

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN 1



HỌC PHẦN IOT VÀ ỨNG DỤNG
BÁO CÁO GIỮA KỲ
TÊN ĐỀ TÀI: THIẾT BỊ ĐO NỒNG ĐỘ CỒN

Nhóm lớp: 05 – Nhóm bài tập: 18

Danh sách thành viên nhóm:

Chu Ngọc Thắng	MSV: B22DCCN807
Nguyễn Hoàng Vũ	MSV: B22DCCN915
Đặng Tiến Đạt	MSV: B22DCCN183
Lâm Trung Hiếu	MSV: B21DCCN354

Hà Nội – 2025

Mục lục

I. Giới thiệu	3
1. Giới thiệu đề tài.....	3
2. Mục tiêu hệ thống	3
3. Phạm vi triển khai	4
4. Tiêu chí thành công	5
5. Kết quả mong đợi.....	5
II. Mô tả tổng quan.....	5
1. Môi trường	5
2. Ràng buộc	6
3. Giả định.....	6
III. Lý thuyết và công nghệ áp dụng	7
1. Tổng quan về IOT	7
2. Tổng quan về đề tài.....	12
3. Các thiết bị sử dụng cho hệ thống.....	14
4. Các kiến thức cơ bản.....	15
IV. Yêu cầu chức năng	22
1. Các chức năng chính	22
2. Biểu đồ usecase.....	23
V. Yêu cầu phi chức năng	23
1. Hiệu năng	23
2. Bảo mật	23
3. Tính sẵn sàng và độ tin cậy.....	24
4. Khả năng mở rộng.....	24
5. Chi phí và năng lượng:.....	24
VI. Ràng buộc kỹ thuật và môi trường	25
1. Môi trường hoạt động	25
2. Ràng buộc pháp lý và môi trường.....	25
3. Tài nguyên thiết bị	26

I. Giới thiệu

1. Giới thiệu đề tài

Tình trạng lái xe sau khi sử dụng rượu bia hiện nay đang là vấn đề rất nghiêm trọng, phổ biến trong xã hội. Việc này không chỉ tiềm ẩn nguy cơ cao gây ra tai nạn giao thông mà còn dẫn đến những tổn thất lớn về cả người và của. Đây là thực trạng cần phải được xử lý kịp thời và quyết liệt nhằm bảo vệ sự an toàn chung.

Để giảm thiểu tình trạng này, Nhà nước và các lực lượng như cảnh sát giao thông, cảnh sát cơ động, cùng các đơn vị bảo đảm an ninh trật tự xã hội đang tích cực và liên tục triển khai các biện pháp kiểm soát, xử lý người tham gia giao thông trong tình trạng say xỉn. Nỗ lực này nhằm đảm bảo an toàn cho người dân và ổn định trật tự xã hội.

Nhằm hỗ trợ hiệu quả cho lực lượng chức năng trong việc kiểm tra và xử phạt người vi phạm quy định về nồng độ cồn, nhóm chúng tôi đã phát triển hệ thống đo nồng độ cồn dựa trên cảm biến hơi thở. Dữ liệu đo được truyền về máy chủ qua giao thức Http, sau đó server lưu trữ thông tin vi phạm và tự động xác định mức phạt, thông báo cho cả lực lượng chức năng và người vi phạm để đảm bảo tính công khai, minh bạch. Ngoài ra, hệ thống còn cung cấp các chức năng thống kê và trực quan hóa dữ liệu vi phạm như số lượng, mức độ vi phạm trung bình,... giúp việc quản lý và phân tích trở nên thuận tiện hơn.

2. Mục tiêu hệ thống

- Vấn đề: Tình trạng người điều khiển phương tiện giao thông sau khi sử dụng rượu bia là một vấn đề nghiêm trọng, tiềm ẩn nguy cơ cao gây ra các vụ tai nạn thảm khốc, thiệt hại về người và của.

- Thách thức hiện tại: Công tác kiểm tra và xử lý vi phạm của lực lượng chức năng đôi khi còn gặp khó khăn, cần một công cụ hiệu quả hơn để quy trình diễn ra nhanh chóng, chính xác và minh bạch.

- Nhu cầu: Cần một hệ thống thông minh không chỉ để đo đạc mà còn tự động hóa việc ghi nhận, lưu trữ bằng chứng vi phạm và hỗ trợ ra quyết định xử phạt, giảm thiểu sai sót và tăng cường hiệu quả quản lý.

- Mục tiêu của Hệ thống IoT: Hệ thống được xây dựng nhằm mục đích giám sát, tự động hóa và tối ưu hóa quy trình kiểm soát nồng độ cồn, cụ thể như sau:

- + Giám sát tự động: Sử dụng cảm biến để đo nồng độ cồn trong hơi thở một cách chính xác và nhanh chóng, thay thế các phương pháp ước lượng cảm tính.

+ Tự động hóa cảnh báo và ghi nhận: Hệ thống tự động kích hoạt cảnh báo (âm thanh, ánh sáng) khi phát hiện vi phạm. Dữ liệu về lần đo và thông tin người vi phạm được tự động gửi và lưu trữ trên máy chủ.

+ Tối ưu hóa quy trình xử lý: Hỗ trợ lực lượng chức năng truy xuất thông tin, xác định mức phạt và tạo biên bản xử phạt một cách nhanh chóng, đảm bảo tính minh bạch.

+ Thiết kế giao diện thân thiện, hiển thị kết quả đo trên màn hình LCD hoặc các ứng dụng di động, website, đồng thời tích hợp hệ thống cảnh báo khi phát hiện nồng độ cồn vượt mức.

+ Kết nối hệ thống với mạng IoT để giám sát dữ liệu đo nồng độ cồn từ xa theo thời gian thực, đồng thời lưu trữ và phân tích dữ liệu phục vụ quản lý.

+ Định danh duy nhất cho mỗi thiết bị đo giúp việc theo dõi và quản lý trở nên thuận tiện hơn, kèm theo chức năng giám sát trạng thái hoạt động và hiệu suất của thiết bị.

+ Hỗ trợ nâng cao an toàn giao thông bằng cách phát hiện và ngăn chặn người lái xe khi có nồng độ cồn vượt quy định.

+ Phát triển hệ thống tự động có thể tích hợp trực tiếp vào các phương tiện giao thông hoặc mở rộng ứng dụng cho các môi trường khác.

- Kỳ vọng: Tăng tỷ lệ phát hiện các trường hợp vi phạm nồng độ cồn lên ít nhất 20-30% so với các phương pháp truyền thống hiện nay.

3. Phạm vi triển khai

- Số lượng thiết bị: Dự án khởi đầu với việc xây dựng một thiết bị mẫu hoàn chỉnh và một phần mềm để quản lý thiết bị. Tuy nhiên, kiến trúc phần mềm và cơ sở dữ liệu được thiết kế để có khả năng mở rộng, cho phép quản lý nhiều thiết bị đo hoạt động đồng thời trên thực địa.

- Môi trường hoạt động:

+ Thiết bị phần cứng: Là thiết bị cầm tay, di động, được sử dụng bởi các lực lượng chức năng (cảnh sát giao thông) tại các chốt kiểm tra hoặc trên đường tuần tra.

+ Hệ thống phần mềm: Ứng dụng quản lý hoạt động trên máy tính để bàn phù hợp cho việc giám sát và quản lý dữ liệu tại các trung tâm chỉ huy hoặc văn phòng làm việc.

4. Tiêu chí thành công

- Độ chính xác: Hệ thống phải đảm bảo đo lường chính xác và đưa ra cảnh báo dựa trên các ngưỡng được định sẵn. Ví dụ, hệ thống sẽ phát cảnh báo khi nồng độ cồn đo được vượt quá 0.2 mg/L.

+ Độ trễ: Thời gian từ khi thu thập mẫu hơi thở đến khi hiển thị kết quả và phát cảnh báo phải nhanh chóng. Dữ liệu phải được đồng bộ lên máy chủ gần như tức thời để phục vụ giám sát từ xa.

+ Độ tin cậy: Tỷ lệ truyền và lưu trữ dữ liệu thành công lên máy chủ cao, đảm bảo không bỏ sót các trường hợp vi phạm.

+ Khả năng mở rộng: Hệ thống phải được thiết kế để dễ dàng mở rộng, tích hợp thêm thiết bị mới mà không cần thay đổi lớn về kiến trúc hạ tầng.

+ Chi phí: Chi phí đầu tư ban đầu hợp lý bằng cách sử dụng các linh kiện điện tử phổ biến, dễ tìm như ESP32.

5. Kết quả mong đợi

- Tăng hiệu quả và tính minh bạch trong công tác xử lý vi phạm.
- Cho phép giám sát và quản lý các thiết bị từ xa.
- Cung cấp dữ liệu thống kê để cơ quan chức năng đưa ra các chiến lược an toàn giao thông tốt hơn.

II. Mô tả tổng quan

1. Môi trường

- Thiết bị phần cứng: Thiết bị được vận hành ngoài trời, thường xuyên di chuyển và được sử dụng bởi các lực lượng chức năng như cảnh sát giao thông tại các chốt kiểm tra hoặc trên đường tuần tra. Môi trường này có điều kiện thời tiết thay đổi, nhiều bụi bẩn và có nguy cơ va đập vật lý.

- Hệ thống phần mềm: Hệ thống bao gồm một ứng dụng quản lý hoạt động trên máy tính để bàn. Máy tính này được đặt tại các trung tâm chỉ huy, văn phòng làm việc, hoặc có thể được mang theo bởi đội tuần tra để giám sát và xử lý dữ liệu tại chỗ.

- Môi trường kết nối: Thiết bị đo cầm tay sử dụng kết nối Bluetooth để giao tiếp với máy tính quản lý ở cự ly gần. Máy tính này sau đó sẽ kết nối Internet để đồng bộ dữ liệu

với máy chủ trung tâm. Môi trường hoạt động thường có mật độ cao các tín hiệu không dây khác như Wi-Fi và 4G/5G, đặc biệt là ở khu vực đô thị.

2. Ràng buộc

- Về thiết kế vật lý: Thiết bị phải được đặt trong một vỏ bảo vệ cứng cáp. Do phải làm việc ngoài trời và di chuyển liên tục, vỏ máy là yêu cầu bắt buộc để chống lại va đập, ngăn bụi và chống ẩm, đảm bảo an toàn cho các linh kiện điện tử.

- Về độ tin cậy kết nối: Firmware của thiết bị phải có tính năng tự phục hồi kết nối Bluetooth. Hoạt động trong môi trường có nhiễu nhiều sóng, việc kết nối bị gián đoạn là khó tránh khỏi.

- Về quản lý năng lượng: Thiết kế hệ thống phải ưu tiên tối đa hóa thời lượng pin. Vì là thiết bị di động, hệ thống bị giới hạn hoàn toàn bởi dung lượng pin.

3. Giả định

- Giả định về nguồn cấp: Thiết bị được giả định là sử dụng pin sạc có dung lượng đủ lớn để hoạt động liên tục trong ít nhất một ca làm việc.

- Giả định về hiệu chuẩn và tính pháp lý của cảm biến: Cảm biến nồng độ cồn được giả định là sẽ được kiểm tra và hiệu chuẩn định kỳ. Sau khi hiệu chuẩn, độ chính xác của cảm biến là đủ tin cậy để được công nhận về mặt pháp lý và làm căn cứ để xử phạt vi phạm hành chính.

- Giả định về vỏ bảo vệ vật lý: Thiết bị được giả định là được trang bị một vỏ bọc vật lý chắc chắn, có khả năng bảo vệ các linh kiện điện tử bên trong khỏi các tác động từ môi trường làm việc thực tế như bụi bẩn, va đập nhẹ và độ ẩm.

- Giả định về kết nối mạng ổn định:

- + Bluetooth: Kết nối Bluetooth giữa thiết bị đo cầm tay và máy tính quản lý tại hiện trường là ổn định, ngay cả trong môi trường có thể có nhiễu sóng.

- + Internet: Giả định rằng máy tính chạy ứng dụng quản lý có kết nối Internet một cách ổn định để có thể đồng bộ dữ liệu với máy chủ backend theo thời gian thực.

- Giả định về năng lực người dùng: Giả định rằng các cán bộ, chiến sĩ thuộc lực lượng chức năng sẽ được đào tạo đầy đủ về cách vận hành, bảo quản và xử lý sự cố cơ bản đối với thiết bị.

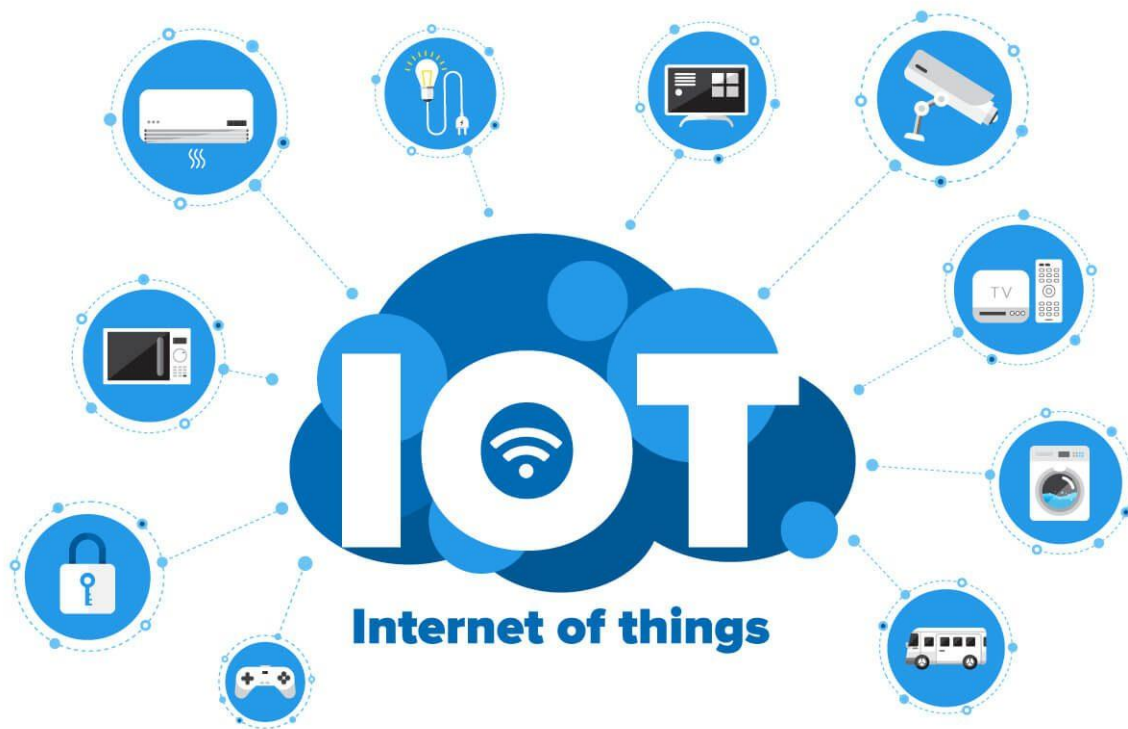
III. Lý thuyết và công nghệ áp dụng

1. Tổng quan về IOT

1.1. Khái niệm

IoT (Internet of Things) hay được biết với cái tên internet vạn vật, là một thuật ngữ công nghệ chỉ một mạng lưới các thiết bị vật lý được nhúng với các cảm biến, phần mềm và các công nghệ kết nối mạng, nhằm thu thập và trao đổi dữ liệu. Ý tưởng cơ bản của IoT là cho phép các thiết bị này giao tiếp và tương tác với nhau mà không cần sự can thiệp của con người.

Trong một môi trường IoT, các thiết bị từ đèn đến máy giặt, từ xe hơi đến thiết bị y tế đều có khả năng kết nối và gửi nhận dữ liệu qua Internet. Dữ liệu này có thể được sử dụng để tự động hóa quy trình, cung cấp thông tin phản hồi hoặc tạo ra các hệ thống thông minh để cải thiện hiệu suất và tiện ích.



1.2. Cấu trúc và cách thức hoạt động của IoT

Cấu trúc: Gồm 4 tầng chính

- Tầng thu thập dữ liệu (Perception Layer)

Tầng này đóng vai trò như là cánh cửa đầu tiên kết nối hệ thống IoT với thế giới thực. Nó là những thiết bị vật như thiết bị cảm biến, máy móc và thiết bị điện tử khác. Các thiết bị tại tầng này có khả năng thu thập dữ liệu trực tiếp từ môi trường xung quanh, bao gồm các thông tin như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, chất lượng không khí và áp suất. Nhờ vào các cảm biến tích hợp, chúng có thể cảm nhận các thay đổi và chuyển đổi chúng thành dữ liệu số để xử lý.

Một điểm đặc biệt quan trọng của tầng này là khả năng xử lý dữ liệu gần trường. Điều này có nghĩa là một số thiết bị trường có thể tự mình xử lý dữ liệu một cách nhanh chóng và hiệu quả ngay tại nơi thu thập, thay vì phải chờ đợi để truyền dữ liệu lên các tầng cao hơn trong hệ thống. Việc này giúp giảm bớt lượng dữ liệu cần truyền đi qua mạng và giảm độ trễ trong việc phản ứng với thông tin.

Hơn nữa, các thiết bị trường cũng có khả năng giao tiếp với nhau và với các nút mạng hoặc cổng giao tiếp trung gian khác như gateway hoặc nút cơ sở. Nhờ vào tính linh hoạt này, dữ liệu được thu thập từ các thiết bị trường có thể được truyền tải đến các tầng cao hơn trong hệ thống IoT để xử lý hoặc lưu trữ một cách hiệu quả.

- Tầng truyền tải thông tin (Gateways)

Tầng truyền tải thông tin được đặt ở tầng trung gian nằm giữa tầng thu thập dữ liệu và tầng xử lý, tầng truyền tải thông tin có vai trò chuyển đổi và truyền tải dữ liệu từ các thiết bị trường đến các hệ thống xử lý và lưu trữ.

Về cấu trúc, Gateways thường được trang bị các phần cứng và phần mềm đặc biệt để xử lý dữ liệu, thực hiện các giao thức truyền tải và bảo mật thông tin. Đồng thời, chúng có khả năng kết nối với nhiều thiết bị trường khác nhau qua các giao thức mạng khác nhau như Wifi, bluetooth, zigbee, hoặc LoRa.

Tầng này hoạt động như một cầu nối giữa thế giới vật lý của các thiết bị trường và thế giới kỹ thuật số của các hệ thống xử lý dữ liệu. Các Gateway có khả năng thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn và gửi nó đến các hệ thống trung tâm để xử lý và phân tích. Đồng thời, chúng cũng có thể gửi lệnh điều khiển từ hệ thống trung tâm xuống các thiết bị trường để thực hiện các hành động cụ thể.

Một ví dụ điển hình về tầng truyền tải thông tin là một Gateway được sử dụng trong một hệ thống quản lý thông minh của một tòa nhà hoặc một khu vực công nghiệp. Gateway này có thể thu thập dữ liệu từ các cảm biến nhiệt độ, đèn, camera an ninh và các thiết bị khác, sau đó chuyển tiếp dữ liệu này đến hệ thống trung tâm để xử lý và giám sát. Đồng thời, Gateway cũng có khả năng nhận lệnh từ hệ thống trung tâm và điều khiển các

thiết bị trường để thực hiện các chức năng như điều chỉnh nhiệt độ, bật/tắt đèn, hoặc kích hoạt hệ thống bảo mật.

- Tầng xử lý thông tin (Processing Layer)

Tầng này đóng vai trò trung tâm trong việc xử lý và phân tích dữ liệu thu thập từ các thiết bị trường thông qua Gateway, cũng như lưu trữ dữ liệu cho các mục đích sau này.

Cấu trúc của tầng này thường bao gồm các máy chủ, hệ thống xử lý trung tâm, cơ sở dữ liệu và các công cụ phân tích dữ liệu. Các máy chủ được cấu hình mạnh mẽ để có thể xử lý lượng lớn dữ liệu từ hàng ngàn thiết bị IoT cùng một lúc.

Cơ sở dữ liệu thường được thiết kế để lưu trữ dữ liệu lớn và đa dạng, có khả năng mở rộng linh hoạt để phục vụ cho việc lưu trữ dữ liệu trong thời gian dài và cho các mục đích phân tích sau này.

Tầng xử lý và lưu trữ dữ liệu thực hiện nhiều chức năng quan trọng như sau:
Xử lý dữ liệu: Tầng này tiếp nhận dữ liệu từ các Gateway và thực hiện các quy trình xử lý như lọc dữ liệu, chuyển đổi định dạng, và phân tích dữ liệu để trích xuất thông tin quan trọng và đưa ra các quyết định thông minh.

Phân tích dữ liệu: Các công cụ phân tích dữ liệu được sử dụng để khám phá thông tin tiềm ẩn từ dữ liệu thu thập, từ việc tạo ra các báo cáo tự động đến việc dự đoán xu hướng và sự cố trong tương lai.

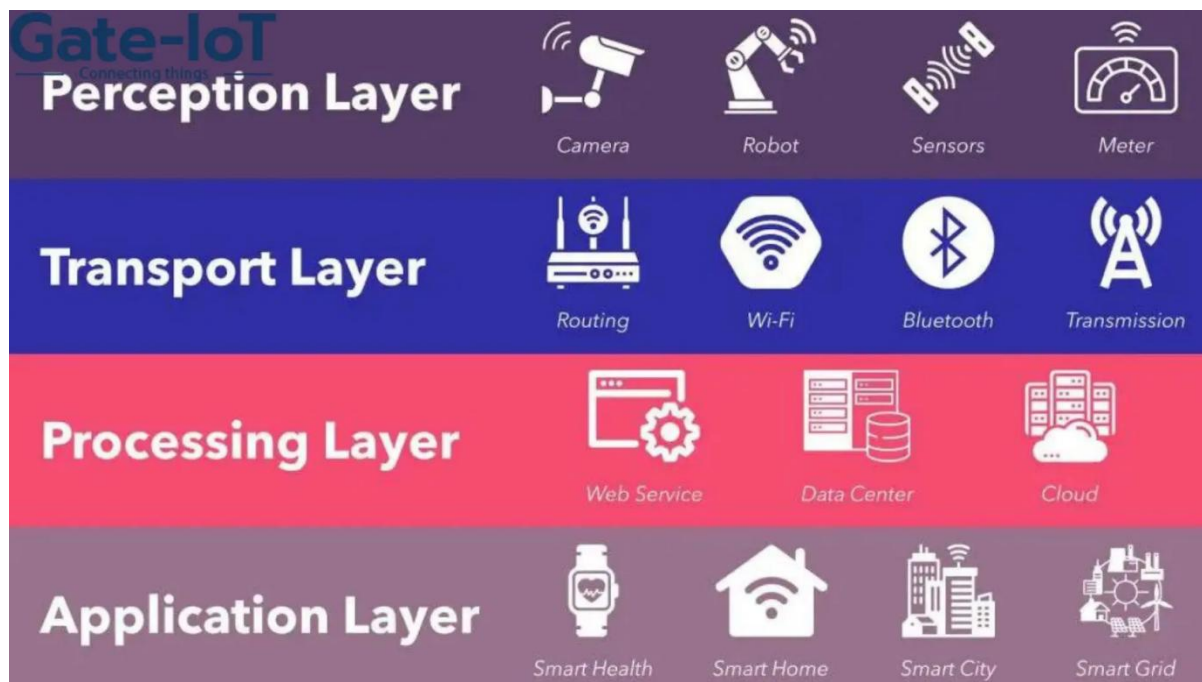
Lưu trữ dữ liệu: Cơ sở dữ liệu được sử dụng để lưu trữ dữ liệu thu thập từ các thiết bị IoT, cho phép truy cập nhanh chóng và linh hoạt vào dữ liệu lịch sử để phục vụ cho các mục đích như phân tích, giám sát và báo cáo.

Tầng xử lý và lưu trữ dữ liệu là trung tâm của hệ thống IoT, nơi mà dữ liệu được biến đổi thành thông tin hữu ích và có giá trị, đồng thời cũng là nơi lưu trữ tri thức để hỗ trợ quyết định và tối ưu hóa các quy trình trong thời gian thực và trong tương lai.

- Tầng ứng dụng (Application Layer)

Tầng này tập trung vào việc phát triển các ứng dụng và dịch vụ IoT để đáp ứng nhu cầu cụ thể của người dùng và doanh nghiệp. Các ứng dụng này có thể bao gồm giám sát và điều khiển tự động của các hệ thống thông minh như nhà thông minh, xe tự lái,...

Tầng ứng dụng cung cấp các giao diện người dùng và API cho phép người dùng cuối và các nhà phát triển tương tác với hệ thống IoT, truy cập vào dữ liệu, điều khiển các thiết bị và tận dụng những tính năng thông minh.



1.3. Lợi ích mà IoT mang lại

- Kết nối và điều khiển thiết bị thông minh: IoT cho phép kết nối một loạt các thiết bị thông minh như đèn, máy giặt, điều hòa, từ xa thông qua Internet. Điều này giúp người dùng có thể điều khiển và quản lý các thiết bị từ bất kỳ đâu, tạo ra sự thuận tiện và linh hoạt trong cuộc sống hàng ngày.

- Thu thập và phân tích dữ liệu: Thu thập dữ liệu từ các thiết bị và môi trường xung quanh một cách tự động và liên tục. Dữ liệu này sau đó có thể được phân tích để đưa ra thông tin quan trọng, xu hướng và dự đoán, giúp tối ưu hóa quyết định và quản lý hiệu quả.

- Tự động hóa quy trình: Tự động hóa các quy trình và hoạt động, giảm thiểu sự can thiệp của con người và tăng cường hiệu suất. Ví dụ, trong sản xuất, các hệ thống IoT có thể tự động điều chỉnh dây chuyền sản xuất dựa trên dữ liệu thu thập được từ các cảm biến.

- An toàn và an ninh: IoT cung cấp các giải pháp bảo mật tiên tiến để bảo vệ dữ liệu và thiết bị khỏi các mối đe dọa mạng. Việc sử dụng mã hóa, xác thực và giám sát bảo mật giúp ngăn chặn các cuộc tấn công và đảm bảo tính toàn vẹn của hệ thống.

- Cải thiện trải nghiệm người dùng: Tạo ra các trải nghiệm người dùng tốt hơn thông qua việc cung cấp các sản phẩm và dịch vụ thông minh và tùy chỉnh. Ví dụ, các hệ thống nhà thông minh có thể tự động điều chỉnh ánh sáng và nhiệt độ theo sở thích cá nhân của người dùng.

- Tạo ra các mô hình kinh doanh mới: Mở ra cơ hội cho các mô hình kinh doanh mới và sáng tạo. Việc kết hợp dữ liệu từ các thiết bị thông minh và phân tích thông tin có thể dẫn đến việc phát triển các sản phẩm và dịch vụ mới, cũng như tạo ra các mô hình kinh doanh dựa trên dịch vụ và sản phẩm kết nối.

1.4. Ứng dụng của IoT

- Nhà và văn phòng thông minh:

+ Tự động hóa và điều khiển các thiết bị như đèn, điều hòa, khóa cửa, camera an ninh, hệ thống giám sát.

+ Giúp tăng tiện nghi, đảm bảo an ninh và tiết kiệm năng lượng.

- Thiết bị đeo thông minh:

+ Bao gồm đồng hồ thông minh, vòng tay sức khỏe, cảm biến thể chất.

+ Thu thập dữ liệu về hoạt động, sức khỏe và vị trí của người dùng.

+ Dữ liệu được gửi đến ứng dụng di động hoặc hệ thống y tế để giám sát sức khỏe và lối sống.

- Ô tô tự lái:

+ IoT cung cấp dữ liệu từ các cảm biến và hệ thống điều khiển cho xe.

+ Hệ thống tự lái sử dụng dữ liệu này để nhận biết môi trường, giao thông và vị trí.

+ Đảm bảo an toàn và hỗ trợ lái xe tự động hiệu quả.

- Phân tích dữ liệu lớn (Big Data Analytics):

+ IoT tạo ra lượng dữ liệu khổng lồ từ các thiết bị và cảm biến.

+ Dữ liệu được phân tích để phát hiện xu hướng, mô hình dự đoán và tối ưu hóa quyết định kinh doanh.

- Công nghiệp sản xuất:

+ Ứng dụng IoT trong dây chuyền sản xuất thông minh và tự động hóa.

+ Cảm biến và hệ thống điều khiển giúp giám sát, phân tích và tối ưu quy trình.

+ Nâng cao hiệu suất, giảm thiểu lãng phí và chi phí vận hành.

- Truyền tin và cảnh báo sự cố:

+ IoT giúp giám sát và phát hiện sớm các sự cố trong hệ thống hoặc thiết bị.

+ Dữ liệu cảm biến được gửi đến máy chủ để cảnh báo cho người dùng hoặc cơ quan chức năng (như PCCC).

+ Hỗ trợ xử lý nhanh chóng, giảm thiểu thiệt hại và rủi ro.

1.5. Tầm quan trọng của IoT

Tầm quan trọng của IoT được thể hiện ở các khía cạnh sau:

- **Tự động hóa quy trình:** IoT giúp tự động hóa các quy trình và hoạt động trong nhiều lĩnh vực, từ sản xuất đến quản lý tài nguyên và dịch vụ công cộng.

- **Thu thập và phân tích dữ liệu:** IoT cung cấp một nguồn lượng lớn dữ liệu từ các thiết bị và cảm biến, giúp các tổ chức thu thập và phân tích thông tin để đưa ra quyết định thông minh và dự đoán xu hướng tương lai. Điều này giúp cải thiện quản lý, tối ưu hóa quy trình và nâng cao hiệu suất.

- **Giảm thiểu chi phí:** Bằng cách tối ưu hóa sử dụng tài nguyên và quy trình, cùng việc giám sát và phát hiện sớm sự cố, IoT giúp giảm thiểu chi phí hoạt động. Ví dụ, trong sản xuất, việc sử dụng hệ thống IoT có thể dẫn đến giảm chi phí vận hành và bảo trì, cũng như giảm lãng phí và thất thoát.

2. Tổng quan về đề tài

2.1. Tổng quan hệ thống đo nồng độ cồn

Hệ thống đo nồng độ cồn được cấu thành từ hai thành phần chính: *phần cứng* và *phần mềm*.

- Phần cứng chịu trách nhiệm thu thập và xử lý tín hiệu ban đầu từ cảm biến, chuyển đổi tín hiệu hóa học trong hơi thở thành tín hiệu điện tử để phần mềm có thể phân tích.

- Phần mềm đảm nhiệm điều khiển hoạt động phần cứng, xử lý và hiển thị kết quả đo, lưu trữ dữ liệu, đồng thời cung cấp chức năng giám sát, cảnh báo từ xa thông qua kết nối IoT.

Sự phối hợp chặt chẽ giữa hai thành phần này giúp hệ thống hoạt động hiệu quả, đảm bảo khả năng đo chính xác nồng độ cồn trong hơi thở và phát cảnh báo kịp thời khi giá trị vượt ngưỡng an toàn. Hệ thống góp phần nâng cao an toàn giao thông và bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

2.2. Phần cứng của hệ thống

Phần cứng đóng vai trò quan trọng trong việc thu thập, xử lý ban đầu và truyền dữ liệu từ môi trường xung quanh (ví dụ: hơi thở chứa cồn) đến phần mềm điều khiển.

Các thành phần chính bao gồm:

- Cảm biến đo nồng độ cồn (MQ-3): Phát hiện lượng cồn trong hơi thở người sử dụng và chuyển đổi tín hiệu hóa học thành tín hiệu điện để vi điều khiển xử lý.
- Bộ vi điều khiển (ESP32): Tiếp nhận tín hiệu từ cảm biến, xử lý dữ liệu cơ bản và điều khiển các thiết bị ngoại vi như màn hình hiển thị, đèn LED, hoặc còi cảnh báo.
- Màn hình hiển thị (LCD/OLED): Hiển thị giá trị nồng độ cồn (BAC – *Blood Alcohol Concentration*) cùng với các cảnh báo nếu vượt ngưỡng an toàn.
- Đèn và còi cảnh báo: Khi giá trị nồng độ cồn vượt giới hạn cho phép, hệ thống sẽ kích hoạt còi và đèn LED để cảnh báo người dùng ngay lập tức.
- Mô-đun kết nối không dây (Wi-Fi, Bluetooth hoặc mạng di động): Được sử dụng trong các hệ thống tích hợp IoT, cho phép truyền dữ liệu đo được lên ứng dụng hoặc máy chủ, hỗ trợ giám sát và quản lý từ xa.
- Module I2C Arduino: Là giao tiếp truyền thông nối tiếp hai dây (*SDA* và *SCL*), dùng để kết nối ESP32 với các thiết bị ngoại vi như màn hình LCD, module thời gian thực (RTC) hoặc cảm biến khác. Việc sử dụng giao tiếp I2C giúp giảm số lượng dây nối, đơn giản hóa mạch điện, đồng thời tăng độ ổn định và tốc độ truyền dữ liệu trong hệ thống.

2.3. Phần mềm của hệ thống

Phần mềm là trung tâm điều khiển và xử lý thông tin của toàn bộ hệ thống. Nó đảm nhiệm việc điều khiển phần cứng, xử lý dữ liệu cảm biến, hiển thị và giám sát kết quả đo, đồng thời truyền dữ liệu lên ứng dụng hoặc nền tảng quản lý từ xa.

Hệ thống phần mềm được chia thành hai nhóm chính:

2.3.1. Phần mềm điều khiển thiết bị

Chạy trực tiếp trên vi điều khiển (ESP32, Arduino, Raspberry Pi, ...), phần mềm này chịu trách nhiệm điều khiển các thiết bị phần cứng và giao tiếp với hệ thống IoT.

Các chức năng chính bao gồm:

- Đọc dữ liệu từ cảm biến nồng độ cồn: Thu thập tín hiệu điện áp đầu ra từ cảm biến MQ-3 và chuyển đổi sang dạng số để tính toán nồng độ cồn (BAC).

- Xử lý dữ liệu cảm biến: Áp dụng công thức hoặc thuật toán đã lập trình sẵn để xác định nồng độ ethanol trong hơi thở, cho ra kết quả BAC chính xác.

- Điều khiển thiết bị ngoại vi: Dựa trên giá trị đo được, phần mềm điều khiển đèn LED, còi báo và màn hình hiển thị. Nếu nồng độ vượt ngưỡng, hệ thống tự động phát cảnh báo bằng âm thanh và ánh sáng.

- Giao tiếp với hệ thống IoT: Nếu có kết nối IoT, phần mềm gửi dữ liệu đo được lên máy chủ hoặc ứng dụng di động qua Wi-Fi, Bluetooth hoặc mạng di động, hỗ trợ giám sát và quản lý từ xa.

2.3.2. Phần mềm trên thiết bị di động / Web-App

Phần mềm này được phát triển dưới dạng ứng dụng di động (mobile app) hoặc nền tảng web (web-app), cho phép người dùng giám sát, cấu hình và quản lý hệ thống từ xa. Các chức năng chính bao gồm:

- Hiển thị và giám sát kết quả đo: Kết quả đo nồng độ cồn được truyền trực tiếp lên ứng dụng hoặc website, giúp người dùng theo dõi theo thời gian thực (real-time) và xem lại lịch sử đo đạc.

- Lưu trữ và phân tích dữ liệu: Tất cả dữ liệu được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu trung tâm, phục vụ phân tích thống kê và nhận diện xu hướng theo thời gian.

- Cảnh báo và thông báo tự động: Khi nồng độ cồn vượt ngưỡng, hệ thống tự động gửi cảnh báo đến người dùng hoặc người quản lý thông qua email, SMS hoặc thông báo đẩy (push notification).

3. Các thiết bị sử dụng cho hệ thống

Hệ thống đo nồng độ cồn được xây dựng từ sự kết hợp giữa phần cứng và phần mềm, nhằm đảm bảo khả năng thu thập, xử lý, hiển thị và truyền tải dữ liệu một cách chính xác và hiệu quả. Cụ thể như sau:

3.1. Phần cứng

Các thiết bị phần cứng được sử dụng trong hệ thống bao gồm:

- Cảm biến đo nồng độ cồn MQ-3: Dùng để phát hiện và đo lường cồn (ethanol) có trong hơi thở người dùng. Cảm biến chuyển đổi tín hiệu hóa học thành tín hiệu điện áp, gửi về vi điều khiển để xử lý.

- Kit WiFi ESP32: Là bộ vi điều khiển chính của hệ thống, có nhiệm vụ nhận và xử lý tín hiệu từ cảm biến, điều khiển các thiết bị ngoại vi (màn hình, đèn LED, còi báo), đồng thời hỗ trợ kết nối Wi-Fi để truyền dữ liệu lên máy chủ hoặc ứng dụng.

- Màn hình LCD 16x2 tích hợp I2C: Dùng để hiển thị giá trị nồng độ cồn đo được (BAC) và các thông báo cảnh báo. Giao tiếp qua module I2C giúp giảm số lượng chân kết nối và đơn giản hóa mạch điện.

- Đèn LED (1 LED đỏ, 1 LED xanh dương): LED đỏ bật sáng khi nồng độ cồn vượt ngưỡng cho phép (cảnh báo nguy hiểm), LED xanh bật sáng khi nồng độ trong mức an toàn.

- Các loại dây dẫn: Sử dụng để kết nối các linh kiện trên breadboard, đảm bảo truyền tín hiệu ổn định giữa các thành phần.

- Điện trở

- Button (nút nhấn): Dùng để kích hoạt chức năng đo nồng độ cồn hoặc reset hệ thống.

3.2. Phần mềm

Phần mềm được sử dụng để lập trình, điều khiển, xử lý dữ liệu và xây dựng giao diện người dùng, bao gồm:

- Arduino IDE: Môi trường lập trình chính dùng để viết, biên dịch và nạp chương trình cho vi điều khiển ESP32, điều khiển hoạt động của cảm biến và các thiết bị ngoại vi.

- Framework Springboot (Java Backend): Dùng để xây dựng backend cho hệ thống IoT, nhận dữ liệu từ thiết bị ESP32, lưu trữ vào cơ sở dữ liệu và cung cấp API cho ứng dụng giao diện.

- Java Swing (Frontend): Dùng để phát triển giao diện người dùng trên máy tính, hiển thị kết quả đo, biểu đồ và các thông tin cảnh báo theo thời gian thực.

4. Các kiến thức cơ bản

4.1. Phần mềm Arduino

4.1.1. Khái niệm

Arduino là nền tảng mã nguồn mở giúp người dùng xây dựng các ứng dụng điện tử có khả năng liên kết và tương tác với nhau một cách linh hoạt. Arduino được xem như

một máy tính thu nhỏ, cho phép người dùng lập trình và thực hiện các dự án điện tử mà không cần công cụ chuyên biệt để nạp code.

4.1.2. Ứng dụng



Arduino được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực nhờ khả năng dễ lập trình và tích hợp với nhiều loại cảm biến, động cơ và thiết bị khác.

- Tự động hóa nhà thông minh

- + Điều khiển đèn, quạt, cửa, thiết bị gia dụng qua Internet hoặc Bluetooth.
- + Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm giúp điều chỉnh môi trường tự động.

- Dự án robot

- + Lập trình robot di chuyển, tránh vật cản, quét dọn, di chuyển đồ vật.
- + Điều khiển động cơ, servo để tạo chuyển động linh hoạt.

- Điều khiển LED và đèn RGB

+ Tạo hiệu ứng ánh sáng nghệ thuật, biểu diễn ánh sáng, hệ thống chiếu sáng thông minh.

- + Đồng bộ ánh sáng với âm thanh hoặc thời gian thực.

- Thiết bị đo lường và cảm biến

- + Đo độ ẩm, nhiệt độ, ánh sáng, khí gas,... để giám sát môi trường.
- + Cảnh báo khi nồng độ khí nguy hiểm vượt ngưỡng.
- Ứng dụng y tế và sức khỏe
 - + Đo nhịp tim, huyết áp, theo dõi hoạt động cơ thể.
 - + Máy đo nồng độ cồn trong hơi thở.
- Hệ thống bảo mật và an ninh
 - + Khóa cửa bằng RFID, vân tay, nhận diện khuôn mặt.
 - + Cảm biến chuyển động phát hiện và cảnh báo đột nhập.
- Giáo dục và học tập
 - + Dạy lập trình, điện tử, tự động hóa trong giáo dục STEM.
 - + Các bộ kit Arduino hỗ trợ học sinh thực hành sáng tạo.
- Ứng dụng nông nghiệp
 - + Hệ thống tưới tiêu tự động theo cảm biến độ ẩm và thời tiết.
 - + Giám sát và điều chỉnh môi trường nhà kính.

4.1.3. Phần mềm Arduino IDE

Arduino IDE là môi trường phát triển tích hợp giúp viết, biên dịch và nạp code cho bo mạch Arduino. IDE hỗ trợ nhiều loại bo mạch như Uno, Nano, Mega, Pro Mini,... Ngôn ngữ lập trình sử dụng là C/C++, có các tính năng như làm nổi bật cú pháp, tự động thụt dòng, cùng thư viện mẫu phong phú.

Phần mềm được cung cấp miễn phí và hiện có phiên bản mới nhất là Arduino 2.3.3.

4.2. Giới thiệu về cảm biến khí rượu MQ-3

4.2.1. Khái niệm

Cảm biến MQ-3 là loại cảm biến chuyên dụng để phát hiện nồng độ rượu (ethanol) trong không khí, thường dùng trong các dự án máy đo nồng độ cồn.

4.2.2. Đặc điểm

- Độ nhạy cao với ethanol (C_2H_5OH).
- Thời gian phản hồi nhanh, phù hợp với ứng dụng đo theo thời gian thực.

- Ngõ ra tương tự (analog) tỉ lệ với nồng độ cồn và ngõ ra số (digital) kích hoạt khi vượt ngưỡng.

4.2.3. Cách hoạt động

Cảm biến sử dụng lớp màng oxit thiếc (SnO_2) để phát hiện ethanol. Khi có khí cồn, điện trở lớp này thay đổi, dẫn đến thay đổi tín hiệu ngõ ra.

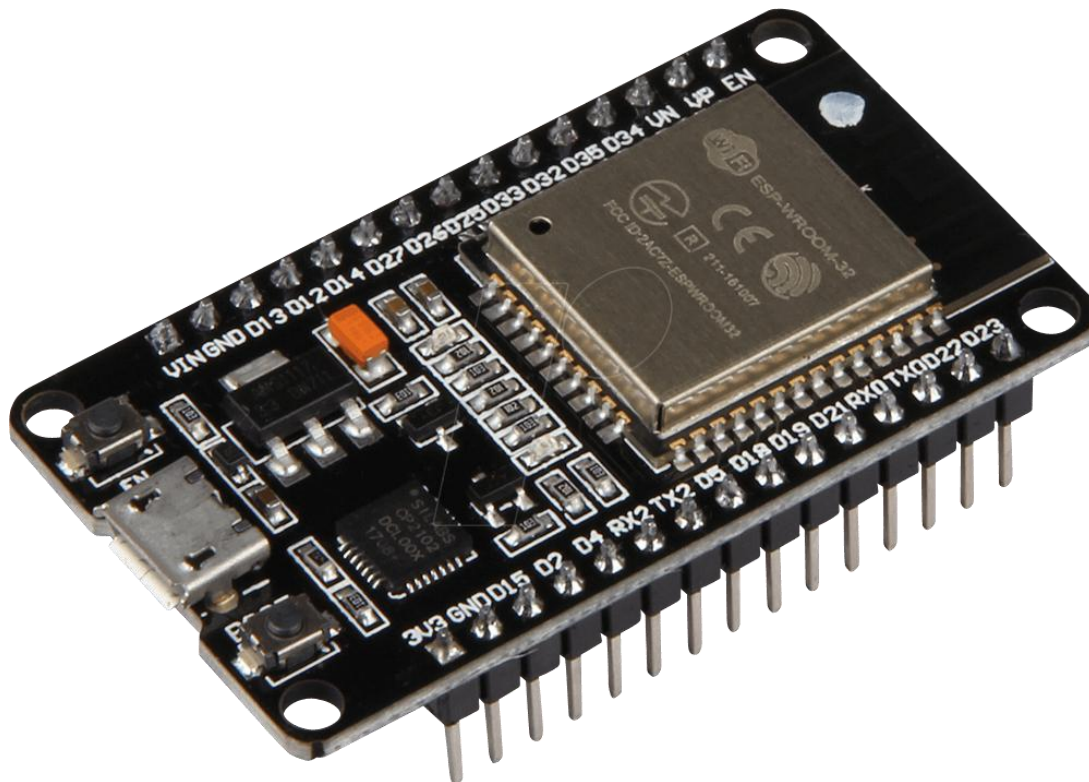
4.2.4. Ứng dụng

- Máy đo nồng độ cồn trong hơi thở.
- Hệ thống giám sát nồng độ cồn trong môi trường dân dụng hoặc công nghiệp.

4.3. Giới thiệu về ESP32

4.3.1. Khái niệm

ESP32 là vi điều khiển SoC (System on Chip) của Espressif Systems, kế thừa từ ESP8266, tích hợp Wi-Fi và Bluetooth.



4.3.2. Đặc điểm nổi bật

- Vi xử lý mạnh mẽ: Lõi kép Tensilica Xtensa LX6 (240MHz), 520KB RAM.
- Kết nối không dây: Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2 và BLE.

- Giao tiếp đa dạng: UART, SPI, I2C, I2S, PWM, DAC, ADC.
- Tiêu thụ điện năng thấp, có các chế độ Deep Sleep và Light Sleep.
- Bảo mật cao: Hỗ trợ mã hóa phần cứng và mạng.

4.3.3. Ứng dụng

- Nhà thông minh: Điều khiển thiết bị qua ứng dụng hoặc web.
- Dự án IoT: Giám sát và điều khiển thiết bị từ xa.
- Thiết bị đeo thông minh: Theo dõi sức khỏe, kết nối Bluetooth.

4.3.4. Ưu điểm so với Arduino Uno

- Mạnh hơn, có Wi-Fi/Bluetooth tích hợp.
- Bộ nhớ lớn hơn, xử lý đa nhiệm tốt.

4.3.5. So sánh ESP32 và ESP8266

Tiêu chí	ESP32	ESP8266
Số chân GPIO	34	16
Vi xử lý	Lõi kép Xtensa 160MHz	Lõi đơn
Tính năng	Có ADC, DAC, cảm biến chạm, bảo mật cao	Không có cảm biến chạm, bảo mật hạn chế
Kết nối	Wi-Fi + Bluetooth	Chỉ Wi-Fi
Ứng dụng	IoT, nhà thông minh, điều khiển từ xa	Thiết bị Wi-Fi giá rẻ

4.4. LCD 16x2



- LCD (Liquid Crystal Display) là màn hình tinh thể lỏng dùng để hiển thị ký tự hoặc số liệu.
- LCD 16×2 có 16 chân, gồm 8 chân dữ liệu (D0–D7) và 3 chân điều khiển (RS, RW, EN).
- Có thể hoạt động ở chế độ 4-bit hoặc 8-bit.
- Được dùng rộng rãi trong các dự án Arduino để hiển thị thông tin.

4.5. Module I2C Arduino

LCD có nhiều chân nên việc kết nối phức tạp; Module I2C giúp giảm số chân kết nối chỉ còn 2 chân (SCL, SDA).

- Tương thích với các LCD sử dụng driver HD44780.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp: 2.5–6V DC
- Giao tiếp: I2C
- Địa chỉ mặc định: 0x27
- Có biến trở điều chỉnh độ tương phản, jumper điều khiển đèn nền.

4.6. Các giao thức truyền thông dữ liệu và kết nối

4.6.1. Giao thức UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)

UART là giao thức truyền thông nối tiếp, gồm 2 dây: TX (truyền) và RX (nhận). Không cần đồng hồ chung (asynchronous), dữ liệu truyền theo từng byte gồm các bit Start, Data, Parity, Stop.

Ưu điểm:

- Đơn giản, dễ sử dụng.
- Ứng dụng rộng rãi trong IoT giữa vi điều khiển và cảm biến.

Nhược điểm:

- Chỉ kết nối **1-1** giữa hai thiết bị.
- Không tự sửa lỗi, phụ thuộc phần mềm hoặc giao thức khác như RS-232, RS-485, USB.

4.6.2. Giao thức I2C (Inter-Integrated Circuit)

Giao thức I2C cho phép nhiều thiết bị giao tiếp qua 2 dây:

- SDA (Serial Data)
- SCL (Serial Clock)

Thành phần chính:

- Master: Thiết bị điều khiển truyền thông.
- Slave: Các thiết bị được Master điều khiển.

Cách hoạt động:

1. Master khởi tạo và quét địa chỉ Slave.
2. Gửi địa chỉ Slave muốn giao tiếp.
3. Truyền dữ liệu giữa Master và Slave.
4. Có thể chuyển đổi vai trò khi cần.

Ưu điểm:

- Sử dụng ít chân GPIO.
- Hỗ trợ nhiều thiết bị.

- Dễ sử dụng và triển khai.

Nhược điểm:

- Tốc độ truyền thấp hơn SPI/UART.
- Khoảng cách truyền ngắn.
- Có độ trễ do cơ chế xác nhận dữ liệu.

IV. Yêu cầu chức năng

1. Các chức năng chính

1.1. Đối với người dùng

- Đăng nhập
- Đổi mật khẩu

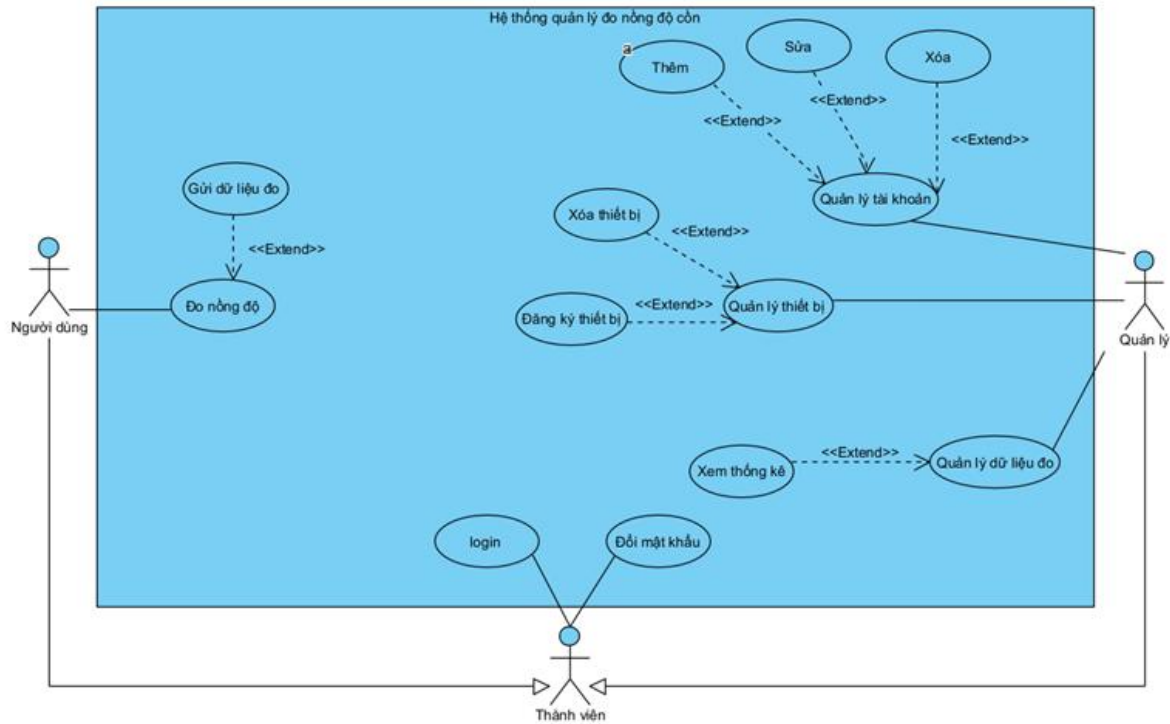
1.2. Đối với người dùng:

- Đo nồng độ cồn sau đó có thể gửi dữ liệu đo.

1.3. Đối với người quản lý:

- Quản lý tài khoản người dùng: Thêm, sửa, xóa tài khoản.
- Quản lý thiết bị:
 - + Đăng ký thiết bị mới.
 - + Xóa thông tin thiết bị mới.
- Quản lý dữ liệu đo: có thể xem và thống kê dữ liệu đo.

2. Biểu đồ usecase



V. Yêu cầu phi chức năng

1. Hiệu năng

- Hệ thống phải phản hồi kết quả đo và gửi dữ liệu trong vòng ≤ 3 giây sau khi người dùng thao tác.
- Có khả năng xử lý tối thiểu 100 yêu cầu đo hoặc gửi dữ liệu đồng thời mà không bị treo.
- Thống kê và truy vấn dữ liệu đo phải trả kết quả trong vòng 2 giây đối với 10.000 bản ghi.

2. Bảo mật

- Người dùng và quản lý **phải đăng nhập bằng tài khoản và mật khẩu hợp lệ**.
- Mật khẩu được **mã hóa** trước khi lưu trong cơ sở dữ liệu (ví dụ: SHA-256 hoặc bcrypt).
- Dữ liệu đo gửi từ thiết bị phải được **xác thực và mã hóa (HTTPS)** để tránh giả mạo.
- Hệ thống phân quyền rõ ràng:

- + Người dùng chỉ được xem/gửi dữ liệu của mình.
- + Quản lý có quyền truy cập toàn bộ dữ liệu.

3. Tính sẵn sàng và độ tin cậy

- Hệ thống hoạt động liên tục 24/7, với thời gian downtime không vượt quá 1%/tháng.
- Dữ liệu đo và thông tin người dùng được lưu trữ an toàn và không bị mất khi hệ thống khởi động lại.
- Có cơ chế sao lưu dữ liệu tự động hàng ngày.

4. Khả năng mở rộng

- Hệ thống có thể mở rộng để hỗ trợ thêm:
 - + Nhiều thiết bị đo mới.
 - + Nhiều người dùng cùng lúc.
 - + Các chức năng phân tích nâng cao (AI cảnh báo, dự đoán vi phạm).
- Kiến trúc thiết kế theo mô hình client-server, có thể triển khai cloud hoặc container (Docker) dễ dàng.

5. Chi phí và năng lượng:

- Pin thiết bị đo: ≥ 7 ngày với chu kỳ gửi dữ liệu 15–60s \rightarrow dùng vi điều khiển (MCU) tiết kiệm năng lượng, bật kết nối BLE/WiFi chỉ khi gửi dữ liệu; hỗ trợ chế độ deep-sleep khi không hoạt động.
- Băng thông: mỗi thiết bị ≤ 20 MB/ngày \rightarrow dữ liệu đo được nén, gửi gộp, chỉ gửi chi tiết khi có sự kiện bất thường (nồng độ cao, lỗi cảm biến).
- Chi phí hạ tầng: ≤ 1 USD/thiết bị/tháng ở mức 1.000 thiết bị \rightarrow triển khai MQTT managed service và serverless backend để giảm chi phí và tự động mở rộng theo tải.

VI. Ràng buộc kỹ thuật và môi trường

Bối cảnh: Hệ thống là một thiết bị đo nồng độ cồn thông minh, cầm tay, được thiết kế để lực lượng chức năng sử dụng trong quá trình tuần tra, kiểm soát giao thông. Thiết bị này thu thập dữ liệu tại hiện trường và đồng bộ với một hệ thống quản lý trung tâm.

1. Môi trường hoạt động

- Nhiệt độ, độ ẩm & va đập: Thiết bị cầm tay, sử dụng ngoài trời, đối mặt với thời tiết thay đổi, bụi bẩn và va đập → Cần thiết kế vỏ bọc chắc chắn, bền bỉ để bảo vệ các linh kiện bên trong.

- Nhiều sóng: Hoạt động tại các khu vực có nhiều tín hiệu không dây (Wi-Fi, 4G/5G), có thể ảnh hưởng đến kết nối Bluetooth → Firmware cần có cơ chế tự động kết nối lại khi mất tín hiệu tạm thời.

- Nguồn cấp: Là thiết bị di động, không thể phụ thuộc vào điện lưới khi đang làm nhiệm vụ → Bắt buộc phải dùng pin sạc và tối ưu phần mềm với chế độ ngủ sâu để kéo dài thời gian sử dụng.

2. Ràng buộc pháp lý và môi trường

- Quy định tần số vô tuyến: Hệ thống sử dụng kết nối Bluetooth để giao tiếp giữa thiết bị đo và ứng dụng quản lý. Công nghệ Bluetooth hoạt động trên băng tần 2.4 GHz, là băng tần được cấp phép sử dụng miễn phí và hợp pháp tại Việt Nam. Do đó, hệ thống tuân thủ các quy định về tần số vô tuyến và không gặp rủi ro về mặt pháp lý trong khía cạnh này.

- Bảo mật và tính pháp lý của dữ liệu: Hệ thống thu thập, lưu trữ và xử lý dữ liệu cá nhân nhạy cảm, đồng thời kết quả đo còn là bằng chứng để xử phạt vi phạm hành chính.

- + Tính chính xác pháp lý: Để kết quả đo được công nhận, cảm biến nồng độ cồn cần được hiệu chuẩn định kỳ.

- + Bảo mật dữ liệu: Dữ liệu vi phạm nồng độ cồn phải được bảo vệ nghiêm ngặt. Dữ liệu khi truyền tải lên máy chủ phải được mã hóa.

- + Bảo mật truy cập: Hệ thống phải đảm bảo an toàn dữ liệu và hỗ trợ xác thực người dùng. Các yêu cầu đến máy chủ được xác thực bằng JSON Web Tokens (JWT) để đảm bảo chỉ những người dùng có thẩm quyền mới có thể truy cập hoặc xử lý dữ liệu.

- Độ bền vật lý: Do hoạt động ngoài trời và thường xuyên di chuyển, thiết bị có yêu cầu về độ bền cao. Điều này bắt buộc phải thiết kế một lớp vỏ chắc chắn để bảo vệ linh kiện điện tử bên trong khỏi va đập, bụi bẩn và độ ẩm.

- Kết nối không dây: Do hoạt động trong môi trường có nhiều nhiễu sóng, kết nối Bluetooth có nguy cơ mất tín hiệu hoặc không ổn định. Điều này đòi hỏi firmware của thiết bị phải có cơ chế tự động kết nối lại để đảm bảo luồng dữ liệu không bị gián đoạn.

- Nguồn cấp: Vì là thiết bị di động, nguồn năng lượng hữu hạn từ pin. Điều này yêu cầu thiết kế phải tối ưu hóa việc tiêu thụ điện năng, bắt buộc phải sử dụng pin sạc và lập trình chế độ ngủ sâu cho vi điều khiển.

3. Tài nguyên thiết bị

- CPU & Bộ nhớ: Thiết bị trung tâm là kit WIFI ESP-32, mặc dù mạnh mẽ nhưng vẫn có tài nguyên CPU và RAM giới hạn, không thể chạy các tác vụ phân tích dữ liệu phức tạp tại chỗ → Chỉ xử lý sơ bộ trên thiết bị. Toàn bộ phần phân tích dữ liệu phức tạp, thống kê, và quản lý cơ sở dữ liệu được chuyển lên máy chủ backend.

- Năng lượng (Pin): Vì là thiết bị cầm tay di động, hệ thống phải hoạt động bằng pin trong thời gian dài, đủ cho một ca làm việc mà không cần sạc lại → Giải pháp: Cần tối ưu hóa firmware trên ESP-32 để tận dụng các chế độ tiết kiệm năng lượng. Thiết bị sẽ ở trạng thái năng lượng thấp và làm việc khi người dùng nhấn nút để thực hiện đo lường.