

Đại học Bách Khoa Hà Nội

Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN

IoT và ứng dụng

Tên đề tài

Xây dựng hệ thống giám sát và quản lý nhà thông minh

Giảng viên hướng dẫn TS. Phạm Ngọc Hưng

<i>Sinh viên</i>	Vũ Trung Nghĩa	20173284
	Lê Vũ Lợi	20173240
	Đặng Lâm San	20170111
	Nguyễn Thanh Nhã	20170103

Hà Nội - Ngày 26 tháng 1 năm 2021

Mục lục

1	Giới thiệu	4
2	Xác định các yêu cầu đối với hệ thống	4
2.1	Yêu cầu về mặt chức năng	4
2.2	Yêu cầu phi chức năng	4
3	Thiết kế tổng quan của hệ thống	5
3.1	Phạm vi của hệ thống	5
3.2	Sơ đồ tổng quan các thành phần hệ thống	5
3.3	Các công nghệ sử dụng trong hệ thống	6
3.3.1	Công nghệ truyền thông	6
3.3.2	Công nghệ sử dụng phía server	6
3.3.3	Hệ quản trị cơ sở dữ liệu	6
3.3.4	Công nghệ phía Client	7
3.3.5	Công nghệ nhúng	7
3.4	Tương tác giữa các thành phần hệ thống	7
3.4.1	Tương tác giữa thiết bị nhúng với Home Center	7
3.4.2	Tương tác giữa Home Center với Cloud Server	7
3.4.3	Tương tác giữa Client với Cloud Server	7
4	Thiết kế chi tiết các thành phần hệ thống	8
4.1	Cloud Server	8
4.2	Database	8
4.3	Home center server	9
4.4	Home Assistant	9
4.5	Frontend	9
5	Phân tích, đánh giá hiệu năng của hệ thống	9
5.1	Khả năng an toàn và bảo mật	9

5.2	Khả năng chịu lỗi	9
5.2.1	Khi có ngắt kết nối giữa Home Center và Cloud Server	9
5.2.2	Backup và Restore	10
5.3	Khả năng mở rộng	10
6	Kết luận	10

1. Giới thiệu

Hệ thống nhà thông minh đang ngày càng trở nên phổ biến trong thập kỷ vừa qua bởi những tiện nghi mà nó đem lại. Hệ thống nhà thông minh được tạo nên bởi các máy tính nhúng đặt trong các thiết bị gia dụng và được điều khiển thông qua các thiết bị tương tác với người dùng như điện thoại thông minh, robot điều khiển bằng giọng nói... Việc giám sát và điều khiển hệ thống nhà thông minh được thực hiện thông qua giao tiếp không dây giữa các thành phần của hệ thống, trong đó các máy tính nhúng có nhiệm vụ tiếp nhận nguồn dữ liệu đầu vào và nhận về các tín hiệu điều khiển từ thiết bị tầng trên; các thiết bị lưu trữ và xử lý trung gian có nhiệm vụ lưu trữ và xử lý một phần dữ liệu; máy chủ trung tâm thực hiện các tính toán phức tạp và đáp trả phản hồi đến từ các thiết bị khác nhau. Điểm mấu chốt của hệ thống nhà thông minh nằm ở khả năng thu thập dữ liệu và điều khiển các thiết bị trong nhà từ xa, thông qua mạng Internet. Trong bài tập lớn môn học này, nhóm chúng em đã thiết kế nên một hệ thống theo dõi, giám sát cũng như điều khiển nhà thông minh, thông qua việc tìm hiểu các công nghệ, nền tảng sử dụng trong IoT. Chi tiết về thiết kế của hệ thống được trình bày trong các phần tiếp theo của báo cáo. Cụ thể, phần 2

2. Xác định các yêu cầu đối với hệ thống

2.1. Yêu cầu về mặt chức năng

Hệ thống quản lý giám sát nhà thông minh bao gồm 2 khối chức năng chính:

- *Chức năng theo dõi, giám sát:* Hệ thống theo dõi các thông số như: nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, ánh sáng, chất lượng không khí ... được cung cấp với các cảm biến đặt tại các vị trí khác nhau trong nhà. Từ đó, giúp người dùng có thể nhận thấy các dấu hiệu bất thường như có cháy nổ, chất lượng không khí xấu hay các yếu tố khác để có những can thiệp phù hợp.
- *Chức năng quản lý, điều khiển:* Hệ thống cho phép người dùng thực hiện điều khiển các thiết bị từ xa, ví dụ như bật tắt đèn, TV, tủ lạnh, điều hòa, bình nóng lạnh... thông qua các thiết bị có giao diện gắn gửi với người dùng như điện thoại thông minh (giao diện đồ họa), robot nhận diện giọng nói (giao diện giọng nói)

2.2. Yêu cầu phi chức năng

Hệ thống được thiết kế hướng tới đáp ứng một số yêu cầu phi chức năng sau:

- Có thể phục vụ được khoảng 1000 người dùng.
- Có khả năng mở rộng để phục vụ nhiều người dùng hơn trong tương lai.
- Thời gian đáp ứng không quá 10s: hệ thống phải đảm bảo có đủ hiệu năng để phục vụ lưu lượng người dùng tăng đột ngột trong giờ cao điểm.
- Sử dụng được trên các loại cảm biến và thiết bị nhúng có giá thành rẻ, ví dụ như ESP8266, Arduino Uno,...
- Giá thành của một hệ thống khi triển khai không quá 5 triệu đồng.

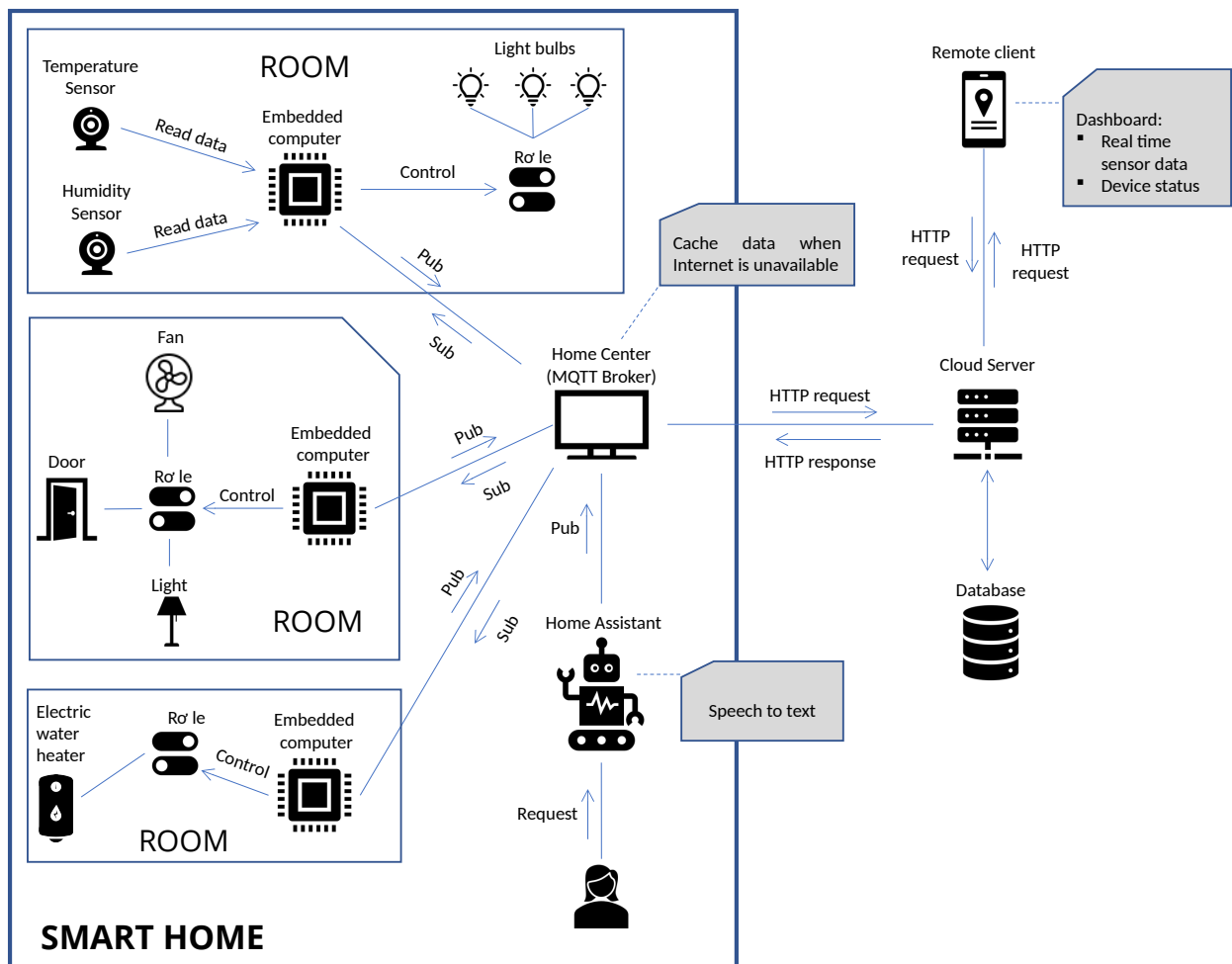
3. Thiết kế tổng quan của hệ thống

3.1. Phạm vi của hệ thống

Hệ thống được thiết kế để có thể triển khai trên quy mô lớn và dễ dàng mở rộng trong tương lai. Trong thiết kế hiện tại, quy mô hệ thống phục vụ được khoảng 1000 người dùng.

Hệ thống có thể triển khai với nhiều công nghệ khác nhau dựa trên một sơ đồ kiến trúc tổng thể chung. Do đó, có thể lựa chọn nhiều loại công nghệ khác nhau cho từng thành phần của hệ thống. Ví dụ, các thiết bị nhúng có thể lựa chọn là ESP32, ESP8266,... (chỉ cần có khả năng kết nối mạng), công nghệ phía server có thể là nodejs, python, java ...

3.2. Sơ đồ tổng quan các thành phần hệ thống



Hình 1: Sơ đồ tổng quan hệ thống quản lý và giám sát nhà thông minh

Kiến trúc thiết kế này bao gồm 3 thành phần chính:

- *Thành phần Local*: bao gồm các máy tính nhúng, các thiết bị gia dụng, các cảm biến, và robot Home Assistant hỗ trợ điều khiển thiết bị bằng giọng nói. Các thiết bị này đều được đặt cục bộ bên trong ngôi nhà. Thành phần Local này chính là phần mà bên cung cấp hệ thống sẽ triển khai khi có khách hàng mua dịch vụ quản lý nhà thông minh.
- *Thành phần Cloud*: bao gồm Server trung tâm đảm nhận việc xử lý yêu cầu đến từ thành phần Local và thành phần Client, cộng với Database để quản lý dữ liệu của tất cả người dùng sử dụng dịch vụ
- *Thành phần Client*: smartphone sử dụng app quản lý hoặc máy tính truy cập Web. Thành phần này cung cấp cho người dùng khả năng theo dõi giám sát các thiết bị trong nhà từ xa thông qua một giao diện thân thiện. Việc quản lý các thiết bị từ xa cũng là điểm đặc trưng của một hệ thống IoT.

Các thành phần cụ thể:

- Các thiết bị nhúng
- Home Center Server
- Cloud Server và Database

3.3. Các công nghệ sử dụng trong hệ thống

3.3.1. Công nghệ truyền thông

Ngày nay, các kết nối không dây ngày càng trở nên phổ biến. Đây cũng là hình thức kết nối được sử dụng cho tương tác giữa các thành phần trong hệ thống quản lý và giám sát nhà thông minh. Một số chuẩn truyền thông được sử dụng trong IoT có thể kể đến như RFID, NFC, Bluetooth, GSM, WiFi,... Các chuẩn Bluetooth hay NFC chỉ hoạt động trong phạm vi nhỏ ($NFC < 0.2m$, $Bluetooth < 10m$). Trong phạm vi của một ngôi nhà, các chuẩn này không thể sử dụng. Chuẩn truyền thông được lựa chọn cho giao tiếp giữa các thiết bị cục bộ trong nhà của thiết kế này là WiFi. Giữa thành phần Local và thành phần Cloud ngoài WiFi có thể sử dụng kết nối có dây Ethernet. Ở thành phần Local, thiết bị đảm nhận vai trò trung gian giao tiếp với thành phần Cloud là một máy tính có tên Home Center (chi tiết trong phần 4.3). Người dùng sẽ không cần tương tác nhiều với thành phần này nên việc nối dây trực tiếp với Router thay vì dùng WiFi sẽ giúp tăng tốc độ đường truyền. Một kết nối khác không thể sử dụng kết nối không dây đó là kết nối giữa thiết bị nhúng với cảm biến và rơ le. Các kết nối này cần phải đảm bảo được đặt trong phạm vi nhỏ để chống nhiễu.

3.3.2. Công nghệ sử dụng phía server

Có rất nhiều lựa chọn về ngôn ngữ lập trình để lập trình phía server. Java, Python, PHP, Ruby, NodeJS (JavaScript)... là các lựa chọn khá phổ biến khi xem xét việc viết server cho một hệ thống. Trong các hệ thống được xây dựng gần đây thì NodeJS được sử dụng khá thường xuyên. NodeJS là một môi trường thực thi dành cho code JavaScript. NodeJS sử dụng mô hình xử lý theo sự kiện, mô hình vào ra bất đồng bộ, khiến nó vô cùng hiệu quả khi sử dụng. Một ưu điểm khác khiến nhiều người lựa chọn NodeJS đó là giờ đây chúng ta chỉ cần một ngôn ngữ duy nhất là JavaScript để lập trình cho cả backend và frontend. NodeJS cùng với framework Express - một framework cung cấp nhiều tính năng mạnh mẽ trên nền tảng Web cũng như các ứng dụng di động, là công nghệ được sử dụng để lập trình cho thành phần máy chủ Cloud trong hệ thống này.

3.3.3. Hệ quản trị cơ sở dữ liệu

Có 2 lựa chọn chính khi lựa chọn thiết kế một cơ sở dữ liệu: SQL và NoSQL. Hệ thống quản lý nhà thông minh sẽ sử dụng MongoDB, là một cơ sở dữ liệu NoSQL. Dữ liệu trong MongoDB được lưu trữ dưới dạng các document.

Mỗi document trong một collection có thể có các trường thông tin khác nhau. Vì vậy, mongoddb rất thích hợp cho các dữ liệu có nhiều thay đổi về cấu trúc (schema). Các thao tác thêm hay xóa cột trong các hệ quản trị cơ sở dữ liệu truyền thống là các thao tác tốn kém nhưng lại có thể được thực hiện dễ dàng với một cơ sở dữ liệu phi quan hệ như MongoDB. Một điểm nữa là MongoDB thường được sử dụng cùng với NodeJS và Express. Nó phù hợp với những hệ thống cần khả năng mở rộng như các hệ thống server lớn, và là lựa chọn cho thiết kế của hệ thống nhà thông minh.

3.3.4. Công nghệ phía Client

Các công nghệ lập trình phía frontend cũng hết sức đa dạng: jQuery, Bootstrap, React, Vue, AngularJS, ... Trong số đó, các framework như React, Vue và AngularJS là được sử dụng nhiều nhất. Hiện nay, có hai kiến trúc full stack được sử dụng nhiều nhất đó là MERN (MongoDB + Express + React + NodeJS) và MEAN (MongoDB + Express + Angular + NodeJS). Có thể thấy sử dụng của React và Angular trong hai kiến trúc này. Thiết kế của hệ thống lựa chọn React cho phần lập trình phía frontend. React hoạt động theo nguyên tắc component-based, các thành phần đồ họa được tạo ra và tái sử dụng tại nhiều vị trí khác nhau, giúp cho việc lập trình frontend trở nên hiệu quả.

3.3.5. Công nghệ nhúng

Yêu cầu đối với các thiết bị nhúng trong hệ thống này chỉ bao gồm khả năng kết nối WiFi. Lựa chọn đơn giản nhất cho các thiết bị này là module WiFi ESP8266. Đây là thiết bị được nhóm lựa chọn sử dụng.

3.4. Tương tác giữa các thành phần hệ thống

3.4.1. Tương tác giữa thiết bị nhúng với Home Center

Thiết bị nhúng cần gửi dữ liệu cảm biến Home Center Server, đồng thời nhận tín hiệu điều khiển từ Home Center để bật tắt các thiết bị gia dụng. Loại giao tiếp này giữa Home Center với thiết bị nhúng phù hợp để sử dụng giao thức MQTT. Trong đó Home Center sẽ subscribe topic dữ liệu để nhận dữ liệu từ sensor, còn thiết bị nhúng sẽ subscribe topic điều khiển để nhận tín hiệu điều khiển thiết bị từ Home Center.

3.4.2. Tương tác giữa Home Center với Cloud Server

Home Center cần gửi dữ liệu liên tục từ sensor lên Cloud Server, đồng thời cần nhận tín hiệu điều khiển từ Server gửi về, các giao tiếp này được thiết kế như sau:

- Home Center gửi dữ liệu lên Cloud Server: sử dụng giao thức HTTP, Home Center liên tục gửi request lên Cloud Server sau mỗi khoảng thời gian đều đặn.
- Cloud Server gửi dữ liệu về Home Center: Home Center chỉ là một thiết bị cục bộ nên không có địa chỉ IP tĩnh, do đó không thể gửi HTTP request từ Cloud Server về Home Center. Giải pháp ở đây là biến Cloud Server thành một MQTT Broker và Home Center sẽ subscribe topic điều khiển trong Broker này.

3.4.3. Tương tác giữa Client với Cloud Server

Tương tác này khá đơn giản và phổ biến. Giao thức truyền thông được lựa chọn là HTTP. Cụ thể, Client gửi request đến Cloud Server và nhận response từ Server trả về.

4. Thiết kế chi tiết các thành phần hệ thống

4.1. Cloud Server

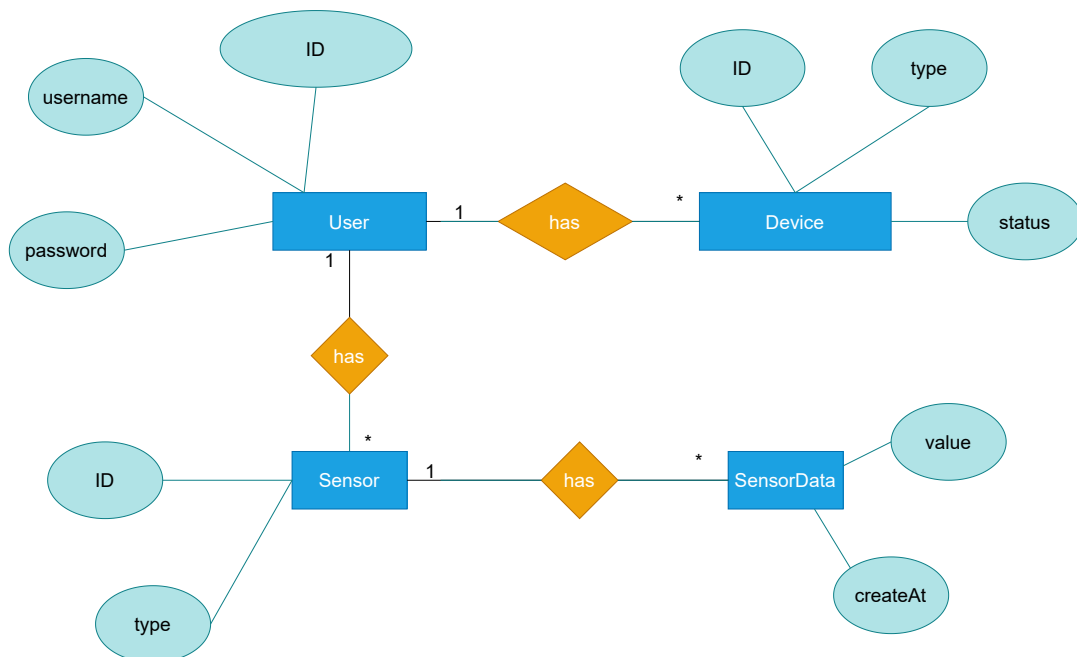
Như đã phân tích trong phần 3.3.2, công nghệ được sử dụng để lập trình Server là NodeJS và Express. Server có nhiệm vụ định nghĩa các API để Client và Home Center truy vấn đến lấy dữ liệu. Các API được Cloud Server định nghĩa là:

- `/api/v1/auth/signin`: dành cho người dùng muốn đăng nhập vào hệ thống. Để đăng nhập, người dùng gửi một HTTP POST request với body là username và password.
- `/api/v1/sensor/user`: lấy dữ liệu sensor từ cơ sở dữ liệu và hiển thị cho người dùng
- `/api/v1/device/user`: lấy dữ liệu thiết bị từ cơ sở dữ liệu và hiển thị cho người dùng.

Cloud Server cũng đóng vai trò là một MQTT Broker để Home Center subscribe vào topic điều khiển.

4.2. Database

Hệ thống sẽ lưu trữ 4 loại thực thể gồm: User, Device, Sensor và SensorData. User đại diện cho người dùng, Device đại diện cho các thiết bị gia dụng, Sensor đại diện cho các cảm biến và SensorData là dữ liệu gửi lên từ các cảm biến.



Hình 2: Biểu đồ cơ sở dữ liệu mức khái niệm

4.3. Home center server

Home Center Server là thành phần trung gian giao tiếp giữa thiết bị nhúng với Cloud Server. Home Center có nhiệm vụ quản lý tất cả các thiết bị nhúng trong một ngôi nhà, xử lý các tính toán phức tạp mà các thiết bị nhúng cấu hình thấp không thể xử lý được. Ngoài ra, Home Center là thành phần chịu lỗi của hệ thống khi có sự cố ngắt kết nối Internet với bên Cloud Server. Trong trường hợp này, Home Center sẽ lưu các dữ liệu chưa được đẩy lên Server và thực hiện đẩy lại một khi kết nối Internet được khôi phục.

4.4. Home Assistant

Home Assistant là thành phần rất hữu ích trong hệ thống nhà thông minh. Nó là một robot có nhiệm vụ chuyển các yêu cầu của người dùng bằng giọng nói về dạng dữ liệu text. Sau đó, dữ liệu text này sẽ được gửi qua một mô hình AI để dự đoán yêu cầu của người dùng và sau đó tạo ra một tín hiệu điều khiển tương ứng với mong muốn của người dùng. Khi ở trong nhà, người dùng có thể tùy ý điều chỉnh các thiết bị trong ngôi nhà của mình với Home Assistant một cách dễ dàng.

4.5. Frontend

Đây là thành phần tương tác trực tiếp với người dùng. Người dùng được cung cấp 2 dịch vụ chính là giám sát và điều khiển. Thông qua app quản lý nhà thông minh, người dùng có thể xem trạng thái bật tắt của các thiết bị trong nhà như: TV, tủ lạnh, điều hòa, bình nóng lạnh... Đồng thời người dùng có thể xem các thông số được đo được trên các cảm biến lắp trong nhà để có những can thiệp phù hợp. Với tính năng điều khiển, người dùng có thể điều khiển bật tắt thiết bị ngay trên app quản lý.

5. Phân tích, đánh giá hiệu năng của hệ thống

5.1. Khả năng an toàn và bảo mật

An toàn và bảo mật của hệ thống được đảm bảo ở nhiều thành phần khác nhau:

- Phía Client: mật khẩu không hiển thị dưới dạng hiện khi người dùng thực hiện đăng nhập, yêu cầu mật khẩu đủ mạnh khi người dùng đăng ký.
- Trên các đường truyền: sử dụng giao thức HTTPS, giao thức POST, mã hóa dữ liệu bằng thuật toán Hash.
- Phía Server: không lưu trữ trực tiếp mật khẩu người dùng mà lưu trữ mã Hash.
- Phía Home Center: khi kết nối Cloud Server, Home Center phải gửi username và password. Sau khi xác thực thành công, các request tiếp theo cần phải gửi kèm token. Token này phải được mã hóa khi gửi.

5.2. Khả năng chịu lỗi

5.2.1. Khi có ngắt kết nối giữa Home Center và Cloud Server

Khi có sự cố ngắt kết nối giữa Home Center và Cloud Server, các dữ liệu gửi đi từ sensor sẽ tạm được lưu trữ trong Home Center. Các dữ liệu này sẽ được đẩy lại lên Cloud Server để lưu trữ lâu dài khi kết nối Internet được khôi phục.

5.2.2. Backup và Restore

Dữ liệu lưu trên Cloud Server được nhân bản để đảm bảo khả năng khôi phục khi bị mất.

5.3. Khả năng mở rộng

MongoDB là cơ sở dữ liệu phù hợp cho việc lưu trữ phân tán và dễ dàng mở rộng. Do đó, trong tương lai nếu có thêm nhiều người dùng thì việc mở rộng cơ sở dữ liệu là hoàn toàn khả thi.

NodeJS là ngôn ngữ rất phù hợp để viết Server và có thể xử lý hàng nghìn request cùng lúc.

6. Kết luận

Hệ thống nhà thông minh đang ngày càng trở nên phổ biến khi các công nghệ IoT đang ngày càng phát triển. Trong bài tập lớn môn học này, nhóm chúng em đã tìm hiểu và thiết kế nên một hệ thống nhà thông minh phù hợp với các yêu cầu và ràng buộc trong thực tế. Nhóm cũng đã cố gắng tìm hiểu một số công nghệ phổ biến được sử dụng trong IoT. Sản phẩm của nhóm chắc chắn không tránh khỏi còn nhiều thiếu sót, vậy nên chúng em rất mong nhận được sự góp ý và đánh giá của thầy.