

LỜI CẢM ƠN

-----oOo-----

Được sự dạy dỗ của các thầy cô trong trường Đại học Công Nghệ - Đại học Quốc Gia Hà Nội, sự hướng dẫn tận tình của thầy hướng dẫn PGS.TS. Nguyễn Hoài Sơn và sự giúp đỡ của các bạn học, tôi đã thực hiện đề tài “Thiết kế và xây dựng Home Gateway cho nhà thông minh” cho khóa luận tốt nghiệp của mình.

Để hoàn thành đồ án tốt nghiệp này, tôi xin chân thành cảm ơn các thầy cô giáo đã cho tôi những bài giảng, kiến thức bổ ích và tạo động lực cho tôi trong quá trình học tập, rèn luyện và nghiên cứu tại trường Đại học Công Nghệ - Đại học Quốc Gia Hà Nội.

Tôi xin chân thành cảm ơn thầy PGS.TS. Nguyễn Hoài Sơn đã trực tiếp hướng dẫn khóa luận tốt nghiệp này. Thầy đã tận tình chỉ dạy, động viên tôi trong suốt quá trình nghiên cứu, thực hiện khóa luận tốt nghiệp này. Trong quá trình nghiên cứu và thực hiện khóa luận tốt nghiệp, còn có nhiều thiếu sót, kính mong thầy thông cảm và bỏ qua.

Tôi xin cảm ơn giảng viên đồng hướng dẫn là cô Ths. Đào Minh Thư đã tận tình góp ý và đưa ra những lời khuyên để tôi có thể hoàn thiện hơn khóa luận tốt nghiệp của mình.

Tôi xin chân thành cảm ơn gia đình, người thân và bạn bè đã luôn quan tâm, giúp đỡ và động viên tôi trong suốt thời gian học tập, nghiên cứu và hoàn thành khóa luận tốt nghiệp này.

Mặc dù đã cố gắng để hoàn thành tốt nhất khóa luận tốt nghiệp này, tuy nhiên tôi vẫn không thể tránh khỏi những thiếu sót. Kính mong quý thầy cô và toàn thể bạn bè góp ý thêm để tôi có thể hoàn thiện đề tài của mình hơn nữa.

Một lần nữa tôi xin chân thành cảm ơn tới các thầy cô giáo và các bạn!

Trân trọng.

TÓM TẮT

Tóm tắt: Trong phạm vi khóa luận tốt nghiệp, mục tiêu của tôi là thiết kế và xây dựng một Home Gateway hoàn chỉnh cho nhà thông minh. Home Gateway được coi là một thành phần quan trọng trong kiến trúc tổng thể của một IoT platform khi nó đóng vai trò trung gian giúp các thành phần bên ngoài nhà thông minh giao tiếp với các thiết bị IoT được lắp đặt bên trong mỗi ngôi nhà. Cụ thể hơn, Home Gateway có nhiệm vụ thu thập dữ liệu, gửi lệnh điều khiển tới các thiết bị IoT và gửi dữ liệu của những thiết bị này ra bên ngoài. Về giao thức kết nối, Home Gateway sẽ giao tiếp với các thiết bị trong nhà thông minh sử dụng giao thức ECHONET Lite, trong khi đó, HTTP và MQTT sẽ là hai giao thức được tích hợp vào Home Gateway để giúp nó giao tiếp với phía server của hệ thống. Đáng chú ý, Home Gateway cũng được trang bị khả năng truyền tin tin cậy khi gửi, nhận dữ liệu với các thiết bị trong nhà thông minh, cùng với đó là khả năng mã hóa các gói tin gửi đến MQTT Broker nhằm tăng cường bảo mật.

Từ khóa: Home Gateway, Echonet Lite, MQTT Broker, thiết bị IoT

ABSTRACT

Abstract: Within the scope of a graduation thesis, my objective is to design and develop a functionally complete Home Gateway for smart homes. Home Gateway is viewed as an important component in the overall architecture of an IoT platform because it plays the role of a mediator that helps outdoor components interact with IoT device deployed in each smart home. To be more specific, Home Gateway is responsible for collecting data, forwarding control commands to IoT devices and send data of these devices to external environment. With regards to communication protocols, Home Gateway will contact with devices in smart homes with the aid of ECHONET Lite protocol, and in the meantime, HTTP and MQTT are two protocols that are integrated into Home Gateway with a view to enabling it to interact with server side. Notably, Home Gateway is also equipped with reliable transfer capability when delivering or receiving data from IoT devices in smart homes, together with the ability of encrypting packets sent to MQTT Broker that could help strengthen security.

Keywords: *Home Gateway, Echonet Lite, MQTT Broker, IoT device*

LỜI CAM ĐOAN

-----oOo-----

Tôi xin cam đoan khóa luận tốt nghiệp “Thiết kế và xây dựng Home Gateway cho nhà thông minh” là kết quả trong suốt quá trình nghiên cứu của tôi. Tôi đã thực hiện quá trình làm khóa luận một cách trung thực, nghiêm túc dưới sự hướng dẫn của PGS.TS. Nguyễn Hoài Sơn và Ths. Đào Minh Thư.

Tất cả các tài liệu, bài báo khoa học, thư viện đều được trích dẫn đầy đủ trong mục tài liệu tham khảo. Khóa luận không sao chép bất cứ các công trình nghiên cứu nào mà không trích dẫn rõ ràng. Các đánh giá, tổng kết trong bài đều thông qua các kết quả thực nghiệm và thống kê số liệu trong thực tế.

Nếu có điều gì sai sót, tôi xin chịu trách nhiệm trước hội đồng về kết quả thực hiện khóa luận tốt nghiệp của mình.

Hà Nội, ngày 08 tháng 6 năm 2020

Người thực hiện

Nguyễn Xuân Việt Cường

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	4
1.1. Tổng quan Internet of Things (IoT) và nhà thông minh.....	4
1.1.1. Internet of Things.....	4
1.1.2. Nhà thông minh	5
1.2. IoT platform cho nhà thông minh.....	6
1.3. Thiết kế Home Gateway trong IoT Platform [1]	8
1.4. Các giao thức trong nhà thông minh	10
1.4.1. Giao thức Echonet Lite	10
1.4.2. Giao thức MQTT	14
CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH THIẾT KẾ HOME GATEWAY	15
2.1. Đặt vấn đề	15
2.2. Phân tích và thiết kế hệ thống.....	18
2.2.1. Ý tưởng thiết kế	18
2.2.2. Thiết kế tổng quan Home Gateway	20
2.2.3. Thiết kế đa luồng cho Home Gateway.....	23
2.2.4. Thiết kế MQTT topics cho nhà thông minh.....	25
2.2.5. Gửi nhận dữ liệu giữa Home Gateway và các thiết bị IoT trong nhà thông minh	28
2.2.6. Mã hóa gói tin truyền từ Home Gateway đến MQTT Broker	31
2.2.7. Truyền tin tin cậy và tránh mất mát gói tin trên đường truyền.....	31
2.2.8. Thiết kế phần cứng và quy trình cài đặt thông số cho Home Gateway	33
CHƯƠNG 3: TRIỂN KHAI VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG	36
3.1. Quy trình khởi chạy của Home Gateway	36
3.2. Triển khai thực tế	37
3.2.1. Thiết bị cài đặt Home Gateway	37

3.2.2. Màn hình hiển thị thông tin.....	38
3.2.3. Website người dùng cấu hình Home Gateway	39
3.2.4. Phần cứng Home Gateway hoàn thiện.....	42
3.2.5. Môi trường cài đặt Home Gateway.....	47
3.3. Đánh giá kết quả.....	47
CHƯƠNG 4: TỔNG KẾT	50
4.1. Tổng kết khóa luận	50
4.2. Hướng phát triển trong tương lai	50
TÀI LIỆU THAM KHẢO	51

MỞ ĐẦU

Đặt vấn đề

Ngày nay, thế giới đang bước vào cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4 hay còn được biết đến với tên gọi “cách mạng công nghiệp 4.0”. Đặc trưng của cuộc cách mạng này là sự hợp nhất, không có ranh giới giữa các lĩnh vực công nghệ: trí tuệ nhân tạo, số hóa, thông minh hóa các thiết bị vật lý, kỹ thuật số, công nghệ sinh học, nano... Sự tương tác giữa các lĩnh vực trên với quy mô rộng lớn, cho phép con người có thể kiểm soát mọi thứ từ xa, không giới hạn về không gian, thời gian. Internet of Things (viết tắt: IoT) là một khái niệm về vạn vật kết nối, ở đó tất cả các thiết bị được kết nối với Internet, thu thập, chia sẻ dữ liệu và giao tiếp với nhau để thực hiện một mục đích nào đó.

Các ứng dụng IoT hiện nay rất đa dạng, nó tác động trực tiếp đến mọi mặt trong đời sống: cơ sở hạ tầng, môi trường, công nghiệp và sản xuất hàng loạt, năng lượng, y học và sức khỏe, logistics và vận tải, giải trí. Vì vậy, IoT đóng một vai trò như “huyết mạch” trong cuộc cách mạng 4.0. Những ứng dụng IoT giúp nâng cao chất lượng cuộc sống của con người như: mua sắm thông minh, theo dõi sức khỏe, cảnh báo ô nhiễm, tự động hóa hệ thống nhà thông minh.... Vì thế, thiết bị IoT đang xuất hiện ngày càng nhiều. Theo như báo cáo, ước tính có khoảng 24 tỷ thiết bị IoT trên thế giới vào năm 2020. Các thiết bị IoT có thể kể đến như: đèn, điều hòa, quạt, cảm biến, tủ lạnh, rô bốt... Đã có rất nhiều ứng dụng về IoT đã được triển khai và chứng minh được giá trị to lớn mà nó mang lại. “Nhà thông minh” (hay còn gọi là: Smart Home) là một trong những ứng dụng như vậy, nó mang đến sự tiện nghi và thoải mái cho người sử dụng.

Đối với một lượng lớn các thiết bị IoT được sử dụng trong Smart Home hiện nay, chúng ta cần một IoT Platform để có thể tích hợp các giao thức kết nối và cung cấp các dịch vụ cho người dùng. Nhóm tác giả thuộc trường Đại học Công nghệ đã đề xuất một IoT Platform sử dụng giao thức Echonet Lite [1] bao gồm 3 thành phần chính:

- Thành phần bên trong nhà thông minh: Bao gồm các thiết bị IoT và Home Gateway sẽ đóng vai trò như một cầu nối trung gian giữa thành phần bên trong nhà thông minh với bên ngoài. Home Gateway sẽ giao tiếp với các thiết bị trong nhà thông qua giao thức Echonet Lite.
- Thành phần thứ hai phía server: có thể được triển khai trên hệ thống cơ sở hạ tầng đám mây, một MQTT broker để nhận dữ liệu từ các home gateway và lưu trữ vào cơ sở dữ liệu. Server này còn cung cấp các dữ liệu của các thiết bị trong

nha thông minh cho các nha cung cấp dịch vu và nguoi dung de có thể thực hiện các chức năng giám sát, điều khiển các thiết bị này.

- Thành phần cho nguoi dùng và các nha cung cấp dịch vu: cung cấp các dịch vu quản lý tài khoản và cung cấp dữ liệu trạng thái của thiết bị được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu cho nguoi dùng và các nha cung cấp dịch vu.

Home Gateway là một thành phần quan trọng trong IoT Platform. Các thành phần bên ngoài muốn giao tiếp với các thiết bị IoT trong nha thông minh đều phải thông qua Home Gateway. Vì vậy, đây là thiết bị có nhiệm vụ thu thập dữ liệu, điều khiển các thiết bị khác và gửi dữ liệu của thiết bị IoT ra ngoài mạng.

Tuy nhiên, thiết kế Home Gateway trong nghiên cứu [1] đang gặp phải nhiều vấn đề. Đầu tiên đó là việc chạy chưa ổn định trong một thời gian dài khi có nhiều thiết bị IoT được thêm vào mạng. Thứ hai là chưa có xác thực và mã hóa giữa Home Gateway và MQTT Broker. Điều đó dẫn đến các thông tin được trao đổi giữa Home Gateway và MQTT Broker có thể bị tấn công và nghe lén trên đường truyền. Ngoài ra, dựa vào những gói tin và dữ liệu thu được, kẻ xấu có thể gửi lệnh điều khiển và kiểm soát các thiết bị IoT trong nha thông minh. Thứ ba đó là các gói tin có thể bị mất mát trên đường truyền khi Home Gateway và các thiết bị IoT trong nha thông minh giao tiếp với nhau.

Vì vậy, trong khóa luận tốt nghiệp “Thiết kế và xây dựng Home Gateway cho nha thông minh” tôi sẽ xây dựng một Home Gateway mới có thể khắc phục được những thiếu sót của phiên bản cũ, đảm bảo được sự hiệu quả khi hoạt động và thân thiện với nguoi sử dụng. Đầu tiên, Home Gateway sẽ đảm bảo khả năng mở rộng và độ ổn định của hệ thống trong môi trường thực tế khi số lượng thiết bị trong nha thông minh tăng lên. Tiếp theo, Home Gateway và MQTT Broker sẽ xác thực và mã hóa thông tin trong quá trình giao tiếp. Ngoài ra, việc thêm các thiết bị IoT mới trong nha và cấu hình thiết bị IoT sẽ được thực hiện tự động mà không cần chạy lại Home Gateway. Để tránh mất mát gói tin khi Home Gateway gửi yêu cầu dữ liệu hoặc gói tin điều khiển đến các thiết bị IoT, Home Gateway sẽ được cài đặt truyền tin tin cậy. Bên cạnh đó, Home Gateway sẽ được thiết kế giao diện sử dụng sao cho thân thiện và nguoi dùng có thể dễ dàng thiết lập, cài đặt. Cuối cùng, hoàn thiện phần cứng để có thể đưa sản phẩm vào sử dụng trong thực tế. Các kết quả trong khóa luận của tôi đã được sử dụng và công bố trong các bài báo [2] và [3].

Cấu trúc đồ án tốt nghiệp:

Nội dung trong các chương của khóa luận như sau:

Chương 1: Tổng quan

Tổng quan về các kiến thức như: công nghệ IoT, hệ thống nhà thông minh, các giao thức như: MQTT, Echonet Lite...

Các nghiên cứu liên quan về Home Gateway

Chương 2: Phân tích thiết kế Home Gateway để có thể giải quyết được tốt yêu cầu bài toán đề ra.

Mô tả mục tiêu, bài toán của hệ thống từ đó phân tích, thiết kế hệ và xây dựng Home Gateway

Chương 3: Triển khai và đánh giá hệ thống

Triển khai hệ thống trong thực tế và thử nghiệm chúng để có thể đưa ra những đánh giá từ kết quả có được trong thực nghiệm

Chương 4: Tổng kết việc hoàn thành khóa luận và đưa ra hướng phát triển

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan Internet of Things (IoT) và nhà thông minh

1.1.1. Internet of Things

Thuật ngữ IoT được viết tắt từ Internet of Things. Đây là một khái niệm được đưa ra bởi nhà khoa học Kevin Ashton vào năm 1999. Khái niệm này mô tả một hệ thống, ở đó tất cả các thiết bị được kết nối với Internet, thu thập, chia sẻ dữ liệu và giao tiếp với nhau để thực hiện một mục đích nào đó. Tuy nhiên vào thời điểm đó IoT chưa phát triển mạnh mẽ vì các công nghệ thời bấy giờ chưa cho phép. Hiện nay, thế giới đang bước vào cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4. Đặc trưng của cuộc cách mạng này là sự hợp nhất, không có ranh giới giữa các lĩnh vực công nghệ: trí tuệ nhân tạo, số hóa, thông minh hóa các thiết bị vật lý, kỹ thuật số và công nghệ sinh học. Sự tương tác giữa các lĩnh vực trên với quy mô rộng lớn cho phép con người có thể kiểm soát mọi thứ từ xa, không giới hạn về không gian và thời gian. Vì vậy, ngày càng có nhiều các nghiên cứu về IoT được công bố.



Hình 1.1. Tổng quan về IoT

IoT đã và đang trở thành một ngành công nghiệp phát triển trên thế giới. Theo các thống kê và báo cáo, ước tính có khoảng 24 tỷ thiết bị IoT trên toàn thế giới vào năm 2020. Tổng vốn đầu tư trong lĩnh vực IoT trong 5 năm tới sẽ đạt mức 13 nghìn tỷ USD. Ba đối tượng chính sử dụng thiết bị IoT bao gồm chính phủ, doanh nghiệp và người tiêu

dùng. Thị trường IoT sẽ tăng 520 tỉ USD vào năm 2021. IoT tại Việt Nam đang được quan tâm nhiều và ngày càng phát triển.

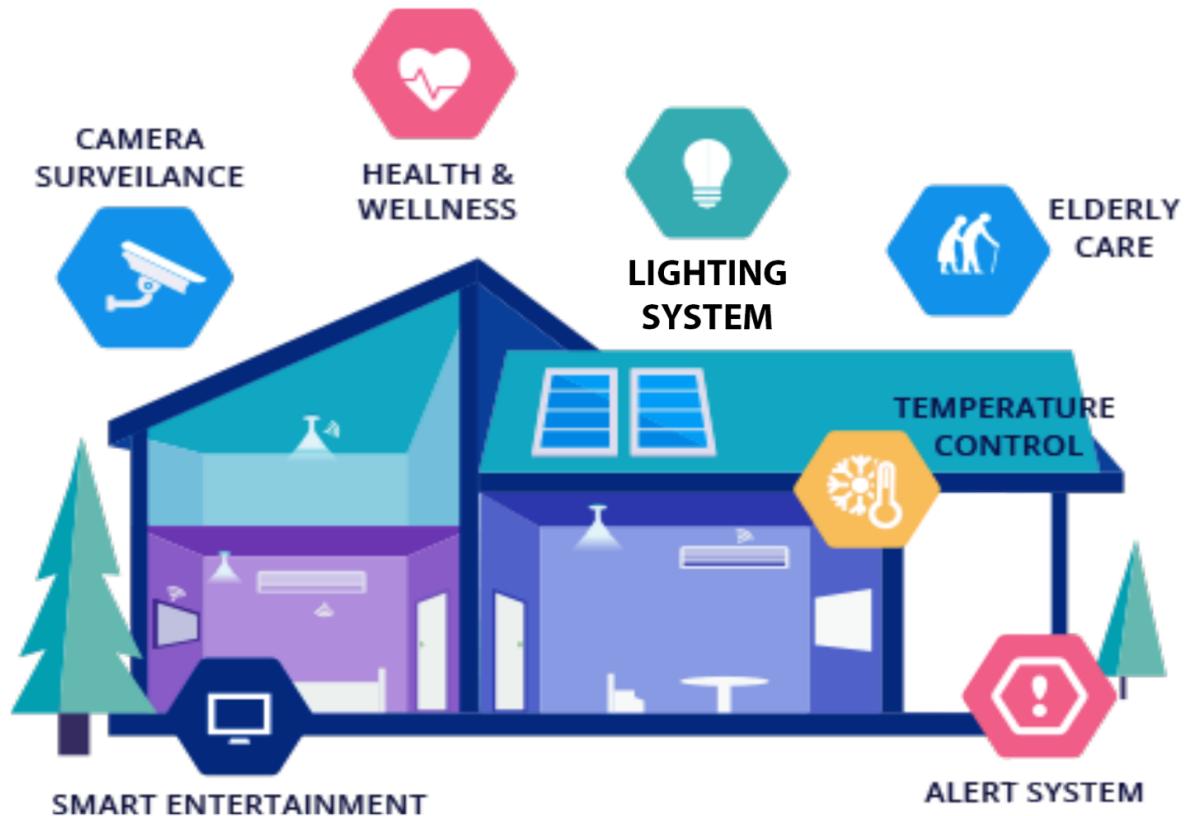
Ngày nay, các ứng dụng IoT tác động trực tiếp đến mọi mặt đời sống của con người như: cơ sở hạ tầng, môi trường, công nghiệp và sản xuất hàng loạt, năng lượng, y học và sức khoẻ, logistics và vận tải, giải trí... Các ứng dụng IoT giúp nâng cao chất lượng cuộc sống của con người. Chúng ta có thể kể đến các ứng dụng IoT trong một số lĩnh vực nổi bật như:

- Về y tế: các thiết bị hỗ trợ theo dõi sức khỏe như đồng hồ, vòng đeo tay, vòng cổ giúp con người chủ động theo dõi sức khỏe của bản thân. Những dữ liệu thu được từ các thiết bị trên sẽ góp phần xây dựng mô hình dự đoán bệnh chính xác hơn. Ngoài ra, các hệ thống sẽ thông báo cho người thân của người sử dụng khi sức khỏe họ không tốt. Gần đây, chúng ta có thể thấy các hệ thống đo và giám sát chất lượng không khí, cảnh báo ô nhiễm môi trường trở nên phổ biến hơn.
- Về giao thông: đã có những ứng dụng như thu phí không dừng, phạt nguội. Một ứng dụng IoT khác nổi bật đó là xe tự lái. Trên xe tự lái có các thiết bị cảm biến giúp theo dõi, quan sát chướng ngại vật và chỉ ra đường đi cho xe.
- Về nông nghiệp: có nhiều nơi đã và đang ứng dụng, cài đặt hệ thống hỗ trợ giám sát các điều kiện trong chăn nuôi và trồng trọt. Những hệ thống này sử dụng các thiết bị IoT như: cảm biến độ ẩm, nhiệt độ ánh sáng, gió... giúp cho người dân giảm thời gian lao động và tăng năng suất cây trồng, vật nuôi.
- Về xây dựng và tự động hóa nhà: nhà thông minh là một ứng dụng điển hình về IoT thường xuyên được nhắc đến như một xu hướng tiên tiến, hướng con người đến với cuộc sống tiện nghi và thoải mái do công nghệ mang lại. Ứng dụng của IoT trong nhà thông minh sẽ được mô tả chi tiết ở mục 1.1.2.

1.1.2. Nhà thông minh

Nhà thông minh (hay còn gọi là Smart Home) là các ngôi nhà được lắp đặt những thiết bị tự động hoặc bán tự động. Hệ thống này có thể làm những công việc như điều khiển chiếu sáng, tăng giảm nhiệt độ, đóng/mở rèm cửa, giải trí, an ninh... cùng nhiều tính năng thông minh khác. Hiện nay, trong thời đại 4.0, nhà thông minh đang trở thành “tiêu chuẩn” cho nhà hiện đại. Ngày càng nhiều người tiêu dùng chủ động tìm hiểu về nhà thông minh khi xây dựng biệt thự, căn hộ, nhà riêng ngay từ khi bắt đầu dự định xây sửa nhà. Về phía chủ đầu tư, nhà thông minh đang được ứng dụng vào các công trình để có thể cạnh tranh tốt hơn trên thị trường. Với nhu cầu ngày một tăng, đã có

nhiều ứng dụng trong nhà thông minh ra đời. Chúng ta có thể kể đến như: hệ thống camera giám sát tự động, tự động tưới cây, điều khiển các thiết bị trong nhà thông qua điện thoại thông minh...



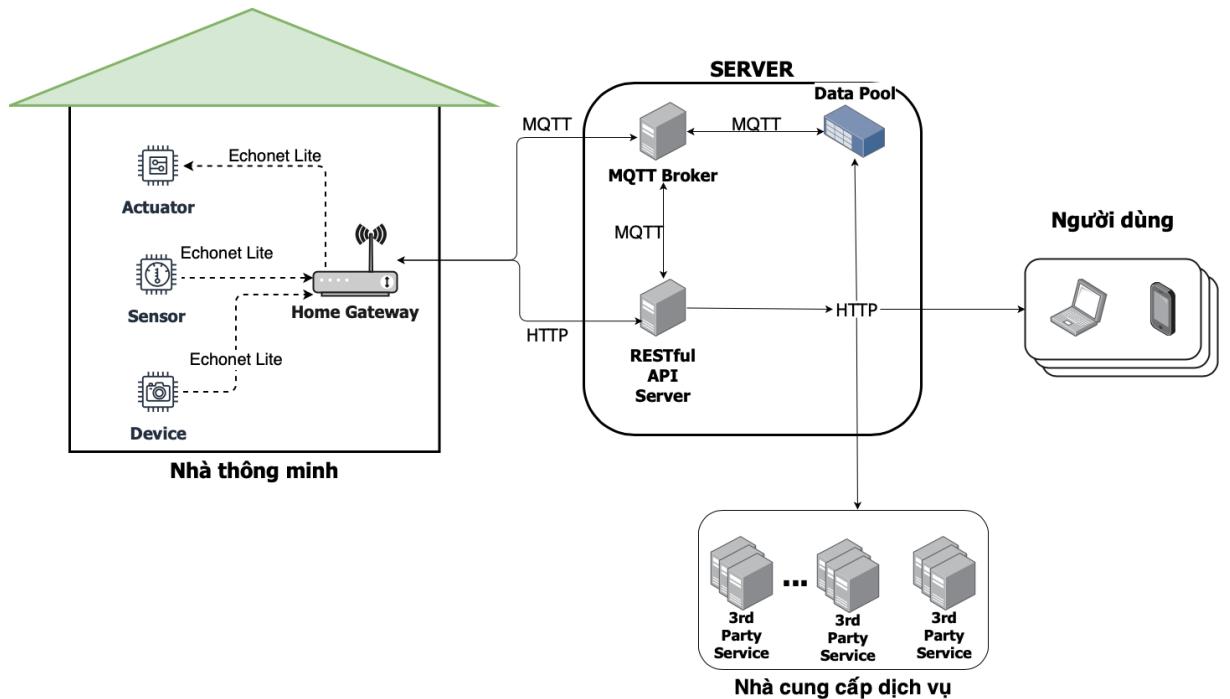
Hình 1.2. Nhà thông minh (Smart Home)

Chúng tôi cũng đã nghiên cứu và phát triển hệ thống điều khiển đèn thông minh tiết kiệm năng lượng [2]. Hệ thống sẽ được cài đặt thuật toán để đưa ra kịch bản điều khiển đèn phù hợp với vị trí và độ sáng mà người dùng mong muốn. Đồng thời chúng tôi sử dụng ánh sáng tự nhiên để có thể tiết kiệm năng lượng cho hệ thống. Ngoài ra, hệ thống sẽ thích ứng với sự thay đổi của môi trường bằng cách điều chỉnh lại độ sáng của đèn khi ánh sáng tự nhiên thay đổi.

1.2. IoT platform cho nhà thông minh

Do các thiết bị IoT và ứng dụng IoT ngày càng phổ biến cho nhà thông minh dẫn đến nhu cầu về một nền tảng (IoT Platform) cho phép người dùng dễ dàng thiết lập môi trường nhà thông minh và cho phép các nhà cung cấp dịch vụ truy cập và điều khiển các thiết bị IoT trong nhà. IoT platform giúp cho việc tương tác giữa các thiết bị IoT, người dùng, nhà cung cấp dịch vụ trở nên dễ dàng và thuận tiện hơn. IoT Platform đề xuất

trong nghiên cứu [1] đang còn nhiều hạn chế, vì vậy chúng tôi đã cải tiến mới cho kiến trúc IoT Platform này trong nghiên cứu [3] như Hình 1.3.



Hình 1.3. IoT Platform cho nhà thông minh

Trong Hình 1.3, bên trong nhà thông minh bao gồm Home Gateway và các thiết bị IoT. Home Gateway có vai trò là cầu nối giao tiếp giữa các thiết bị IoT trong nhà và máy chủ (server). Home Gateway có những nhiệm vụ chính đó là: xác định tất cả các thiết bị IoT đã tham gia vào mạng, thu thập dữ liệu, giám sát và điều khiển thiết bị IoT, trao đổi dữ liệu với phía server. Ngoài ra, Home Gateway là thành phần duy nhất có khả năng giao tiếp với phía server. Điều này giúp cho việc quản lý và đảm bảo tính bảo mật, an toàn cho người dùng.

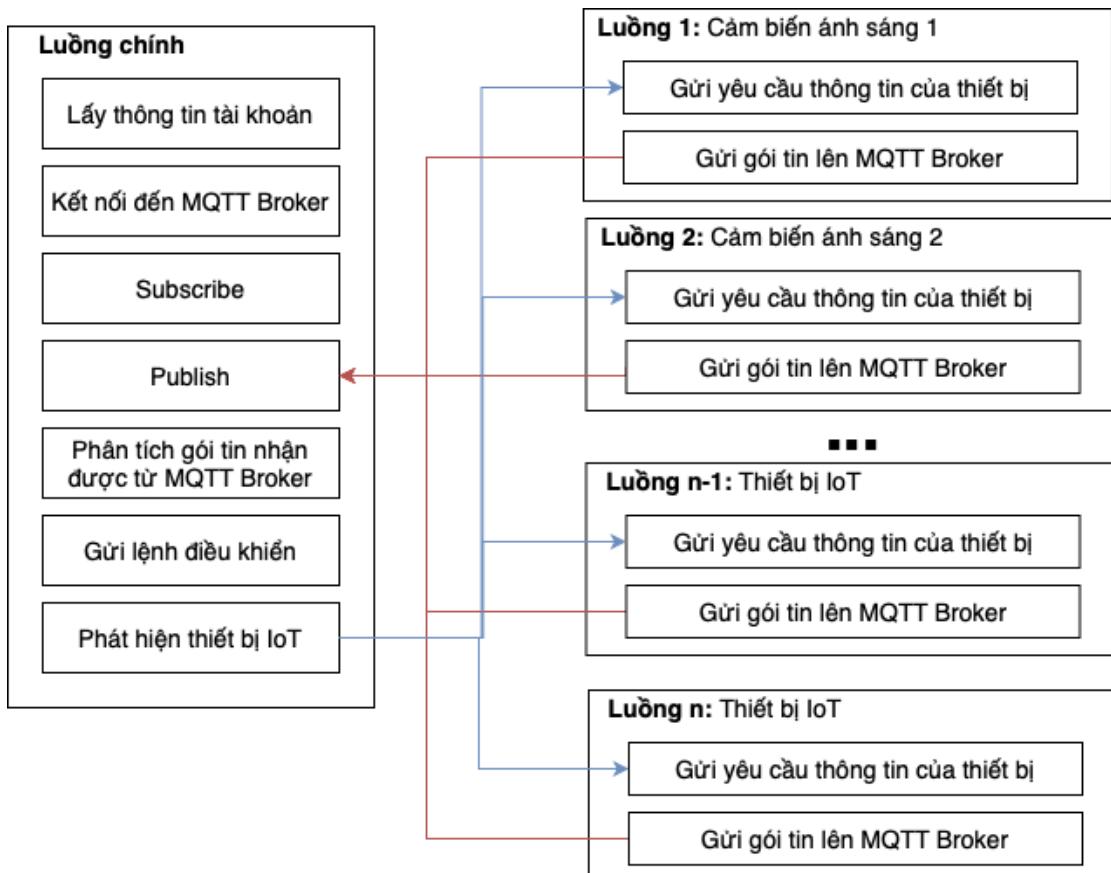
Phía Server: Server được triển khai tại các máy chủ trên cloud. Phía server được cài đặt với thành 3 phần: MQTT Broker, Data Pool, RESTful API server. Server sẽ được thiết kế theo ý tưởng hộp đen (black box), trong đó chỉ MQTT Broker có thể giao tiếp với thiết bị IoT bên trong nhà thông minh thông qua Home Gateway và chỉ có RESTful API server có thể giao tiếp với người dùng cuối.

- MQTT Broker có nhiệm vụ hỗ trợ trao đổi dữ liệu giữa nhà thông minh và server thông qua giao thức MQTT. Đây là thiết bị trung gian đóng vai trò chuyển các gói tin thông qua các topic.

- Thành phần thứ hai ở server là Data pool, mọi thông tin của người dùng như tài khoản, thông tin nhà và các thông tin cần thiết khác để có thể quản lý hoạt động của thiết bị IoT trong nhà thông minh sẽ được lưu tại đây.
- Cuối cùng là RESTful API server. Tại đây, RESTful API server xác thực tài khoản người dùng bằng cách sử dụng JSON Web token để đảm bảo quyền truy cập của họ. Ngoài ra, RESTful API server đóng vai trò trong việc cung cấp phương thức cho các nhà cung cấp dịch vụ để truy cập dữ liệu và gửi lệnh điều khiển tới các thiết bị IoT trong nhà thông minh. RESTful API server cho phép IoT Platform kiểm soát thông tin và lệnh điều khiển được cung cấp từ nhà cung cấp dịch vụ nhằm bảo mật thông tin cho người dùng.

Phía người dùng: Người dùng có thể giám sát và điều khiển các thiết bị IoT bên trong trong nhà thông minh thông qua ứng dụng web hoặc ứng dụng di động được cài đặt trên điện thoại thông minh.

1.3. Thiết kế Home Gateway trong IoT Platform [1]



Hình 1.4. Thiết kế Home Gateway trong nghiên cứu [1]

Trong nghiên cứu [1], Home Gateway được thiết kế như Hình 1.4. Trong hình trên, luồng chính sẽ xử lý nhiều công việc khác nhau như kết nối với MQTT Broker, gửi và nhận gói tin từ MQTT Broker (publish và subscribe), phân tích gói tin điều khiển sau đó gửi lệnh điều khiển đến các thiết bị. Nếu như trong quá trình hoạt động xuất hiện lỗi khi phân tích gói tin hoặc gửi lệnh điều khiển sẽ kết nối từ Home Gateway đến MQTT Broker bị mất. Mỗi thiết bị IoT sẽ được tạo một luồng riêng để xử lý khi Home Gateway phát hiện thiết bị đó trong mạng. Ví dụ trong nhà có 10 thiết bị IoT thì Home Gateway sẽ tạo ra 10 luồng. Mỗi luồng sẽ yêu cầu các thiết bị tương ứng gửi dữ liệu về Home Gateway. Đồng thời khi nhận được thông tin phản hồi từ thiết bị, những luồng ấy sẽ đóng gói thành các gói tin MQTT có định dạng JSON sau đó gửi lên MQTT Broker.

Tuy nhiên, nhà thông minh ngày càng được lắp đặt rất nhiều thiết bị IoT. Điều đó dẫn đến Home Gateway sẽ tạo ra rất nhiều luồng xử lý, đồng nghĩa với việc sẽ tạo gánh nặng cho việc chạy Home Gateway trên phần cứng. Ví dụ khi có hơn 100 thiết bị IoT trong nhà thông minh, Home Gateway sẽ tạo ra 100 luồng tương ứng với từng loại thiết bị đó, với 100 luồng như vậy dẫn đến phần cứng tồn tại nguyên để xử lý. Ngoài ra, việc giải quyết tranh chấp tài nguyên giữa các luồng chưa triệt để dẫn đến Home Gateway dễ bị lỗi và dừng đột ngột trong khi hoạt động. Cuối cùng là các gói tin gửi nhận giữa các thiết bị IoT và Home Gateway bị mất mát trên đường truyền, điều này ảnh hưởng đến việc gửi dữ liệu lên server và thiết bị có thể không nhận được lệnh điều khiển từ Home Gateway.

Ngoài ra, gói tin trao đổi giữa Home Gateway và MQTT Broker chưa được mã hóa. Khi bị tấn công và nghe lén trên đường truyền, thông tin về thiết bị IoT trong nhà dễ bị đánh cắp. Từ những thông tin ấy, người ngoài có thể gửi lệnh điều khiển đến các thiết bị IoT trong nhà hoặc chiếm toàn quyền truy cập ngôi nhà đó.

Trong IoT Platform được đề xuất trong [1], Home Gateway chưa có quy trình để người dùng có thể cấu hình cho các thiết bị IoT mới trong mạng. Mỗi khi có thiết bị mới, người dùng cần phải cấu hình vị trí và thông tin của thiết bị trong code và chạy lại Home Gateway. Điều này gây nên sự bất tiện lớn khi sử dụng. Đồng thời, việc thiết kế topic còn chưa hợp lý làm cho thông tin bị dư thừa, điều đó dẫn đến Home Gateway phải xử lý nhiều gói tin hơn, dễ nhầm lẫn giữa các thiết bị IoT. Ngoài ra, rất khó để phân quyền cho các nhà cung cấp dịch vụ theo thiết kế topic như vậy.

Thêm vào đó, việc sử dụng Home Gateway trong nghiên cứu [1] đối với người dùng là rất khó. Do chưa có giao diện sử dụng, phần cứng cài Home Gateway chưa hoàn chỉnh nên người dùng cần phải có kiến thức về máy tính và thiết bị phần cứng để có thể

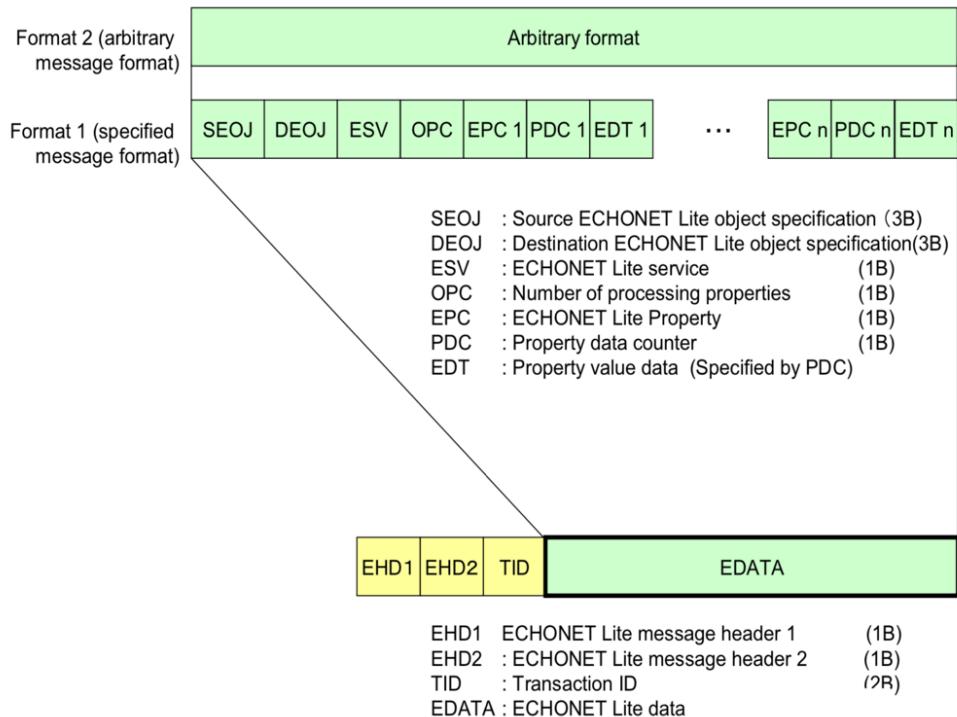
chạy và cấu hình được Home Gateway. Điều này là một cản trở lớn với người dùng khi tiếp cận IoT Platform cho nhà thông minh mà tác giả đã thiết kế và xây dựng.

1.4. Các giao thức trong nhà thông minh

1.4.1. Giao thức Echonet Lite

Các thiết bị trong nhà thông minh giao tiếp với nhau thông qua giao thức Echonet Lite [4] (Energy Conservation and Homecare Network Lite). Giao thức Echonet Lite đang được quản lý bởi 6 tập đoàn đó là: Hitachi, Mitsubishi Electric, NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION, Panasonic, Tokyo Electric Power Company Holdings, Toshiba. Đây đều là những tập đoàn lớn trong sản xuất thiết bị gia dụng trong gia đình và được sử dụng ở mọi nơi trên thế giới. Vì vậy, hệ sinh thái các thiết bị sử dụng giao thức Echonet Lite rất đa dạng và phong phú từ loại thiết bị cho đến hãng sản xuất.Thêm vào đó, giao thức này liên tục được nghiên cứu, phát triển từng ngày bởi một đội lớn đằng sau. Đó là 153 công ty thành viên chung và 31 hội viên tham gia nghiên cứu [5]. Tại Việt Nam có trường đại học Công Nghệ, đại học Quốc Gia Hà Nội và trường đại học Bách Khoa Hà Nội là thành viên tham gia nghiên cứu giao thức này.

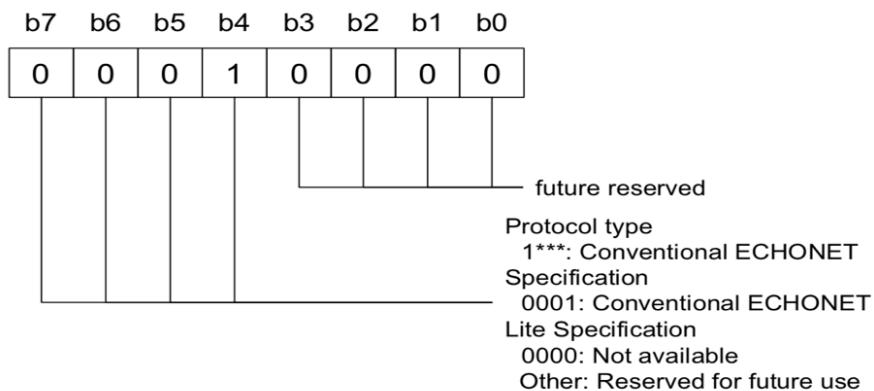
Giao thức Echonet Lite là một giao thức có những đặc điểm như: tương thích với nhiều loại thiết bị trong nhà thông minh, dễ dàng kết nối mọi thiết bị của các hãng khác nhau nếu chúng tương thích chuẩn Echonet Lite, không cần phải cài đặt lại khi có thiết bị mới tham gia vào hệ thống, các nhà cung cấp dịch vụ dễ dàng phát triển ứng dụng... Ngoài ra, đối với các thiết bị cũ, chúng ta có thể lắp đặt thêm Echonet Lite adapter. Thiết bị này sẽ giúp thiết bị đây giao tiếp với Home Gateway trong nhà. Như vậy, khi một thiết bị còn đang tốt và có thể sử dụng lâu dài, ta có thể dễ dàng nâng cấp chúng.



Hình 1.5. Cấu trúc một gói tin Echonet Lite

Cấu trúc một gói tin Echonet Lite được mô tả ở trong Hình 1.5. Tại đây, mỗi gói tin được chia thành 2 phần đó là Header (EHD1, EHD2, TID) và phần dữ liệu (EDATA). Trong phần Header ta có:

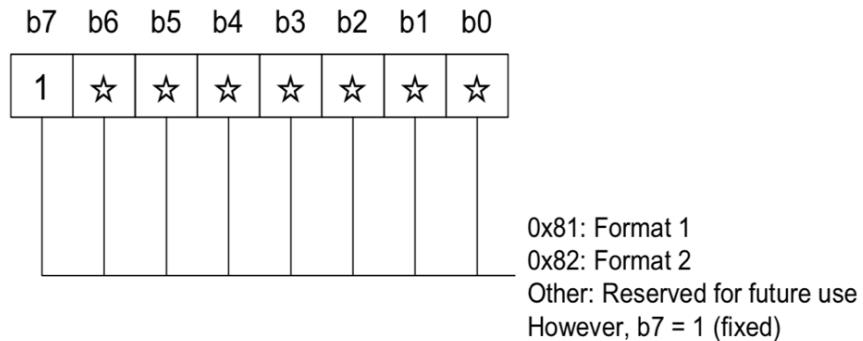
- EHD1 (Echonet Lite Message Header 1) được mô tả trong Hình 1.6, những giá trị ở trường này được cố định bởi nhà phát triển.



Hình 1.6. Chi tiết gói tin EHD1

- EHD2 (Echonet Lite Message Header 2): quy định cấu trúc của EDATA là sẽ là 0x81 hay 0x82 như trong Hình 1.7. Khi EHD2 là 0x81, định dạng cấu trúc

EDATA là định dạng được chỉ định. Khi EHD2 là 0x82, định dạng cấu trúc EDATA là định bất kỳ. Ngoài ra, b7 được cố định bằng 1.

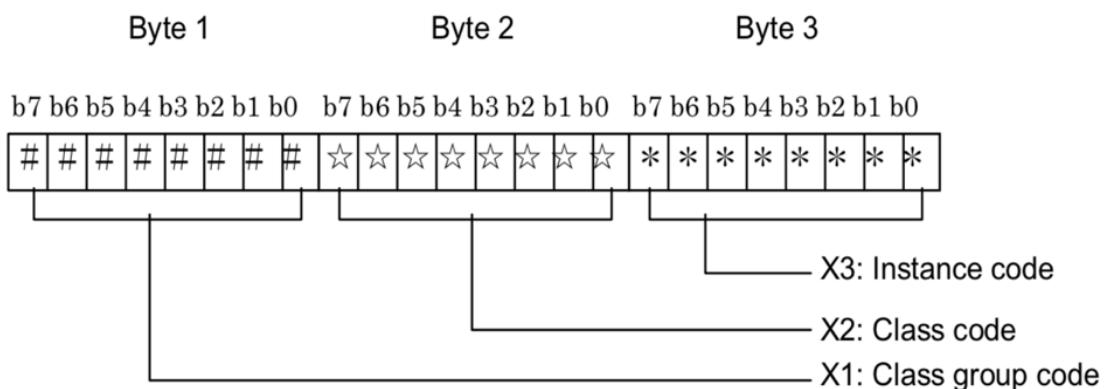


Hình 1.7. Chi tiết gói tin EHD2

- TID (Transaction ID): là 1 tham số được sử dụng để xâu chuỗi 1 request được gửi đi và 1 response nhận về khi 1 bên gửi request nhận 1 phản hồi từ các kết nối Echonet Lite. 1 bên gửi request sẽ lưu giá trị tương tự như nó được lưu trong nội dung gói tin request. Các giá trị TID của các thông báo giá trị thuộc tính và các gói tin khác mà nếu chúng không nhận về gói tin phản hồi thì nó sẽ không được chỉ ra 1 cách rõ ràng.

Trong phần EDATA ta có:

- EOJ (Echonet Object): mô tả nguồn của gói tin. Ở đây thể hiện kiểu, loại và thứ tự thiết bị. Cấu trúc bao gồm [X1.X2] và [X3] như Hình 1.8. Trong đó X1: group code, X2: class code, X3: instance code. Group code và class code sẽ được quy định bởi nhà phát triển, ví dụ trong Bảng 1.1 và 1.2. Instance code dùng để phân biệt các thiết bị cùng loại và cùng kiểu



Hình 1.8. Chi tiết các thành phần trong EOJ

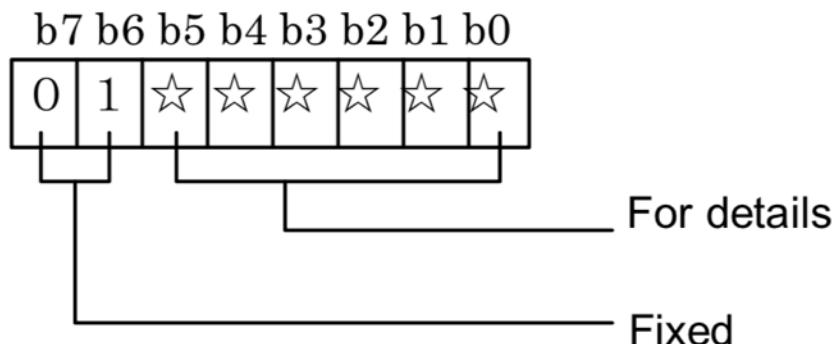
GROUP CODE	GROUP NAME	REMARKS
0x00	Sensor-related device class group	
0x01	Air conditioner-related device class group	
0x02	Housing/facility-related device class group	
0x03	Cooking/housework-related device class group	
0x04	Health-related device class group	
0x05	Management/control-related device class group	
0x06	AV-related device class group	
0x07-0x0D	Reserved for future use	
0x0E	Profile class group	
0x0F	User definition class group	
0x10-0xFF	Reserved for future use	

Bảng 1.1. Danh sách Group Code trong giao thức Echonet Lite

CLASS CODE	CLASS NAME	DETAILED SPECS.	REMARKS
0x00-0xFC	Reserved for future use		
0xFD	Switch		
0xFE	Portable terminal		
0xFF	Controller		

Bảng 1.2. Danh sách Class Code trong Group Code 0x05

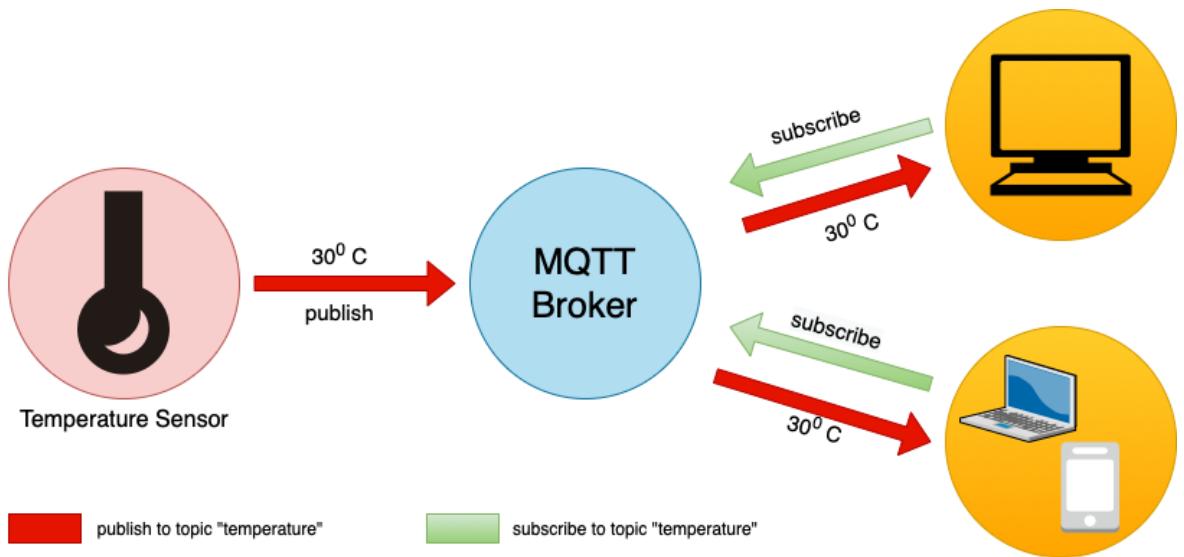
- ESV (Echonet Lite Service): Thông số kỹ thuật và chi tiết cho ESV được mô tả trong Hình 1.9. Trong đó, b7, b6 được cố định là 0 và 1, còn lại được quy định theo nhà phát triển.



Hình 1.9. Chi tiết thành phần trong ESV

- EPC (Echonet Lite property): quy định về mã thuộc tính của từng thiết bị được cung cấp bởi nhà phát triển.
- PDC (Property data counter): cho biết độ dài của trường EDT紧跟其后。
- EDT (Echonet Property Value Data): thể hiện thông số kỹ thuật của thiết bị.

1.4.2. Giao thức MQTT



Hình 1.10. Mô hình hoạt động của giao thức MQTT

Giao thức MQTT được viết tắt từ Message Queuing Telemetry Transport được phát triển bởi Dr Andy Stanford-Clark làm việc tại IBM và Arlen Nipper làm việc tại Cirrus Link (hiện tại Eurotech) vào năm 1999 [6]. Vào năm 2013, IBM đã đưa ra phiên bản 3.1, đây là phiên bản được chuẩn hóa theo tiêu chuẩn OASIS. Hiện nay, phiên bản mới nhất là 5.0. MQTT là giao thức gửi gói tin hoạt động theo mô hình publish và subscribe như Hình 1.10.

Trong mô hình hoạt động của giao thức MQTT, các gói tin được gửi và nhận dựa vào một khái niệm đó là topic. Topic giúp cho chúng ta có thể phân biệt các kênh truyền khác nhau trên MQTT Broker. Thiết bị gửi gói tin được gọi là thiết bị publish, thiết bị nhận là thiết bị subscribe. Khi một thiết bị subscribe đến một topic, mỗi khi có một gói tin được gửi thông qua topic ấy, thiết bị subscribe sẽ nhận được thông báo và gói tin đã được publish. Ngoài ra, giao thức MQTT có nhiều ưu điểm đó là:

- Chuyển thông tin hiệu quả.
- Tăng khả năng mở rộng: khi một gói tin được gửi từ một thiết bị thì nhiều nơi khác có thể nhận được. Số lượng publish và subscribe là không giới hạn.
- Tối đa hóa băng thông có sẵn, giảm đáng kể tiêu thụ băng thông: Tiêu đề gói tin MQTT chỉ 2byte và nội dung tin nhắn trong các gói tin đều ở dạng nhị phân.
- Có thể mã hóa gói tin trên đường truyền.

CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH THIẾT KẾ HOME GATEWAY

2.1. Đặt vấn đề

Hiện nay, các thiết bị IoT (IoT device) xuất hiện ngày càng nhiều và số lượng tăng nhanh chóng. Nó hiện diện trong nhiều lĩnh vực của cuộc sống và thiết bị trong nhà thông minh cũng vậy. Sự gia tăng về mặt số lượng các thiết bị IoT đã đặt ra những yêu cầu cao hơn cho các hệ thống IoT Platform, ví dụ như sự chính xác, ổn định trong xử lý các luồng dữ liệu, khả năng bảo mật thông tin cao hay tính thân thiện, dễ dùng cho người sử dụng. Để giúp một hệ thống IoT Platform xây dựng cho nhà thông minh đáp ứng được những yêu cầu đó thì trước hết thành phần Home Gateway phải được đặc biệt chú trọng thiết kế và cài đặt vì nó đóng vai trò là cầu nối giữa các thiết bị IoT trong nhà với các thành phần bên ngoài. Tuy nhiên, khi chúng ta xây dựng Home Gateway, có nhiều vấn đề cần được giải quyết như: khả năng mở rộng khi số lượng thiết bị IoT tăng lên, quy trình thêm các thiết bị IoT mới vào mạng, tính bảo mật và an toàn... Tôi sẽ đi sâu vào cụ thể các vấn đề như sau.

Đầu tiên đó là tính ổn định, khả năng mở rộng và hiệu năng của hệ thống. Do số lượng các thiết bị IoT trong một ngôi nhà thông minh sẽ ngày càng tăng và có thể lên đến hàng trăm thiết bị, nên Home Gateway phải đáp ứng, xử lý cũng như đảm bảo việc gửi nhận dữ liệu với số lượng lớn thiết bị. Hiện nay, có nhiều ứng dụng cần dữ liệu của các cảm biến để đưa ra kịch bản điều khiển thiết bị như: hệ thống điều khiển đèn, hệ thống điều khiển quạt và điều hòa, hệ thống điều khiển rèm... Mỗi hệ thống trên cần nhiều dữ liệu của thiết bị IoT, ví dụ hệ thống điều khiển đèn cần một lượng lớn dữ kiện từ các cảm biến ánh sáng để đưa ra thông tin chính xác về độ sáng căn phòng. Như đã trình bày trong mục 1.3, với cách thiết kế Home Gateway như trong nghiên cứu [1], khi có nhiều thiết bị IoT trong nhà thông minh, Home Gateway sẽ xảy ra lỗi sau một thời gian ngắn hoạt động. Điều này dẫn đến việc thông tin của các thiết bị IoT trong nhà thông minh không thể gửi đến MQTT Broker. Ngoài ra, nếu thông tin không được gửi đến MQTT Broker một cách chính xác và kịp thời thì việc tính toán ở server sẽ cho ra những kết quả không chính xác với yêu cầu thực tế. Do đó, ngoài việc vận hành ổn định thì Home Gateway phải đảm bảo tính chính xác và kịp thời khi gửi nhận dữ liệu.

Vấn đề thứ hai, việc cấu hình các thiết bị IoT mới trong nhà thông minh cần phải đảm bảo không làm gián đoạn hoạt động của Home Gateway. Vì vậy, Home Gateway cần có quy trình cụ thể để thêm và cấu hình các thiết bị IoT mới trong mạng. Người dùng sẽ cấu hình thông tin vị trí cho các thiết bị IoT mới. Ví dụ thiết bị đó được sử dụng ở phòng nào (phòng bếp, phòng ngủ 1, phòng khách...).Thêm vào đó, để có thể

dễ dàng ghi nhớ thiết bị, người dùng sẽ đặt tên cho thiết bị đó theo mong muốn của bản thân. Sau khi người dùng cấu hình thông qua web hoặc điện thoại thông minh thì Home Gateway cần phải nhận được những thông tin đó. Thông tin về topic, vị trí của thiết bị cần được phân tích và lưu lại trong quá trình chạy mà không phải khởi động lại Home Gateway.

Vấn đề thứ ba đó là việc chia và thiết kế các topics giữa Home Gateway và MQTT Broker. Home Gateway và MQTT Broker cần có những topics để hai phía có thể gửi nhận dữ liệu với nhau. Trong nghiên cứu [1], tác giả đã thiết kế topic theo kiểu “*user/A/data/+*” để gửi dữ liệu (publish) và “*user/A/command/+*” để nhận dữ liệu (subscribe) (người dùng là A). Khi một user sở hữu nhiều nhà, mọi dữ liệu hay lệnh điều khiển từ tất cả các nhà sẽ sử dụng chung một topic. Điều đó sẽ dẫn đến việc nhiều thông tin không cần thiết. Ví dụ khi cần thông tin của đèn thứ 1 nhưng Home Gateway sẽ lấy tất cả các thông tin của thiết bị trong các nhà người dùng sở hữu. Sau đó Home Gateway phải phân tích để tìm ra được thông tin cần thiết. Topics cũ còn gặp vấn đề khó khăn khi xác định các thiết bị trong nhà. Các thiết bị không được chia theo nhà và phòng có thể dẫn đến nhầm lẫn giữa các thiết bị cùng loại với nhau. Việc thiết kế topics trong nghiên cứu [1] không thể hỗ trợ việc phân quyền khi muốn mở rộng hệ thống cho các nhà cung cấp dịch vụ bên ngoài. Nếu như theo topics đó, nhà cung cấp dịch vụ sẽ có quyền như người dùng chính. Đó là điều khiển toàn bộ các nhà mà người dùng sở hữu. Vì vậy cần phải thiết kế topic phù hợp để API server có thể phân quyền truy cập cho các nhà cung cấp dịch vụ. Ngoài ra, khi Home Gateway nhận được gói tin từ topic có thể xác định được ý nghĩa của gói tin ấy, từ đó có thể rút ngắn thời gian trong việc xử lý dữ liệu.

Vấn đề thứ tư, về việc truyền tin tin cậy giữa các thiết bị IoT và Home Gateway. Do các gói tin Echonet Lite được truyền bằng giao thức UDP (User Datagram Protocol) trên môi trường truyền không dây (wifi, zigbee...) nên có thể bị mất mát gói tin trên đường truyền. Nếu thông tin phản hồi của các thiết bị IoT trong nhà thông minh không được gửi đến Home Gateway thì những thông tin ấy cũng sẽ không thể gửi được lên server để phục vụ cho việc tính toán và xử lý dữ liệu. Ngược lại, sau khi Home Gateway nhận được gói tin điều khiển từ server, Home Gateway sẽ gửi gói tin điều khiển đến các thiết bị IoT. Nhưng nếu như trên đường truyền gói tin bị mất, thiết bị sẽ không thể nhận được lệnh điều khiển từ Home Gateway. Điều đó khiến hệ thống hoạt động không đúng kịch bản của server đưa ra hoặc mong muốn của người dùng. dẫn đến trải nghiệm của người dùng với hệ thống bị ảnh hưởng rõ rệt. Để giải quyết vấn đề này, chúng ta cần cài

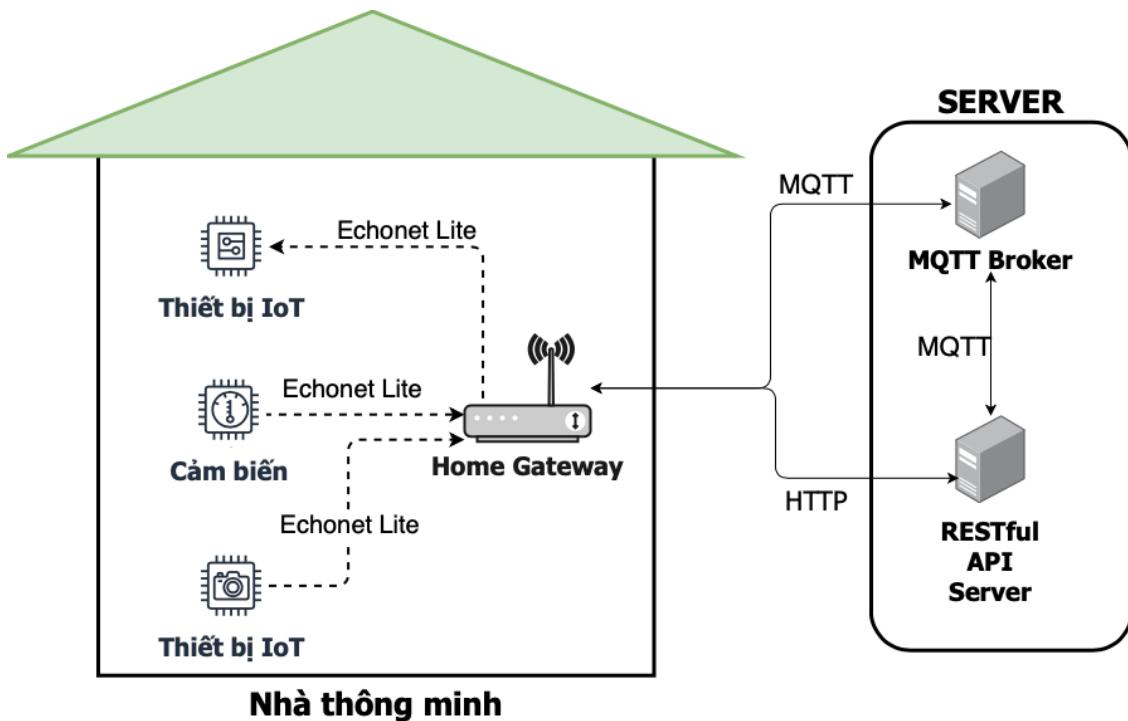
đặt một cơ chế truyền tin tin cậy để đảm bảo thông tin có thể gửi và nhận đúng thiết bị và không bị mất mát trên đường truyền.

Vấn đề thứ năm, việc bảo mật dữ liệu trong nhà thông minh là một vấn đề được nhiều người dùng quan tâm. Gói tin được trao đổi giữa Home Gateway và API server thông qua MQTT Broker nếu không được mã hóa thì sẽ lộ ra ngoài khi bị nghe lén trên đường truyền. Từ những thông tin thu được, người ngoài có thể gửi lệnh điều khiển đến các thiết bị IoT trong nhà hoặc chiếm toàn quyền truy cập ngôi nhà đó.

Ngoài ra, Home Gateway sẽ được cài đặt trong nhà và hướng đến cho mọi người đều có thể sử dụng. Do đó, việc tạo ra một Home Gateway thân thiện và dễ dàng cho người dùng thiết lập và cài đặt sau khi mua về là một mục tiêu quan trọng trong việc phát triển. Nó giúp cho việc tiếp cận với việc sử dụng nhà thông minh (Smart Home) dễ dàng hơn, từ đó có thể khiến cho IoT tại Việt Nam có thể phổ biến hơn nữa.

2.2. Phân tích và thiết kế hệ thống

2.2.1. Ý tưởng thiết kế



Hình 2.1. Home Gateway trong nhà thông minh

Phía nhà thông minh, Home Gateway sẽ có nhiệm vụ thu thập dữ liệu, điều khiển thiết bị IoT khác và gửi, nhận dữ liệu với server. Các nhiệm vụ này sử dụng các chuẩn giao thức khác nhau:

- Các thiết bị trong nhà và Home Gateway giao tiếp với nhau thông qua hạ tầng là mạng LAN và giao thức sử dụng là Echonet Lite. Echonet Lite là giao thức đã và đang được cài đặt trên nhiều sản phẩm cũng như các thiết bị IoT trong nhà thông minh. Echonet Lite được nhiều công ty lớn ở Nhật Bản hợp tác và phát triển. Đặc điểm của giao thức Echonet Lite là có thể tự động nhận diện và thêm các thiết bị mới vào hệ thống mà không cần phải cài đặt lại Home Gateway.
- Home Gateway và MQTT Broker giao tiếp với nhau thông qua hạ tầng mạng Internet và sử dụng giao thức MQTT.

Để Home Gateway có thể chạy ổn định với một số lượng lớn thiết bị IoT, tôi đề xuất giải pháp cho phép Home Gateway tạo nhiều luồng xử lý khác nhau tương ứng với nhóm thiết bị. Ở đây, nhóm thiết bị được định nghĩa theo mã groupcode trong chuẩn Echonet Lite. Ví dụ các thiết bị cảm biến có groupcode là 0x00, các thiết bị điều hòa không khí có groupcode là 0x01 hay các thiết bị gia dụng có groupcode là 0x02. Việc

phân chia các luồng xử lý như vậy tại Home Gateway để tránh tạo ra quá nhiều luồng, gây tốn kém tài nguyên khi số lượng thiết bị IoT tăng như Home Gateway ở nghiên cứu [1]. Đồng thời, việc chia thành các luồng như vậy sẽ đảm bảo Home Gateway có thể xử lý và thực hiện nhiều chức năng cùng một lúc. Trong thiết kế Home Gateway được đề xuất trong khóa luận này, những luồng xử lý dữ liệu cho các thiết bị vẫn sẽ liên tục lấy thông tin và đóng gói thành các gói tin MQTT trong khi luồng chính vẫn duy trì kết nối giữa Home Gateway với MQTT Broker. Bên cạnh đó, khi luồng chính nhận được gói tin từ MQTT Broker, Home Gateway sẽ chuyển gói tin sang một luồng khác để xử lý tránh việc Home Gateway ngắt kết nối với MQTT Broker khi xử lý gói tin quá lâu hoặc có vấn đề trong lúc phân tích.

Để cấu hình các thiết bị IoT mới tham gia vào mạng, một quy trình đơn giản và tiện lợi cho người dùng với sự tham gia của Home Gateway, API server và các ứng dụng web, di động phía người dùng được đề xuất. Khi Home Gateway phát hiện ra một thiết bị IoT mới được thêm vào mạng, thông tin của thiết bị sẽ được gửi lên MQTT Broker và được MQTT Broker chuyển tới API server thông qua một topic dành riêng cho việc đăng ký thiết bị mới. Người dùng sẽ nhận được thông báo trên ứng dụng web hoặc ứng dụng di động. Lúc này, người dùng sẽ cài đặt thông tin cho thiết bị IoT mới như: vị trí, định danh cụ thể cho thiết bị... và gửi cho API server. Sau đó Home Gateway sẽ nhận thông tin về cấu hình của thiết bị IoT đó thông qua một topic riêng trên MQTT Broker. Home Gateway sẽ xử lý gói tin nhận được và lưu thông tin của thiết bị, topic ứng với thiết bị IoT đó. Với quy trình cập nhật thông tin dựa trên giao thức MQTT, sau khi Home Gateway gửi thông tin của thiết bị IoT mới đến API server, Home Gateway sẽ nhận phản hồi ngay khi người dùng cấu hình và thiết lập thông tin cho thiết bị IoT mới.

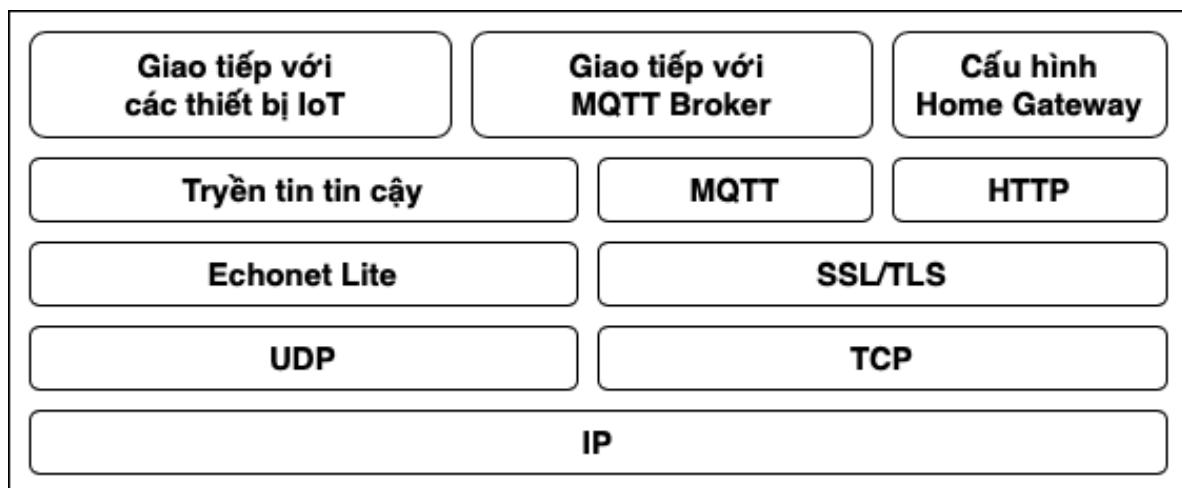
Để có thể gửi và nhận thông tin với MQTT Broker, tôi đã thiết kế các topics cho Home Gateway. Ở đó, mỗi topic có một nhiệm vụ riêng biệt, việc gửi dữ liệu của thiết bị IoT lên MQTT Broker và nhận dữ liệu điều khiển từ MQTT Broker sẽ được chia thành các topics khác nhau. Mỗi topic chứa thông tin duy nhất của một loại thiết bị, từ topic đó chúng ta có thể xác định được thiết bị IoT thuộc quyền của tài khoản nào, trong nhà nào, được lắp đặt trong phòng nào, đây là loại thiết bị gì và cụ thể là thiết bị thứ bao nhiêu. Ngoài ra, sẽ có các topics để Home Gateway có thể gửi thông tin về thiết bị IoT mới và nhận về topic cho các thiết bị IoT đó. Khi người dùng xóa một thiết bị IoT ra khỏi nhà của họ, thông tin về thiết bị đó sẽ được gửi về Home Gateway thông qua một topic riêng. Sau khi nhận được gói tin, Home Gateway sẽ xóa thông tin thiết bị đó khỏi hệ thống.

Để đảm bảo việc truyền tin tin cậy trong hệ thống nhà thông minh, cơ chế “Stop and Wait” được cài đặt cho việc lấy dữ liệu từ Home Gateway đến các thiết bị IoT và khi Home Gateway gửi gói tin điều khiển đến các thiết bị IoT. Cách thức hoạt động của cơ chế này được mô tả như sau, khi Home Gateway gửi yêu cầu lấy dữ liệu hoặc gói tin điều khiển đến các thiết bị IoT trong nhà thông minh, các thiết bị đó sẽ gửi lại thông tin phải hồi tương ứng cho Home Gateway. Sau một khoảng thời gian timeout được định trước, Home Gateway kiểm tra xem đã nhận được thông tin phản hồi của thiết bị đã yêu cầu hay chưa. Nếu hết khoảng thời gian timeout mà Home Gateway chưa nhận thông tin phản hồi, Home Gateway sẽ tiến hành gửi lại yêu cầu lấy dữ liệu đến các thiết bị IoT hoặc gói tin điều khiển ngay sau đó cho đến khi nhận được thông tin phản hồi.

Để mã hóa dữ liệu được gửi giữa Home Gateway và MQTT Broker, giao thức TLS (Transport Layer Security) được tích hợp vào Home Gateway và MQTT broker. Giao thức TLS sẽ mã hóa gói tin trên đường truyền thay vì cách thức truyền gói tin không mã hóa từ Home Gateway lên MQTT Broker như trong nghiên cứu [1].

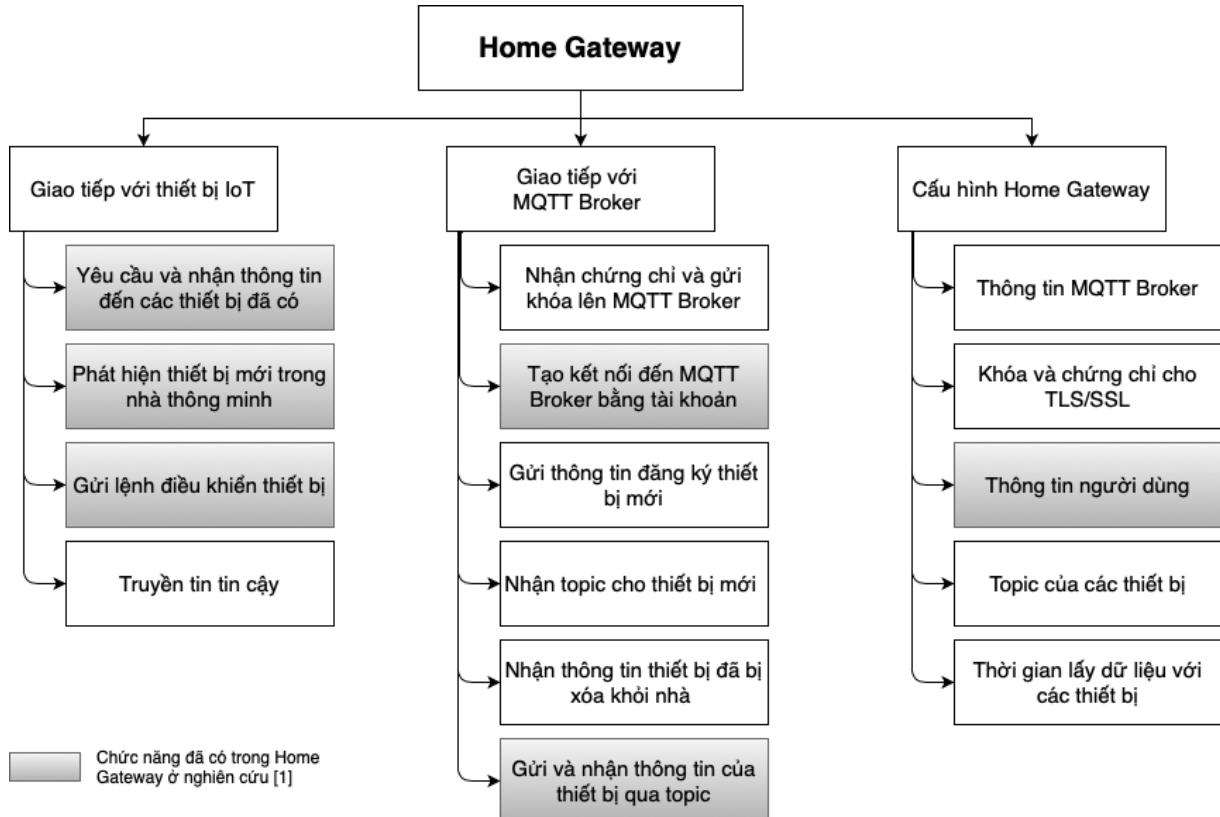
Việc thiết lập các cài đặt ban đầu cho Home Gateway được thực hiện dễ dàng thông qua một giao diện web cài đặt trên Home Gateway. Tại giao diện web này, sau khi đăng nhập tài khoản, người dùng có thể thiết lập cấu hình ban đầu cho Home Gateway. Mỗi người dùng muốn sử dụng IoT Platform này cần phải đăng ký cho nhà cung cấp để được cấp một tài khoản. Ngoài ra, thiết bị phần cứng gồm màn hình hiển thị và công tắc sẽ giúp người dùng thao tác dễ dàng và trực quan trong quá trình sử dụng.

2.2.2. Thiết kế tổng quan Home Gateway



Hình 2.2. Kiến trúc Home Gateway

Hình 2.2 mô tả kiến trúc của Home Gateway với các thành phần và chức năng được mô tả cụ thể trong Hình 2.3.



Hình 2.3. Tổng quan chức năng Home Gateway trong nhà thông minh

Từ ý tưởng thiết kế đã nêu trong phần 2.2.1, Home Gateway sẽ được thiết kế với những chức năng như trong Hình 2.2 và Hình 2.3. Đầu tiên, về phần giao tiếp với các thiết bị IoT, Home Gateway sẽ bao gồm các chức năng như sau:

- Gửi yêu cầu lấy thông tin đến thiết bị IoT đã có sau đó nhận thông tin phản hồi và phân tích, đóng gói thành gói tin MQTT có định dạng JSON để gửi đi.
- Phát hiện thiết bị IoT mới trong nhà thông minh.
- Home Gateway gửi gói tin điều khiển đến các thiết bị IoT trong nhà thông minh khi nhận được gói tin điều khiển từ MQTT Broker.
- Để có thể đảm bảo vào gói tin không bị mất mát trên đường truyền, Home Gateway được cài đặt cơ chế truyền tin tin cậy. Sau khoảng thời gian timeout, nếu Home Gateway chưa nhận được thông tin phản hồi từ thiết bị IoT thì sẽ gửi lại yêu cầu dữ liệu hoặc gói tin điều khiển.

Thứ hai, về chức năng giao tiếp với MQTT Broker, Home Gateway sẽ thực hiện các công việc sau:

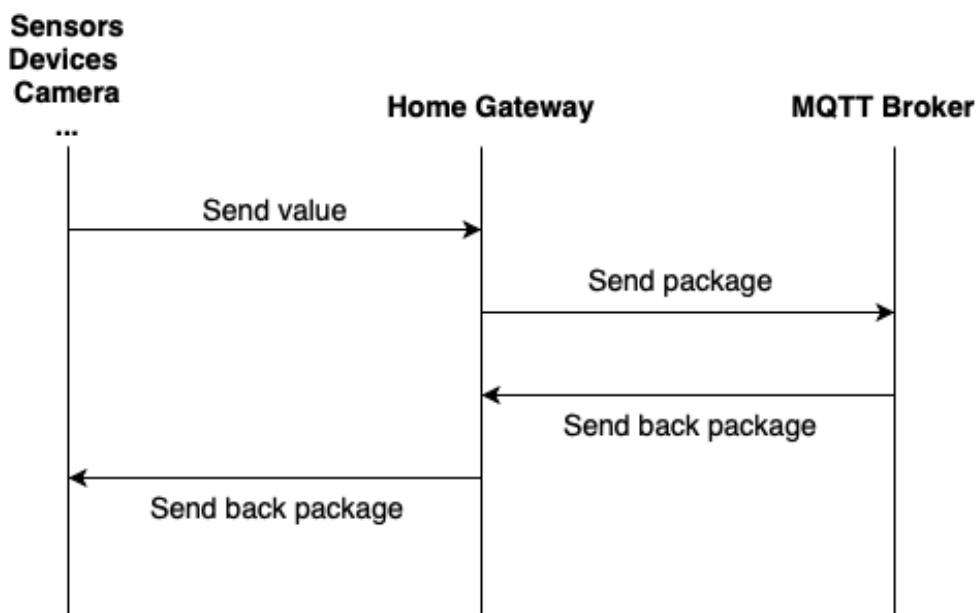
- Thiết lập kết nối đến MQTT Broker bằng tài khoản.

- Gửi thông tin về thiết bị IoT mới được kết nối vào trong mạng và nhận thông tin cấu hình của thiết bị đó.
- Đối với thiết bị IoT đã được đăng ký, sau khi có gói tin MQTT đã được đóng gói ở phần giao tiếp với các thiết bị IoT, Home Gateway sẽ gửi những gói tin đó lên MQTT Broker.
- Nhận các gói tin điều khiển từ MQTT Broker sau đó phân tích thành các gói tin điều khiển theo chuẩn Echonet Lite.
- Khi người dùng xóa một thiết bị IoT ra khỏi hệ thống, Home Gateway sẽ nhận thông tin từ MQTT Broker và xóa thiết bị IoT đó ra khỏi mạng.

Thứ ba là chức năng cấu hình các thông số của Home Gateway:

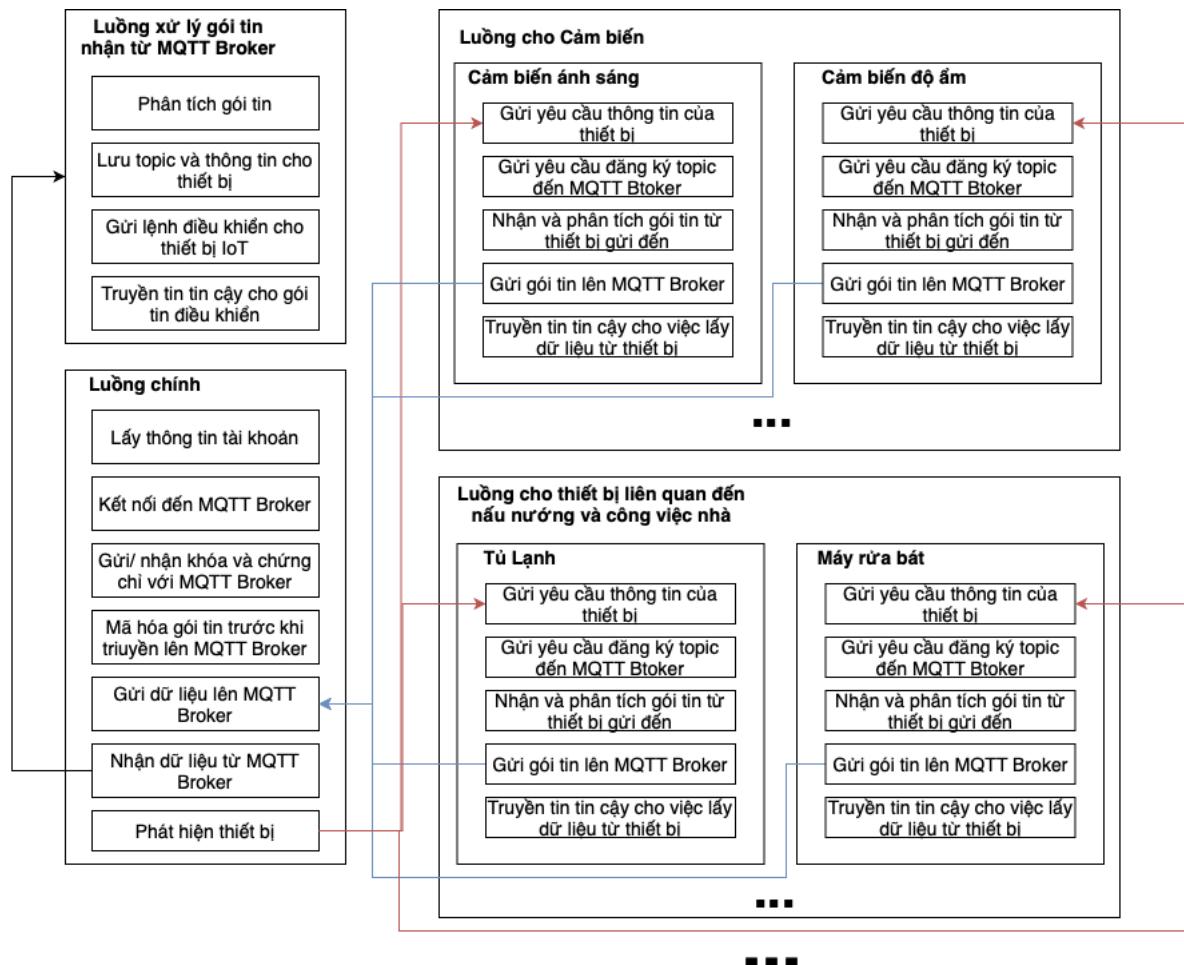
- Thông tin về chứng chỉ và khóa dùng để mã hóa gói tin khi gửi lên MQTT Broker.
- Thông tin người dùng, server sẽ được lưu lại để phục vụ cho việc kết nối đến MQTT Broker.
- Lưu các topic cho thiết bị khi nhận được từ MQTT Broker.

Quá trình gửi và nhận dữ liệu nhận dữ liệu giữa Home Gateway với các thiết bị trong nhà thông minh và MQTT Broker.



Hình 2.4. Quá trình gửi và nhận dữ liệu giữa Home Gateway với các thiết bị IoT trong nhà thông minh và MQTT Broker

2.2.3. Thiết kế đa luồng cho Home Gateway



Hình 2.5. Phân luồng xử lý trong Home Gateway

Để Home Gateway có thể chạy ổn định, tôi đã thiết kế Home Gateway với cách thức phân luồng xử lý như Hình 2.5. Trong Hình 2.5, luồng chính của Home Gateway sẽ xử lý một số công việc nhất định. Đó là thiết lập và kết nối với MQTT Broker. Ngoài ra, luồng chính cũng sẽ gửi và nhận (publish và subscribe) dữ liệu với MQTT Broker. Các luồng quản lý thiết bị sẽ tranh chấp tài nguyên khi publish một gói tin lên MQTT Broker vì thế chúng ta cần có cơ chế đồng bộ “synchronization” giữa các luồng để có thể xử lý tuần tự các gói tin được gửi đi. Trước khi được gửi lên MQTT Broker, gói tin sẽ được mã hóa để đảm bảo an toàn thông tin. Việc tìm kiếm và phát hiện thiết bị IoT trong nhà thông minh sẽ được thực hiện trên luồng chính. Nếu như tìm thấy thiết bị IoT thì Home Gateway sẽ chuyển thông tin của các thiết bị đó sang các luồng xử lý tương ứng.

Đối với việc giám sát và thu thập dữ liệu từ thiết bị IoT, thay vì tạo ra một luồng để xử lý riêng cho một thiết bị IoT cụ thể như trong nghiên cứu [1], tôi tạo ra các luồng xử lý tương ứng với từng nhóm thiết bị (groupcode) trong Echonet Lite (cảm biến, các thiết bị điều khiển, thiết bị gia dụng, sức khỏe, thiết bị nấu nướng, thiết bị âm thanh, điều hòa). Mỗi luồng đó có nhiệm vụ xử lý thông tin của nhiều kiểu thiết bị (classcode) khác nhau.

Tuy nhiên, nếu một luồng phải xử lý việc gửi nhận dữ liệu của nhiều kiểu thiết bị thì sẽ gây ra việc quá tải và khó kiểm soát. Vì vậy, tôi giới hạn số lượng kiểu thiết bị xử lý ở một luồng. Nếu tất cả các luồng đều đã đủ số lượng kiểu thiết bị thì một luồng mới sẽ được tạo ra để xử lý các kiểu thiết bị mới tiếp theo. Điều đó giúp đảm bảo tính ổn định và hiệu năng cho Home Gateway. Ví dụ trong nhóm sensor có hơn 30 kiểu sensor khác nhau thì ta chia thành 4 luồng mỗi luồng phụ trách từ 8-10 kiểu sensor.

Do mỗi kiểu thiết bị IoT có một đặc trưng riêng nên chu kỳ lấy dữ liệu của mỗi kiểu thiết bị IoT là khác nhau. Ví dụ cảm biến ánh sáng sau 30 giây lấy mẫu một lần nhưng cảm biến nhiệt độ sau 2 phút mới cần lấy mẫu. Vì thế trên cùng một luồng, mỗi kiểu thiết bị sẽ cần được cài đặt chu kỳ lấy mẫu dữ liệu khác nhau. Home Gateway sẽ sử dụng bộ đếm thời gian (Timer) để thiết lập chu kỳ lấy dữ liệu cho các thiết bị IoT khác nhau trên cùng một luồng. Tuy nhiên, đến một thời điểm tất cả các thiết bị IoT trên cùng một luồng hoặc khác luồng sẽ được lấy mẫu cùng một lúc, cho nên Home Gateway cần phải có cơ chế đồng bộ “synchronization” giữa các luồng để xử lý lần lượt các yêu cầu và gói tin đến của tất cả các thiết bị đó. Ngoài ra, việc giám sát và lấy dữ liệu từ các thiết bị IoT có thể bị mất mát gói tin trên đường chuyền, tôi đã cài đặt truyền tin tin cậy cho từng kiểu thiết bị khác nhau trên cùng một luồng để đảm bảo không bị mất mát thông tin.

Khi Home Gateway nhận gói tin được gửi từ MQTT Broker thông qua topic và cơ chế subscribe, tất cả các gói tin đó sẽ được chuyển sang 1 luồng khác chuyên xử lý thông tin tránh tình trạng phân tích nhiều gói tin hoặc có lỗi khi phân tích làm ngắt kết nối đến MQTT. Tại luồng này, Home Gateway sẽ kiểm tra kiểu của topic được gửi đến và gói tin, sau đó đưa ra quyết định xử lý tương ứng. Ví dụ nếu là topic điều khiển thì Home Gateway sẽ gửi gói tin điều khiển đến các thiết bị IoT. Để tránh mất mát gói tin khi Home Gateway gửi gói tin điều khiển đến các thiết bị, tại luồng này sẽ được cài đặt truyền tin tin cậy.

2.2.4. Thiết kế MQTT topics cho nhà thông minh

Việc trao đổi dữ liệu giữa Home Gateway và MQTT Broker sẽ thông qua cơ chế đăng ký yêu cầu (subscribe) và gửi dữ liệu (publish) tới các topics. Các topics trên MQTT broker cần được thiết kế để đảm bảo mỗi người dùng (hay Home Gateway) hoặc nhà cung cấp dịch vụ sẽ chỉ được phép truy cập vào những topics nhất định, phù hợp với quyền truy cập của tài khoản của họ.

Trong khóa luận tốt nghiệp này, tôi đã thiết kế các topics cho Home Gateway để có thể đáp ứng được các yêu cầu và chức năng đã nêu ở trên. Trước hết, trên MQTT Broker sẽ có topic dùng để đăng ký và nhận topic cho thiết bị IoT mới. Topic này được thiết kế với định dạng như sau: Topic đăng ký thiết bị IoT mới cho nhà thông minh sẽ có dạng **“/User/HomeID/registerTopicForDevice”** với cấu trúc gói tin là:

```
{  
    "MAC":  
    "GroupCode":  
    "ClassCode":  
    "InstanceCode":  
}
```

Topic để Home Gateway có thể đăng ký để lắng nghe và nhận topic cho thiết bị IoT mới có định dạng **“/User/HomeID/topicForDevice”** với cấu trúc gói tin là:

```
{  
    "MAC":  
    "GroupCode":  
    "ClassCode":  
    "InstanceCode":  
    "Topic":  
}
```

Thứ hai, topic dùng để gửi dữ liệu của thiết bị IoT lên MQTT Broker và nhận gói tin điều khiển từ MQTT Broker được thiết kế như Hình 2.6. Trong Hình 2.6, mỗi người dùng sẽ có một tài khoản duy nhất được cấp bởi hệ thống. Ngoài ra, Home ID ở mỗi nhà người dùng sở hữu không bao giờ trùng lặp nên các topic đều là duy nhất với mỗi người

dùng tại mỗi nhà. Thêm vào đó, để quản lý các thiết bị IoT một cách hiệu quả, topic sẽ chứa vị trí của các thiết bị: phòng khách, phòng ngủ, ngoài trời... Để phân biệt các thiết bị IoT trong cùng một phòng, topic sẽ chứa định danh kiểu thiết bị IoT và ID của từng thiết bị. Vì vậy, mỗi thiết bị IoT sẽ có một topic duy nhất cho riêng nó. Khi Home Gateway gửi dữ liệu từ phía nhà thông minh lên trên MQTT Broker, topic của các thiết bị IoT sẽ được thêm “/data” ở cuối. Đồng thời Home Gateway sẽ subscribe vào topic của các thiết bị IoT kèm theo “/command” ở cuối để có thể lắng nghe gói tin khiển từ MQTT Broker.

Ngoài ra, việc chia topic như Hình 2.6 sẽ giúp cho việc phân quyền truy cập topic cho các nhà cung cấp dịch vụ. Dựa vào dịch vụ mà nhà cung cấp dịch vụ cung cấp, hệ thống sẽ cấp quyền cho họ được truy cập vào những loại thiết bị IoT nào, trong phòng nào, ở cụ thể nhà nào và do người dùng nào sở hữu. Ví dụ người dùng sử dụng thêm dịch vụ điều khiển đèn thông minh của một nhà cung cấp dịch vụ A cho nhà B, thì bên cung cấp dịch vụ A chỉ có thể truy cập, lấy dữ liệu và điều khiển thiết bị chiếu sáng và các cảm biến ánh sáng trong nhà B.

Ví dụ, trong nhà “home1” của người dùng ABC có nhiều thiết bị IoT tại nhiều vị trí và phòng khác nhau. Khi đó Home Gateway sẽ gửi dữ liệu của các thiết bị thông qua topic như “/ABC/home1/livingroom/illuminance sensor/60:5b:4a:88:9v:00-1/data”, “ABC/home1/kitchen/lighting/60:5b:4a:88:9v:00-1/data”... Để có thể lắng nghe các gói tin điều khiển thiết bị IoT từ MQTT Broker, Home Gateway sẽ lắng nghe thông tin được truyền thông qua các topic như “/ABC/home1/kitchen/lighting /60:5b:4a:88:9v:00-1/command”... Các gói tin sau khi nhận từ MQTT Broker sẽ được xử lý, phân tách để gửi đến các thiết bị IoT tương ứng.

Cấu trúc gói tin “/data” và “/command”:

- Gói tin chứa dữ liệu của thiết bị IoT khi Home Gateway gửi lên MQTT Broker sẽ có những cấu trúc khác nhau tùy vào loại thiết bị. Ví dụ khi cảm biến ánh sáng (illuminance sensor) của người dùng ABC được nêu ở trên, gói tin được gửi trong topic “/ABC/home1/livingroom/illuminance sensor/1/data” là:

{

“MAC”: “60:5b:4a:88:9v:00”,
“IPAdress”: “192.168.1.20”,
“IlluminanceValue”: “345”,
“OperationStatus”: “True”

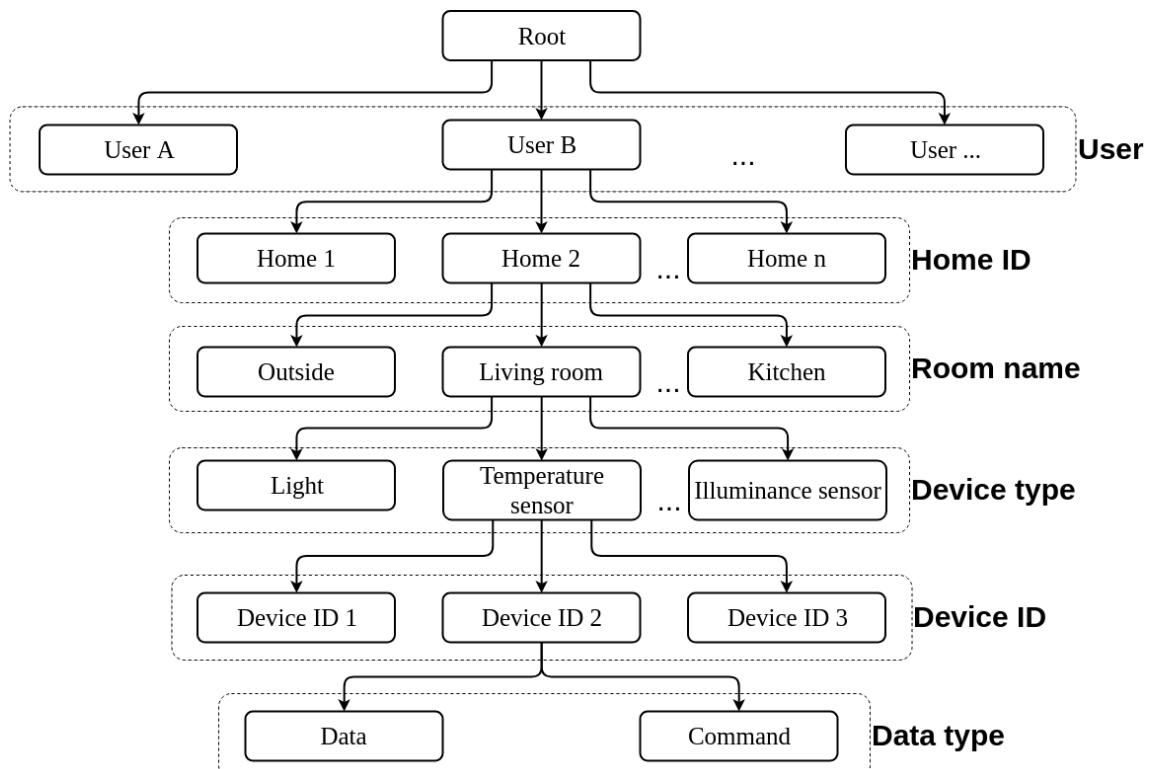
{

- Gói tin điều khiển Home Gateway nhận được từ MQTT Broker. Tùy theo từng loại thiết bị mà trong “Command” sẽ có những nội dung khác nhau.

```
{
    "Command": {
        .....
    }
}
```

Ví dụ về gói tin JSON điều khiển đèn trong nhà thông minh qua topic “/ABC/home1/kitchen/lighting/60:5b:4a:88:9v:00-1/command”:

```
{
    "Command": {
        "B0": "30",
        "80": "20"
    }
}
```



Hình 2.6. MQTT topics cho các thiết bị IoT

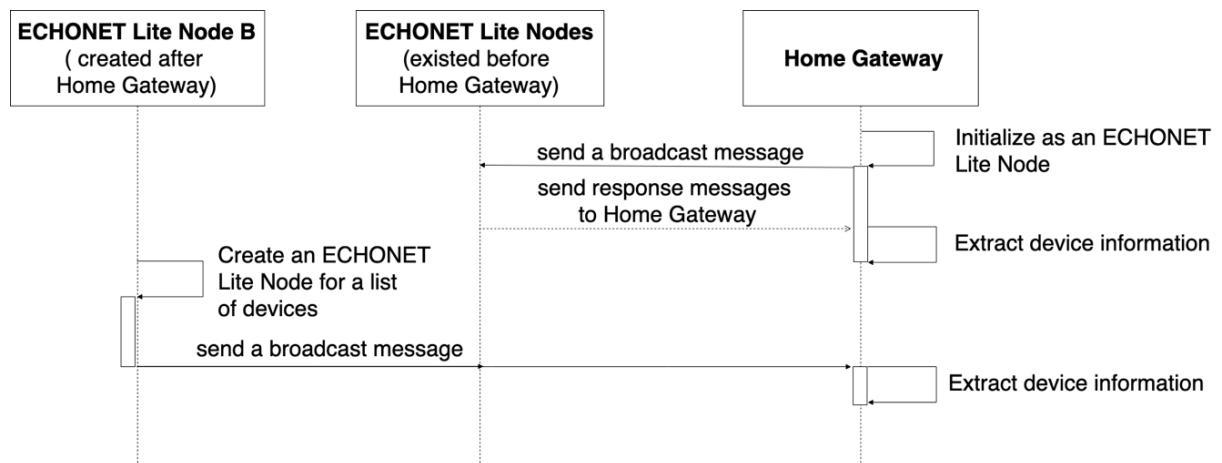
Việc thiết kế topic như Hình 2.6 sẽ giải quyết được những hạn chế đã nêu trong mục 2.1 mà Home Gateway trong nghiên cứu [1] gặp phải.

Thứ ba, trên MQTT Broker sẽ có topic để giúp Home Gateway nhận thông báo xóa thiết bị IoT sau khi người dùng xóa thiết bị đó khỏi hệ thống. Topic này được thiết kế với định dạng “`/User/HomeID/deleteDevice`”. Gói tin sẽ có cấu trúc như sau:

```
{
    "DeleteTopic": (/user/homeID/RoomName/DeviceType/DeviceID)
}
```

2.2.5. Gửi nhận dữ liệu giữa Home Gateway và các thiết bị IoT trong nhà thông minh

Về phần tương tác với các thiết bị IoT trong nhà thông minh, Home Gateway sẽ có ba chức năng chính: Thứ nhất là chức năng phát hiện và đăng ký cho thiết bị IoT mới được trong mạng. Thứ hai là chức năng theo dõi trạng thái, giám sát và lấy dữ liệu của các thiết bị IoT đã được người dùng cấu hình. Cuối cùng là điều khiển các thiết bị IoT trong nhà sau khi nhận được gói tin điều khiển từ MQTT Broker.

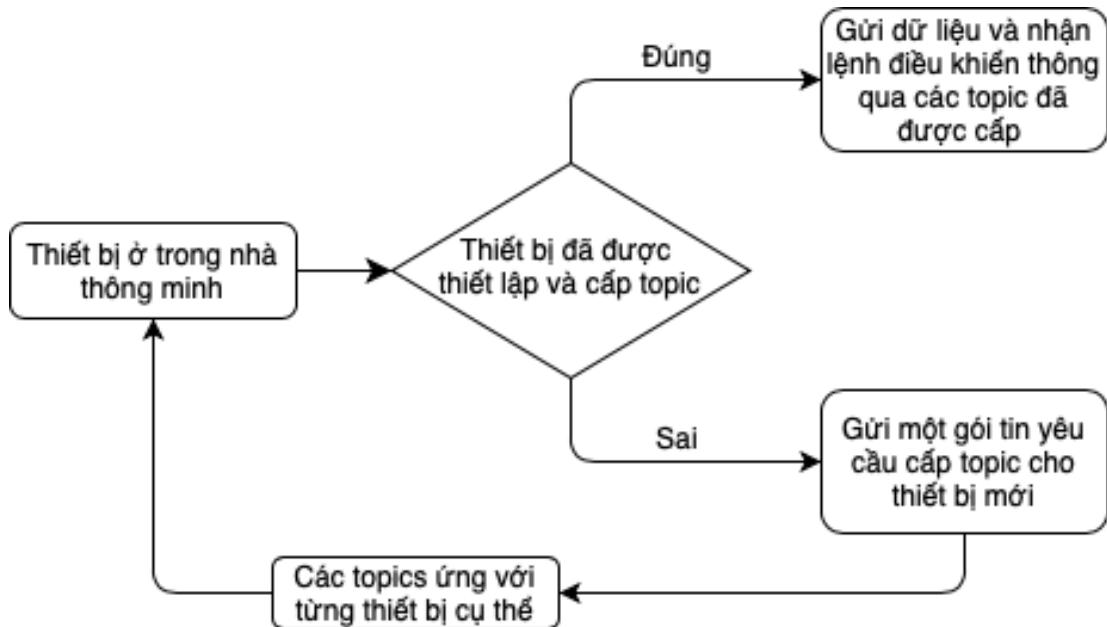


Hình 2.7. Quy trình Home Gateway giao tiếp với các thiết bị IoT trong mạng

Chức năng thứ nhất của Home Gateway là phát hiện và đăng ký cho thiết bị IoT mới được trong mạng. Các thiết bị IoT mới với giao thức Echonet Lite sau khi được thêm vào mạng sẽ tạo một Echonet Lite Node thông tin thiết bị. Sau đây, các thiết bị đó sẽ gửi một tin lên kênh truyền chung (a broadcast channel). Dựa trên các thông số

kỹ thuật của các thiết bị Echonet Lite trong [7], Home Gateway sẽ xác định loại thiết bị tương ứng.

Để tránh các thiết bị IoT giả mạo sau đó tham gia vào mạng để gửi các gói tin độc lén máy chủ (server), Home Gateway sẽ có cơ chế đăng ký cho các thiết bị IoT mới trong nhà. Nếu như thiết bị IoT chưa được người dùng cấu hình thì Home Gateway sẽ không xử lý gói tin nhận được từ thiết bị đó.



Hình 2.8. Quy trình gửi nhận dữ liệu thông qua các topics và cung cấp topic cho thiết bị mới

Đối với những thiết bị IoT mới, tôi thiết kế quy trình đăng ký topic cho những thiết bị đó như trong Hình 2.8. Sau khi một thiết bị IoT được phát hiện, Home Gateway sẽ kiểm tra xem thiết bị đó đã được đăng ký topic hay chưa. Nếu trong cơ sở dữ liệu chưa tồn tại thông tin thiết bị, Home Gateway sẽ gửi thông tin của thiết bị thông qua một topic riêng để đăng ký topic với MQTT Broker. Tại phía API Server sau khi nhận được gói tin MQTT thông báo có thiết bị mới từ Home Gateway, API Server sẽ tiến hành hiển thị thông tin về loại thiết bị mới lên giao diện web hoặc ứng dụng di động cho người dùng. Lúc này, người dùng bắt đầu tiến hành cấu hình thông tin vị trí của thiết bị IoT và đặt tên cho thiết bị đó để có thể dễ nhớ khi sử dụng. Sau khi hoàn tất quá trình cấu hình cho các thiết bị IoT mới vào trong nhà của mình, API Server sẽ gửi lại một gói tin MQTT tới Home Gateway để thông báo topic của thiết bị IoT mới tạo. Topic được cấp cho thiết bị IoT sẽ được Home Gateway dùng để gửi dữ liệu từ thiết bị lên MQTT Broker, đồng thời nhận lệnh điều khiển thiết bị từ phía MQTT Broker.

Ví dụ thiết bị cảm biến ánh sáng (illuminance sensor) sau khi gửi yêu cầu đăng ký topic và được người dùng cấu hình. MQTT Broker sẽ trả về gói tin JSON có dạng:

```
{  
    "MAC": "60:01:94:38:c6:5a",  
    "GroupCode": "0",  
    "ClassCode": "13",  
    "InstanceCode": "6",  
    "Topic": "/ABC/9/some room/IlluminanceSensor/60:01:94:38:c6:5a-6"  
}
```

Chức năng thứ hai của Home Gateway là theo dõi trạng thái, giám sát và lấy dữ liệu của các thiết bị IoT đã được người dùng cấu hình. Home Gateway có khả năng phát hiện tất cả các thiết bị IoT được cài đặt giao thức Echonet Lite trong mạng. Như Hình 2.7, ở lần đầu khởi chạy, Home Gateway sẽ tự khởi tạo Echonet Lite Node của nó. Sau đó, Home Gateway sẽ gửi một thông báo yêu cầu đến tất cả các Node hiện có để lấy thông tin của thiết bị IoT hiện có thông qua một kênh truyền chung. Tất cả các Echonet Lite Node trước đây tồn tại trong mạng có thể nhận được tin nhắn này, sau đó phản hồi danh sách tất cả các thiết bị và thông tin các đối tượng đến Home Gateway. Từ các lần tiếp theo, thông báo gửi đến tất cả thiết bị IoT sẽ được gửi theo một chu kỳ nhất định tương ứng với từng loại thiết bị. Có những loại thiết bị sẽ chỉ cần yêu cầu trạng thái. Nhưng cũng có loại thiết bị phải liên tục yêu cầu gửi thông tin thiết bị như giá trị, trạng thái... Do vậy, việc đưa ra các tần suất giám sát phải dựa trên việc phía server yêu cầu dữ liệu để xử lý ra sao.

Cuối cùng đó là chức năng điều khiển các thiết bị IoT trong nhà thông minh thông qua giao thức Echonet Lite. Để có thể điều khiển một thiết bị IoT trong mạng, Home Gateway cần giao tiếp được với các thiết bị và nhận được gói tin điều khiển từ MQTT Broker. Tuy nhiên, yêu cầu thứ nhất để có thể điều khiển thiết bị IoT đã được đáp ứng ở thông qua chức năng thứ nhất và thứ hai nêu ở trên. Với yêu cầu thứ hai, bắt cứ khi nào Home Gateway nhận được gói tin từ topic điều khiển đến từ MQTT Broker, nó sẽ chuyển gói tin đó sang định dạng tiêu chuẩn của Echonet Lite. Sau đó Home Gateway gửi yêu cầu SET kèm theo các giá trị đến thiết bị IoT. Khi Echonet Lite Node nhận được lệnh điều khiển sẽ thay đổi thiết bị theo yêu cầu và gửi gói tin phản hồi thiết bị đã nhận lệnh điều khiển.

2.2.6. Mã hóa gói tin truyền từ Home Gateway đến MQTT Broker

Vì Home Gateway là thiết bị vừa có thể lấy dữ liệu và điều khiển các thiết bị IoT trong nhà thông minh, vừa giao tiếp với server thông qua MQTT Broker, nên gói tin được truyền từ Home Gateway đến MQTT Broker nếu không mã hóa sẽ dễ dàng bị nghe lén và biết được thông tin của các thiết bị IoT trong nhà. Từ những thông tin thu được, toàn bộ thiết bị IoT trong nhà thông minh có thể bị điều khiển bởi người bên ngoài.

Để mã hóa gói tin giữa Home Gateway và MQTT Broker, Home Gateway được cài đặt giao thức TLS (Transport Layer Security). Đây là giao thức được kế thừa từ SSL (Secure Sockets Layer). Các gói tin trước khi được truyền từ Home Gateway đến MQTT Broker sẽ được mã hóa để bảo đảm sự bảo mật thông tin trong nhà thông minh của người dùng. Giao thức TLS sẽ giúp cho việc bảo mật các thông tin những thiết bị trong nhà của người dùng khi chúng được truyền qua internet đến MQTT Broker.

Ban đầu Home Gateway sẽ tạo 1 khóa bí mật (secret key) để dùng cho việc mã hóa, giải mã gói tin giữa Home Gateway và MQTT Broker đồng thời tạo 1 chứng chỉ (Certificate). Sau đó, chúng tôi lấy chứng chỉ (CA Certificate) cho Home Gateway từ Certificate Authority (CA) cấp cho MQTT Broker. Ở lần kết nối đầu tiên với MQTT Broker, Home Gateway sẽ xác thực kết nối tới MQTT Broker thông qua CA Certificate. Sau đó, Home Gateway gửi khóa chung và chứng chỉ đã tạo ban đầu cho MQTT Broker. Khi cả Home Gateway và MQTT Broker đều có khóa chung (secret key), việc gửi và nhận dữ liệu ở 2 phía sẽ được mã hóa và giải mã bằng khóa này.

2.2.7. Truyền tin tin cậy và tránh mất mát gói tin trên đường truyền

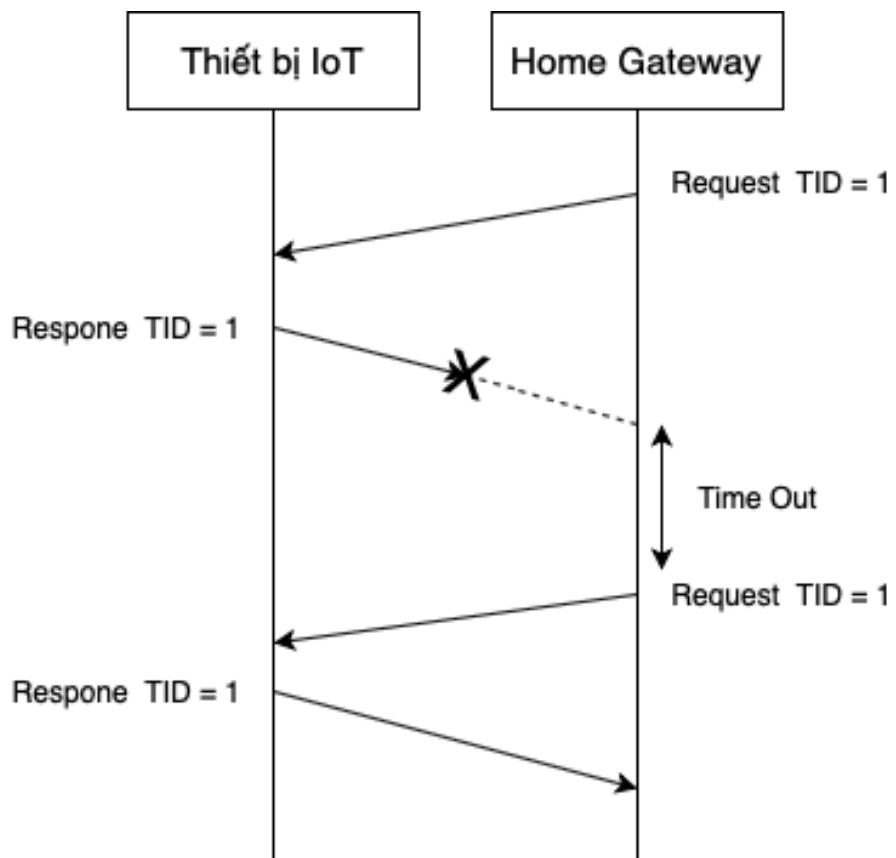
Nếu Home Gateway không nhận được thông tin của các thiết bị IoT trong nhà thông minh thì sẽ ảnh hưởng đến việc xử lý thông tin ở trên máy chủ (server) của IoT Platform. Phương thức truyền tin tin cậy được cài đặt trên Home Gateway để đảm bảo việc lấy thông tin và gửi gói tin điều khiển đến các thiết bị IoT không bị mất mát trên đường truyền.

Đầu tiên ta sẽ đặt “ T ” là thời gian timeout để Home Gateway kiểm tra xem đã nhận được thông tin phản hồi của thiết bị IoT hay chưa. Tiếp theo, ta đặt “ Q ” là chu kỳ lấy dữ liệu tiêu chuẩn cho các thiết bị IoT. Những thiết bị IoT có chu kỳ lấy dữ liệu nhỏ hơn “ Q ” sẽ không cần kiểm tra truyền tin tin cậy vì dữ liệu được gửi về Home Gateway gần như là liên tục. Đối với những thiết bị IoT có chu kỳ lấy dữ liệu hơn “ Q ”, sau khoảng thời gian timeout “ T ”, Home Gateway sẽ kiểm tra xem gói tin đã nhận được hay chưa. Mỗi gói tin được gửi đi từ Home Gateway sẽ có thứ tự được định danh bằng

TID (Transaction ID). Sau đó, thiết bị IoT khi nhận được gói tin yêu cầu sẽ gửi lại thông tin phản hồi với TID nhận được từ Home Gateway. Khi Home Gateway gửi yêu cầu đến thiết bị IoT thì sẽ lưu trạng thái là “sent” tương ứng với TID đã gửi trên một “hashmap”. Đây là một cấu trúc dữ liệu được sử dụng phổ biến trong Java. Trong “hashmap”, dữ liệu được lưu theo dạng khóa “key” và giá trị tương ứng của khóa là “value”. Tại đây, khóa của các “value” là duy nhất.

Ví dụ khi Home Gateway gửi yêu cầu với TID = 40 đến thiết bị “60:5b:4a:88:9v:00/5/10/1” thì sẽ lưu trạng thái là “60:5b:4a:88:9v:00/5/10/1~40” – “sent” trên “hashmap”.

Khi Home Gateway nhận được thông tin phản hồi với TID như yêu cầu thì sẽ cập nhật lại trạng thái là “received” (“60:5b:4a:88:9v:00/5/10/1~40” – “received”). Nếu sau “T” thời gian, trạng thái của yêu cầu gửi đi chưa được cập nhật thành “received” thì Home Gateway sẽ gửi lại yêu cầu lấy thông tin thiết bị cho đến khi nhận được thông tin. Khi nhận được thông tin, Home Gateway sẽ xóa dữ liệu của TID ấy ra khỏi “hashmap” để tránh lưu quá nhiều thông tin.



Hình 2.6. Gói tin gửi từ thiết bị IoT bị mất mát trên đường truyền

Mã giả:

```
T: Thời gian timeout để Home Gateway kiểm tra sau khi gửi gói tin  
Q: Chu kỳ lấy mẫu dữ liệu tiêu chuẩn  
Gửi yêu cầu lấy thông tin đến thiết bị IoT  
if (Chu kỳ lấy mẫu thông tin của thiết bị IoT > Q) {  
    Cập nhật trạng thái cho gói tin đã gửi  
    Chạy hàm kiểm tra truyền tin tin cậy sau T thời gian  
    Vòng lặp:  
        if (trạng thái == received) {  
            Xóa thông tin TID và trạng thái khỏi hashmap  
            Kết thúc vòng lặp  
        } else {  
            Gửi lại yêu cầu đến thiết bị IoT  
        }  
    }  
}
```

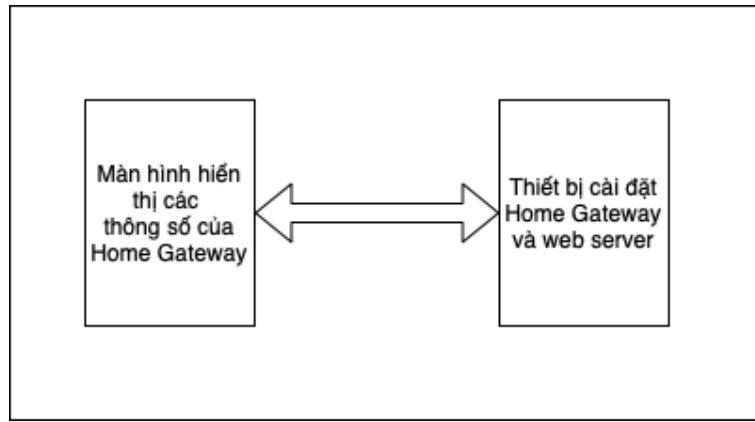
Hình 2.7. Mã giả quá trình truyền tin tin cậy khi Home Gateway nhận dữ liệu từ thiết bị IoT

Giống như khi Home Gateway lấy thông tin từ thiết bị IoT, cơ chế truyền tin tin cậy sẽ được cài đặt tương tự ở phần điều khiển thiết bị. Tuy nhiên việc cập nhật trạng thái sẽ được diễn ra khi Home Gateway nhận được gói tin với ESV là 0x71.

2.2.8. Thiết kế phần cứng và quy trình cài đặt thông số cho Home Gateway

Để thực hiện các chức năng đã được thiết kế, Home Gateway cần được cài đặt trên một thiết bị phần cứng có khả năng kết nối Internet và có kết nối không dây với các thiết bị IoT trong nhà thông minh. Ngoài ra, phần cứng cần có khả năng tính toán, xử lý được nhiều luồng khác nhau. Thiết bị phần cứng đó cũng cần hiển thị các thông tin cơ bản nhất như trạng thái hoạt động, địa chỉ IP của Home Gateway đồng thời lưu trữ được các thông tin cần thiết để Home Gateway có thể hoạt động một cách ổn định nhất.

Sơ đồ tổng quan thiết kế phần cứng của Home Gateway:

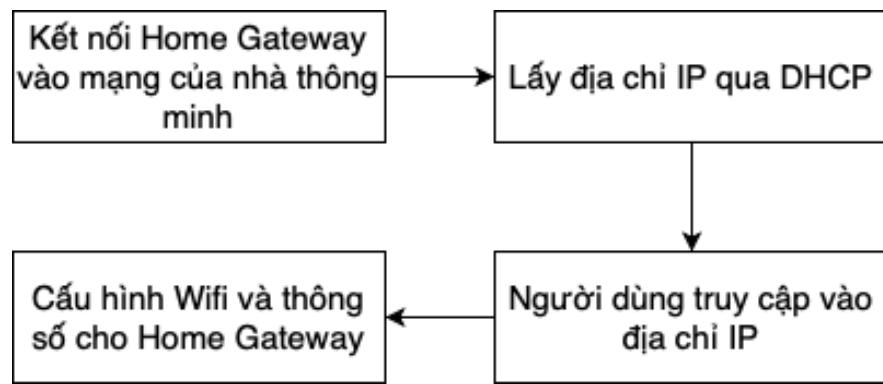


Hình 2.8. Sơ đồ thiết kế phần cứng Home Gateway

Màn hình sẽ hiển thị các thông số của Home Gateway như địa chỉ IP, User, Home ID... Ngoài ra, tại màn hình LCD chúng ta có thể hiển thị giờ, ngày tháng và dự báo thời tiết các ngày sắp tới. Do vậy, người dùng có thể dễ dàng để trên bàn hoặc trên tủ như một đồ vật dùng để trang trí. Với việc cài đặt màn hình như vậy, người dùng sẽ dễ dàng sử dụng Home Gateway và triển khai hệ thống nhà thông minh vào nhà của họ.

Khi triển khai một hệ thống nhà thông minh mới, trước hết người dùng sẽ kết nối Home Gateway với mạng trong nhà và Home Gateway sẽ nhận được địa chỉ IP thông qua cơ chế DHCP. Để cài đặt các thông số cho Home Gateway, đầu tiên người dùng sẽ sử dụng IP để cấu hình Wifi cho Home Gateway. Sau đó, người dùng sẽ truy cập đến địa chỉ hiển thị trên màn hình và tiến hành đăng nhập thông tin thông qua tài khoản và mật khẩu. Tài khoản của người dùng sẽ được cấp khi người dùng đăng ký sử dụng. Sau khi đăng nhập thành công, người dùng sẽ tiến hành cấu hình cho Home Gateway này sẽ được sử dụng trong nhà nào mà họ sở hữu. Mỗi Home Gateway chỉ có thể dùng cho một nhà duy nhất, khi muốn thay đổi cho nhà khác, người dùng cần reset lại thiết bị. Sau khi cấu hình thông tin cho phần cứng Home Gateway hoàn tất thì Home Gateway sẽ được khởi chạy. Tại đây, Home Gateway sẽ mã hóa và giải mã thông tin của người dùng để tiến hành kết nối đến MQTT Broker thông qua giao thức MQTT. Tiếp theo, Home Gateway giao tiếp với thiết bị trong nhà thông minh để lấy dữ liệu, điều khiển và phát hiện thiết bị mới. Sau đó gửi những thông tin ấy lên MQTT Broker và nhận thông tin từ MQTT Broker gửi về.

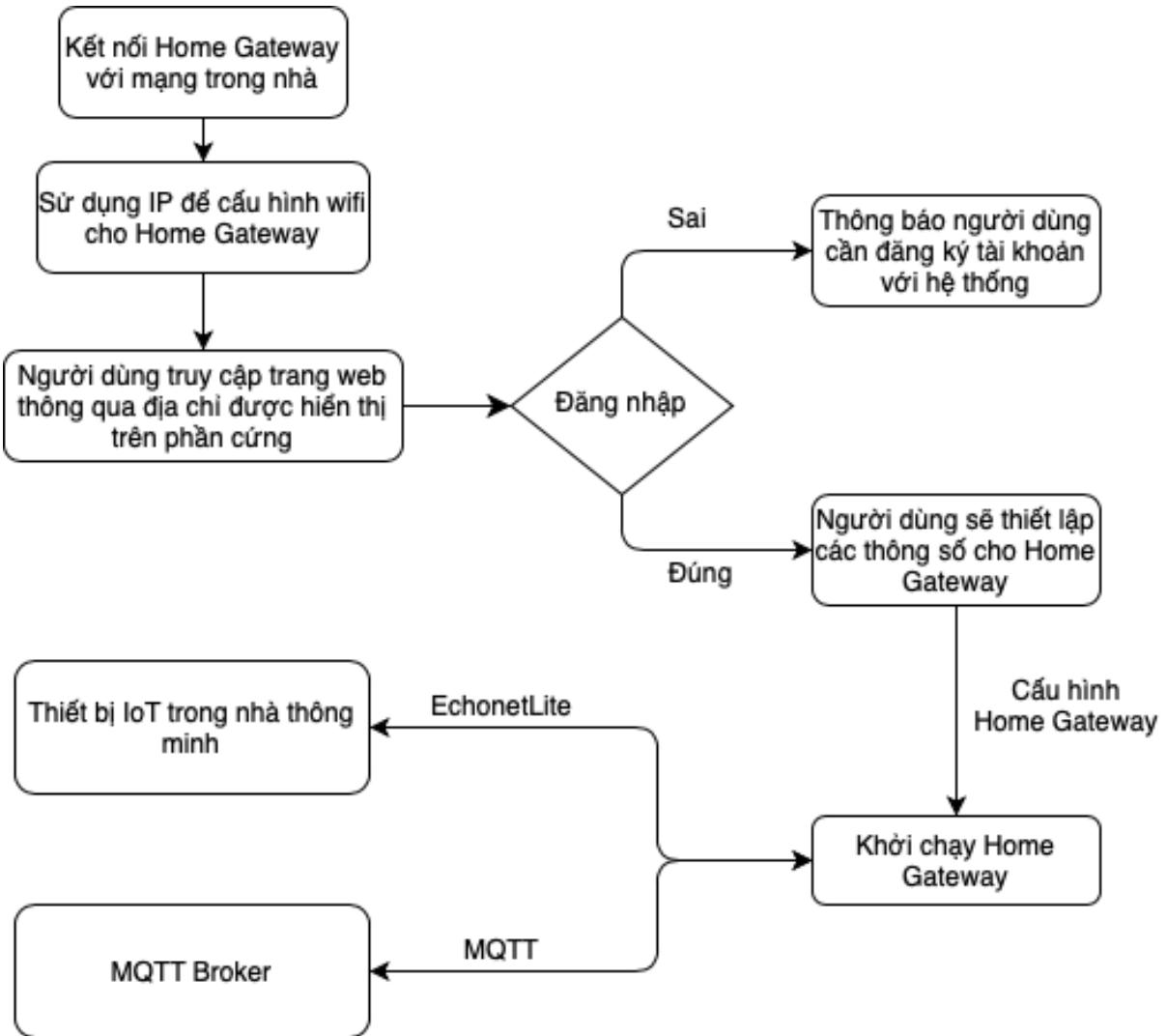
Quy trình sử dụng Home Gateway trong nhà thông minh:



Hình 2.9. Quy trình sử dụng Home Gateway trong nhà thông minh

CHƯƠNG 3: TRIỂN KHAI VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG

3.1. Quy trình khởi chạy của Home Gateway



Hình 3.1. Quy trình khởi chạy của Home Gateway

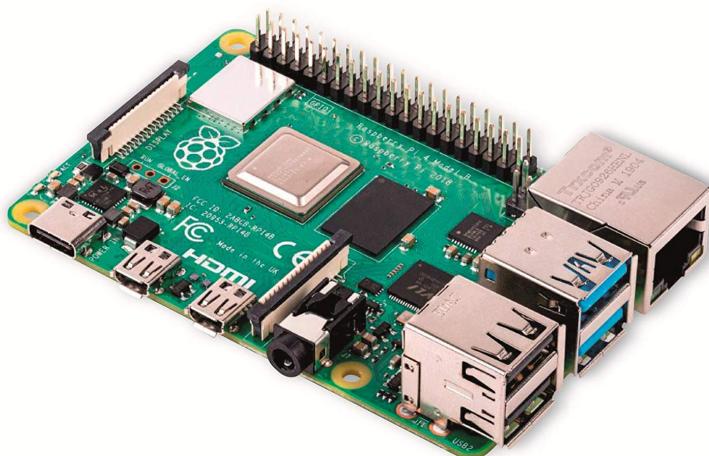
Quy trình khởi chạy Home Gateway được mô tả trong Hình 3.1. Ban đầu, người dùng kết nối Home Gateway vào mạng trong nhà thông minh bằng dây cám. Tiếp theo, Người dùng sử dụng IP được hiển thị trên màn hình của thiết bị phần cứng sau đó cấu hình Wifi cho Home Gateway bằng VNC Viewer. Sau đó, người dùng truy cập đến một địa chỉ web theo hướng dẫn trên màn hình và đăng nhập thông tin thông qua tài khoản đã được cấp. Nếu người dùng chưa có tài khoản cần phải đăng ký để hệ thống cấp tài khoản sử dụng. Ngược lại, sau khi đăng nhập thành công, người dùng sẽ tiến hành cấu hình cho Home Gateway. Sau khi cấu hình thông tin cho phần cứng Home Gateway hoàn tất thì Home Gateway sẽ được khởi chạy. Tại đây, Home Gateway giao tiếp với

MQTT Broker thông qua giao thức MQTT. Đồng thời Home Gateway giao tiếp với thiết bị IoT trong nhà thông minh thông qua giao thức Echonet Lite.

3.2. Triển khai thực tế

3.2.1. Thiết bị cài đặt Home Gateway

Tôi chọn Raspberry Pi để cài đặt Home Gateway vì đây là thiết bị phù hợp với thiết kế và yêu cầu phần cứng đã nêu ở trên. Cụ thể tôi sẽ sử dụng phiên bản Raspberry Pi 4. Đây là một chiếc máy tính thu nhỏ được tích hợp nhiều phần cứng mạnh mẽ, đủ khả năng chạy được các ứng dụng với yêu cầu đã nêu ở trên. Hơn nữa, giá thành sản phẩm không quá cao nên việc triển khai Home Gateway trên diện rộng sẽ dễ dàng hơn. Với việc tích hợp chip wifi trên Pi 4, các vấn đề về việc giao tiếp với các thiết bị IoT trong nhà thông minh và giao tiếp giữa nhà thông minh với server sẽ được giải quyết.



Hình 3.2. Raspberry Pi 4

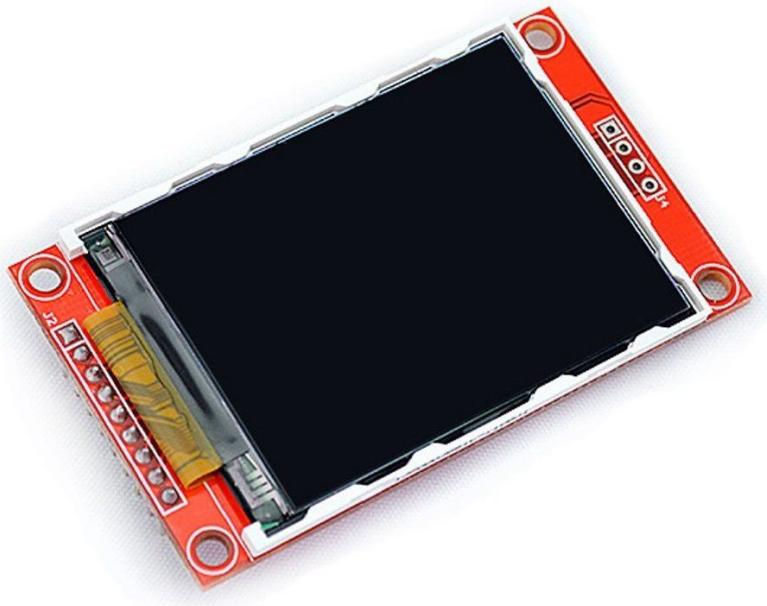
Điện áp hoạt động	5V - 3A chuẩn USB-C
CPU	Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
RAM	2GB
Wifi	2.4 GHz và 5.0 GHz IEEE 802.11ac
Bluetooth	5.0, BLE
Cổng kết nối	<ul style="list-style-type: none">Cổng mạng Gigabit Ethernet

	<ul style="list-style-type: none"> • 2 cổng USB 3.0 và 2 cổng USB 2.0 • 40 chân GPIO • 2 cổng chuẩn Micro HDMI với độ phân giải lên tới 4K • MIPI DSI, MIPI CSI, AV 4 chân
	Khe cắm Micro-SD cho hệ điều hành và lưu trữ
	OpenGL ES 3.0 graphics

Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật Raspberry Pi 4

3.2.2. Màn hình hiển thị thông tin

Tôi sẽ dùng màn LCD TFT 2.2 SPI ILT9341 để hiển thị các thông tin của Home Gateway. LCD TFT luôn là một trong những lựa chọn tối ưu trong các ứng dụng cần nhu cầu hiển thị. Với khả năng truyền dữ liệu nối tiếp thông qua giao tiếp SPI, việc điều khiển có thể giao tiếp với module và việc điều khiển cũng vô cùng đơn giản. Ngoài ra, màn hình này có thể hiện thị 18bit màu, điều đó mang lại sự trực quan cho người dùng khi sử dụng đồng thời tăng tính thẩm mỹ cho sản phẩm.



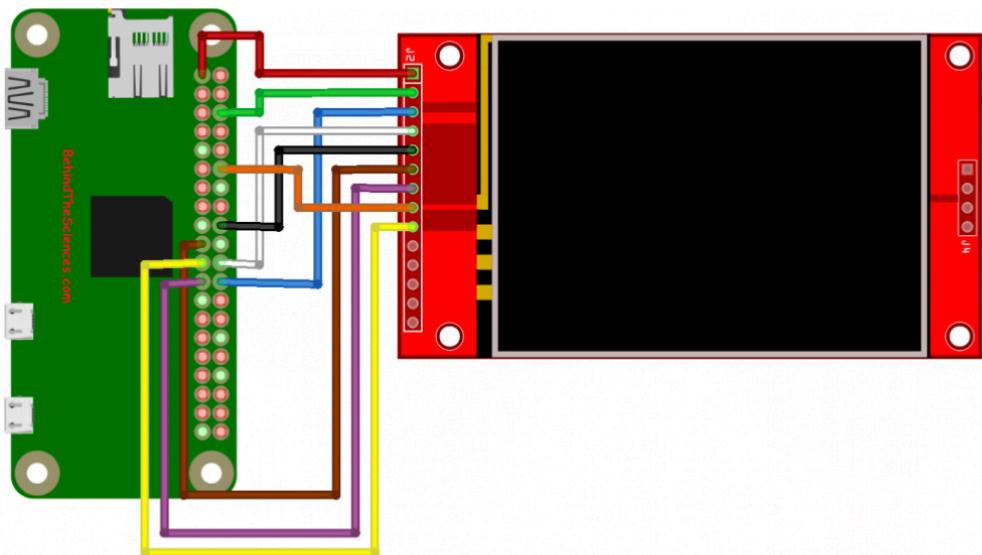
Hình 3.3. Màn hình LCD TFT 2.2 SPI ILT9341

Điện áp hoạt động	3V – 5V
Kích thước	67x40mm (2.63x1.57inch)

Kích thước màn	2.2 inch
Khả năng hiển thị	QVGA 240x320 điểm ảnh (RGB) với 18bit màu
IC điều khiển	ILI9341
Giao thức hiển thị nối tiếp, chỉ cần sử dụng 5 chân (CS, RESET, DC/RS, SDI/MOSI, SCK) để điều khiển.	

Bảng 3.2. Thông số kỹ thuật LCD TFT 2.2 SPI ILT9341

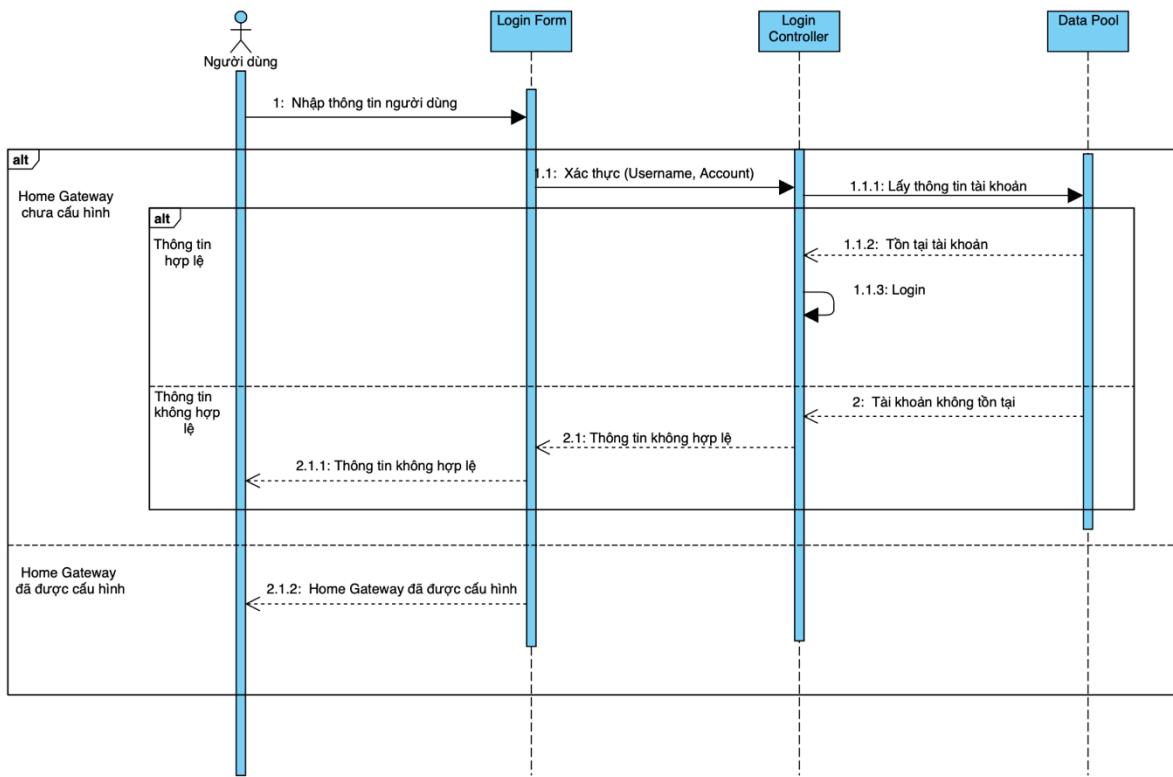
Chi tiết lắp đặt được mô tả ở Hình 3.4 bên dưới:



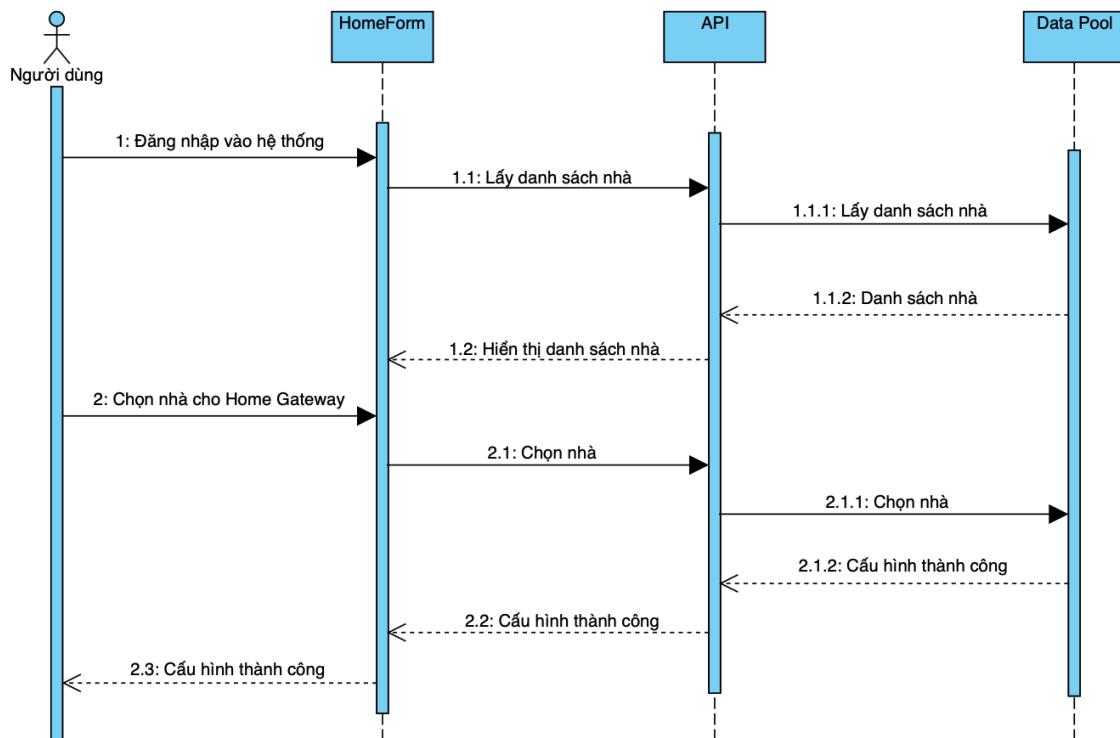
Hình 3.4. Cách thức lắp đặt màn hình và Raspberry Pi

3.2.3. Website người dùng cấu hình Home Gateway

Để người dùng có thể dễ dàng sử dụng Home Gateway và cài đặt trong nhà thông minh của mình. Tôi thiết kế một ứng dụng web để người dùng có thể cấu hình Home Gateway. Mô tả các luồng xử lý của ứng dụng web được mô tả trong Hình 3.5, 3.6.

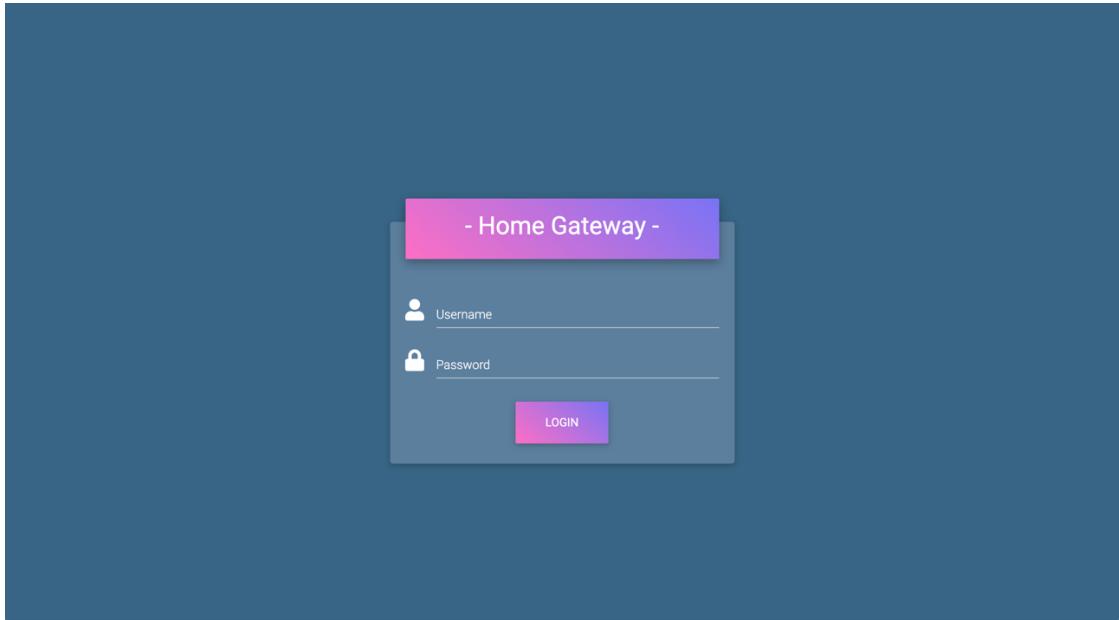


Hình 3.5. Hình vẽ hoạt động của quá trình Login trên web



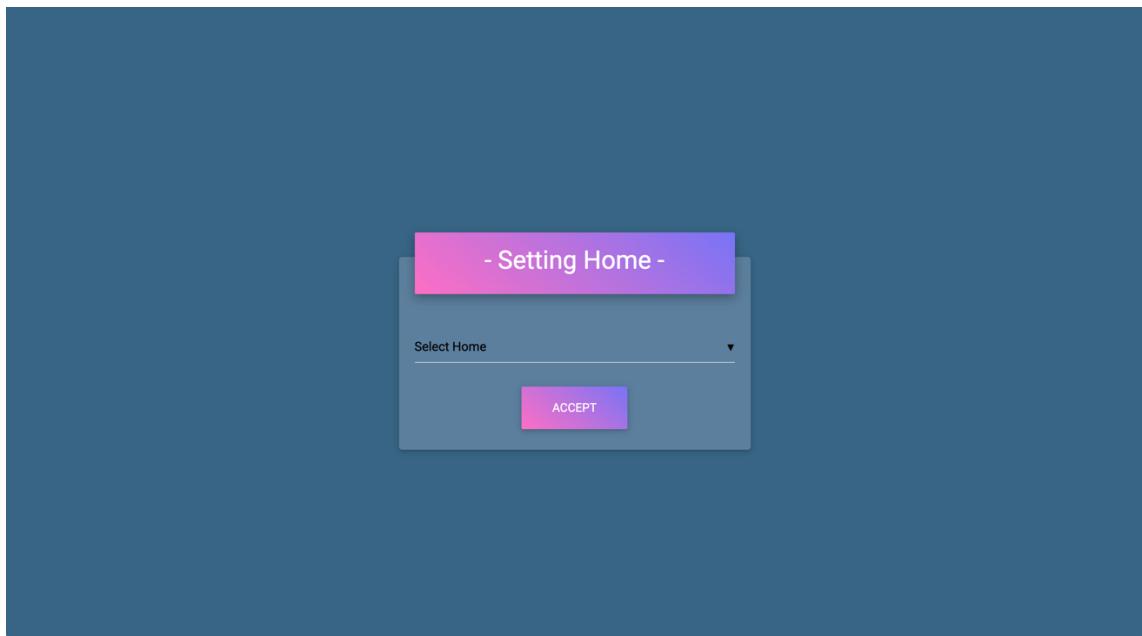
Hình 3.6. Hình vẽ hoạt động của quá trình cấu hình nhà cho Home Gateway

Giao diện người dùng sử dụng khi lần đầu truy cập vào web như trong Hình 3.7. Tại đây, người dùng sẽ sử dụng tài khoản mà hệ thống cung cấp để truy cập.



Hình 3.7. Giao diện web khi người dùng truy cập bằng địa chỉ IP

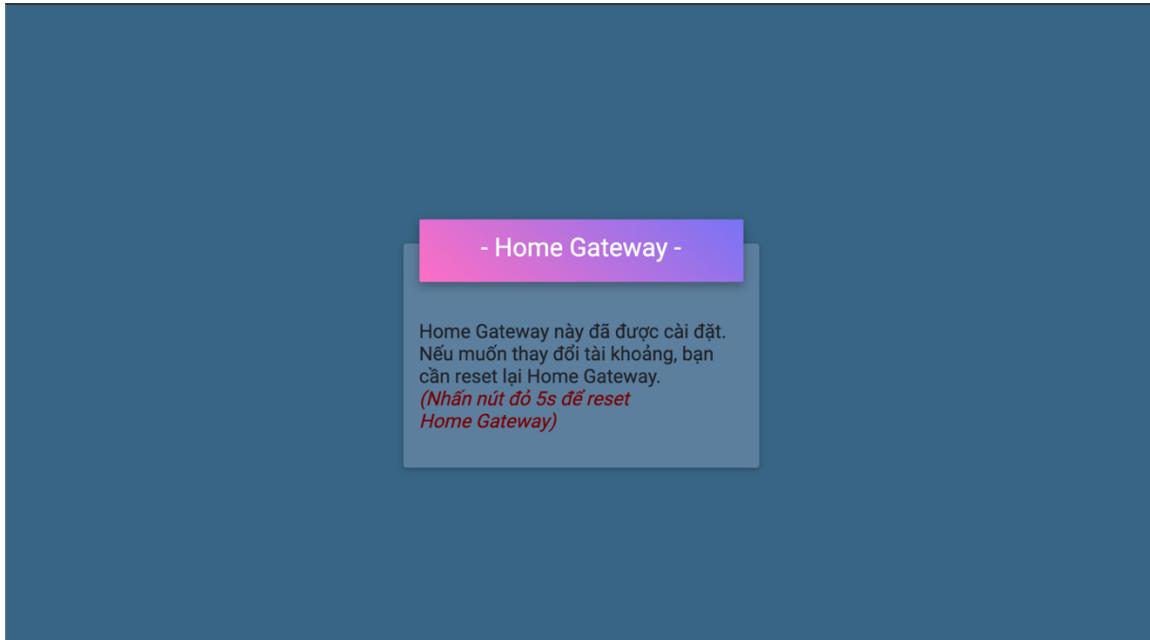
Sau khi đăng nhập thành công, người dùng sẽ tiến hành cấu hình Home Gateway như ở Hình 3.8. Tại đây, Home Gateway sẽ được chọn để quản lý một nhà cụ thể.



Hình 3.8. Giao diện người dùng chọn nhà cho Home Gateway

Tuy nhiên, khi người dùng truy cập lại website thông qua địa chỉ IP sau khi đã cấu hình xong lần đầu thì màn hình sẽ hiển thị như Hình 3.9. Lúc này, nếu người dùng muốn

cấu hình lại hoặc thay đổi người dùng trên Home Gateway cần phải reset thiết bị về trạng thái ban đầu.

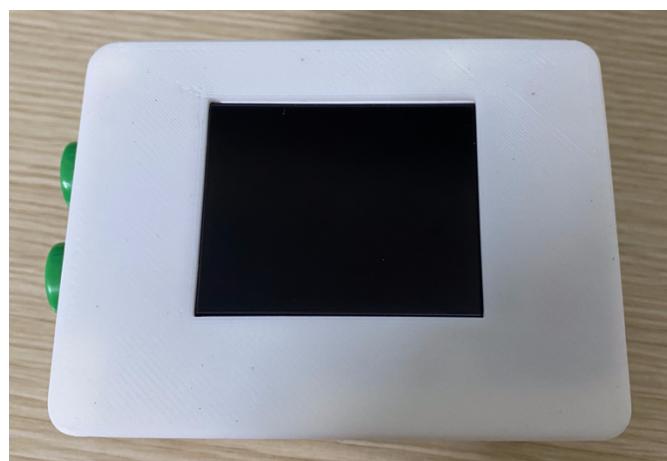


Hình 3.9. Giao diện người khi Home Gateway đã được cấu hình

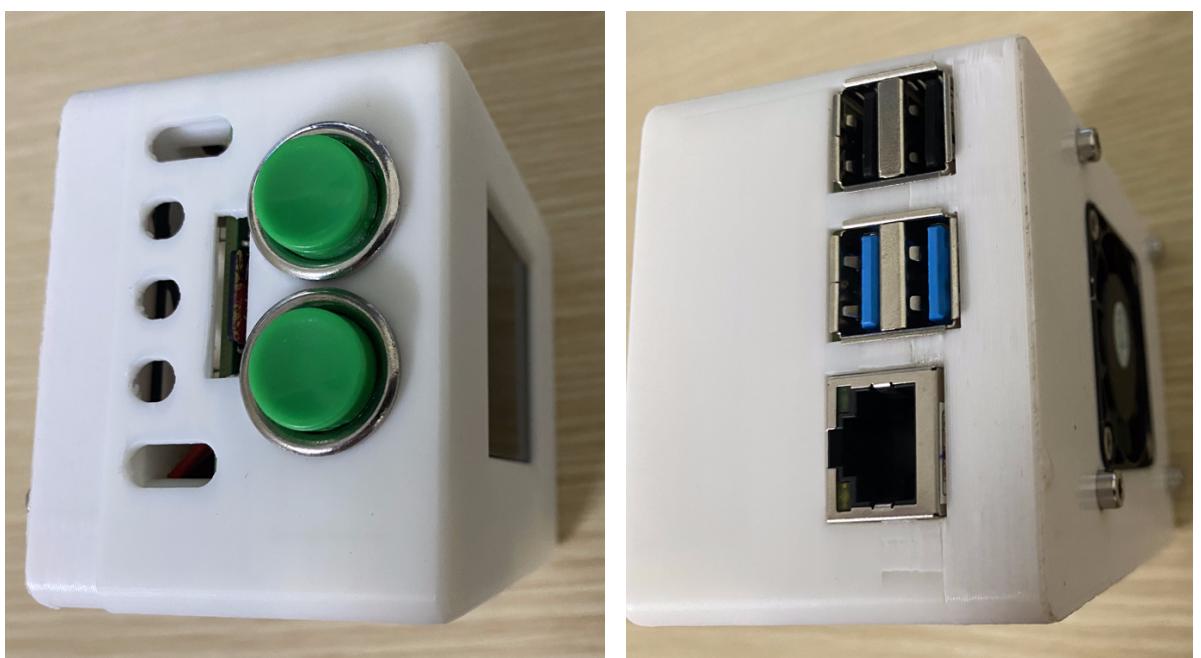
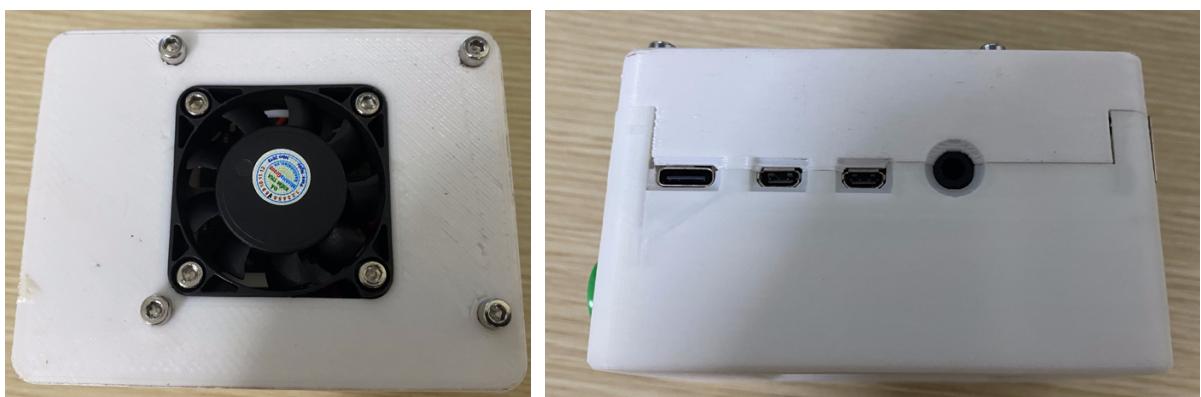
Webserver có nhiệm vụ cung cấp khả năng cấu hình Home Gateway. Đồng thời, webserver lưu thông tin xác thực của người dùng với hệ thống API Server và đăng ký nhà mà Home Gateway điều khiển.

3.2.4. Phần cứng Home Gateway hoàn thiện

Để có thể lắp đặt phần cứng theo như thiết kế trong mục 2.2.8, tôi đã thiết kế vỏ hộp cho Home Gateway và tiến hành lắp ráp cùng với linh kiện đã đề xuất ở trên. Home Gateway sau khi được hoàn thiện được thể hiện trong Hình 3.10 - 3.11 bên dưới.



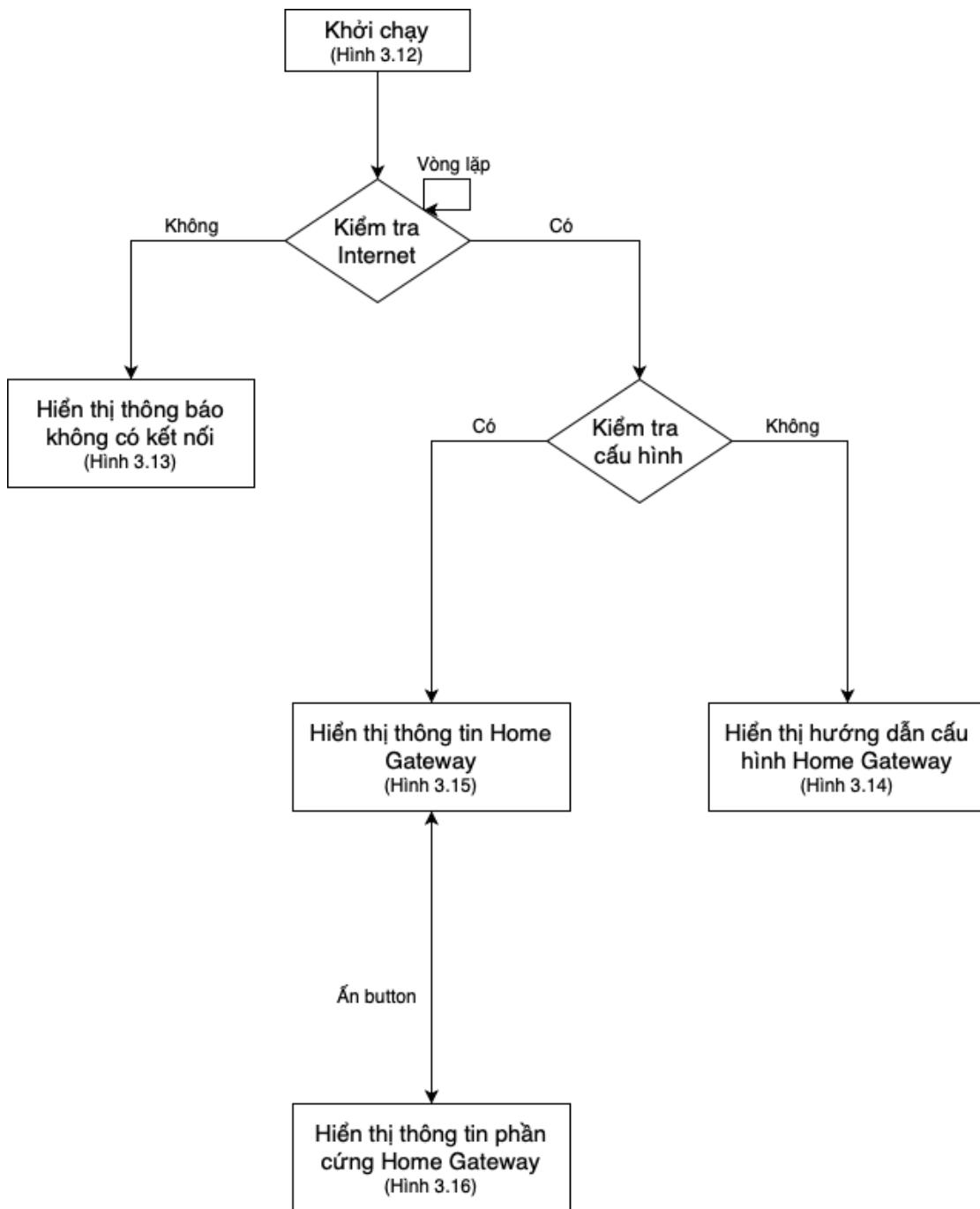
Hình 3.10. Phần cứng sau khi đã được hoàn thiện



Hình 3.11. Phần cứng sau khi đã được hoàn thiện

Màn hình của Home Gateway sẽ hiển thị thông tin của thiết bị đồng thời hướng dẫn người dùng sử dụng. Người dùng có thể dùng các nút bấm trên Home Gateway để chuyển giữa các màn hình khác nhau. Phần màn hình hiển thị các thông tin của Home Gateway được mô tả trong các hình 3.13 – 3.17.

Quy trình hiển thị trên phần cứng được mô tả ở Hình 3.12:



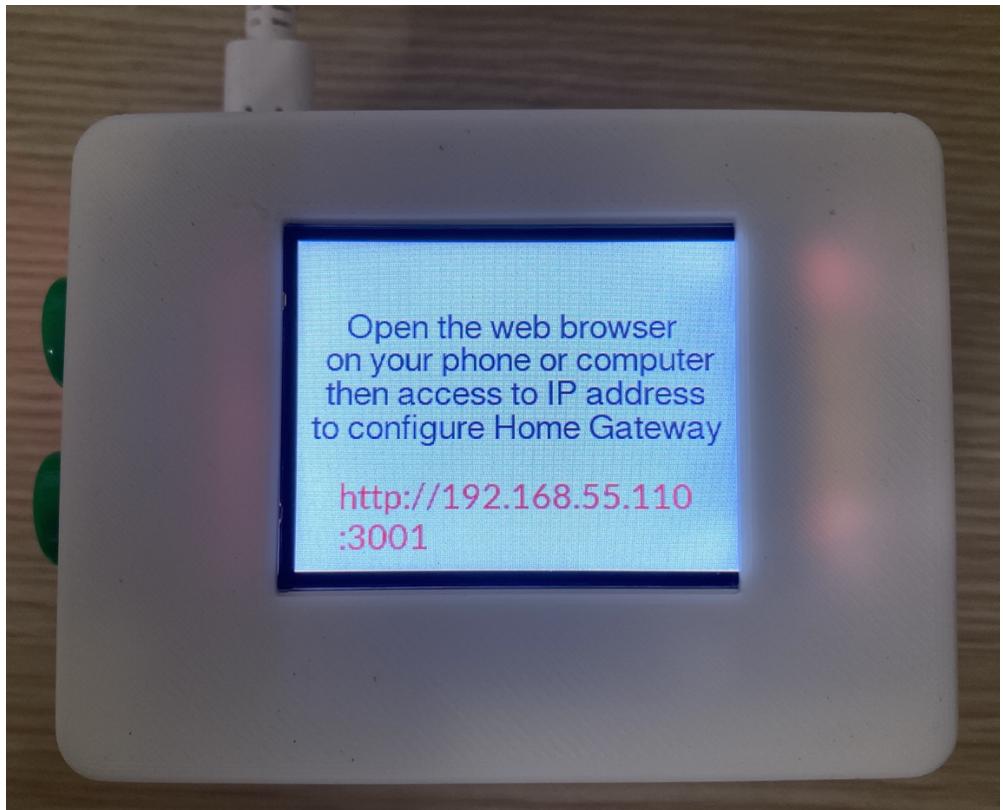
Hình 3.12. Quy trình chạy và hiển thị trên màn hình phần cứng



Hình 3.13. Hiển thị khi Home Gateway khởi chạy



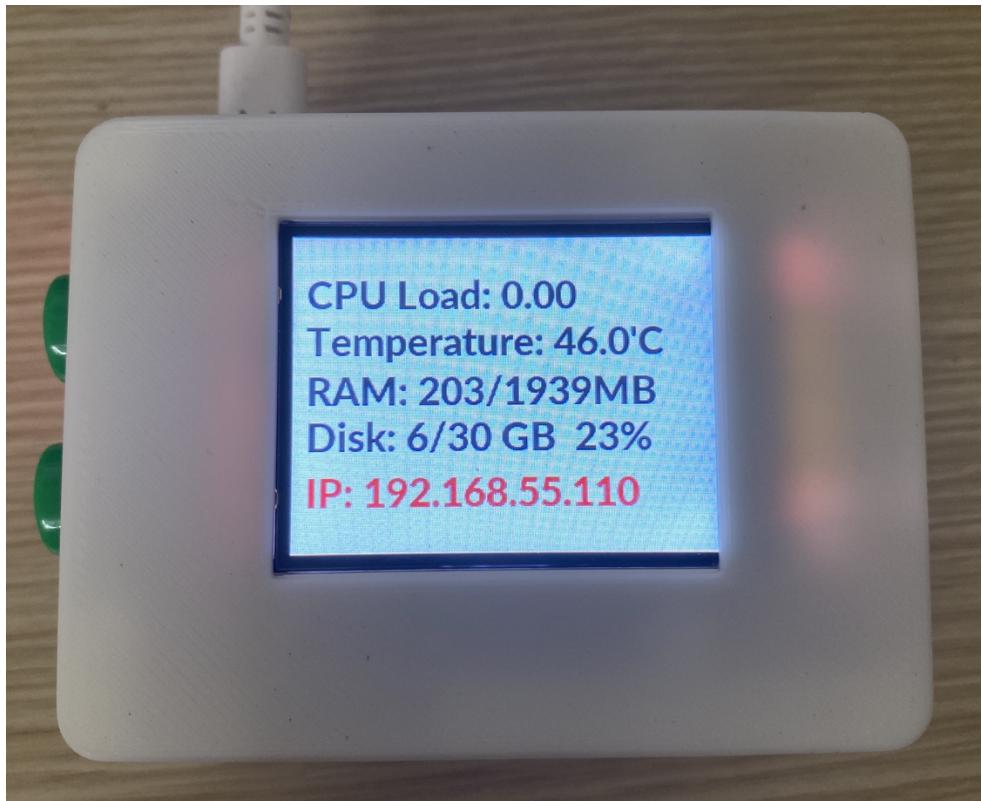
Hình 3.14. Hiển thị Home Gateway khi không kết nối với Internet



Hình 3.15. Hướng dẫn người dùng khi Home Gateway chưa được cấu hình



Hình 3.16. Thông tin nhà mà Home Gateway điều khiển



Hình 3.17. Thông số hoạt động của Home Gateway

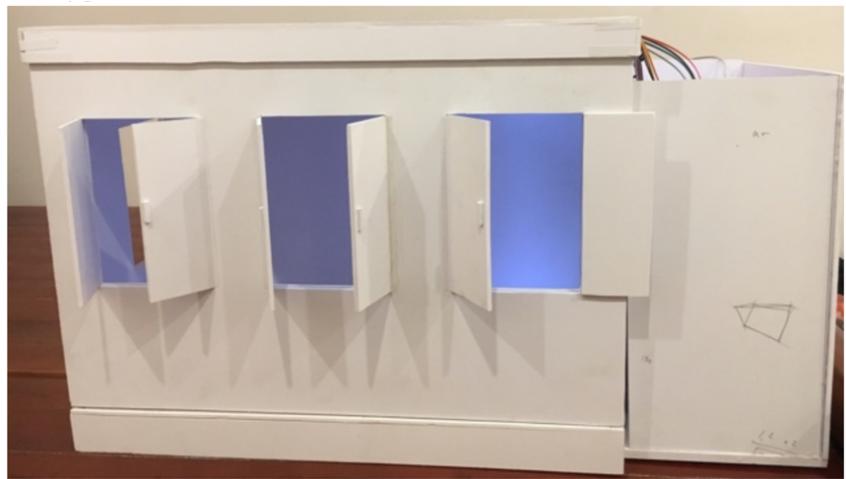
3.2.5. Môi trường cài đặt Home Gateway

Home Gateway sẽ được phát triển và cài đặt bằng ngôn ngữ Java. Đây là ngôn ngữ được sử dụng nhiều khi xây dựng các ứng dụng. Java có nhiều thư viện hỗ trợ và dễ dàng thêm vào các ứng dụng. Ngoài ra, chúng ta có thể cài và chạy Java trên phần cứng Raspberry Pi 4. Thư viện giao thức Echonet Lite được sử dụng ở trong [8].

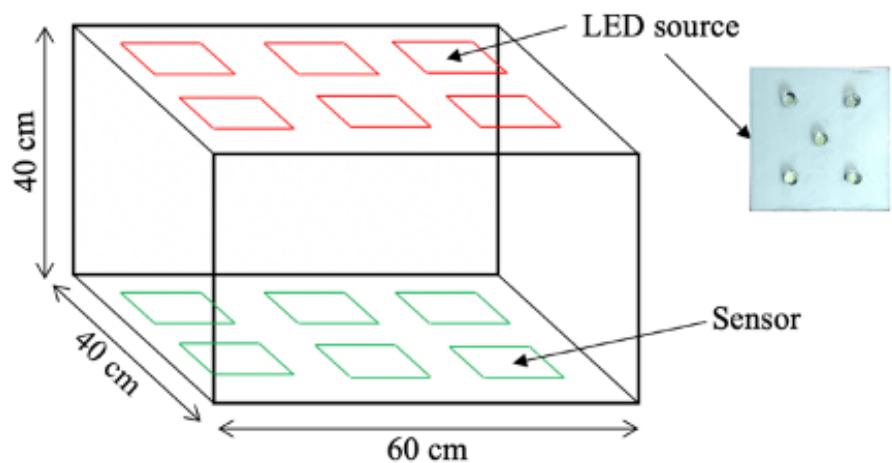
Về phần cứng, Raspberry Pi 4 sẽ được cài đặt hệ điều hành Raspbian phiên bản phát hành ngày 27/05/2020. Về ứng dụng web cho người dùng cấu hình Home Gateway, tôi xây dựng và phát triển bằng ngôn ngữ NodeJs. Đối với màn hình hiển thị được viết bằng ngôn ngữ Python phiên bản 3.7.1.

3.3. Đánh giá kết quả

Để có thể đánh giá kết quả hoạt động của Home Gateway, tôi đã xây dựng một mô hình nhà với kích thước 60x40x40 (cm) (Hình 3.18). Trong mô hình này, tôi lắp đặt 6 cụm đèn (mỗi cụm đèn có 5 đèn LED) và 6 cảm biến ánh sáng như Hình 3.19.



Hình 3.18. Mô hình nhà thông minh hoàn chỉnh



Hình 3.19. Thiết kế các thiết bị IoT trong mô hình đã xây dựng

Kịch bản để đánh giá đó là khi nhà cung cấp dịch vụ “hệ thống điều khiển đèn thông minh” được người dùng thêm vào nhà. Hệ thống ấy sẽ đưa ra kịch bản điều khiển đèn và gửi về cho Home Gateway.

Phiên (Section)	Thời gian
Nhà cung cấp dịch vụ gửi yêu cầu đèn Home Gateway	3ms
Home Gateway gửi một lệnh điều khiển đèn đến đèn khi đèn được bật đúng như lệnh điều khiển	150 – 200 ms
Home Gateway điều khiển tắt cả các đèn trong mô hình đúng như gói tin điều khiển từ MQTT Broker gửi về	350 – 500 ms

Bảng 3.1: Độ trễ khi gửi khi nhận dữ liệu giữa Home Gateway và các thành phần

Về thời gian điều khiển đèn, sau khi Home Gateway nhận được gói tin điều khiển từ MQTT, thời gian khi Home Gateway gửi gói tin điều khiển đèn và cho đèn khi đèn được bật đúng với yêu cầu là nhỏ (150-200ms cho 1 đèn và 350-500ms cho cả 6 đèn). So với Home Gateway trong nghiên cứu [1] (7 - 8s để điều khiển 6 đèn) và kết quả được công bố trong nghiên cứu [3] (1.4 - 1.7s để điều khiển 1 đèn), Home Gateway trong khóa luận này đã cải thiện được đáng kể tốc độ xử lý và hoạt động.

Để đánh giá độ chính xác của Home Gateway trong khóa luận tốt nghiệp này, tôi đã tạo ra các trường hợp như trong bảng 3.2. Ở đây mức độ sáng có nghĩa là số lượng đèn được bật tại mỗi một cụm đèn.

Trường hợp kiểm tra	Mức độ sáng của đèn được yêu cầu bật	Mức độ sáng thực tế đèn bật
1	1, 0, 2, 1, 1, 1	1, 0, 2, 1, 1, 1
2	1, 3, 1, 1, 1, 5	1, 3, 1, 1, 1, 5
3	0, 0, 0, 0, 0, 1	0, 0, 0, 0, 0, 1
4	1, 0, 1, 1, 1, 1	1, 0, 1, 1, 1, 1
5	3, 0, 2, 0, 0, 0	3, 0, 2, 0, 0, 0

Bảng 3.2. Kết quả đánh giá độ chính xác khi Home Gateway điều khiển đèn

Nếu như trong nghiên cứu [1], sau khi nhận được gói tin điều khiển từ Home Gateway, đèn sẽ bật không chính xác so với yêu cầu hoặc có thể không được bật do mất mát gói tin trên đường truyền, thì Home Gateway mà tôi đã thiết kế và xây dựng trong khóa luận tốt nghiệp này hoạt động chính xác và tin cậy rất nhiều (Bảng 3.2). Tất cả các đèn đều được điều khiển đúng với kịch bản điều khiển nhận từ server (độ chính xác là 100% với 5 trường hợp kiểm tra).

Ngoài ra, Home Gateway trong nghiên cứu [1] khi hoạt động với 10 thiết bị IoT thì sẽ xảy ra lỗi và ngừng hoạt động sau 6 phút. Càng nhiều thiết bị IoT ở trong mạng thì Home Gateway trong nghiên cứu [1] có thời gian hoạt động càng ngắn. Ngược lại, Home Gateway được thiết kế và xây dựng trong khóa luận này chạy ổn định khi số lượng thiết bị IoT trong nhà tăng dần lên, đáp ứng được nhu cầu cài đặt nhiều thiết IoT trong nhà thông minh.

CHƯƠNG 4: TỔNG KẾT

4.1. Tổng kết khóa luận

Như vậy, trong khóa luận tốt nghiệp này tôi đã thiết kế và xây dựng hoàn chỉnh Home Gateway cho nhà thông minh bao gồm: phần cứng, phần mềm, ứng dụng web để cấu hình Home Gateway. Home Gateway đã giải quyết được nhược điểm và thiết sót của Home Gateway trong nghiên cứu trước đó và có nhiều điểm cải tiến:

- Home Gateway hoạt động ổn định, đáp ứng và xử lý tốt khi số lượng thiết bị IoT trong nhà thông minh tăng lên.
- Thiết kế và xây dựng hoàn chỉnh quy trình thêm và xóa thiết bị IoT trong mạng.
- Thiết kế và xây dựng topics giúp cho việc lấy thông tin, điều khiển thiết bị IoT dễ dàng hơn và phân quyền cho các nhà cung cấp dịch vụ trở nên dễ dàng hơn.
- Đảm bảo gói tin được truyền giữa Home Gateway và các thiết bị IoT không bị mất mát trên đường truyền.
- Mã hóa thông tin khi Home Gateway và MQTT Broker gửi gói tin cho nhau.
- Có quy trình cụ thể cho người sử dụng khi họ muốn lắp đặt Home Gateway và IoT Platform cho nhà của họ.
- Hoàn thiện phần cứng cho việc cài đặt và hiển thị thông tin của Home Gateway.

4.2. Hướng phát triển trong tương lai

Để Home Gateway có thể mở rộng, hoạt động tốt hơn và có thể được sử dụng rộng rãi, phô biến hơn trong tương lai, chúng ta có thể phát triển tiếp như sau:

- Tối ưu hơn việc chia luồng xử lý cho các thiết bị IoT trên Home Gateway.
- Cải tiến và nâng cấp thư viện Echonet Lite.
- Tích hợp thêm nhiều giao thức như Zigbee, Z-wave... để có thể xử lý được nhiều thiết bị của nhiều hãng sản xuất khác nhau.
- Thêm giao diện điều khiển và màn hình cảm ứng để người dùng có thể điều khiển trực tiếp thiết bị IoT trong nhà thông minh trên Home Gateway.
- Thiết kế phần cứng cho đẹp và thẩm mỹ hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Nguyễn Hoài Sơn, Nguyễn Việt Bắc, “Xây dựng IoT Platform cho nhà thông minh tương thích chuẩn Echonet Lite”, *Hội nghị Quốc gia về Điện tử, Truyền thông và Công nghệ Thông tin*, 14 tháng 12 năm 2017, Thành Phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Tiếng Anh

- [2] Minh Hoang Ngo, Xuan Viet Cuong Nguyen, Quang Khai Duong and Hoai Son Nguyen, "Adaptive Smart Lighting Control based on Genetic Algorithm," *2019 25th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC)*, Ho Chi Minh City, Vietnam, 2019, pp. 320-325.
- [3] Hoai Son Nguyen, Xuan Anh Do, Hoang Le, Van Hoang Nguyen, Quang Khai Duong, Xuan Viet Cuong Nguyen and Minh Hoang Ngo, "ECHONET Lite-based IoT Platform for Smart Homes", accepted in *IEEE (RIVF) 2020*, public in October 2020.
- [4] ECHONET Consortium. Retrieved May 2, 2020, <http://www.echonet.gr.jp/>.
- [5] ECHONET Lite Member. Retrieved May 2, 2020, http://echonet.jp/kaiin_kigyo_en/
- [6] MQTT Protocol. Retrieved September 2, 2019, from <http://mqtt.org/>
- [7] ECHONET Lite Specification. Retrieved May 2, 2020, from https://ECHONET.jp/spec_v113_lite_en/
- [8] OpenEcho. Retrieved May 2, 2020, from <https://github.com/SonyCSL/OpenECHO/>