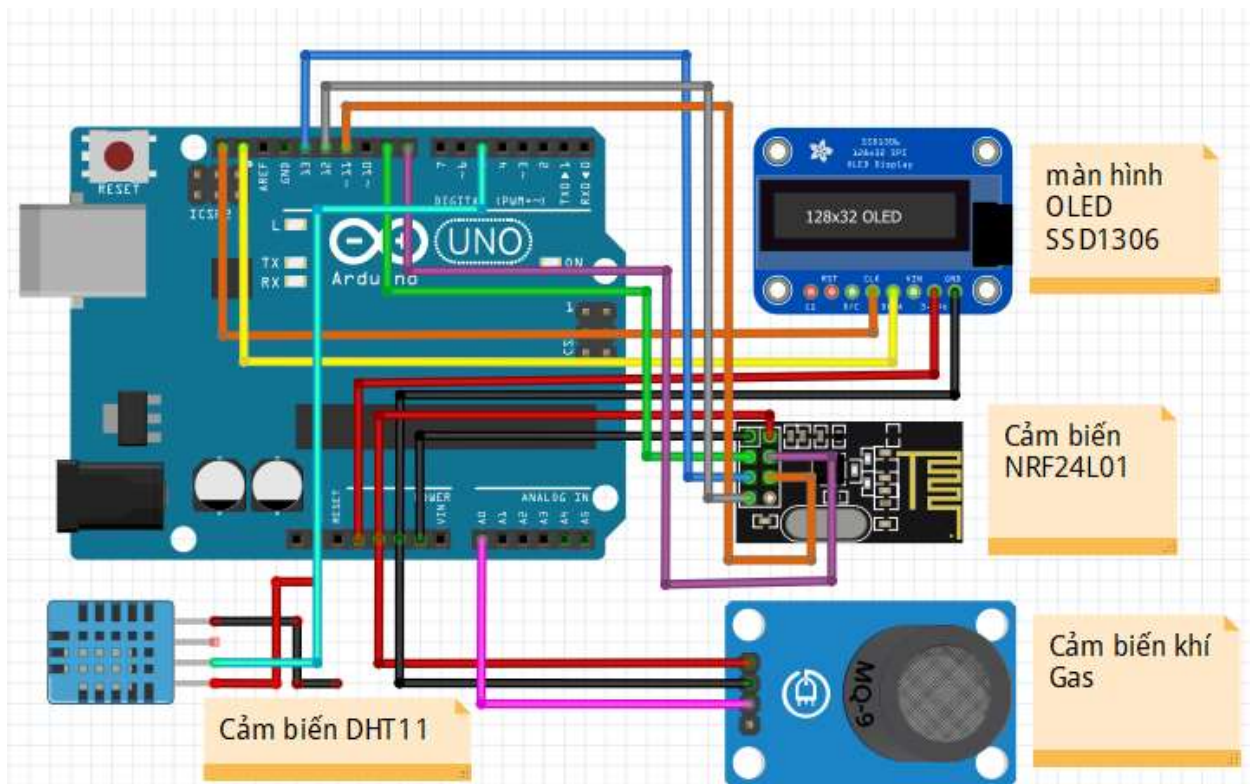
Trong đồ án này em sẽ thực hiện thiết kế và thi công xây dựng một hệ thống mạng cảm biến không dây sử dụng NRF24L01. Để thực hiện thử nghiệm việc thu dữ liệu từ các nút mạng em sử dụng tín hiệu từ các cảm biến khí Gas MQ 135 và cảm biến DHT11 cho các giá trị nhiệt độ và độ ẩm. Sơ đồ khối của các nút trong hệ thống mạng cảm biến không dây cho trên hình 2.1 dưới đây. Chi tiết từng thành phần sẽ được trình bày đầy đủ trong chương này.



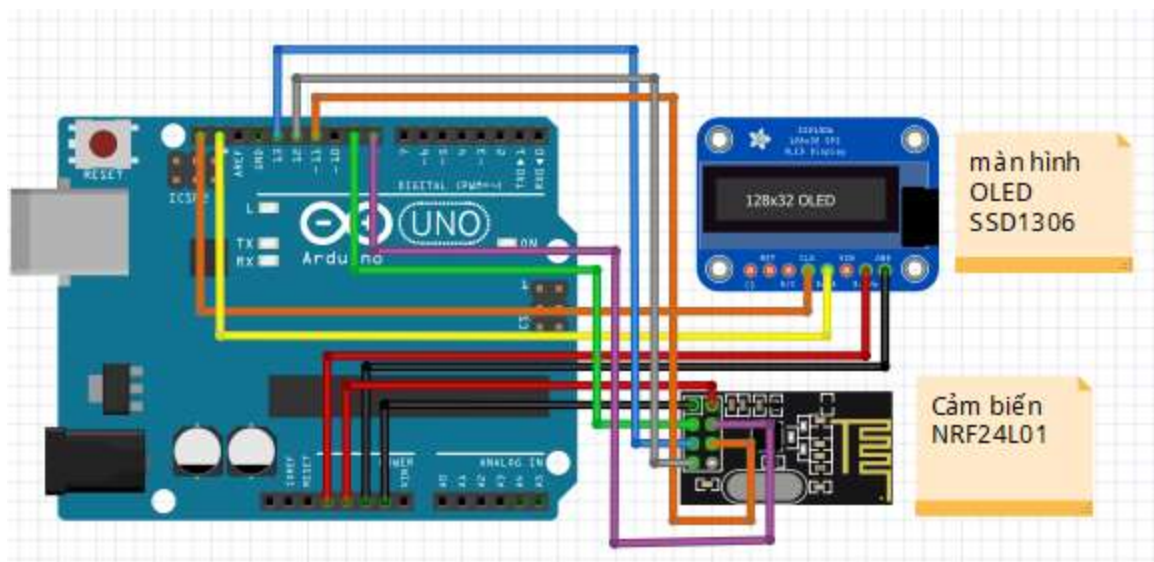
Hình 2.1. Sơ đồ khối của hệ thống.

2.1. Thiết kế các thành phần của hệ thống

Sơ đồ thiết kế nguyên lý chi tiết của một nút mạng WSN đóng vai trò là bộ phát được trình bày trên hình 2.2. Một bộ thu làm nút trung tâm cũng có thể bao gồm đầy đủ các thành phần cảm biến để thu thập dữ liệu cần đo đạc Tuy nhiên, trong đồ án này em chỉ thực hiện bộ thu cho việc nhận dữ liệu, hiển thị kết quả và tiết kiệm chi phí nên sẽ bỏ qua kết nối các thành phần cảm biến. Sơ đồ nguyên lý chi tiết của bộ thu sẽ trình bày ở hình 2.3.



Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lý của một nút mạng đóng vai trò là bộ phát.



Hình 2.3. Sơ đồ nguyên lý của nút mạng đóng vai trò là bộ thu.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống là ban đầu các bộ thu phát sẽ thực hiện khởi động việc kết nối với các thiết bị ngoại vi như NRF24L01, màn hình OLED, các cảm biến. Sau đó bộ thu và bộ phát sẽ đưa ra tín hiệu kết nối các nút mạng với nhau qua

sóng siêu cao tần được phát ra từ cảm biến NRF24L01. Khi kết nối thành công các nút mạng thực hiện truyền dữ liệu về nút trung tâm tức nút thu và cho hiển thị trên màn hình OLED.

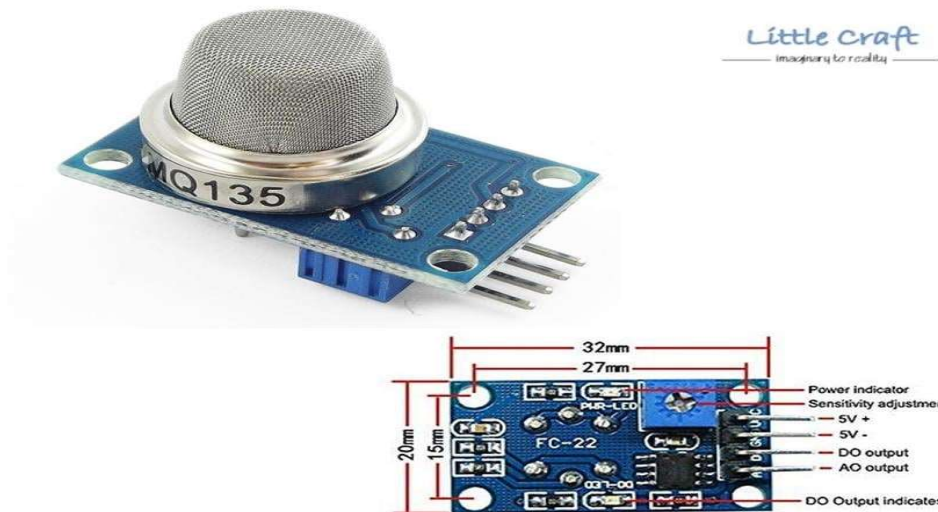
Các thành phần chính của hệ thống đã được trình bày chi tiết ở chương 1. Trong phần tiếp theo em sẽ trình bày chi tiết thêm và các cảm biến DHT11 và MQ135 cũng như thực hiện viết chương trình cho nút thu và phát của hệ thống.

2.2. Cảm biến MQ135

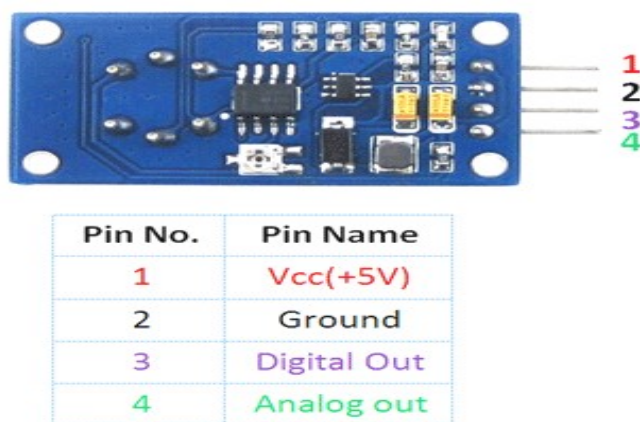
Trong thiết kế này, em sử dụng cảm biến chất lượng không khí MQ135. Cảm biến này giúp đo được các loại khí dễ cháy, khí độc hại trong không khí. Ưu điểm là ta có thể đo được nồng độ nhiều loại khí cùng lúc. Điều này cũng giúp giảm thiểu được kích thước của hệ thống. Tuy nhiên vì đo nhiều loại khí khác nhau đồng thời nên việc tách từng loại khí sẽ khó khăn và phức tạp hơn với việc sử dụng các loại cảm biến riêng biệt. Việc này được giải quyết bằng cách sử dụng tích hợp các thư viện và thuật toán trong chương trình nạp cho bộ xử lý trung tâm.

Cảm biến MQ135 có các đặc tính và thông số chi tiết như sau:

- Điện áp nguồn: $\leq 24\text{VDC}$
- Điện áp của heater: $5\text{V} \pm 0.1 \text{ AC/DC}$
- Điện trở tải: thay đổi được ($2\text{k}\Omega$ - $47\text{k}\Omega$)
- Điện trở của heater: $33\Omega \pm 5\%$
- Công suất tiêu thụ của heater: ít hơn 800mW
- Khoảng phát hiện: 10 – 300 ppm NH_3 , 10 – 1000 ppm Benzene, 10 – 300 Alcol
- Kích thước: $32\text{mm} \times 20\text{mm}$
- Khoảng đo rộng
- Bền, tuổi thọ cao
- Phát hiện nhanh, độ nhạy cao
- Mạch đơn giản



Hình 3.5. Cảm biến MQ135.



Hình 3.4. Chi tiết các chân kết nối.

2.3. Cảm biến DHT11

Cảm biến độ ẩm và nhiệt độ DHT11 Temperature Humidity Sensor là cảm biến rất thông dụng hiện nay vì chi phí rẻ và rất dễ lấy dữ liệu thông qua giao tiếp 1 wire (giao tiếp digital 1 dây truyền dữ liệu duy nhất). Bộ tiền xử lý tín hiệu tích hợp trong cảm biến giúp có được dữ liệu chính xác mà không phải qua bất kỳ tính toán nào. Trong thiết kế này, chân tín hiệu của cảm biến được đưa tới chân 5 của Arduino Uno R3.



Hình 3.5. Cảm biến DHT11.

Thông số kỹ thuật

- Nguồn: 3 -> 5 VDC.
- Dòng sử dụng: 2.5mA max (khi truyền dữ liệu).
- Khoảng đo độ ẩm: 20%-90% RH (sai số 5%RH)
- Khoảng đo nhiệt độ: 0-50°C (sai số 2°C)
- Tần số lấy mẫu tối đa: 1Hz (1 giây / lần) Kích thước 15mm x 12mm x 5.5mm.

Đồ án thực hiện chế tạo thử nghiệm hệ thống bao gồm 1 bộ phát và 1 bộ thu
Sản phẩm thực tế của hệ thống cho trên hình 3.6.



Hình 3.6. Nút mạng giữ vai trò phát tín hiệu.



Hình 3.7. Nút mạng giữ vai trò bộ thu.

2.4. Viết chương trình cho hệ thống

Sau khi xây dựng xong hệ thống phần cứng em viết chương trình cho bộ thu và bộ phát và nạp cho Kit Arduino Uno R3.

Chi tiết chương trình cho bộ thu như sau:

```
/*  
* https://maniacbug.github.io/RF24/classRF24.html  
*  
* VCC - 3.3v  
* GND - GND  
* CSN - 8  
* CE - 7  
* SCK - 13  
* MOSI - 11  
* MISO - 12  
*/  
#include <Wire.h>
```

```

#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#define OLED_RESET 4
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);
RF24 radio(9, 8); // CE, CSN
const byte diachi[6] = "12345";
void setup()
{
  // Khởi tạo OLED
  while (!Serial);
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // initialize with the I2C addr
0x3C (for the 128x32)(initializing the display)
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setTextSize(2);
  display.setCursor(0,0);
  display.print("Hello HPU");
  display.display();
  delay(10);
  Serial.begin(9600);
  if (!radio.begin())
  {
    Serial.println("Module không khởi động được...!!");
    while (1) {}
  }
  radio.openReadingPipe(1, diachi);

```

```

radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
radio.setChannel(80);
radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
radio.startListening();
  if (!radio.available())
  {
    Serial.println("Chưa kết nối được với TX...!!");
    Serial.println("CHỜ KẾT NỐI.....");
  }
}
void loop()
{
  if (radio.available())
  {
    float dataReciever[7];
    radio.read(&dataReciever, sizeof(dataReciever));
    if(dataReciever[0]==1){
      Serial.println("Diem Do So 1: ");
    }
    else
      Serial.println("Diem Do So 2: ");
    Serial.print("t= ");Serial.print(dataReciever[1]);
    Serial.print("*C h= "); Serial.print(dataReciever[2]); Serial.println("%");
    Serial.print("rzero: "); Serial.print(dataReciever[3]);
    Serial.print(" resistance: "); Serial.print(dataReciever[4]);
    Serial.print(" ppm: "); Serial.println(dataReciever[5]);
    Serial.print(" Gas: "); Serial.println(dataReciever[6]);
    // Hiển thị trên OLED
    display.clearDisplay();
  }
}

```

```

display.setTextColor(WHITE);
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0,0);
display.print("Khi Gas:");
display.print(dataReciever[6]);
display.setCursor(0,10);
display.print("Temp:");
display.print(dataReciever[1]);
display.display();
}
}

```

Chi tiết chương trình cho bộ phát như sau:

```

/*
 * https://maniacbug.github.io/RF24/classRF24.html
 *
 * VCC - 3.3v
 * GND - GND
 * CSN - 8
 * CE - 7
 * SCK - 13 mặc định SPI
 * MOSI - 11 SPI
 * MISO - 12 SPI
 */
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <DHT.h>
#include "MQ135.h"
#define PIN_MQ135 A3

```

```

#define PIN_MQ2 A0
MQ135 mq135_sensor = MQ135(PIN_MQ135); // Khai báo đối tượng thư viện
RF24 radio(9, 8); // CE, CSN
const byte diachi[6] = "12345"; //Mảng kí tự dạng chuỗi có 6 kí tự
DHT dht(5, DHT22);
float h,t;
float rzero;
float resistance;
float ppm;
unsigned long timer=millis();
float dataTransmitter[7];
void setup()
{
    dht.begin();
    Serial.begin(9600);

    if (!radio.begin())
    {
        Serial.println("Module không khởi động được...!!");
        while (1) {}
    }
    radio.openWritingPipe(diachi);
    radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
    //Cài bộ khuếch đại công suất ở mức MIN, MAX, HIGH, LOW
    radio.setChannel(80); // 125 kênh từ 0-124; TX và RX phải cùng kênh
        // 2.4GHz ~ 2400Mhz, bước kênh là 1MHz
        // setchannel(1) => 2401Mhz
        // Cao nhất là 2525MHz, Tức là 2.525GHz

```

```

radio.setDataRate(RF24_250KBPS); //Tốc độ truyền dữ liệu trong không khí
                                //250kbps, 1Mbps hoặc 2Mbps
                                //250 thấp nhất nhưng truyền xa, 1Mb và 2Mb mạnh nhưng
truyền không xa

radio.stopListening(); //Cài đặt module là TX

if (!radio.available())
{
    Serial.println("Chưa kết nối được với RX...!!");
    Serial.println("CHỜ KẾT NỐI.....");
}
}

void loop()
{
    if(millis()-timer>2000){
        // Đo khí Gas dùng MQ2
        float gas=analogRead(PIN_MQ2);
        gas=map(gas,0,1023,0,1000);
        //  radio.write(&Gas, sizeof(Gas));
        //  Serial.println(Gas);
        //
        t=dht.readTemperature();
        h = dht.readHumidity();
        rzero = mq135_sensor.getRZero();
        resistance = mq135_sensor.getResistance();
        ppm = mq135_sensor.getPPM();
        if(isnan(h) || isnan(t)){
            Serial.println("Error");

```

```

    }
    else{
        Serial.print("Humidity: ");
        Serial.print(h);
        Serial.print(" %t");
        Serial.print("Temperature: ");
        Serial.println(t);
        Serial.print("Gas: ");
        Serial.println(gas);
        //
        dataTransmitter[0]=2;
        dataTransmitter[1]=t;
        dataTransmitter[2]=h;
        dataTransmitter[3]=rzero;
        dataTransmitter[4]=resistance;
        dataTransmitter[5]=ppm;
        dataTransmitter[6]=gas;
        radio.write(&dataTransmitter, sizeof(dataTransmitter));
        Serial.println("đã gửi");
    }
    timer=millis();
}
}

```

Kết luận

Sau thời gian thực hiện đồ án em đã thực hiện được các nội dung chính gồm:

- Hiểu được những kiến thức tổng quan về mạng cảm biến không dây, hiểu được chuẩn truyền thông Lora, đặc biệt là kiểu truyền thông dùng NRF24L01 để xây dựng một mạng cảm biến không dây thực tiễn.
- Nghiên cứu tìm hiểu và thiết kế, thực hiện các mạch và lắp đặt thử nghiệm thiết bị cho mạng cảm biến không dây sử dụng sóng siêu cao tần 2,45GHz để truyền dữ liệu từ các cảm biến MQ135, DHT11 hoặc có thể dùng thêm bất kỳ loại cảm biến nào khác.
- Thực hiện viết chương trình cho cả phần thu và phát của các nút mạng đã chế tạo.

Trong thời gian làm đồ án em đã nhận được nhiều sự giúp đỡ, hướng dẫn từ thầy TS Đoàn Hữu Chức và các thầy cô trong Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hai Phòng, nhờ những điều đó mà em đã hoàn thành được đồ án của mình.

Em xin trân trọng cảm ơn tới tất cả thầy cô và các bạn.

Tài liệu tham khảo

1. Arduino.cc
2. Quách Tuấn Ngọc(2003). Ngôn Ngữ Lập Trình C, Nhà xuất bản Thống Kê.
3. <http://www.broking.net>
4. http://thuvienlamdong.org.vn:81/bitstream/DL_134679/65536/1/CVv465V20S1122022061.pdf
5. <https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/1132088/ETC2/DHT11.html>
6. <https://banlinhkien.com/>