

TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐẠI NAM
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



Bài Tập Lớn

HỌC PHẦN: TỔNG QUAN IOT VÀ HỆ THỐNG
NHÚNG

TÊN ĐỀ TÀI: HỆ THỐNG NHÀ THÔNG MINH

NHÓM 1: Ngô Tất Thắng, Trần Hải Long, Hoàng Trung Hải, Ngô
Xuân Đào

Ngành: Công nghệ Thông tin

Chuyên ngành: Lập trình nhúng iot và AI

Giảng viên hướng dẫn: ThS. Nguyễn Văn Nhân

Khoa: Công nghệ Thông tin

HÀ NỘI, 11/11/2025

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG NHÚNG VÀ NHÀ THÔNG MINH

1

1.1	Giới thiệu chung về tổng quan iot và hệ thống nhúng	1
1.2	Các loại hệ thống nhúng	1
1.3	Thành phần cơ bản của hệ thống nhúng	2
1.4	Nhà thông minh	3
1.5	Cảm biến và bộ truyền động trong nhà thông minh	3
1.6	Giao thức truyền thông và IoT trong nhà thông minh.....	4
1.7	Kiến trúc hệ thống nhà thông minh	6
1.8	So sánh mô hình thương mại và DIY trong nhà thông minh	7

CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG NHÀ THÔNG MINH 9

2.1	Giới thiệu	9
2.2	Mục tiêu	9
2.2.1	Mục tiêu tổng quát.....	10
2.2.2	Ý nghĩa của việc đạt được mục tiêu	10
2.3	Lợi ích và ý nghĩa thực tiễn	10
2.4	Tổng quan hệ thống	10
2.4.1	Công nghệ sử dụng.....	11
2.4.2	Ứng dụng của hệ thống.....	16
2.4.3	Đầu mạch phần cứng hệ thống	18

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ TỔNG KẾT ĐỀ TÀI..... 20

3.1	Kết quả đạt được	20
3.1.1	Chức năng nhận diện khuôn mặt mở cửa tự động.....	20
3.1.2	Chức năng cảnh báo khí gas rò rỉ.....	20
3.1.3	Chức năng điều khiển chiếu sáng và thiết bị điện.....	20
3.1.4	Chức năng phát hiện và phản ứng khi trời mưa.....	21
3.1.5	Chức năng thông báo thời gian thực	21
3.1.6	Hướng phát triển đề tài	21
3.1.7	Kết luận chung	22

CHƯƠNG 4. TÀI LIỆU THAM KHẢO 23

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG NHÚNG VÀ NHÀ THÔNG MINH

1.1 Giới thiệu chung về tổng quan IoT và hệ thống nhúng

Internet of Things (IoT) là mô hình kết nối các thiết bị vật lý với nhau và với Internet, cho phép chúng thu thập dữ liệu, truyền tải, xử lý và tự động đưa ra quyết định. Các thiết bị IoT có thể là: cảm biến nhiệt độ, cảm biến mưa, khóa cửa thông minh, camera, công tắc, robot, đồng hồ đo điện, xe tự hành

Hệ thống nhúng là hệ thống điện tử được thiết kế để thực hiện một hoặc một vài chức năng chuyên biệt, thường nằm bên trong thiết bị lớn hơn. Ví dụ: bộ điều khiển trong máy giặt, mạch điều khiển động cơ, vi điều khiển trong xe hơi, robot, hệ thống an ninh,...

- Có kích thước nhỏ gọn, tiết kiệm không gian.
- Tiêu thụ năng lượng thấp, phù hợp cho thiết bị di động và IoT.
- Được tối ưu về chi phí, nhờ vậy dễ triển khai rộng rãi.
- Hoạt động ổn định và đáng tin cậy trong thời gian dài, đáp ứng các yêu cầu đặc thù của ứng dụng.

Các ứng dụng phổ biến:

- Thiết bị điện tử gia dụng: máy giặt, điều hòa, tivi thông minh, máy lọc không khí.
- Hệ thống công nghiệp: robot công nghiệp, dây chuyền sản xuất tự động, băng tải.
- Thiết bị y tế: máy đo nhịp tim, máy theo dõi bệnh nhân, máy trợ thính.
- Ô tô thông minh: phanh ABS, cảm biến va chạm, hệ thống hỗ trợ lái tự động.

Trong thời đại Internet vạn vật (IoT), hệ thống nhúng ngày càng kết nối mạng, xử lý dữ liệu thời gian thực và tự động hóa các chức năng, đóng vai trò then chốt trong việc phát triển các hệ thống nhà thông minh hiện đại.

1.2 Các loại hệ thống nhúng

Hệ thống nhúng có thể phân loại theo nhiều tiêu chí, ví dụ:

Theo thời gian phản hồi:

Hệ thống nhúng thời gian thực cứng (Hard Real-Time): Yêu cầu hoàn thành nhiệm vụ đúng hạn tuyệt đối. Ví dụ: phanh ABS ô tô, hệ thống phẫu thuật robot.

Hệ thống nhúng thời gian thực mềm (Soft Real-Time): Cho phép một số độ trễ mà không ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động. Ví dụ: phát video, báo động nhà thông minh.

Theo ứng dụng:

- Nhúng công nghiệp: PLC, robot công nghiệp, thiết bị tự động hóa.
- Nhúng tiêu dùng: TV thông minh, tủ lạnh, máy giặt.

- Nhúng y tế: máy đo nhịp tim, máy theo dõi bệnh nhân, thiết bị hỗ trợ vận động.

Theo vi điều khiển/vi xử lý sử dụng:

- Arduino: Dễ lập trình, giá rẻ, phù hợp học tập và prototyping.
- ESP32: Tích hợp Wi-Fi, Bluetooth, mạnh mẽ cho ứng dụng IoT.
- STM32: Hiệu năng cao, thích hợp ứng dụng công nghiệp và các dự án phức tạp.

Các đặc điểm kỹ thuật cần lưu ý:

- Tốc độ xử lý (MHz/GHz).
- Bộ nhớ RAM và Flash.
- Số lượng cổng I/O và chuẩn giao tiếp.
- Hỗ trợ giao thức truyền thông (UART, SPI, I2C, CAN, Wi-Fi, Bluetooth).

1.3 Thành phần cơ bản của hệ thống nhúng

Một hệ thống nhúng tiêu chuẩn bao gồm:

Bộ vi điều khiển (MCU) hoặc vi xử lý (MPU):

- Chịu trách nhiệm xử lý dữ liệu từ cảm biến.
- Điều khiển các bộ truyền động theo logic lập trình.
- Có thể lưu trữ chương trình trong bộ nhớ Flash nội bộ.

Cảm biến (Sensor):

- Thu thập dữ liệu môi trường.
- Chuyển đổi các hiện tượng vật lý thành tín hiệu điện.

Ví dụ: cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, chuyển động, khói, gas.

Bộ truyền động (Actuator):

- Thực hiện hành động vật lý dựa trên lệnh từ MCU.
- Ví dụ: relay, motor, servo, van điện.

Bộ nhớ (Memory):

- Flash lưu chương trình.
- RAM lưu dữ liệu tạm thời và xử lý tín hiệu.

Giao diện truyền thông:

- Kết nối với các thiết bị khác hoặc người dùng.
- Các chuẩn phổ biến: UART, SPI, I2C, CAN, Wi-Fi, Bluetooth.

Nguồn cấp:

- Cung cấp điện áp ổn định, bảo vệ hệ thống khỏi sự cố điện.

Mối liên hệ giữa các thành phần:

- Cảm biến gửi dữ liệu về vi điều khiển.
- Vi điều khiển xử lý và quyết định hành động.
- Bộ truyền động thực hiện hành động vật lý.
- Giao diện truyền thông cho phép người dùng giám sát và điều khiển từ xa.

1.4 Nhà thông minh

Nhà thông minh là mô hình nhà ở hiện đại được trang bị các thiết bị điện tử và phần mềm có khả năng tự động hóa, kết nối mạng và điều khiển từ xa. Mục tiêu của nhà thông minh không chỉ là mang lại tiện nghi tối đa cho cư dân, mà còn đảm bảo an toàn, tiết kiệm năng lượng và tối ưu hóa quản lý tài nguyên. Hệ thống này cho phép các thiết bị giao tiếp với nhau và với người dùng thông qua ứng dụng trên điện thoại, máy tính bảng hoặc máy tính cá nhân. Nhờ vào việc sử dụng cảm biến, bộ truyền động và phần mềm thông minh, nhà có thể tự động điều chỉnh các thiết bị dựa trên môi trường thực tế, như ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm hoặc hoạt động của con người.

Ví dụ, khi cảm biến ánh sáng phát hiện môi trường quá tối, hệ thống sẽ tự bật đèn; khi không có người trong phòng, điều hòa hoặc quạt có thể tự tắt để tiết kiệm năng lượng; hệ thống an ninh sẽ gửi thông báo ngay lập tức nếu phát hiện chuyển động hoặc rò rỉ gas. Điều này mang lại sự tiện lợi, an toàn và thân thiện với môi trường.

Các thành phần chính trong nhà thông minh bao gồm:

- Cảm biến (Sensor): Thu thập dữ liệu môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, chuyên động, khói, gas.
- Bộ truyền động (Actuator): Thực hiện hành động vật lý dựa trên lệnh điều khiển, ví dụ: relay bật/tắt thiết bị, motor điều khiển rèm cửa, van điện điều khiển nước hoặc gas.
- Vi điều khiển trung tâm (Controller): Xử lý dữ liệu từ cảm biến, ra lệnh điều khiển thiết bị, và kết nối với mạng để điều khiển từ xa.
- Giao diện người dùng (User Interface): Ứng dụng di động hoặc web cho phép người dùng giám sát và điều khiển hệ thống.

Nhờ sự kết hợp giữa cảm biến, bộ truyền động, vi điều khiển và giao diện người dùng, nhà thông minh có thể tự động hóa các hoạt động hàng ngày, đồng thời cung cấp khả năng giám sát và kiểm soát từ xa, giúp cư dân sống tiện nghi, an toàn và tiết kiệm năng lượng.

1.5 Cảm biến và bộ truyền động trong nhà thông minh

Trong hệ thống nhà thông minh, cảm biến và bộ truyền động đóng vai trò cực kỳ quan trọng, gần như là “cặp mắt và đôi tay” của ngôi nhà. Các cảm biến giúp hệ thống theo dõi và hiểu môi trường xung quanh, từ đó cung cấp dữ liệu quan trọng để vi điều khiển xử lý và ra lệnh điều khiển các thiết bị. Bộ truyền động, ngược lại, là thành phần thực hiện các hành động vật lý dựa trên lệnh từ vi điều khiển, chẳng hạn như bật tắt đèn, đóng mở rèm

cửa, hay điều chỉnh nhiệt độ. Khi kết hợp nhịp nhàng, cảm biến và bộ truyền động biến ngôi nhà trở thành một hệ thống tự động hóa thông minh, tiện nghi và an toàn.

Cảm biến phổ biến trong nhà thông minh bao gồm:

- Cảm biến nhiệt độ/độ ẩm (DHT11, DHT22): Giúp tự động điều chỉnh điều hòa, quạt hoặc hệ thống sưởi để duy trì nhiệt độ và độ ẩm lý tưởng trong nhà.
- Cảm biến ánh sáng (LDR): Phát hiện cường độ ánh sáng tự nhiên, bật hoặc tắt đèn phù hợp để tiết kiệm điện năng và tạo không gian sống dễ chịu.
- Cảm biến chuyển động (PIR): Phát hiện sự di chuyển của con người, dùng để bật đèn, báo động hoặc ghi hình an ninh.
- Cảm biến khí gas và khói: Cảnh báo rò rỉ gas hoặc nguy cơ cháy, đảm bảo an toàn cho cư dân.
- Cảm biến cửa, cửa sổ (magnetic sensor): Theo dõi trạng thái mở/đóng, hỗ trợ kiểm soát an ninh và tiết kiệm năng lượng.

Bộ truyền động phổ biến:

- Relay: Điều khiển bật/tắt các thiết bị điện như đèn, quạt, máy bơm.
- Motor DC, servo hoặc stepper: Điều khiển rèm cửa, cửa ra vào hoặc các thiết bị cơ khí khác.
- Van điện: Điều khiển nước, gas hoặc hệ thống sưởi tự động.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống nhà thông minh có thể tóm tắt như sau:

- Cảm biến thu thập dữ liệu từ môi trường xung quanh và gửi về vi điều khiển.
- Vi điều khiển xử lý dữ liệu, đưa ra các quyết định dựa trên chương trình đã lập trình.
- Bộ truyền động thực hiện hành động vật lý theo lệnh vi điều khiển.

Hệ thống cập nhật trạng thái thiết bị và gửi thông báo về ứng dụng của người dùng để giám sát.

Nhờ cơ chế phối hợp này, nhà thông minh không chỉ tự động hóa các thiết bị hàng ngày mà còn cải thiện chất lượng sống, tối ưu hóa năng lượng và nâng cao an ninh, mang đến trải nghiệm sống tiện nghi, hiện đại và an toàn cho cư dân.

1.6 Giao thức truyền thông và IoT trong nhà thông minh

Để các thiết bị trong nhà thông minh hoạt động đồng bộ và hiệu quả, giao thức truyền thông là yếu tố then chốt. Giao thức truyền thông xác định cách các thiết bị trao đổi dữ liệu với nhau và với vi điều khiển trung tâm hoặc trực tiếp với người dùng qua Internet. Trong bối cảnh nhà thông minh, IoT (Internet of Things – Internet vạn vật) đóng vai trò quan trọng, khi mà hầu hết các thiết bị đều có thể kết nối, gửi và nhận dữ liệu từ xa, giúp người dùng giám sát và điều khiển hệ thống ngay cả khi không có mặt tại nhà.

Các giao thức phổ biến trong nhà thông minh gồm:

Wi-Fi:

- Kết nối trực tiếp đến Internet, tốc độ truyền dữ liệu cao.
- Thích hợp cho các thiết bị cần truyền tải dữ liệu lớn như camera, tivi, hệ thống giải.
- Ưu điểm: ổn định, dễ tích hợp với smartphone và máy tính.
- Nhược điểm: tiêu thụ điện năng cao, phụ thuộc vào tín hiệu mạng.

Bluetooth/BLE (Bluetooth Low Energy):

- Dành cho kết nối ngắn hạn giữa các thiết bị, tiêu thụ năng lượng thấp.
- Phù hợp với các cảm biến, công tắc thông minh hoặc điều khiển bằng smartphone trong phạm vi gần.

Zigbee/Z-Wave:

- Giao thức dạng mạng lưới (mesh network), các thiết bị tự động truyền dữ liệu qua nhau để đạt phạm vi rộng hơn.
- Tiêu thụ điện năng thấp, rất phù hợp cho các cảm biến và thiết bị nhà thông minh nhỏ.
- Ưu điểm: ổn định, mở rộng dễ dàng, tiết kiệm năng lượng.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport):

- Giao thức nhẹ cho IoT, truyền dữ liệu theo dạng publish/subscribe giữa các thiết bị và máy chủ.
- Thích hợp cho các ứng dụng cần gửi dữ liệu thời gian thực và giám sát liên tục.
- Ưu điểm: tiêu thụ băng thông thấp, dễ mở rộng, hỗ trợ điều khiển từ xa hiệu quả.

Lợi ích của việc áp dụng giao thức truyền thông và IoT trong nhà thông minh:

- Điều khiển từ xa: Người dùng có thể giám sát và điều khiển thiết bị từ smartphone, máy tính bảng hoặc laptop dù đang ở bất cứ đâu.
- Tích hợp nhiều thiết bị khác nhau: Hệ thống có thể quản lý và đồng bộ các thiết bị từ nhiều nhà sản xuất khác nhau mà vẫn hoạt động mượt mà.
- Truyền dữ liệu thời gian thực: Giúp các thiết bị phản hồi nhanh chóng, từ việc bật đèn khi phát hiện chuyển động đến cảnh báo khẩn cấp khi có rò rỉ gas.
- Tối ưu hóa năng lượng và chi phí vận hành: Hệ thống có thể tự động tắt các thiết bị không cần thiết hoặc điều chỉnh công suất theo nhu cầu thực tế.

Nhờ sự kết hợp của các giao thức truyền thông và IoT, nhà thông minh trở thành một hệ thống thông minh, chủ động và tương tác liên tục với con người, nâng cao trải nghiệm sống tiện nghi, an toàn và tiết kiệm năng lượng.

1.7 Kiến trúc hệ thống nhà thông minh

Kiến trúc hệ thống nhà thông minh là cấu trúc tổ chức và cách thức các thiết bị, cảm biến, bộ truyền động và vi điều khiển phối hợp với nhau để vận hành hiệu quả. Việc thiết kế kiến trúc phù hợp giúp hệ thống hoạt động ổn định, dễ mở rộng, an toàn và tiết kiệm năng lượng. Hiện nay, có hai kiến trúc phổ biến trong nhà thông minh: kiến trúc tập trung và kiến trúc phân tán.

1. Kiến trúc tập trung: Trong kiến trúc tập trung, tất cả các cảm biến và bộ truyền động đều gửi dữ liệu về một bộ điều khiển trung tâm (Central Controller). Bộ điều khiển này sẽ phân tích dữ liệu và ra lệnh cho các thiết bị thực hiện hành động. Kiến trúc tập trung có những đặc điểm:

- Dễ quản lý: Toàn bộ dữ liệu được tập trung tại một điểm duy nhất, thuận tiện cho việc giám sát và bảo trì.

- Dễ giám sát: Người dùng có thể theo dõi toàn bộ hệ thống từ một giao diện duy nhất, giảm thiểu sự phức tạp.

- Ưu điểm: Đơn giản trong thiết kế, chi phí phần cứng thường thấp hơn so với hệ thống phân tán.

- Nhược điểm: Nếu bộ điều khiển trung tâm gặp sự cố, toàn bộ hệ thống có thể bị ảnh hưởng, gây mất an toàn hoặc gián đoạn hoạt động.

2. Kiến trúc phân tán: Trong kiến trúc phân tán, mỗi thiết bị hoặc nhóm thiết bị có vi điều khiển riêng, xử lý một phần dữ liệu độc lập và phối hợp với nhau thông qua mạng lưới kết nối. Kiến trúc này có những đặc điểm:

- Linh hoạt và mở rộng dễ dàng: Hệ thống có thể thêm hoặc thay đổi thiết bị mà không ảnh hưởng toàn bộ mạng lưới.

- An toàn và ổn định: Nếu một thiết bị gặp sự cố, các thiết bị khác vẫn hoạt động bình thường, giảm rủi ro gián đoạn toàn hệ thống.

- Ưu điểm: Phù hợp với nhà thông minh quy mô lớn hoặc các tòa nhà phức hợp, nơi yêu cầu tính tự chủ cao của từng thiết bị.

- Nhược điểm: Chi phí phần cứng cao hơn, lập trình và cấu hình phức tạp hơn, đòi hỏi kiến thức kỹ thuật chuyên sâu.

Các thành phần cơ bản trong kiến trúc hệ thống:

- Thiết bị đầu cuối (End Devices): Bao gồm cảm biến, bộ truyền động và các thiết bị thông minh khác, thu thập dữ liệu và thực hiện hành động.

- Bộ điều khiển trung tâm (Central Controller): Xử lý dữ liệu từ các thiết bị, ra quyết định và phối hợp hoạt động các thiết bị.

- Mạng truyền thông (Communication Network): Giao tiếp giữa các thiết bị và bộ điều khiển, có thể sử dụng Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, hoặc Bluetooth.

- Giao diện người dùng (User Interface): Ứng dụng di động, web hoặc màn hình trung tâm giúp người dùng giám sát và điều khiển hệ thống.

Máy chủ đám mây (Cloud Server – tùy chọn): Lưu trữ dữ liệu lớn, phân tích thông tin và hỗ trợ điều khiển từ xa thông qua Internet.

Nhìn chung, việc lựa chọn kiến trúc hệ thống nhà thông minh phụ thuộc vào quy mô ngôi nhà, số lượng thiết bị, yêu cầu kỹ thuật và chi phí đầu tư. Kiến trúc hợp lý giúp hệ thống hoạt động mượt mà, an toàn, tiết kiệm năng lượng và dễ bảo trì, đồng thời nâng cao trải nghiệm sống tiện nghi cho cư dân.

1.8 So sánh mô hình thương mại và DIY trong nhà thông minh

Trong lĩnh vực nhà thông minh, người dùng có thể lựa chọn giữa mô hình thương mại (commercial solutions) và mô hình tự làm (DIY – Do It Yourself). Mỗi mô hình có những ưu điểm và hạn chế riêng, phù hợp với các nhu cầu và khả năng kỹ thuật khác nhau. Việc hiểu rõ sự khác biệt giữa hai mô hình giúp người dùng đưa ra quyết định hợp lý khi xây dựng hệ thống nhà thông minh.

1. Mô hình thương mại (Commercial Solutions):

Mô hình thương mại là các hệ thống được sản xuất và cung cấp bởi các công ty chuyên nghiệp, ví dụ như Google Nest, Amazon Alexa, Philips Hue hoặc Samsung SmartThings. Các thiết bị này thường được thiết kế để tích hợp dễ dàng và sử dụng ngay lập tức.

Ưu điểm:

- Dễ cài đặt và sử dụng, không đòi hỏi kiến thức kỹ thuật sâu.
- Tích hợp các tính năng thông minh chuẩn mực, ổn định và đã được kiểm chứng.
- Hỗ trợ bảo hành, cập nhật phần mềm định kỳ và dịch vụ khách hàng.
- Có khả năng tương thích với nhiều thiết bị khác trong cùng hệ sinh thái.

Nhược điểm:

- Chi phí đầu tư ban đầu cao hơn so với giải pháp DIY.
- Giới hạn trong việc tùy biến và mở rộng, phụ thuộc vào nhà sản xuất.
- Một số hệ thống yêu cầu kết nối Internet liên tục, tiềm ẩn nguy cơ về bảo mật dữ liệu.

2. Mô hình tự làm (DIY – Do It Yourself):

Mô hình DIY cho phép người dùng tự thiết kế, lắp đặt và lập trình hệ thống nhà thông minh, thường dựa trên các vi điều khiển như Arduino, Raspberry Pi, ESP32 hoặc các cảm biến và thiết bị rời. Đây là lựa chọn phổ biến với những người yêu thích công nghệ và muốn tùy chỉnh hệ thống theo nhu cầu riêng.

Ưu điểm:

- Chi phí thấp hơn so với giải pháp thương mại, có thể sử dụng linh kiện rẻ tiền và sẵn có.

-Tùy biến hoàn toàn theo nhu cầu, từ giao diện ứng dụng đến cách thức điều khiển và tự động hóa.

-Tăng kiến thức về lập trình, điện tử, mạng và IoT cho người sử dụng.

-Có thể mở rộng hệ thống một cách linh hoạt mà không phụ thuộc nhà sản xuất.

Nhược điểm:

-Yêu cầu kiến thức kỹ thuật về lập trình, điện tử và mạng, không phù hợp với người mới.

-Thời gian cài đặt và thử nghiệm dài, đôi khi cần sửa chữa hoặc tinh chỉnh nhiều lần.

-Hệ thống DIY có thể kém ổn định hơn và thiếu bảo hành hoặc hỗ trợ chuyên nghiệp.

Như vậy, mô hình thương mại thích hợp cho người muốn giải pháp nhanh, ổn định và tiện lợi, trong khi mô hình DIY phù hợp với người muốn tùy chỉnh hệ thống, tiết kiệm chi phí và trải nghiệm quá trình học hỏi công nghệ. Việc lựa chọn mô hình phụ thuộc vào mục tiêu sử dụng, ngân sách và kỹ năng của người dùng.

CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG NHÀ THÔNG MINH

2.1 Giới thiệu

Trong thời đại công nghiệp 4.0, sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ điện tử, vi điều khiển và Internet vạn vật (IoT) đã mở ra nhiều cơ hội ứng dụng trong đời sống con người. Trong đó, hệ thống nhà thông minh (Smart Home System) đang trở thành xu hướng tất yếu, góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống, tối ưu năng lượng và đảm bảo an toàn cho con người.

Ngày nay, nhu cầu về tự động hóa và điều khiển từ xa trong sinh hoạt gia đình ngày càng phổ biến. Thay vì phải thao tác thủ công, người dùng có thể dễ dàng điều khiển thiết bị điện, giám sát môi trường, hoặc nhận cảnh báo an ninh ngay trên điện thoại thông minh. Những tiện ích này mang lại sự thoải mái, an toàn và tiết kiệm thời gian cho người sử dụng.

Tuy nhiên, các hệ thống nhà thông minh thương mại hiện nay thường có giá thành cao, cấu hình phức tạp và đòi hỏi hạ tầng kỹ thuật hiện đại. Chính vì vậy, nhóm quyết định thực hiện đề tài “Hệ thống nhà thông minh” nhằm xây dựng một mô hình thu nhỏ, sử dụng các linh kiện phổ biến, chi phí thấp nhưng vẫn đảm bảo đầy đủ các chức năng cơ bản. Việc nghiên cứu và chế tạo mô hình này không chỉ giúp sinh viên vận dụng kiến thức lý thuyết về hệ thống nhúng, mà còn rèn luyện kỹ năng thiết kế mạch, lập trình và triển khai thực tế — những kỹ năng thiết yếu cho ngành kỹ thuật điện – điện tử và công nghệ thông tin.

Hệ thống nhà thông minh tích hợp các tính năng hiện đại như mở cửa bằng quét khuôn mặt và thẻ từ, cảnh báo mưa thu quần áo, cảnh báo rò rỉ khí cảnh báo bằng bụi, đèn LED, tự động mở cửa sổ và gửi tin nhắn thông báo đèn Pushover, cùng tự động bật đèn flash bằng cảm biến ánh sáng.

2.2 Mục tiêu

Trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ của công nghệ số, trí tuệ nhân tạo (AI) và Internet vạn vật (IoT), việc ứng dụng các hệ thống thông minh vào đời sống hằng ngày đang trở thành xu hướng tất yếu. Một trong những ứng dụng nổi bật và thiết thực nhất chính là hệ thống nhà thông minh (Smart Home System) — nơi mà con người có thể tương tác, điều khiển, giám sát và tối ưu hoạt động của ngôi nhà thông qua các thiết bị điện tử được kết nối mạng.

Với mục tiêu nghiên cứu và ứng dụng các kiến thức về hệ thống nhúng, nhóm thực hiện đề tài hướng đến việc thiết kế và xây dựng một mô hình nhà thông minh thu nhỏ có khả năng tự động hóa các thao tác trong sinh hoạt, nâng cao mức độ an toàn, và tối ưu năng lượng tiêu thụ. Đề tài không chỉ dừng lại ở việc điều khiển thiết bị điện đơn thuần, mà còn thể hiện khả năng giám sát và phản hồi thông minh của hệ thống đối với các yếu tố môi trường xung quanh.

2.2.1 Mục tiêu tổng quát

Mục tiêu tổng quát của đề tài là phát triển một mô hình hệ thống nhà thông minh hoàn chỉnh, hoạt động dựa trên nền tảng vi điều khiển ESP32 và công nghệ IoT, nhằm tự động giám sát – điều khiển – cảnh báo – và báo cáo tình trạng ngôi nhà theo thời gian thực.

Hệ thống được thiết kế hướng đến ba tiêu chí cơ bản:

- An toàn – bảo vệ người sử dụng thông qua các chức năng cảnh báo khẩn cấp như phát hiện khí gas, phát hiện chuyển động, hoặc giám sát cửa.
- Tiện nghi – hỗ trợ điều khiển các thiết bị điện trong nhà từ xa hoặc tự động theo điều kiện môi trường, mang lại sự thoải mái và tiết kiệm thời gian.
- Tiết kiệm năng lượng – thông minh trong vận hành, chỉ kích hoạt thiết bị khi thực sự cần thiết, góp phần giảm chi phí điện năng và thân thiện với môi trường.

2.2.2 Ý nghĩa của việc đạt được mục tiêu

Việc đạt được các mục tiêu trên sẽ giúp hình thành một mô hình nhà thông minh hoàn chỉnh, có thể hoạt động tự động, linh hoạt và ổn định trong môi trường thử nghiệm. Bên cạnh đó, đề tài mang lại những ý nghĩa quan trọng sau:

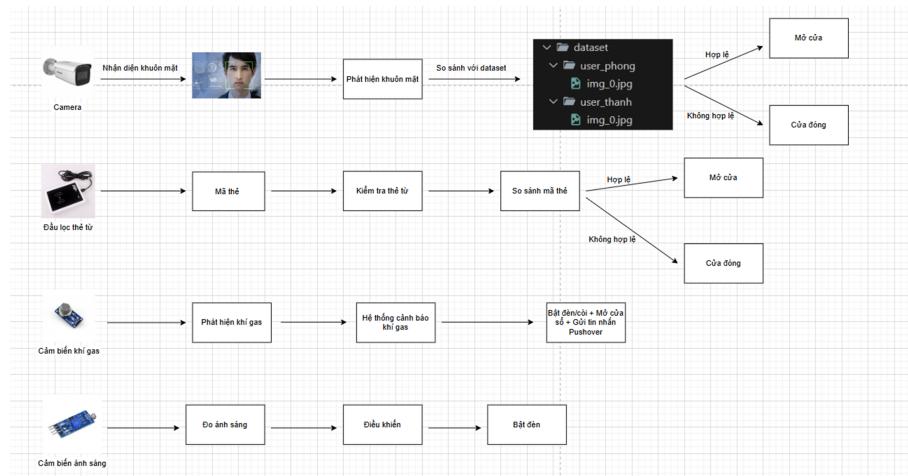
- Về mặt kỹ thuật: giúp sinh viên hiểu rõ mối liên kết giữa phần cứng và phần mềm trong một hệ thống nhúng thực tế.
- Về mặt thực tiễn: tạo ra một sản phẩm có thể ứng dụng trong hộ gia đình, văn phòng, hoặc lớp học, góp phần nâng cao chất lượng sống.
- Về mặt học tập: cung cấp kiến thức chuyên môn về cảm biến, lập trình điều khiển, IoT và điện tử công suất.

2.3 Lợi ích và ý nghĩa thực tiễn

Trong bối cảnh hiện nay, khi xã hội đang dần chuyển mình theo hướng chuyển đổi số và tự động hóa, việc nghiên cứu, thiết kế và ứng dụng các hệ thống nhà thông minh không chỉ mang ý nghĩa công nghệ mà còn mang giá trị thực tiễn sâu sắc. Đề tài “Hệ thống nhà thông minh” được triển khai với mục tiêu không chỉ giúp người dùng nâng cao chất lượng cuộc sống, mà còn giúp sinh viên vận dụng và cung cấp kiến thức chuyên ngành hệ thống nhúng, lập trình IoT và điều khiển tự động.

2.4 Tổng quan hệ thống

Mô tả luồng hoạt động (dữ liệu cảm biến → vi điều khiển → xử lý → điều khiển thiết bị)



Hình 2.1: Sơ đồ luồng hoạt động của hệ thống

- Mở cửa bằng khuôn mặt: Người dùng quét khuôn mặt để mở. Hệ thống xác định mã xác thực mặt khớp hoặc không khớp, nếu khớp sẽ tự động mở và quay lại sẽ không mở.
- Mở cửa bằng thẻ từ: Người dùng sử dụng thẻ từ RFID để quét vào hệ thống xác nhận mở cửa, nếu thẻ trùng khớp sẽ tự động mở, nếu sai thẻ sẽ không mở. Quét lại một lần nữa cửa sổ sẽ tự động đóng hoặc để mở hết 1 phút cửa sẽ tự động đóng lại.
- Cảnh báo khí gas: Nếu hệ thống cảm biến khí phát hiện khí hiện đại, đèn LED sẽ nhấp nháy, đưa ra kêu lên, cửa sổ sẽ mở ra đồng thời sẽ gửi tin nhắn thông báo đến Pushover.
- Cảm biến ánh sáng bật đèn: Đèn LED sẽ tự động bật nếu môi trường cảm biến tiếp xúc thiếu ánh sáng.
- Cảnh biến mưa: Nếu cảm biến nhận biết được có trời mưa thì quần áo sẽ được thu vào

2.4.1 Công nghệ sử dụng

- Phần cứng:



Hình 2.2: Camera(laptop)



Hình 2.3: Đầu lọc thẻ từ RFID



Hình 2.4: Cảm biến khí gas



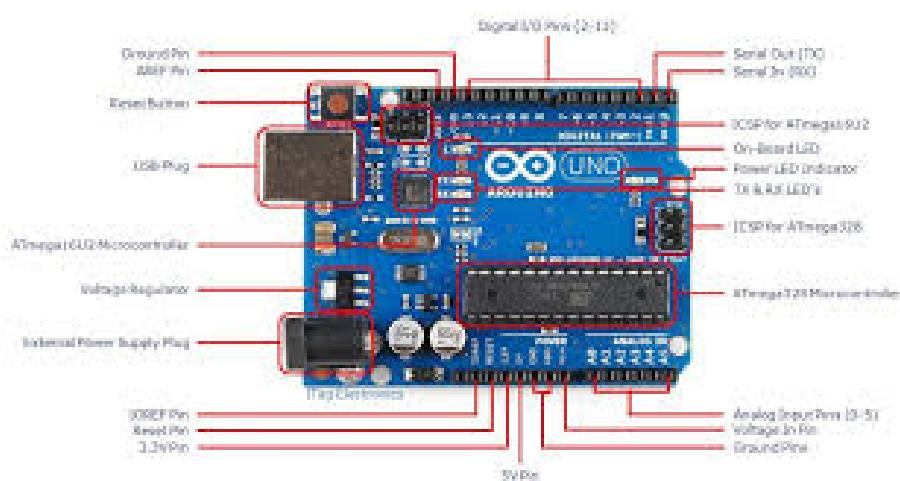
Hình 2.5: Cảm biến ánh sáng



Hình 2.6: Đèn LED



Hình 2.7: Còi báo động



Hình 2.8: Arduino



Hình 2.9: Động cơ servo



Hình 2.10: Màn hình LCD



Hình 2.11: Cảm biến mưa

Số lượng phần cứng gồm: Arduino, 3 đèn led, Còi, cảm biến khí GAS, cảm biến ánh sáng, 3 servo, đầu lọc thẻ từ, 2 LCD 12, 1 cảm biến mưa Cáp USB để kết nối máy tính với Arduino

2.4.2 Ứng dụng của hệ thống

Trong đề tài “Hệ thống nhà thông minh”, phần mềm đóng vai trò trung tâm trong việc xử lý dữ liệu, nhận dạng và điều khiển các thiết bị phần cứng. Hệ thống được xây dựng dựa trên sự kết hợp giữa ngôn ngữ Python, vi điều khiển Arduino/ESP8266 và các công cụ hỗ trợ giao tiếp IoT, nhằm tạo ra một mô hình tự động hóa hoàn chỉnh, dễ triển khai và mở rộng.

Ngôn ngữ lập trình Python: Python được lựa chọn là ngôn ngữ chính để xử lý trung tâm vì có cú pháp đơn giản, thư viện phong phú, khả năng xử lý ảnh mạnh và dễ dàng tích hợp với phần cứng.

Trong hệ thống nhà thông minh, Python được sử dụng để:

- Xử lý hình ảnh và nhận diện khuôn mặt thông qua các thư viện OpenCV và face_recognition.
- Truyền và nhận dữ liệu với vi điều khiển thông qua giao tiếp Serial (UART) hoặc kết nối mạng Wi-Fi.
- Gửi thông báo thời gian thực đến người dùng thông qua Pushover API khi có sự kiện đặc biệt xảy ra (ví dụ: phát hiện người lạ, rò rỉ khí gas, hoặc mở cửa thành công).

Nhờ khả năng mở rộng linh hoạt, Python cho phép tích hợp thêm các công nghệ khác như AI, học máy (Machine Learning) hoặc điều khiển giọng nói trong các phiên bản nâng cao của hệ thống.

Arduino IDE: Arduino IDE (Integrated Development Environment) là phần mềm được sử dụng để lập trình, biên dịch và nạp chương trình vào vi điều khiển Arduino hoặc ESP32. Đây là công cụ phổ biến và dễ sử dụng, đặc biệt phù hợp cho các dự án IoT, hệ thống nhúng và tự động hóa.

Trong đề tài, Arduino IDE được dùng để:

- Viết chương trình điều khiển cảm biến và thiết bị ngoại vi, chẳng hạn như cảm biến khí gas (MQ-2), cảm biến ánh sáng (LDR), cảm biến mưa, và cảm biến ánh sáng.

Nhận lệnh điều khiển từ Python qua giao tiếp Serial hoặc Wi-Fi, sau đó thực thi trực tiếp trên phần cứng.

- Truyền dữ liệu cảm biến về máy tính hoặc server, phục vụ cho việc xử lý, hiển thị và gửi cảnh báo.

Arduino IDE hỗ trợ nhiều thư viện mở rộng, giúp dễ dàng lập trình cho các loại module khác nhau. Giao diện thân thiện và khả năng tương thích cao khiến Arduino IDE trở thành nền tảng không thể thiếu trong hệ thống nhà thông minh.

Thư viện OpenCV: OpenCV là thư viện mã nguồn mở mạnh mẽ dành cho xử lý ảnh và thị giác máy tính. Trong hệ thống nhà thông minh, OpenCV được sử dụng để:

- Truy cập và xử lý luồng video từ camera theo thời gian thực.
- Phát hiện khuôn mặt, căn chỉnh vùng ảnh, cân bằng sáng và lọc nhiễu.

Việc sử dụng OpenCV giúp hệ thống đạt được hiệu suất cao, tốc độ xử lý nhanh và độ chính xác ổn định, ngay cả với phần cứng cấu hình trung bình.

MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) là một giao thức truyền thông dạng publish/subscribe, được thiết kế đặc biệt cho các ứng dụng IoT (Internet of Things). Giao thức này có ưu điểm nhẹ, tốc độ cao, tiêu tốn ít tài nguyên và dễ triển khai trên các thiết bị nhúng như Arduino, ESP8266. Trong mô hình của nhóm, MQTT được sử dụng làm kênh truyền dữ liệu giữa các cảm biến, thiết bị điều khiển và phần mềm giám sát Python, giúp hệ thống vận hành mượt mà, giảm độ trễ và tăng khả năng mở rộng. Được tích hợp với Python để:

- Gửi thông báo tức thời khi hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas, chuyển động lạ hoặc có người lạ xuất hiện.
- Báo trạng thái đèn, cửa, cảm biến đèn điện thoại người dùng.
- Cảnh báo khi hệ thống gặp lỗi hoặc mất kết nối.

Nhờ độ ổn định cao, cấu hình đơn giản và hỗ trợ API linh hoạt, Pushover giúp người dùng theo dõi ngôi nhà của mình 24/7 dù ở bất kỳ đâu.

Đặc biệt cần cài đặt thư viện: pip install opencv-python

2.4.3 Đầu mạch phần cứng hệ thống

Linh kiện	Chân Arduino	Kết nối chi tiết
Gas Sensor (MQ-series)	A0	AO -> A0, VCC -> 5V, GND -> GND
Light Sensor 1 (LDR)	A1	LDR -> A1, 10kΩ -> 5V, GND
Light Sensor 2 (LDR)	A2	LDR -> A2, 10kΩ -> 5V, GND
Light Sensor 3 (LDR)	A3	LDR -> A3, 10kΩ -> 5V, GND 
Buzzer (Active)	8	(+) -> 8 (qua 100-220Ω), (-) -> GND
LED Gas Warning	7	Anode -> 7 (qua 220Ω), Cathode -> GND
LED Light 1	6	Anode -> 6 (qua 220Ω), Cathode -> GND
LED Light 2	5	Anode -> 5 (qua 220Ω), Cathode -> GND
LED Light 3	4	Anode -> 4 (qua 220Ω), Cathode -> GND
Gas Servo	9	Signal -> 9, VCC -> 5V, GND -> GND
Face Servo	10	Signal -> 10, VCC -> 5V, GND -> GND

Hình 2.12: Cắm dây dành cho chức năng mở cửa khuôn mặt, cảnh báo khí ga ,cảm biến ánh sáng

Chân MFRC522	Chân Arduino	Mô tả
SDA	10	Chân Slave Select (SS) 
SCK	13	Chân SPI Clock
MOSI	11	Chân SPI MOSI
MISO	12	Chân SPI MISO
IRQ	Không nối	Không sử dụng trong code
GND	GND	Nguồn đất
RST	9	Chân Reset
3.3V	3.3V	Nguồn 3.3V (khuyến nghị)

Hình 2.13: Cắm dây dành cho chức năng mở cửa thẻ RIFD

Dây Servo	Chân Arduino	Mô tả
Dây đỏ	5V	Nguồn 5V
Dây nâu/đen	GND	Nguồn đất
Dây vàng/cam	6	Chân tín hiệu (PWM)

Hình 2.14: Kết nối servo với arduino

Chân cảm biến	Chân Arduino	Ghi chú
VCC (+)	5V	Cấp nguồn cho module
GND (-)	GND	Nối đất chung
OUT	D2 (hoặc chân digital khác)	Đọc tín hiệu mưa (LOW = có mưa)

Hình 2.15: Cảm biến mưa

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ TỔNG KẾT ĐỀ TÀI

3.1 Kết quả đạt được

Sau một thời gian tìm hiểu, thiết kế, lập trình và thử nghiệm, nhóm em đã hoàn thành mô hình hệ thống nhà thông minh với đầy đủ các tính năng đặt ra ban đầu. Hệ thống hoạt động ổn định, có khả năng tự động nhận diện khuôn mặt để mở cửa, phát hiện rò rỉ khí gas, điều khiển chiểu sáng thông minh, nhận biết mưa và gửi thông báo đến người dùng theo thời gian thực.

Trong quá trình triển khai, nhóm em đã kết hợp giữa Arduino làm bộ điều khiển trung tâm và ngôn ngữ Python làm nền tảng xử lý hình ảnh và quản lý thông tin. Hệ thống sử dụng nhiều loại cảm biến khác nhau như cảm biến khí gas MQ-2, cảm biến ánh sáng LDR, cảm biến chuyển động PIR, cảm biến mưa, cùng với camera nhận diện khuôn mặt, để tạo nên một không gian sinh hoạt tiện nghi, an toàn và tự động hóa cao.

3.1.1 Chức năng nhận diện khuôn mặt mở cửa tự động

Chức năng này là một trong những điểm nổi bật của hệ thống. Nhóm em sử dụng thư viện face trong python kết hợp OpenCV trong Python để huấn luyện và nhận diện khuôn mặt người dùng. Khi camera nhận diện được khuôn mặt trùng khớp với dữ liệu đã lưu trữ, hệ thống lập tức gửi lệnh qua cổng Serial đến Arduino để điều khiển servo motor mở cửa.

Nếu khuôn mặt không khớp, hệ thống sẽ phát tín hiệu cảnh báo bằng đèn nháy và còi hú, đồng thời gửi thông báo đến điện thoại người dùng qua ứng dụng Pushover. Trong quá trình thử nghiệm, tốc độ nhận diện trung bình là khoảng 1–2 giây, độ chính xác đạt từ 90–95%. Tính năng này giúp nâng cao tính bảo mật và tiện lợi, thay thế hoàn toàn thao tác mở cửa bằng chìa khóa truyền thống.

3.1.2 Chức năng cảnh báo khí gas rò rỉ

Một tính năng quan trọng khác là khả năng phát hiện rò rỉ khí gas, nhằm đảm bảo an toàn cho ngôi nhà. Hệ thống sử dụng cảm biến MQ-2 để đo nồng độ khí gas trong không khí. Khi giá trị vượt ngưỡng cho phép, cảm biến gửi tín hiệu đến Arduino, kích hoạt còi báo động, đèn cảnh báo, và đồng thời truyền thông tin đến phần mềm Python để gửi thông báo khẩn cấp đến điện thoại.

Thời gian phản ứng của hệ thống rất nhanh, chỉ khoảng 0,5–1 giây sau khi phát hiện có khí gas. Trong các thử nghiệm, cảm biến hoạt động ổn định, có thể phát hiện khí gas ở nồng độ thấp, giúp người dùng kịp thời xử lý trước khi xảy ra sự cố nguy hiểm. Đây là chức năng thể hiện rõ mục tiêu đảm bảo an toàn của hệ thống nhà thông minh.

3.1.3 Chức năng điều khiển chiểu sáng và thiết bị điện

Trong sinh hoạt hằng ngày, việc bật/tắt đèn hoặc quạt thủ công thường gây lãng phí điện năng. Vì vậy, nhóm đã tích hợp cảm biến ánh sáng (LDR) và cảm biến chuyển động (PIR) để tự động điều khiển hệ thống chiểu sáng.

Cảm biến LDR giúp hệ thống nhận biết cường độ ánh sáng môi trường. Khi ánh sáng yếu (trời tối), Arduino sẽ tự động kích hoạt relay để bật đèn. Ngược lại, khi cường độ ánh sáng đủ lớn (ban ngày), đèn sẽ tự động tắt.

Song song đó, cảm biến PIR được sử dụng để phát hiện chuyển động của con người trong phòng. Khi phát hiện có người, đèn được bật sáng; sau một thời gian không có chuyển động, đèn tự tắt để tiết kiệm năng lượng. Tính năng này hoạt động ổn định và hiệu quả, giúp giảm trung bình 25–30

3.1.4 Chức năng phát hiện và phản ứng khi trời mưa

Đây là một trong những tính năng mới được bổ sung để tăng tính hoàn thiện cho hệ thống. Cảm biến mưa được gắn ở khu vực ngoài trời nhằm phát hiện nước mưa rơi xuống bề mặt điện cực. Khi cảm biến phát hiện có mưa, tín hiệu analog được gửi đến Arduino để xử lý. Hệ thống sau đó sẽ:

- Tự động thu vào (qua servo motor).
- Gửi thông báo đến điện thoại người dùng thông qua ứng dụng Pushover. -Khi mưa ngừng và bề mặt cảm biến khô, hệ thống sẽ tự động mở lại

Trong quá trình thử nghiệm, cảm biến mưa phản hồi nhanh, chỉ mất khoảng 1–2 giây để phát hiện. Hoạt động ổn định trong nhiều điều kiện thời tiết và không bị nhiễu bởi độ ẩm cao. Tính năng này giúp bảo vệ các thiết bị ngoài trời, đồng thời nâng cao tính tự động và thông minh của toàn hệ thống.

3.1.5 Chức năng thông báo thời gian thực

Tất cả các sự kiện trong hệ thống như phát hiện khuôn mặt lạ, rò rỉ khí gas, có mưa, bật/tắt đèn, cửa mở hoặc đóng đều được ghi nhận và gửi về điện thoại người dùng thông qua MQTT. Ứng dụng này hoạt động dựa trên API token riêng, đảm bảo an toàn và ổn định. Thời gian trễ trung bình để gửi thông báo chỉ khoảng 0,5–1 giây, giúp người dùng có thể nắm bắt tình hình ngôi nhà ngay cả khi không có mặt tại đó. Với cơ chế này, người dùng hoàn toàn có thể giám sát, điều khiển và phản hồi từ xa, biến mô hình trở thành một hệ thống IoT thu nhỏ hoàn chỉnh.

3.1.6 Hướng phát triển đề tài

Trong tương lai, nhóm dự định phát triển hệ thống theo hướng hiện đại hơn, thân thiện hơn với người dùng. Một số hướng phát triển cụ thể bao gồm:

- Tích hợp điều khiển bằng giọng nói thông qua Google Assistant hoặc Alexa.
- Xây dựng giao diện điều khiển Web hoặc App trên Android/iOS, có khả năng hiển thị video camera trực tiếp.
- Lưu trữ dữ liệu cảm biến và nhật ký hoạt động trên nền tảng đám mây (Firebase, ThingsBoard).
- Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) để học thói quen người dùng, tự động điều chỉnh thời gian bật/tắt thiết bị.

- Tôi ưu phần cứng để hoạt động độc lập không cần máy tính trung gian. - Những cải tiến này sẽ giúp mô hình trở nên thông minh, tiện dụng và mang tính ứng dụng thực tế cao hơn.

3.1.7 Kết luận chung

Qua quá trình nghiên cứu và thực hiện, nhóm đã hoàn thành đề tài “Hệ thống nhà thông minh” với đầy đủ chức năng đã đặt ra. Hệ thống có khả năng nhận diện khuôn mặt mở cửa tự động, phát hiện rò rỉ khí gas, điều khiển thiết bị điện, phát hiện mưa và gửi thông báo đến điện thoại theo thời gian thực.

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, nhanh chóng, chính xác và an toàn, góp phần nâng cao tiện nghi trong đời sống. Đề tài đã thể hiện rõ sự kết hợp giữa các kiến thức về vi điều khiển, lập trình nhúng, xử lý ảnh và IoT. Dù còn một số hạn chế nhỏ, nhưng hệ thống đã chứng minh được tính khả thi và khả năng mở rộng trong tương lai.

Đây là bước khởi đầu quan trọng trong việc hướng tới xây dựng mô hình ngôi nhà thông minh, hiện đại và thân thiện với con người, phù hợp với xu thế công nghiệp 4.0 hiện nay.

CHƯƠNG 4. TÀI LIỆU THAM KHẢO

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [?] E. H. Hovy, “Automated discourse generation using discourse structure relations,” *Artificial intelligence*, vol. 63, no. 1-2, pp. 341–385, 1993
- [?] L. L. Peterson and B. S. Davie, *Computer networks: a systems approach*. Elsevier, 2007.
- [?] N. T. Hải, *Mạng máy tính và các hệ thống mở*. Nhà xuất bản giáo dục, 1999.
- [?] M. Poesio and B. Di Eugenio, “Discourse structure and anaphoric accessibility,” in *ESSLLI workshop on information structure, discourse structure and discourse semantics*, Copenhagen, Denmark, 2001, pp. 129–143.
- [?] A. Knott, “A data-driven methodology for motivating a set of coherence relations,” Ph.D. dissertation, The University of Edinburgh, UK, 1996.
- [?] T. Berners-Lee, *Hypertext transfer protocol (HTTP)*. [Online]. Available: <ftp://info.cern.ch/pub/www/doc/http-spec.txt.Z> (visited on 09/30/2010).
- [?] Princeton University, *Wordnet*. [Online]. Available: <http://www.cogsci.princeton.edu/~wn/index.shtml> (visited on 09/30/2010).